COMMISSION EUROPÉENNE

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère
de l'Écologie,
de l'Énergie,
du Développement
durable
et de la Mer

Document de référence sur les meilleures techniques disponibles

Emissions dues aux stockages
des matières dangereuses ou en vrac

Juillet 2006

Ce document est la traduction de la version anglaise publiée par la Commission européenne qui seule fait foi.

Traduction V 0

PRÉFACE

1. Statut du document

Sauf indication contraire, les références à « la directive » faites dans le présent document renvoient à la directive du Conseil 96/61/CE relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution. Cette directive, comme ce document, s'applique sans porter atteinte aux dispositions communautaires relatives à la santé et à la sécurité des travailleurs.

Le présent document fait partie d'une série de documents qui présentent les résultats d'un échange d'informations entre les États membres de l'UE et les industries intéressées au sujet des meilleures techniques disponibles (MTD), des prescriptions de contrôle et afférentes et de leur évolution. Il est publié par la Commission européenne en application de l'article 16, paragraphe 2, de la directive et doit donc être pris en considération, conformément à l'annexe IV de la directive, lors de la détermination des « meilleures techniques disponibles ».

2. Obligations légales prévues par la directive relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution (IPPC) et définition des meilleures techniques disponibles (MTD)

Afin de clarifier le contexte juridique entourant la rédaction du présent document, la préface décrit quelques unes des principales dispositions de la directive IPPC et définit notamment le terme « meilleures techniques disponibles ». Cette description ne peut évidemment pas être complète et est donnée à titre purement informatif. Elle n'a aucune valeur juridique et n'a pas pour effet de modifier les dispositions réelles de la directive ou de leur porter atteinte.

La directive a pour objet la prévention et la réduction intégrées de la pollution en provenance des activités énumérées dans son annexe I afin de garantir un niveau élevé de protection de l'environnement dans son ensemble. La base juridique de la directive est liée aux objectifs de protection de l'environnement. Lors de sa mise en œuvre, il conviendra de tenir également compte d'autres objectifs communautaires tels que la compétitivité de l'industrie communautaire, ce qui permettra de contribuer au développement durable.

Plus spécifiquement, la directive prévoit un système d'autorisation pour certaines catégories d'installations industrielles, en vertu duquel les exploitants et régulateurs sont invités à adopter une approche globale intégrée en ce qui concerne les risques de pollution et le potentiel de consommation associés à l'installation. L'objectif de cette approche intégrée est d'améliorer la gestion et le contrôle des procédés industriels afin de parvenir à un niveau de protection élevé pour l'environnement dans son ensemble. Le principe général défini à l'article 3 constitue la pierre angulaire de cette approche. Il stipule que les exploitants doivent prendre toutes les mesures de prévention appropriées contre la pollution, notamment en mettant en œuvre les meilleures techniques disponibles afin d'améliorer les performances en matière d'environnement.

L'expression « meilleures techniques disponibles » est définie à l'article 2, paragraphe 11 de la directive comme « le stade de développement le plus efficace et avancé des activités et de leurs modes d'exploitation, démontrant l'aptitude pratique de techniques particulières à constituer, en principe, la base des valeurs limites d'émission visant à éviter et, lorsque cela s'avère impossible, à réduire de manière générale les émissions et l'impact sur l'environnement dans son ensemble. » L'article 2, point 11 précise ensuite cette définition comme suit :

les « techniques » désignent aussi bien les techniques employées que la manière dont l'installation est conçue, construite, entretenue, exploitée et mise à l'arrêt,

les techniques « disponibles » correspondent aux techniques mises au point sur une échelle permettant de les appliquer dans le contexte du secteur industriel concerné, dans des conditions économiquement et techniquement viables, en prenant en considération les coûts et les avantages, que ces techniques soient utilisées ou produites ou non sur le territoire de l'État membre intéressé, pour autant que l'exploitant concerné puisse y avoir accès dans des conditions raisonnables,

les « meilleures » techniques renvoient aux techniques les plus efficaces pour atteindre un niveau général élevé de protection de l'environnement dans son ensemble.

En outre, l'annexe IV de la directive comporte une liste de « considérations à prendre en compte en général ou dans un cas particulier lors de la détermination des meilleures techniques disponibles...compte tenu des coûts et des avantages pouvant résulter d'une action et des principes de précaution et de prévention ». Ces considérations comprennent les informations publiées par la Commission en vertu de l'article 16, paragraphe 2.

Les autorités compétentes chargées de délivrer des autorisations sont invitées à tenir compte des principes généraux définis à l'article 3 lorsqu'elles définissent les conditions de l'autorisation. Ces conditions doivent comporter des valeurs limites d'émission, qui peuvent être complétées ou remplacées, le cas échéant, par des mesures techniques ou des paramètres équivalents. Conformément à l'article 9, paragraphe 4 de la directive, ces valeurs limites d'émission, paramètres et mesures techniques équivalents, doivent, sans préjudice du respect des normes sur la qualité de l'environnement, reposer sur les meilleures techniques disponibles. Elles ne doivent pas prescrire l'utilisation d'une technique ou d'une technologie spécifique, mais tenir compte des caractéristiques techniques de l'installation considérée, de son implantation géographique et des conditions locales de l'environnement. Dans tous les cas, les conditions d'autorisation doivent prévoir des dispositions relatives à la minimisation de la pollution à longue distance ou transfrontière et garantir un niveau élevé de protection de l'environnement dans son ensemble.

En vertu de l'article 11, les États membres ont l'obligation de veiller à ce que les autorités compétentes se tiennent informées, ou soient informées de l'évolution des meilleures techniques disponibles.

3. Objectif du présent document

L'article 16, paragraphe 2 de la directive invite la Commission à organiser « l'échange d'informations entre les États membres et les industries intéressées au sujet des meilleures techniques disponibles, des prescriptions de contrôle y afférentes et de leur évolution » et à publier les résultats des échanges d'informations.

L'objet de l'échange d'informations est défini au considérant 25 de la directive, qui prévoit que « les progrès et les échanges d'informations au niveau communautaire en ce qui concerne les meilleures techniques disponibles permettront de réduire les déséquilibres au plan technologique dans la Communauté, favoriseront la diffusion au plan mondial des valeurs limites et des techniques utilisées dans la Communauté et aideront les États membres dans la mise en œuvre efficace de la présente directive. »

La Commission (DG Environnement) a mis en place un forum d'échange d'informations (IEF) pour faciliter les travaux entrepris en application de l'article 16, paragraphe é. Un certain nombre de groupes de travail techniques ont par ailleurs été créés sous les auspices de l'IEF. L'IEF, comme les groupes de travail techniques sont composés de représentants des États membres et de l'industrie, comme le prévoit l'article 16, paragraphe 2.

La présente série de documents a pour objet de refléter précisément l'échange d'informations qui a été établi conformément à l'article 16, paragraphe 2 et de fournir des informations de référence à l'instance chargée de la délivrance des autorisations pour qu'elle les prenne en compte lors de la définition des conditions d'autorisation. En rendant disponibles les informations pertinentes relatives aux meilleures techniques disponibles, ces documents doivent devenir des outils précieux pour l'amélioration des performances en matière d'environnement.

4. Sources d'information

Le présent document est le résumé des informations recueillies à partir d'un certain nombre de sources, y compris notamment l'expertise des groupes mis en place pour assister la Commission dans son travail, puis vérifiées par les services de la Commission. Il convient de remercier ici les auteurs de toutes les contributions.

5. Compréhension et utilisation du présent document

Les informations contenues dans le présent document sont prévues pour servir de base à la détermination des meilleures techniques disponibles dans certains cas particuliers. Lors de la détermination de ces meilleures techniques et de la fixation des conditions d'autorisation, l'objectif global, qui est de parvenir à un niveau élevé de protection de l'environnement dans son ensemble, ne doit jamais être perdu de vue.

Les paragraphes ci-après décrivent le type d'informations présentées dans chacune des sections du document.

Le chapitre 1 contient des informations générales sur le stockage et la manipulation des substances dangereuses en vrac.

Le chapitre 2 traite des différents systèmes de classification des substances et des différentes catégories de substances, notamment substances toxiques, substances inflammables et substances nocives pour l'environnement. Pour les solides en vrac, il est également question de la classe de dispersivité.

Le chapitre 3 décrit les différentes techniques utilisées pour le stockage des liquides et des gaz, ainsi que les émissions potentielles dues aux installations de stockage et de transport aériennes et enterrées. Chaque mode de stockage et de transport est associé à une liste des activités opérationnelles pertinentes et des événements/incidents possibles. Des cartes de cote d'émission sont présentées ; les émissions ayant une cote supérieure à 3 sont étudiées en détail dans le chapitre 4.

Ce chapitre décrit également le stockage et la manipulation des solides en vrac. Les tas de substances en vrac, comme les céréales et le charbon à ciel ouvert, constituent une source potentielle d'émissions de poussières. Différents types de tas sont décrits. La manipulation des matières solides en vrac constituant une autre source potentielle d'émission de poussières, plusieurs techniques de chargement, de déchargement et de transport sont décrites.

Le chapitre 4 fournit des informations sur les mesures de limitation des émissions (MLE) ce qui comprend, pour les liquides et les gaz, une évaluation des questions de sécurité, ainsi que des aspects opérationnels et économiques. Les MLE pour éviter les émissions de poussières dues au stockage et à la manipulation des matières solides sont également décrites et évaluées, mais cette évaluation est moins complète que pour les liquides et les gaz. Ce chapitre propose également une méthodologie générale pour évaluer les MLE dans des cas précis (produit, mode de stockage et site spécifique) et présente plusieurs études de cas. L'objectif est de proposer une méthodologie générale applicable au stockage et à la manipulation des substances afin de faciliter la détermination des conditions d'autorisation basées sur les MTD. La méthodologie présentée dans le chapitre 4 n'est donc pas forcément appropriée à toutes les installations.

Le chapitre 5 est consacré au choix et à la description des MTD. Il faut cependant souligner que ce document ne propose pas de valeurs limites d'émissions. La détermination des conditions d'autorisation appropriées supposera la prise en compte de facteurs locaux inhérents au site, tels que les caractéristiques techniques de l'installation concernée, son implantation géographique et les conditions locales de l'environnement. Dans le cas des installations existantes, il faut en outre tenir compte de la viabilité économique et technique de leur amélioration. Le seul objectif consistant à assurer un niveau élevé de protection de l'environnement dans son ensemble impliquera déjà souvent de faire des compromis entre différents types d'incidences sur l'environnement et ces compromis seront souvent influencés par des considérations locales.

Étant donné que les meilleures techniques disponibles sont modifiées au fil du temps, le présent document sera révisé et mis à jour, le cas échéant. Toutes les éventuelles observations et propositions peuvent être envoyées au Bureau européen IPPC de l'Institut de prospective technologique, à l'adresse suivante :

European Commission
Institute for Prospective Technological Studies
Edificio Expo
c/Inca Garcilaso s/n
E-41092 Séville - Espagne

Télécopieur : +34 95 4488 284
Fax : +34 95 4488 426
e-mail : JRC-IPTS-EIPPCB@ec.europa.eu
Internet : http://eippcb.jrc.es

RESUME

Le présent BREF (document de référence sur les meilleures techniques disponibles) intitulé «Émissions dues au stockage» rend compte de l'échange d'informations mené en application de l'article 16, paragraphe 2, de la directive 96/61/CE du Conseil (directive IPPC). Ce résumé, qu'il convient de lire à la lumière de la préface du BREF qui en explique les objectifs, l'utilisation et les termes juridiques, décrit les principales constatations faites, les principales conclusions relatives aux MTD (meilleures techniques disponibles) ainsi que les niveaux d'émission ou de consommation associés. Il se suffit à lui-même mais, en tant que résumé, il ne rend pas compte de toutes les complexités du texte complet du BREF. Il n'a donc pas vocation à se substituer au BREF intégral en tant qu'outil pour la prise de décisions sur les meilleures techniques disponibles

Champ d'application

La question des émissions dues au stockage des matières dangereuses ou en vrac a été recensée en tant que thème horizontal pour toutes les activités décrites à l'annexe I de la directive IPPC. Cela signifie que le présent document couvre le stockage, le transport et la manipulation des liquides, des gaz liquéfiés et des solides, indépendamment du secteur concerné ou de la branche industrielle considérée. Il traite des émissions dans l'air, dans le sol et dans l'eau, mais s'intéresse plus particulièrement aux émissions dans l'air. Les informations relatives aux émissions dans l'air dues au stockage et à la manipulation ou au transport de solides sont axées sur les poussières.

Informations générales, substances et classifications

Le Chapitre 1, «Informations générales», fournit des informations générales sur les conséquences environnementales du stockage et de la manipulation des substances dangereuses en vrac, ainsi que sur la situation en matière d'émissions dans les installations, et recense les principales sources d'émissions dans l'air et dans l'eau, ainsi que les sources de déchets. Le Chapitre 2, «Substances et classifications», traite des différents systèmes de classification des substances et des différentes catégories de substances, notamment substances toxiques, substances inflammables et substances nocives pour l'environnement. Pour les solides en vrac, il est également question de la classe de dispersivité.

Techniques de stockage, de transport et de manipulation appliquées et techniques à prendre en considération pour la détermination des MTD

Le Chapitre 3, «Techniques de stockage, de transport et de manipulation appliquées», décrit les techniques utilisées pour le stockage, le transport et la manipulation des liquides, des gaz liquéfiés et des solides. Le chapitre 4 décrit les techniques également applicables aux liquides, aux gaz liquéfiés et aux solides, dont il y a lieu de tenir compte pour la détermination des MTD. Les questions en rapport avec les liquides et les gaz liquéfiés sont récapitulées en premier lieu, suivies par les questions concernant les solides.

Liquides et gaz liquéfiés

Pour le stockage des liquides et des gaz liquéfiés, le chapitre 3 décrit les techniques suivantes :

- réservoirs à ciel ouvert
- réservoirs à toit flottant externe
- réservoirs à toit fixe (vertical)
- réservoirs horizontaux aériens (atmosphériques)
- réservoirs horizontaux (sous pression)
- réservoirs verticaux (sous pression)
- sphères (sous pression)
- réservoirs partiellement enterrés (sous pression)
- réservoirs à toit respirant (avec volume variable pour la détente de la vapeur)
- réservoirs cryogéniques
- réservoirs enterrés horizontaux
- conteneurs et stockage des conteneurs
- bassins et fosses
- stockage (atmosphérique) en cavités minées
- stockage en cavités minées (sous pression)
- stockage en cavités salines, et
- stockage flottant.

Les équipement tels que les évents, les trappes de jaugeage, d'échantillonnage et d'accès, les puits de tranquillisation et les tubes de guidage, les dispositifs de vidange, les organes d'étanchéité, les robinets et autres dispositifs courants sont également abordés pour les réservoirs et les autres modes de stockage, de même que les questions de conception, de mise en service et de déclassement, d'économie, de gestion et d'exploitation.

Pour le transport et la manipulation des liquides et des gaz liquéfiés, les équipements tels que les évents, les dispositifs de vidange, les organes d'étanchéité et les dispositifs de décompression, ainsi que les techniques et activités suivants sont décrits:

- réseaux de canalisations de transport aériennes ouvertes ou fermées
- réseaux de canalisations de transport enterrées
- chargement et déchargement des dispositifs de transport
- écoulement par gravité
- pompes et compresseurs
- gaz inertes
- brides et joints, et
- robinets et raccords.

Pour chaque mode de stockage et pour chaque opération de transport et de manipulation sont énumérées les activités opérationnelles correspondantes, telles que remplissage, vidange, respiration, nettoyage, drainage, raclage, purge, raccordement/déconnexion, ainsi que les évènements/incidents tels que les débordements et les fuites, susceptibles de donner lieu à des émissions. La description des émissions potentielles par mode et par activité s'effectue sur cette base. En particulier, les sources d'émissions potentielles dues au modes de stockage et aux opérations de transport et de manipulation sont sélectionnées en vue d'analyses complémentaires à l'aide de matrices de risques. On applique alors un système de cotation, dans lequel les cotes des émissions dues aux sources opérationnelles sont calculées en multipliant la fréquence des émissions par le volume des émissions pour chaque mode de stockage et chaque opération de transport et de manipulation. Toutes les sources d'émissions potentielles ayant obtenu une cote supérieure ou égale à 3 sont prises en considération, et par conséquent, des mesures de limitation des émissions, destinées à prévenir ou à réduire les émissions potentielles

de ces sources, sont examinées au chapitre 4 intitulé «Techniques à prendre en considération pour la détermination des MTD».

Le Chapitre 4 fournit donc des informations sur les mesures de limitation des émissions possibles pour chaque mode de stockage examiné au point 3, ce qui comprend une évaluation des questions de sécurité ainsi que des aspects opérationnels et économiques. Des réservoirs sont utilisés pour le stockage de toute une série de substances telles que lisier, eau de refroidissement et pour toutes sortes de produits chimiques et pétrochimiques. L'industrie pétrochimique qui stocke d'importants volumes de produits chimiques et pétroliers dans des réservoirs a acquis une grande expérience de la prévention et de la réduction des émissions, aussi une grande partie des informations contenues dans le présent BREF sera-t-elle consacrée au stockage des produits pétrochimiques en réservoirs.

En ce qui concerne les émissions résultant de l'exploitation normale d'un réservoir, les mesures ci-après de limitation des émissions, qui ne sont pas uniquement des techniques, mais aussi des outils d'exploitation et de gestion, sont examinées et évaluées :

- conception des réservoirs
- inspection, entretien et surveillance
- principe de réduction maximale des émissions
- toit flottant, flexible ou fixe
- dômes
- couleur des réservoir
- boucliers solaires
- refroidissement naturel des réservoirs
- toits flottants internes et externes et joints de toit
- clapets de décharge et soupapes de décompression
- systèmes de drainage
- récupération et traitement de la vapeur, et
- mélange et évacuation des boues.

Ce chapitre propose également un outil pour évaluer les mesures de limitation des émissions applicables aux réservoirs dans des cas spécifiques (produit, emplacement et réservoir de stockage particuliers) et présente plusieurs études de cas.

Les mesures de limitation des émissions qui sont examinées et évaluées pour les émissions potentielles de réservoirs en cas d'incidents et d'accidents (majeurs) sont les suivantes :

- sécurité et gestion des risques
- procédures opérationnelles et formation
- indicateur de baisse de niveau dans les réservoirs à toit flottant externe
- débordement et fuites, par ex.:
  - fuites dues à la corrosion et à l'érosion
  - instrumentation et automatisation pour éviter les débordements et détecter les fuites
  - cloisons étanches et murs de protection des réservoirs
  - réservoirs à double paroi
- protection contre l'incendie, équipement de lutte contre l'incendie et confinement.

Les techniques de stockage décrites au chapitre 3 pour les matières dangereuses conditionnées sont les compartiments de stockage, les locaux de stockage et les parcs de stockage. Les matières conditionnées ne génèrent pas d'émissions «opérationnelles»; les seules émissions possibles sont dues à des incidents et à des accidents (majeurs), et les mesures de limitation des émissions examinées et évaluées dans le chapitre 4 sont les suivantes :

- sécurité et gestion des risques
- construction et aération
- mesures d'isolement et de séparation
- confinement des fuites et des produits extincteurs contaminés
- protection contre l'incendie, équipement de lutte contre l'incendie.

Dans l'industrie, les bassins et soutes sont surtout utilisés pour contenir l'eau de refroidissement, l'eau d'extinction des incendies et les eaux usées non traitées. En agriculture, ils sont beaucoup utilisés pour le stockage du lisier. Les mesures de limitation des émissions examinées et évaluées dans le chapitre 4 pour les bassins et soutes sont les toits flottants en plastique ou rigides, les cloisons étanches et les protections contre les débordements dus aux précipitations.

Les types de stockage en cavernes recensés sont le stockage en cavités minées, qui peut être atmosphérique, mais qui est le plus souvent sous pression, et le stockage en cavités salines. le stockage en cavernes est généralement utilisé pour les hydrocarbures comme le pétrole, l'essence, le diesel, le fioul et le gaz de pétrole liquéfié (GPL). Les émissions résultant d'une exploitation normale des cavités minées sous pression et des cavités salines sont considérées comme peu importantes et par conséquent, aucune mesure de limitation des émissions n'est proposée. En revanche, pour le stockage atmosphérique en cavités minées, la récupération de vapeur est examinée et évaluée en tant que mesure de limitation des émissions résultant d'une exploitation normale. Les mesures de limitation des émissions dues à des incidents ou à des accidents (majeurs) qui sont examinées, le cas échéant, pour les différents types de cavités sont les suivantes :

- sécurité et gestion des risques
- surveillance
- caractéristiques de sécurité intrinsèques
- maintien de la pression hydrostatique
- injection de ciment
- système de verrouillage, et
- protection automatique contre les débordements.

Le stockage flottant, c'est-à-dire les navires, est parfois utilisé pour offrir une capacité de stockage supplémentaire temporaire dans un terminal maritime. Ces navires sont en général d'anciens navires de commerce. Les mesures de limitation des émissions sont semblables à celles recensées pour les réservoirs : clapets de décharge et soupapes de décompression, couleur des réservoirs, et récupération ou traitement de la vapeur. Il existe certaines mesures de limitation des émissions en cas d'incidents ou d'accidents (majeurs), mais des informations complémentaires n'ont pas été fournies à ce sujet.

Par rapport au stockage des liquides et des gaz liquéfiés, les mesures de limitation des émissions recensées et examinées pour le transport et la manipulation de ces substances sont beaucoup moins nombreuses, les plus importantes étant les suivantes : outils de gestion, prévention de la corrosion interne et externe, récupération et traitement de la vapeur pour le chargement (et le déchargement) des dispositifs de transport. Pour ce qui est de la manipulation des produits, des soupapes et des pompes à hautes performances sont examinées et évaluées, telles que soupapes à soufflet et soupapes à diaphragme, pompes étanches et pompes à joints doubles ou à joints tandem.

Solides

Le chapitre 3 décrit également les techniques appliquées pour le stockage, le transport et la manipulation des solides en vrac. Différents types de stockage à l'air libre, qui représentent une importante source potentielle d'émissions de poussières, sont décrits, ainsi que le stockage en sacs, en ballots, en silos et en trémies, et les matières solides dangereuses conditionnées. La manipulation effective de matières solides en vrac est une autre source potentielle d'émissions de poussières, encore plus importante que le stockage, et plusieurs techniques de chargement, déchargement et de transport sont décrites, à savoir :

- bennes
- trémies de déchargement
- tuyaux
- transporteurs pneumatiques à aspiration
- dispositifs mobiles de chargement
- tranchées de dépôt
- canalisations et tuyaux de remplissage
- tuyaux en cascade
- goulottes
- bandes projeteuses
- transporteurs à courroie
- élévateur à godets
- transporteurs à chaîne et transporteurs à vis sans fin
- transporteurs pneumatiques, et
- distributeurs.

Le chapitre 4, «Techniques à prendre en considération pour la détermination des MTD», décrit et évalue les mesures de limitation des émissions possibles pour éviter les émissions de poussières dues au stockage, au transport et à la manipulation des solides. Les trois approches recensées pour limiter au maximum les poussières provenant du stockage et de la manipulation sont: les approches préprimaires, les approches primaires et les approches secondaires. Les approches préprimaires font partie du processus de production et d'extraction et sortent par conséquent du cadre du présent document. Les approches primaires sont celles qui visent à empêcher la formation des poussières; elles se subdivisent en approches fondées sur l'organisation, sur les techniques et sur la construction, ces dernières s'appliquant uniquement au stockage et pas à la manipulation. Les approches secondaires sont des techniques de réduction de la pollution qui visent à limiter la dispersion des poussières lorsqu'il n'a pas été possible d'éviter leur formation. Les approches et techniques applicables pour empêcher et limiter les émissions de poussières provenant du stockage des solides sont récapitulées dans le tableau 1.

Approches et techniques permettant de réduire les émissions de poussières provenant du stockage des solides		
primaires	organisation	• surveillance
		• agencement et exploitation des lieux de stockage (par le personnel chargé de la planification et de l'exploitation)
		• application systématique (de techniques de prévention/réduction)
		• réduction des zones de prise au vent
	construction	• silos de grand volume
		• abris ou toits
		• dômes
		• toits autodépliants
		• silos et trémies
		• buttes, clôtures et/ou plantations anti-vent
	techniques	• utilisation de systèmes de protection contre le vent
		• couverture des stockages à l'air libre
		• humidification des stockages à l'air libre
Secondaires	• pulvérisation d'eau/rideaux d'eau et diffuseurs d'eau	
	• extraction des hangars et silos	

Tableau 1 : Approches et techniques permettant de réduire les émissions de poussières provenant du stockage des solides

Toutes ces techniques sont décrites et évaluées dans le chapitre 4. Les approches et techniques applicables pour empêcher et limiter les émissions de poussières provenant de la manipulation des solides sont énumérées dans le tableau 2. Ces techniques sont également décrites et évaluées dans le chapitre 4.

Approches et techniques permettant de réduire les émissions de poussières provenant du transport et de la manipulation des solides		
primaires	organisation	Conditions météorologiques
		Mesures (applicables par le grutier) lors de l'utilisation d'une benne : • réduction de la hauteur de chute lors du déchargement • fermeture totale de la benne/des mâchoires après ramassage des matières • temps de repos suffisant de la benne dans les trémies après déchargement • arrêt des bennes par vent fort
		Mesures (applicables par l'opérateur) lors de l'utilisation d'un transporteur à courroie : • vitesse convenable du transporteur • éviter de charger la bande sur toute sa largeur
		Mesures (applicables par l'opérateur) lors de l'utilisation d'une pelle mécanique : • réduction de la hauteur de chute lors du déchargement • choix de la position adéquate lors du déchargement dans un camion
		Agencement et exploitation des lieux de stockage (par le personnel chargé de la planification et de l'exploitation) • réduction des distances de transport • réglage de la vitesse des véhicules • routes revêtues d'une surface dure • réduction des zones de prise au vent
	techniques	Bennes optimisées
		Utilisation de transporteurs fermés (ex. tubes transporteurs, transporteurs à vis)
		Courroie de transport sans poulies de support
		Mesures primaires sur courroies de transport classiques
		Mesures primaires sur goulottes
		Réduction maximale de la vitesse de descente
		Réduction maximale de la hauteur de chute libre (par ex. trémies en cascade)
		Utilisation de dispositifs anti-poussière sur les tranchées de dépôt et les trémies
		Soutes à faible émission de poussières
		Châssis des véhicules à angles arrondis
secondaires	Écrans pour courroies de transport ouvertes	
	Enfermement ou couverture des sources d'émission	
	Mise en place de couvercles, de tabliers ou de cônes sur les tuyaux de remplissage	
	Systèmes d'extraction	
	Systèmes de filtres pour les transporteurs pneumatiques	
	Tranchées de dépôt avec équipement d'aspiration, local de protection et dispositifs anti-poussières	
	Trémies de déchargement optimisées (dans les ports)	
	Techniques de pulvérisation d'eau/rideaux d'eau et diffuseurs d'eau	
	Nettoyage des courroies de transport	
	Adaptation de volets mécaniques/hydrauliques sur les camions	
	Nettoyage des routes	
	Nettoyage des pneus des véhicules	

Tableau 2 : Approches et techniques permettant de réduire les émissions de poussières dues au transport et à la manipulation des solides

Meilleures techniques disponibles

Les paragraphes ci-après récapitulent le chapitre 5, «Meilleures techniques disponibles», en décrivant les techniques, les méthodes et les activités à partir desquelles ont été formulées des conclusions relatives aux MTD. Ces conclusions ont trait aux problèmes d'environnement les plus importants, à savoir les émissions dans l'air et dans le sol résultant des activités normales de stockage et de manipulation des liquides, et les émissions de poussières dues au stockage et à la manipulation des solides. Dans certains cas, des conclusions relatives aux MTD sont également formulées en ce qui concerne les émissions dues à des incidents ou à des accidents

(majeurs). Les paragraphes ci-après ne dispensent pas de la lecture du chapitre «Meilleures techniques disponibles». En tout état de cause, le chapitre MTD est à rapprocher du reste du BREF, et c'est pourquoi chaque conclusion relative aux MTD renvoie aux parties correspondantes dans les autres chapitres.

Dans le chapitre 5, les conclusions relatives aux MTD sont regroupées comme suit : en premier lieu sont présentées les conclusions relatives aux MTD pour le stockage des liquides et des gaz liquéfiés, qui consistent en principes généraux pour éviter et réduire les émissions, à savoir :

- inspection et entretien
- localisation et agencement
- couleur des réservoirs
- principe de réduction maximale des émissions lors du stockage en réservoirs
- surveillance des COV, et
- systèmes spécialisés

Viennent ensuite les conclusions concernant les MTD spécifiques aux réservoirs, visant à limiter les émissions dans les conditions normales d'utilisation, et qui portent sur tous les types de réservoirs décrits au chapitre 4; elles sont logiquement suivies par les conclusions en matière de MTD en ce qui concerne les émissions qui ne résultent pas d'une utilisation normale des réservoirs, c'est-à-dire pour la prévention des incidents et des accidents (majeurs) :

- sécurité et gestion des risques
- procédures opérationnelles et formation
- fuites dues à la corrosion et/ou à l'érosion
- procédures opérationnelles et instrumentation pour éviter les débordements
- instrumentation et automatisation pour éviter les fuites
- approche fondée sur l'analyse des risques en ce qui concerne les émissions dans le sol sous les réservoirs
- protection du sol autour des réservoirs (confinement)
- zones d'explosivité et sources d'inflammation
- protection contre l'incendie
- équipements de lutte contre l'incendie
- confinement des produits extincteurs contaminés

Les conclusions relatives aux MTD en ce qui concerne le stockage en réservoirs sont suivies de conclusions relatives aux MTD pour d'autres techniques de stockage, notamment

- le stockage des substances dangereuses conditionnées
- le stockage en bassins et fosses
- le stockage en cavités minées et en cavités salines

Les conclusions indiquent que le stockage flottant ne fait pas partie des MTD.

En deuxième lieu sont présentées les conclusions relatives aux MTD pour le transport et la manipulation des liquides et des gaz liquéfiés, qui dans ce cas également commencent par un rappel des principes généraux pour éviter et réduire les émissions, à savoir :

- inspection et entretien
- programme de détection des fuites et de réparation
- principe de réduction maximale des émissions lors du stockage en réservoirs
- sécurité et gestion des risques
- procédures opérationnelles et formation

Des conclusions relatives aux MTD sont formulées concernant des techniques spécifiques, notamment pour les réseaux de canalisations aériennes et souterrainnes, pour la réduction des émissions résultant des activités de chargement et de déchargement, pour les joints des réseaux de canalisation et pour la prévention de la corrosion, pour les soupapes, les pompes et les compresseurs et pour les raccords d'échantillonnage.

En troisième lieu figurent les conclusions relatives aux MTD pour la réduction des émissions de poussières résultant du stockage à l'air libre ou en local fermé, ainsi que du stockage des matières conditionnées, et aux MTD en matière de sécurité et de gestion des risques.

Enfin les conclusions relatives aux MTD pour les émissions de poussières résultant du transport et de la manipulation des solides sont énumérées, en commençant par les principes généraux suivants qui visent à réduire au minimum les émissions de poussières :

- planification des activités de transport
- transport continu
- mesures de réduction en cas de transport discontinu :
  - nettoyage des routes et des pneus des véhicules
  - humidification du produit
  - réduction maximale de la vitesse de descente, et
  - réduction maximale de la hauteur de chute libre

Les principes généraux sont suivis des conclusions concernant les MTD pour réduire au minimum les émissions de poussières dues aux bennes et aux transporteurs utilisés pour le transport.

Conclusions

Dans le chapitre 7, «Conclusions», le lecteur trouvera des réponses aux questions suivantes:

- Quels sont les éléments d'information fournis par le groupe de travail technique qui ont servi de base à ce BREF ?
- Quel est le niveau de consensus obtenu sur les conclusions relatives aux MTD ?
- Quelles sont les recommandations de travaux ultérieurs ?
- Quelles sont les thèmes suggérés pour de futurs projets de R&D ?

Le niveau de consensus est manifestement élevé puisque sur un total de 110 conclusions relatives aux MTD, seuls 5 points de vue divergents ont été recensés. Ces opinions divergentes concernent certaines conclusions relatives aux MTD dans les parties consacrées au stockage et à la manipulation des liquides et des gaz liquéfiés. Il n'a pas été signalé de divergences en ce qui concerne les conclusions relatives aux MTD dans le domaine du stockage et de la manipulation des solides. Les divergences portent sur les points suivants :

- la méthode d'évaluation (mesures de limitation des émissions)
- l'exigence relative à l'utilisation d'une installation de traitement de la vapeur pour le stockage de certaines substances volatiles, applicable à trois types de réservoirs différents.
- l'outil utilisable pour quantifier les émissions de COV.

Lors de la réunion du forum d'échange d'information de décembre 2004, il a été constaté qu'un petit nombre d'États membres ne se ralliaient pas à l'idée d'une détermination des MTD au cas par cas, et ce point de vue a été consigné dans le chapitre 5.

Les recommandations concernant le réexamen ultérieur du BREF portent sur les points suivants :

- l'élaboration d'un système européen de classification des polluants atmosphériques;

- la séparation entre le stockage et la manipulation des liquides et des gaz liquéfiés d'une part, et la stockage et la manipulation des solides d'autre part, dans la mesure où il s'agit de domaines totalement différents qui nécessitent par conséquent des compétences spécialisées différentes.
- la surveillance des émissions de COV et les outils pour valider les méthodes de calcul des émissions;
- la mise à jour de la liste des techniques pour éviter ou réduire les émissions dans le sol à partir des réservoirs;
- la collecte de données sur le chargement et le déchargement des dispositifs de transport dans le cas des substances volatiles,
- la consignation du retour d'informations sur la méthode d'évaluation.

Dans le cadre de ses programmes de RDT, la Communauté européenne mène et subventionne une série de projets concernant les technologies propres, les nouvelles techniques de recyclage et de traitement des effluents et les stratégies de gestion en la matière. Ces projets représentent potentiellement une contribution précieuse pour les futurs réexamens du BREF. Les lecteurs sont par conséquents invités à communiquer au Bureau européen de prévention et de réduction intégrées de la pollution (BEPRIP) tout résultat de recherche présentant de l'intérêt pour le présent document (voir également préface du document).

Document de référence des meilleures techniques disponibles sur les émissions dues au stockage

PRÉFACE ... ix
CHAMP D'APPLICATION ... xxii
1. INFORMATIONS GÉNÉRALES ... 1
1.1. Conséquences environnementales du stockage ... 1
1.2. Situation en matière d'émissions dans les installations de stockage ... 2
1.2.1. Émissions dans l'air ... 2
1.2.2. Émissions dans l'eau ... 2
1.2.3. Émissions de bruit ... 3
1.2.4. Émissions de déchets ... 4
1.2.5. Incidents et accidents (majeurs) ... 4
2. SUBSTANCES ET CLASSIFICATION ... 5
2.1. Nature et classification des substances dangereuses ... 5
2.2. Classification des substances conditionnées ... 6
2.3. Classes de dispersivité des matières solides en vrac ... 6
2.4. Utilisation des systèmes de classification dans le présent document ... 6
3. TECHNIQUES DE STOCKAGE, DE TRANSPORT ET DE MANIPULATION APPLIQUÉES ... 8
3.1. Stockage des liquides et des gaz liquéfiés ... 8
3.1.1. Réservoirs à ciel ouvert ... 10
3.1.2. Réservoirs à toit flottant externe (RTFE) ... 11
3.1.3. Réservoirs à toit fixe (vertical) (RTF) ... 13
3.1.4. Réservoirs horizontaux aériens (atmosphériques) ... 15
3.1.5. Réservoirs horizontaux (sous pression) ... 17
3.1.6. Réservoirs verticaux (sous pression) ... 18
3.1.7. Sphères (sous pression) ... 20
3.1.8. Stockage partiellement enterré (sous pression) ... 21
3.1.9. Réservoirs à espace variable pour la vapeur ... 22
3.1.10. Réservoirs cryogéniques ... 24
3.1.11. Réservoirs enterrés horizontaux ... 26
3.1.12. Considérations relatives aux réservoirs ... 27
3.1.13. Conteneurs et stockage des conteneurs ... 36
3.1.14. Bassins et fosses ... 39
3.1.15. Cavités minées (atmosphériques) ... 40
3.1.16. Cavités minées (sous pression) ... 44
3.1.17. Cavités salines ... 46
3.1.18. Stockage flottant ... 48
3.2. Transport et manipulation des liquides et des gaz liquéfiés ... 49
3.2.1. Transport de produit ... 50
3.2.2. Manipulation de produit ... 55
3.2.3. Considérations relatives aux systèmes de transport et de manipulation ... 60
3.2.4. Équipement et accessoires ... 62
3.2.5. Transport et manipulation des matières conditionnées ... 65
3.3. Stockage des solides ... 66
3.3.1. Stockage à ciel ouvert ... 66
3.3.2. Sacs et ballots ... 67
3.3.3. Silos et trémies ... 67
3.3.4. Matières solides dangereuses conditionnées ... 68
3.4. Transport et manipulation des solides ... 68
3.4.1. Construction et reprise des tas ... 68
3.4.2. Dispositifs de chargement et de déchargement ... 69
3.4.3. Transport et manipulation des matières conditionnées ... 83
4. TECHNIQUES À PRENDRE EN CONSIDÉRATION POUR LA DÉTERMINATION DES MTD ... 111
4.1. Stockage des liquides et des gaz liquéfiés ... 111
4.1.1. Méthodologie d'évaluation des MLE pour le stockage des liquides et des gaz liquéfiés ... 111
4.1.2. Généralités sur les MLE applicables aux réservoirs ... 113
4.1.3. MLE applicables aux émissions opérationnelles de gaz dues aux réservoirs ... 120
4.1.4. MLE applicable aux émissions liquides opérationnelles dues aux réservoirs ... 111

4.1.5. MLE applicables aux réservoirs : déchets 113
4.1.6. MLE applicables aux réservoirs en cas d’incidents et d’accidents (majeurs)..... 114
4.1.7. MLE des émissions dues à des incidents et accidents (majeurs) applicables aux réservoirs de stockage..... 133
4.1.8. MLE applicables aux émissions de gaz opérationnelles dues aux bassin et aux fosses 142
4.1.9. MLE applicables aux émissions opérationnelles dans le sol et l’eau dues aux bassins et aux fosses143
4.1.10. MLE applicables aux déchets opérationnels dus aux bassins et aux fosses..... 144
4.1.11. MLE applicables aux émissions dues aux incidents et accidents dans les bassins et les fosses 144
4.1.12. MLE applicables aux émissions opérationnelles de gaz dues aux cavités minées atmosphériques 144
4.1.13. MLE applicables aux émissions dues aux incidents et accidents (majeurs) dans la cavités minées atmosphériques..... 145
4.1.14. MLE applicables aux émissions dues aux incidents et accidents (majeurs) dans les cavités minées (sous pression)..... 148
4.1.15. MLE applicables aux émissions dues aux incidents et accidents (majeurs) dans les cavités salines 149
4.1.16. MLE applicables aux émissions opérationnelles de gaz dues au stockage flottant 150
4.1.17. MLE applicables aux émissions opérationnelles dans l’eau dues au stockage flottant 151
4.1.18. MLE applicables aux émissions dues aux incidents et accidents (majeurs) du stockage flottant... 151
4.2. Transport et manipulation des liquides et des gaz liquéfiés..... 151
4.2.1. Outils de gestion pour le transport et la manipulation 152
4.2.2. MLE applicables aux émissions opérationnelles de gaz dues aux réseaux de canalisations aériennes fermées 152
4.2.3. MLE applicables aux émissions dues aux incidents et accidents (majeurs) dans les réseaux de canalisations aériennes fermées..... 155
4.2.4. MLE applicables aux émissions opérationnelles dues aux canalisations de transport aériennes ouvertes 156
4.2.5. MLE applicables aux émissions dues aux incidents et accidents (majeurs) dans les réseaux de canalisations de transport aériennes ouvertes..... 157
4.2.6. MLE applicables aux émissions gazeuses opérationnelles dans les réseaux de canalisations de transport enterrées fermées..... 157
4.2.7. MLE applicables émissions dues aux incidents et accidents (majeurs) dans la réseaux de canalisations de transport enterrées fermées 157
4.2.8. MLE applicables au chargement et au déchargement des transporteurs 157
4.2.9. MLE applicables aux émissions opérationnelles de gaz dues aux systèmes de manipulation de produit 160
4.2.10. MLE applicables aux émissions dues aux incidents et accidents (majeurs) dans les systèmes de manipulation de produit : 167
4.3. Stockage des solides 168
4.3.1. Généralités sur les mesures de limitation des émissions (MLE) 168
4.3.2. Approches générales pour réduire au maximum les émissions de poussières provenant du stockage 168
4.3.3. Approches d’organisation primaires permettant de réduire au maximum les émissions de poussières provenant du stockage..... 169
4.3.4. Techniques de construction primaires permettant de réduire au maximum l’émission de poussières provenant du stockage..... 170
4.3.5. Techniques et mesures de prévention/réduction appliquées aux stockage à l’air libre..... 174
4.3.6. Techniques primaires permettant de réduire au maximum les émissions de poussières provenant du stockage..... 113
4.3.7. Techniques secondaires permettant de réduire les émissions de poussières provenant du stockage : filtres à poussière sur les silos et les trémies 115
4.3.8. Mesures de prévention des incidents et des accidents (majeurs)..... 116
4.3.9. Lessivage dans le sol ou les eaux de surface 118
4.4. Manipulation de solides..... 119
4.4.1. Généralités pour les mesures de limitation des émissions (MLE)..... 119
4.4.2. Approches générales permettant de réduire au maximum les émissions de poussières provenant de la manipulation..... 119
4.4.3. Approches primaires d’organisation permettant de réduire au maximum les émissions de poussières provenant de la manipulation 121
4.4.4. Techniques primaires de construction permettant de réduire au maximum les émissions de poussières provenant du chargement et du déchargement 124

4.4.5. Techniques primaires permettant de réduire au maximum les émissions de poussières dues à la manipulation ... 125
4.4.6. Techniques secondaires permettant de réduire au maximum les émissions de poussières provenant de la manipulation ... 131
4.4.7. Mesures permettant de réduire les émissions dues aux matières emballées ... 139
4.4.8. Sécurité et gestion des risques pour la manipulation des solides ... 139
5. MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES ... 140
5.1. Stockage des liquides et des gaz liquéfiés ... 141
5.1.1. Réservoirs ... 141
5.1.2. Stockage des substances dangereuses conditionnées ... 149
5.1.3. Bassins et fosses ... 150
5.1.4. Cavités minées atmosphériques ... 150
5.1.5. Cavités minées sous pression ... 151
5.1.6. Cavités salines ... 152
5.1.7. Stockage flottant ... 152
5.2. Transfert et manipulation de liquides et de gaz liquéfiés ... 152
5.2.1. Principes généraux pour prévenir et réduire les émissions ... 152
5.2.2. Considérations relatives aux techniques de transport et de manipulation ... 153
5.3. Stockage des solides ... 155
5.3.1. Stockage à l'air libre ... 155
5.3.2. Stockage fermé ... 156
5.3.3. Stockage de solides dangereux conditionnés ... 156
5.3.4. Prévention des incidents et des accidents (majeurs) ... 156
5.4. Transport et manipulation des solides ... 156
5.4.1. Approches générales pour limiter au maximum les poussières dues au transport et à la manipulation ... 156
5.4.2. Considérations relatives aux techniques de transport ... 157
6. TECHNIQUES ÉMERGENTES ... 160
6.1. Manipulation des solides ... 160
6.1.1. Transporteur à vis ... 160
6.1.2. Conteneurs de transbordement à quai à faibles émissions de poussière sans extraction par pression négative ... 161
6.1.3. Transporteur à vis pour minerais et concentrés non ferreux ... 162
7. CONCLUSIONS ... 163
7.1. Calendrier des travaux ... 163
7.2. Sources d'informations ... 163
7.3. Niveau de consensus obtenu ... 163
7.4. Recommandations pour les travaux ultérieurs ... 165
7.5. Thèmes suggérés pour de futurs projets de R & D ... 166
GLOSSAIRE ... 167
8. ANNEXES ... 172
8.1. Codes internationaux ... 172
8.2. Substances dangereuses et classification ... 199
8.3. Compatibilité des substances nocives ... 221
8.4. Classes de dispersivité des matières solides en vrac ... 221
8.5. Matières solides en vrac pertinentes ... 227
8.6. Synthèse des exigences des EM pour les modes de stockage en réservoirs enterrés et l'équipement pour les liquides ... 229
8.7. Modes de stockage et matières solides en vrac pertinentes ... 230
8.8. Techniques de manipulation et matières solides en vrac pertinentes ... 231
8.9. Carte de cotes des MLE pour le stockage des liquides et gaz liquéfiés : émissions opérationnelles ... 233
8.10. Cartes des cotes des MLE pour le transport et la manipulation des liquides et gaz liquéfiés ... 246
8.11. Méthodologie pour le renseignement du tableau d'évaluation des MLE ... 250
8.12. Matrice d'évaluation des mesures de limitation des émissions gazeuses et liquides ... 254
8.13. Études de cas pour la méthodologie d'évaluation des MLE ... 256
8.13.1. Étude de cas numéro 1 : RTFE existant ... 256
8.13.2. Étude de cas numéro 2 : nouveau RTF ... 260
8.13.3. Étude de cas numéro 2a : nouveau RTF ... 262
8.13.4. Étude de cas numéro 3 : nouveau RTF ... 265
8.13.5. Étude de cas numéro 4 : nouveau RTF ... 267

8.14. Cartes de cotes des MLE pour le stockage des solides 273
8.15. Cartes de cote des MLE pour la manipulation des solides..... 276
8.16. Caractéristiques des systèmes d’extinction d’incendie 282
8.17. Distances pour le stockage des cylindres de gaz..... 283
8.18. Exemples de distances appliquées pour le stockage en réservoirs de liquides inflammables 286
8.19. Liste de contrôle type pour la conception d’un réservoir de stockage de produit dans une usine de produits chimiques..... 288
8.20. Rendement d’un RTFE en fonction du nombre de cycles de remplissage par an et par réservoir 290
8.21. Rendement d’un RTFE en fonction du taux de renouvellement par an et diamètre du réservoir pour le pétrole brut et l’essence 290
8.22. Rendement des différents types de dispositifs d’étanchéité pour toit flottant..... 290
8.23. Rendement d’un RTFI en fonction du nombre de cycles de remplissage par an et le diamètre du réservoir 291

Liste des tableaux

Tableau 2. 1 : Catégories de substances dangereuses aux termes de la directive 67/548/CEE 5

Tableau 3. 1 : Références croisées des différents modes de stockage pour les liquides et les gaz liquéfiés 8
Tableau 3. 2 : Références croisées pour les réservoirs à ciel ouvert 11
Tableau 3. 3 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs à ciel ouvert 11
Tableau 3. 4 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dues aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs à ciel ouvert 11
Tableau 3. 5 : Références croisées pour les RTFE 13
Tableau 3. 6 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les RTFE 13
Tableau 3. 7 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dus aux « sources opérationnelles » avec les RTFE 13
Tableau 3. 8 : Valeurs nominales pour les différents types de réservoirs à toit fixe 14
Tableau 3. 9 : Références croisées pour les RTF 15
Tableau 3. 10 : Sources d'émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les RTF . 15
Tableau 3. 11 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels provenant de « sources opérationnelles » avec les RTF 15
Tableau 3. 12 : Références croisées pour les réservoirs horizontaux aériens 16
Tableau 3. 13 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs horizontaux aériens 17
Tableau 3. 14 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dus aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs horizontaux aériens 17
Tableau 3. 15 : Références croisées pour les réservoirs horizontaux (sous pression) 18
Tableau 3. 16 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs horizontaux (sous pression) 18
Tableau 3. 17 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dus aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs horizontaux (sous pression) 18
Tableau 3. 18 : Références croisées pour les réservoirs verticaux (sous pression) 19
Tableau 3. 19 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs verticaux sous pression 19
Tableau 3. 20 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dus aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs verticaux sous pression 20
Tableau 3. 21 : Références croisées pour les sphères (sous pression) 20
Tableau 3. 22 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les sphères sous pression 21
Tableau 3. 23 : Émissions liquides potentielles dans l'eau ou déchets provenant de « sources opérationnelles » avec les sphères sous pression 21
Tableau 3. 24 : Références croisées pour le stockage partiellement enterré 22
Tableau 3. 25 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec le stockage partiellement enterré sous pression 22
Tableau 3. 26 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dus aux « sources opérationnelles » avec le stockage partiellement enterré sous pression 22
Tableau 3. 27 : Références croisées pour les réservoirs à toit respirant 23
Tableau 3. 28 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs à toit respirant 23
Tableau 3. 29 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dus aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs à toit respirant 24
Tableau 3. 30 : Références croisées pour les réservoirs cryogéniques 25
Tableau 3. 31 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs cryogéniques 25
Tableau 3. 32 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dus aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs cryogéniques 25
Tableau 3. 33 : Références croisées pour les réservoirs horizontaux enterrés 26
Tableau 3. 34 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs horizontaux enterrés 27
Tableau 3. 35 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dus aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs horizontaux enterrés 27
Tableau 3. 36 : Éléments de coût des réservoirs de stockage 27

Tableau 3. 37 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les bassins et les fosses 40
Tableau 3. 38 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dues aux « sources opérationnelles » avec les bassins et les fosses 40
Tableau 3. 39 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les cavités minées atmosphériques à lit fixe 44
Tableau 3. 40 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les cavités minées atmosphériques à lit variable 44
Tableau 3. 41 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dues aux « sources opérationnelles » avec les cavités minées (atmosphériques) 44
Tableau 3. 42 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les cavités minées (sous pression) 46
Tableau 3. 43 : Emissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dus aux « sources opérationnelles » avec les cavités minées (sous pression) 46
Tableau 3. 44 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les cavités salines 47
Tableau 3. 45 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dus aux « sources opérationnelles » avec les cavités salines 47
Tableau 3. 46 : Références croisées pour le stockage flottant 48
Tableau 3. 47 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec le stockage flottant 48
Tableau 3. 48 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dus aux « sources opérationnelles » avec le stockage flottant 49
Tableau 3. 49 : Références croisées relatives aux modes de transport et de manipulation pour les liquides et les gaz liquéfiés 49
Tableau 3. 50 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les réseaux de canalisations de transport aériennes fermées 51
Tableau 3. 51 : Émissions liquides potentielles dans le sol/eau souterraine dues aux « sources opérationnelles » avec les réseaux de canalisations de transport aériennes fermées 51
Tableau 3. 52 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les réseaux de canalisations de transport aériennes ouvertes 52
Tableau 3. 53 : Émissions liquides potentielles dans le sol/eau souterraine dues aux « sources opérationnelles » avec les réseaux de canalisations de transport aériennes ouvertes 52
Tableau 3. 54 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les réseaux de canalisations enterrées fermées 53
Tableau 3. 55 : Émissions liquides potentielles dans le sol/eau souterraine provenant de « sources opérationnelles » avec les réseaux de canalisations de transport enterrées fermées 54
Tableau 3. 56 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les tuyaux flexibles ou les bras de chargement 55
Tableau 3. 57 : Émissions liquides potentielles dans le sol/eau souterraine dues aux « sources opérationnelles » avec les tuyaux flexibles ou les bras de chargement 55
Tableau 3. 58 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec la manipulation de produit 56
Tableau 3. 59 : Émissions liquides potentielles dans le sol/eau souterraine dues aux « sources opérationnelles » avec la manipulation de produit 56
Tableau 3. 60 : Émissions moyennes dues aux dispositifs d'étanchéité des pompes de procédé lors de la manipulation d'huiles minérales 64
Tableau 3. 61 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec le transport et la manipulation de matières conditionnées 66
Tableau 3. 62 : Émissions liquides potentielles dans le sol/eau souterraine provenant de « sources opérationnelles » avec le transport et la manipulation des matières conditionnées 66
Tableau 3. 63 : Modes de stockage pour les solides et référence aux sections 66
Tableau 3. 64 : Critères de sélection des lieux de stockage longitudinaux et en forme d'anneau 67
Tableau 3. 65 : Techniques de transport et de manipulation des solides, avec sections correspondantes 68
Tableau 3. 66 : Techniques classiques de construction d'un tas 69
Tableau 3. 67 : Étude des wagons/camions généralement utilisés pour les matières en vrac 74

Tableau 4. 1 : Facteurs de peinture 124
Tableau 4. 2 : Facteur de réflexion de la chaleur radiante des différentes couleurs de réservoir 125
Tableau 4. 3 : Technologies de réduction des émissions : limitations d'applicabilité et coûts normalisés selon le BREF CWW 138
Tableau 4. 4 : Substances traitées dans une installation de traitement des vapeurs 140

Tableau 4. 5 : compatibilité des MLE 111
Tableau 4. 6 : MLE possibles par mode de stockage 112
Tableau 4. 7 : Système de cotation permettant d'identifier le niveau de risque d'émissions dans le sol 123
Tableau 4. 8 : Définition des zones 131
Tableau 4. 9 : Principaux événements potentiels concernant le stockage de matières dangereuses conditionnées 133
Tableau 4. 10 : Distances de séparation minimales d'un stockage extérieur contenant des liquides inflammables 136
Tableau 4. 11 : Distances de séparation minimales d'un stockage extérieur contenant des substances dangereuses 137
Tableau 4. 12 : approches et techniques permettant de réduire les émissions de poussières provenant du stockage et des réponses croisées 169
Tableau 4. 13 : Approches permettant de réduire les émissions de poussières provenant des stockages ouverts et leurs limitations 112
Tableau 4. 14 : Matériaux impliqués dans les 290 incendies 117
Tableau 4. 15 : Sources d'inflammation 117
Tableau 4. 16 : Approches et techniques permettant de réduire les émissions de poussières provenant du chargement et du déchargement 121
Tableau 4. 17 : Comparaison des différents transporteurs à chaîne fermés 126
Tableau 4. 18 : Réduction des émissions dans les soutes numéro 3 et 4 131
Tableau 4. 19 : Efficacité des différents balayeurs 138

Tableau 8. 1 : Affectation des activités industrielles conformément à l'annexe I de la directive IPPC relative aux matières solides en vrac pertinentes 228
Tableau 8. 2 : Synthèse des exigences relatives aux réservoirs enterrés dans les différents EM 229
Tableau 8. 3 : Modes de stockage et matières en vrac pertinentes 230
Tableau 8. 4 : Techniques de chargement et de déchargement et matières en vrac pertinentes 231
Tableau 8. 5 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; réservoir aérien à ciel ouvert 233
Tableau 8. 6 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; stockage aérien atmosphérique à toit flottant externe 234
Tableau 8. 7 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; stockage aérien atmosphérique : réservoir à toit fixe 235
Tableau 8. 8 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; stockage aérien atmosphérique : réservoir de stockage horizontal 236
Tableau 8. 9 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; stockage aérien atmosphérique : sphères . 237
Tableau 8. 10 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; stockage aérien sous pression : réservoir de stockage horizontal 238
Tableau 8. 11 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; stockage aérien cryogénique 239
Tableau 8. 12 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; réservoir enterré 240
Tableau 8. 13 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; cavité atmosphérique 241
Tableau 8. 14 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; dôme salin atmosphérique 242
Tableau 8. 15 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; cavité sous pression 242
Tableau 8. 16 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; bassin et fosse 243
Tableau 8. 17 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; stockage flottant 244
Tableau 8. 18 : Cartes des MLE pour les émission opérationnelles ; réservoir à toit respirant 245
Tableau 8. 19 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; systèmes de transport aériens : canalisations fermées 246
Tableau 8. 20 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; systèmes de transport aériens : canalisations ouvertes 247
Tableau 8. 21 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; systèmes de transport enterrés : canalisations fermées 248
Tableau 8. 22 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; méthodes de manipulation de produit : pompes et compresseurs 249
Tableau 8. 23 : Étude de cas numéro 1 : évaluation de la MLE initiale 270
Tableau 8. 24 : Étude de cas numéro 1 : deuxième tour de l'évaluation des MLE 270
Tableau 8. 25 : Étude de cas numéro 2 : évaluation de la MLE initiale 271
Tableau 8. 26 : Étude de cas numéro 2a : évaluation de la MLE initiale 271
Tableau 8. 27 : Étude de cas numéro 3 : évaluation de la MLE initiale 272
Tableau 8. 28 : Étude de cas numéro 4 : évaluation de la MLE initiale 272
Tableau 8. 29 : Carte des cotes des MLE pour le stockage des solides 274

Tableau 8. 30 : Carte des cotes des MLE pour la manipulation des solides 277
Tableau 8. 31 : Distances pour le stockage fermé des cylindres de gaz 284
Tableau 8. 32 : Distances pour le stockage ouvert des cylindres de gaz 285
Tableau 8. 33 : Distances pour le stockage aérien de K_1, K_2, K_3 et de pétrole brut appliquées aux Pays-Bas 286
Tableau 8. 34 : Distances pour le stockage aérien de liquides inflammables en grands réservoirs appliquées au RU 287

Liste des figures

Figure 3. 1 : Organigramme des émissions potentielles dues au stockage aérien et enterré 9
Figure 3. 2 : Matrice des risques pour les émissions dues au stockage des liquides et des gaz liquéfiés 9
Figure 3. 3 : Exemple de réservoir de lisier à ciel ouvert avec tranchée de réception enterrée 10
Figure 3. 4 : Réservoir à toit flottant externe classique avec ponton 12
Figure 3. 5 : Réservoir à toit flottant classique avec toit flottant à double pont 12
Figure 3. 6 : Réservoir à toit fixe vertical doté de plusieurs équipements de limitation des émissions 14
Figure 3. 7 : Exemple de réservoir à toit fixe classique 14
Figure 3. 8 : Réservoir horizontal aérien doté de plusieurs équipements de limitation des émissions 16
Figure 3. 9 : Réservoirs horizontaux (sous pression) dotés de plusieurs équipements de limitation des émissions 18
Figure 3. 10 : Réservoir vertical (sous pression) doté de plusieurs équipements de limitation des émissions 19
Figure 3. 11 : Stockage partiellement enterré 21
Figure 3. 12 : Exemple typique de réservoir cryogénique avec confinement simple 24
Figure 3. 13 : Exemple typique de réservoir cryogénique avec confinement double 24
Figure 3. 14 : Exemple typique de réservoir cryogénique avec confinement total 25
Figure 3. 15 : Réservoir enterré à paroi double doté de certains équipements de limitation des émissions 26
Figure 3. 16 : Localisations possibles pour le stockage des matières dangereuses en conteneurs 37
Figure 3. 17 : Exemple de stockage de boues avec digue en terre et caractéristiques de conception 40
Figure 3. 18 : Schéma d'une cavité avec lit fixe 41
Figure 3. 19 : Schéma d'une cavité avec lit variable 41
Figure 3. 20 : Schéma d'une cavité sous pression et d'une cavité cryogénique pour le stockage de GPL 42
Figure 3. 21 : Coût d'investissement relatif pour le stockage de pétrole dans des réservoirs aériens et des cavités rocheuses nues sur le site d'une raffinerie en Finlande 43
Figure 3. 22 : Coût d'investissement relatif pour les différents modes de stockage du GPL sur le site d'une raffinerie en Finlande 43
Figure 3. 23 : Schéma d'une salle de pompe désamorcée au niveau du fond de cavités 44
Figure 3. 24 : Arbre de fonctionnement du stockage enterré de GPL avec instrumentation 45
Figure 3. 25 : Exemple de cavité saline en fonctionnement 47
Figure 3. 26 : Organigramme des émissions potentielles résultant des opérations de transport et de manipulation 50
Figure 3. 27 : Matrice des risques pour les émissions dues au transport et à la manipulation des liquides et des gaz liquéfiés 50
Figure 3. 28 : Exemple de système de déchargement et de stockage en vrac pour les solvants à base de chlorure 54
Figure 3. 29 : Formes de tas 67
Figure 3. 30 : Benne à deux coquilles 71
Figure 3. 31 : Différentes formes des arêtes de benne 71
Figure 3. 32 : Différents types de tubes 72
Figure 3. 33 : Principe fonctionnel d'un transporteur pneumatique à aspiration 73
Figure 3. 34 : Camions de dépôt 74
Figure 3. 35 : Tranchées de dépôt avec aspiration et barrières anti-poussière [17, UBA, 2001] avec référence à Franz Rubert et Co. GmbH, 2000 (schéma de gauche) et Raiffeisen Hauptgenossenschaft Nord AG, 2000 (photo de droite) 75
Figure 3. 36 : Chargeur de navire avec tuyau de remplissage 75
Figure 3. 37 : Tube de remplissage 75
Figure 3. 38 : Tube en cascade 76
Figure 3. 39 : Chargement d'un wagon par une goulotte 76
Figure 3. 40 : Bandes projeteuses 77
Figure 3. 41 : Bande projeteuse utilisée pour la construction de tas 77
Figure 3. 42 : Transporteur à courroie classique 77
Figure 3. 43 : Principe d'un transporteur à courroie pentu 77
Figure 3. 44 : Exemples de transporteurs à courroie suspendue 78
Figure 3. 45 : Différents concepts de tubes transporteurs à courroie 78
Figure 3. 46 : Exemple de transporteur à double courroie 79
Figure 3. 47 : Exemples de transporteurs à courroie pliable 79
Figure 3. 48 : Transporteur de fermeture à tirer 79
Figure 3. 49 : Construction et principe de fonctionnement d'un élévateur à godets 79

Figure 3. 50 : Déchargeur continu de navire avec technique d'élévateur à godets et pied de ramassage en forme de L [17, UBA, 2001] avec référence à Krupp Fördertechnik GmbH, 2000 79
Figure 3. 51 : Principe du transporteur à chaîne formant couloir 80
Figure 3. 52 : Schéma d'un transporteur à vis formant couloir 81
Figure 3. 53 : Principe de fonctionnement d'un transporteur pneumatique sous pression 82
Figure 3. 54 : Distributeurs 83

Figure 4. 1 : Réservoir à toit flottant externe équipé d'un dôme géodésique en aluminium [166, EEMUA, 2003] 124
Figure 4. 2 : joints vapeur (classiques) 127
Figure 4. 3 : Croquis d'un joint hydraulique (gauche) et d'un joint mousse (droite) 127
Figure 4. 4 : Joints sabots mécaniques hydrauliques (classiques) 127
Figure 4. 5 : Joint sabot mécanique hydraulique avec joint sabot secondaire et joint de bordure secondaire (classique) 128
Figure 4. 6 : Émissions dues aux puits de tranquillisation 130
Figure 4. 7 : Conception pour la réduction des émissions dues aux puits de tranquillisation 130
Figure 4. 8 : Conception avec manchon en tissu pour réduire les émissions dues aux puits de tranquillisation . 131
Figure 4. 9 : Réservoirs JPM à double paroi, système breveté 128
Figure 4. 10 : Exemple de réservoir d'égouttage 128
Figure 4. 11 : Réservoir à double paroi avec sortie par le fond et soupape de double paroi brevetée 129
Figure 4. 12 : Agencement général des conteneurs dans une zone de stockage externe containers 134
Figure 4. 13 : Exemple de bâtiment de stockage extérieur résistant au feu 134
Figure 4. 14 : Exemple de bâtiment de stockage intérieur 135
Figure 4. 15 : Distances de séparation pour les liquides (facilement) inflammables stockés dans des fûts et des conteneurs portables similaires stockés à l'extérieur (vue de dessus) 137
Figure 4. 16 : Schéma d'une soupape à double paroi brevetée 163
Figure 4. 17 : Exemples d'abris 171
Figure 4. 18 : Exemple de dôme 172
Figure 4. 19 : Formation d'une croûte à la surface d'une butte de stockage 113
Figure 4. 20 : La pulvérisation uniforme est essentielle à la formation d'une croûte de bonne qualité 114
Figure 4. 21 : Exemple de clapet de décharge (concept breveté) 118
Figure 4. 22 : Schéma décisionnel destiné au grutier pour éviter l'accumulation de poussières 122
Figure 4. 23 : Illustration de la méthode de prévention de l'accumulation de poussières pendant l'utilisation d'une pelle mécanique 123
Figure 4. 24 : Configuration avec mâchoires fermées et ouverture en forme de trémie (vue avant et vue latérale) 125
Figure 4. 25 : Transporteur à frottement réduit 127
Figure 4. 26 : Transporteur à courroie avec diabolos 128
Figure 4. 27 : Émissions de poussières provenant de soutes de différentes constructions 131
Figure 4. 28 : Détail des émissions de poussières de la soute numéro 4 131
Figure 4. 29 : Types de construction d'enfermements 132
Figure 4. 30 : Enfermement et extraction au niveau d'un point de transfert de courroie 133
Figure 4. 31 : Élévateur rotatif pour récupérer les substances grattées sur la courroie de transport 137
Figure 4. 32 : Matelas d'eau avec arrosage de la surface de roulement des pneus 138

Figure 8. 1 : Wagons pour le transport de matières solides en vrac utilisés en Allemagne 232

CHAMP D'APPLICATION

Le BREF (document de référence des meilleures techniques disponibles) horizontal, intitulé « Émissions dues au stockage » décrit le stockage et le transport/la manipulation des liquides, gaz liquéfiés et matières solides, indépendamment du secteur concerné ou de la branche industrielle considérée.

Il traite des émissions dans l'air, dans le sol et dans l'eau, mais s'intéresse plus particulièrement aux émissions dans l'air. Les problèmes liés à l'énergie et au bruit sont également abordés, mais de façon moins détaillée.

Chacun des modes de stockage suivants applicables au stockage des liquides et des gaz liquéfiés est accompagné d'une courte description et des principales sources d'émission identifiées :

Réservoirs :

- réservoir à ciel ouvert
- réservoir à toit flottant externe
- réservoir à toit fixe
- réservoir horizontal aérien (atmosphérique)
- réservoir horizontal (sous pression)
- réservoir vertical (sous pression)
- sphères (sous pression)
- réservoir partiellement enterré (sous pression)
- réservoir à toit respirant (avec volume variable pour la détente de vapeur)
- réservoir cryogénique
- réservoir enterré

Autres modes de stockage :

- conteneurs et stockage des conteneurs
- bassins et fosses
- cavités minées
- cavités salines
- stockage flottant

Pour les matières solides, les modes de stockage suivants sont étudiés :

- tas
- sacs et ballots
- silos et trémies
- matières solides dangereuses conditionnées

Pour le transport et la manipulation des liquides et des gaz liquéfiés, les techniques comme les réseaux de canalisation, ainsi que les équipements de chargement et de déchargement, sont décrits, comme les soupapes, les pompes, les compresseurs, les brides et les joints, etc.

Pour le transport et la manipulation des matières solides, des techniques telles que les dispositifs mobiles de déchargement, les bennes, les tranchées de dépôt, les tuyaux de remplissage, les bandes projeteuses, les transporteurs et les distributeurs sont décrites ; pour chaque cas, les sources d'émission sont identifiées.

Pour toutes les sources d'émission significatives dues au stockage et au transport/manipulation des liquides et gaz liquéfiés, les techniques de limitation des émissions sont décrites, notamment les outils et les techniques de gestion, par ex., les merlons, les réservoirs à double paroi, les instruments de contrôle du niveau, les dispositifs d'étanchéité, l'équipement de traitement de la vapeur et de protection contre l'incendie.

Les informations relatives aux émissions dans l’air dues au stockage et au transport/manipulation des matières solides concernent principalement les poussières. Les techniques visant à éviter ou à réduire les poussières, comme la pulvérisation d’eau, les couvercles, le stockage fermé et les installations de manipulation sont décrites, ainsi que certains outils opérationnels.

Le stockage et la manipulation des gaz entrent également dans le champ d’application du présent document ; en revanche, aucune information n’ayant été transmise, ce sujet n’est pas détaillé dans le présent document. En effet, le gaz est généralement stocké sous pression, sous forme de gaz liquéfié. Le stockage et la manipulation des gaz liquéfiés sont décrits dans la section consacrée aux liquides, des techniques similaires étant appliquées.

1. INFORMATIONS GÉNÉRALES

[18, UBA, 1999]

Presque toutes les activités industrielles, notamment celles citées dans l'article 1 de la directive IPPC font appel au stockage. Les techniques ou systèmes décrits dans le présent document sont applicables à presque toutes les catégories d'activités industrielles.

1.1. Conséquences environnementales du stockage

Les conséquences environnementales du stockage dépendent principalement du potentiel de pollution de l'environnement et des propriétés physicochimiques des substances stockées. Il convient de distinguer entre le danger (propriétés inhérentes d'un produit chimique) et le risque (susceptibilité d'entraîner des conséquences graves pour la population ou l'environnement en fonction de ses propriétés). Chaque substance est associée à des risques différents du fait des dangers qu'elle présente. Les mesures de limitation des émissions appliquées doivent donc prendre en compte les propriétés physico-chimiques des substances concernées. Une approche fondée sur les risques est généralement utilisée comme dans le présent document.

Le stockage des matières solides illustre cette approche fondée sur les risques. Le risque de pollution des eaux souterraines associé au stockage des matières solides (immobiles) est généralement plus faible que celui associé aux liquides (mobiles). Il est cependant nécessaire d'envisager les différents scénarios d'accident. En cas d'incendie, par exemple, impliquant des matières solides non dangereuses, des gaz dangereux peuvent être libérés. Les substances immobiles et/ou considérées comme non nocives peuvent néanmoins polluer l'air et contaminer le sol et les eaux, par l'intermédiaire, par exemple, des produits extincteurs et du dégagement des gaz de combustion. De plus, les additifs extincteurs, qui servent de solvants, peuvent provoquer la dissolution des substances adsorbées sur les particules de suie, qui, lorsqu'elles se trouvent dans le cheminement de l'eau d'extinction, présentent un danger pour l'eau.

Il est impossible de définir des règles générales sur les conséquences environnementales applicables à toutes les substances stockées dans le cadre d'activités industrielles. Néanmoins, presque toutes les substances sont susceptibles d'avoir un impact négatif sur les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de l'environnement.

En ce qui concerne les poussières, plusieurs études épidémiologiques (notamment celle réalisée par l'Agence américaine de protection de l'environnement -Unis) ont démontré les effets négatifs des poussières sur la santé, même à des concentrations courantes dans l'air ambiant. Plus la quantité de particules inhalées augmente, plus le risque de maladies respiratoires, de troubles du système cardiovasculaire et d'insuffisance pulmonaire en général augmente. L'importance des effets négatifs pour la santé dépend, outre de la constitution et de la sensibilité de chaque individu, de la composition des poussières, de leur concentration, du temps d'exposition et de la distribution des tailles de particules.

Les particules de moins de 10 µm sont particulièrement importantes. La désignation PM_{10} (matière particulaire < 10 µm) est utilisée dans les réglementations de l'UE. Une terminologie analogue est utilisée pour les autres tailles de particule (par ex., $PM_{2,5}$ pour les particules d'un diamètre inférieur à 2,5 µm).

Les poussières fines peuvent pénétrer en profondeur dans les poumons, atteindre les alvéoles et s'y accumuler ou traverser la paroi alvéolaire et pénétrer dans le courant sanguin. C'est notamment le cas des particules de moins de 10 µm. Les particules d'un diamètre aérodynamique de 10 µm ont une pénétration alvéolaire de 1,3 %, les particules de 5 µm une pénétration de 30 %, celles de 4 µm une pénétration de 50 % et celles de 1 µm sont associées à une pénétration de 97 %. Une partie des petites particules est exhalée. Des études de causalité spécifiques ont montré que parmi les particules pénétrant dans les alvéoles, les particules fines (2 à 4 µm) et ultra-fines (de moins de 0,1 µm) présentent le taux le plus élevé de dépôt. On suppose que l'effet des particules fines (2 à 4 µm) est associé à une relation dose-effet, la masse des particules restant dans le système respiratoire est donc un facteur décisif.

Outre l'impact sanitaire négatif potentiel des poussières, le stockage et la manipulation des matières solides peuvent être associés à une dégradation de la qualité de l'eau et à un risque d'explosion et d'incendie.

La consommation d'énergie pendant le stockage est liée, par exemple, aux activités suivantes :

- le stockage chauffé de substances spéciales (« armoires » chauffantes pour différents conteneurs ou couvercles thermogènes pour les réservoirs fixes)
- le cas échéant, le chauffage des bâtiments dans les dépôts à conteneurs
- le fonctionnement des pompes, des ventilateurs aspirants, etc.
- le refroidissement, le cas échéant

Ces facteurs n'ont généralement aucune influence significative sur la capacité des différentes techniques à protéger l'environnement. Des détails quantitatifs sur ce sujet ne peuvent donc être fournis que pour des cas isolés : la chaleur résiduelle des installations de production, qui ne peut être utilisée comme source d'énergie, peut être utilisée pour chauffer les réservoirs.

1.2. Situation en matière d'émissions dans les installations de stockage

L'utilisation des modes de stockage suivants peut donner lieu aux émissions suivantes :

- émissions résultant d'une utilisation normale des réservoirs (notamment l'entrée et la sortie des substances du réservoir et le nettoyage)
- émissions dues aux incidents et aux accidents (majeurs)

Les émissions susmentionnées peuvent concerner les catégories suivantes :

- émissions dans l'air
- émissions (déversements) dans l'eau (directes/indirectes)
- émissions de bruit
- émissions de déchets

1.2.1. Émissions dans l'air

Le stockage des liquides et des gaz liquéfiés résultant de l'exploitation normale d'un réservoir peut donner lieu aux émissions suivantes :

- émissions pendant l'entrée et l'évacuation, c'est-à-dire pendant le transport des substances depuis et vers l'installation de stockage (remplissage et vidange)
- émissions dues à la respiration du réservoir, c'est-à-dire les émissions dues aux augmentations de température en raison de l'expansion et de la contraction de l'espace réservé à la vapeur et les émissions qui s'ensuivent
- émissions fugaces au niveau des joints de bride, des accessoires et des pompes
- émissions pendant l'échantillonnage
- émissions dues aux opérations de nettoyage

Pour les matières poussiéreuses en vrac, on peut distinguer les catégories d'émissions suivantes, toutes décrites dans le présent document :

- émissions pendant le chargement des matières
- émissions pendant le déchargement des matières
- émissions pendant le transport des matières
- émissions pendant le stockage des matières

1.2.2. Émissions dans l'eau

Parmi les émissions dans l'eau (directes ou indirectes via des canalisations et des égouts ou des usines de purification) décrites dans ce BREF, on peut citer :

- les eaux usées des entrepôts de produits chimiques, des réservoirs, de l'eau de fuite, etc.
- les déversements des installations de drainage (précipitation depuis le confinement secondaire)
- les eaux usées du lessivage
- les eaux utilisées pour l'extinction d'un incendie

1.2.3. Émissions de bruit

Seules les opérations d'entrée et de sortie des substances stockées donnent lieu à des émissions de bruit dans les installations de stockage.

- émissions dues aux pompes dans les installations de stockage
- circulation de véhicules (gerbeur) et soupapes de dégazage dans les installations de conteneurs
- émissions dues au transport de matières solides, comme les transporteurs

L'importance accordée aux émissions de bruit est généralement marginale lors de l'établissement des techniques de stockage optimales ; elles ne seront donc pas détaillées dans le présent document.

1.2.4. Émissions de déchets

Les déchets les plus couramment produits par une installation de stockage sont les suivants :

- résidus des conteneurs ou produits de qualité inférieure
- déchets des installations qui traitent les gaz d'échappement (par exemple, du charbon actif)
- conteneurs usagés
- boues (cambouis)
- le cas échéant, les décapants qui peuvent contenir des produits chimiques ou de l'huile

Lors de la description de chaque mode de stockage et des différentes techniques de manipulation et de transport, tous les déchets pouvant être produits sont identifiés. Le traitement de ces déchets n'est en revanche pas abordé dans le présent document.

1.2.5. Incidents et accidents (majeurs)

Outre les émissions résultant de l'exploitation normale, les émissions dues aux incidents et aux accidents (majeurs) sont également étudiées. Les émissions dues aux incidents et aux accidents (majeurs) se produisent généralement sur une période assez courte, mais sont d'une intensité bien supérieure à celle des émissions résultant de l'exploitation normale.

La directive Seveso II (directive du Conseil 96/82/CE du 9 décembre 1996) concerne la prévention des accidents impliquant des substances dangereuses ; cette directive invite les établissements à prendre toutes les mesures nécessaires pour prévenir et limiter les conséquences des accidents majeurs. Les établissements doivent, dans tous les cas, définir une « politique de prévention des accidents majeurs » (PPAM) et un système de gestion pour la mise en œuvre de la PPAM. Les établissements détenant de grandes quantités de substances dangereuses, dits de seuil haut, doivent également rédiger un rapport de sécurité et un plan d'urgence interne et tenir à jour une liste des substances.

Le présent document décrit les techniques destinées à prévenir les émissions dues aux incidents et aux accidents (majeurs), notamment les techniques pour prévenir le débordement des réservoirs et celles destinées à éviter la rupture complète du réservoir. En revanche, la liste des incidents et des accidents n'est pas exhaustive et ne distingue pas les accidents mineurs et majeurs.

2. SUBSTANCES ET CLASSIFICATION

2.1. Nature et classification des substances dangereuses

La classification des substances dangereuses consiste à identifier les propriétés dangereuses de ces substances à l'aide de méthodes de test appropriées, puis à les affecter à une ou plusieurs classes de risque en comparant les résultats des tests aux critères de classification. Les préparations ou mélanges peuvent être classés suite à un test ou en appliquant des méthodes de calcul basées sur la concentration de leurs composants dangereux.

La liste du tableau 2.1 donne un aperçu des différentes catégories de substances, accompagnées de leurs caractéristiques et de leurs symboles. En outre, les phrases R peuvent apparaître seules ou en combinaison. L'annexe 8.2 explique en détail les symboles et les phrases R.

Danger	Symbole	Phrases R
Danger d'explosion	E	1, 2, 3
Comburant	O	7, 8, 9
Extrêmement inflammable	F+	12
Facilement inflammable	F	11
Inflammable	-	10
Réagit violemment au contact de l'eau	-	14
Au contact de l'eau, dégage des gaz extrêmement inflammables	-	15
Au contact de l'eau, dégage des gaz toxiques	-	29
Très toxique	T+	26, 27, 28 (-39)
Toxique	T	23, 24, 25 (-39, -48)
Nocif	Xn	20, 21, 22, 65 (-48)
Corrosif	C	34, 35
Irritant	Xi	36, 37, 38
Sensibilisant	-	42, 43
Cancérogène	-	40, 45, 49
Toxique pour la reproduction	-	60, 61, 62, 63, 64
Mutagène	-	46
Dangereux pour l'environnement	N	50, 51, 52, 63, 58, 59
COV[1)]	-	-
Poussières[1)]	-	-
[1)] **Dangereux aux termes de l'annexe 3 de la directive IPPC**		

Tableau 2. 1 : Catégories de substances dangereuses aux termes de la directive 67/548/CEE

L'annexe 8.2, Substances dangereuses et classification, aborde également les thèmes suivants :

- systèmes de classification réglementaires (législation de l'Union européenne, législation UN RTDG)
- champ d'application des systèmes de classification réglementaires législation de l'Union européenne, législation UN RTDF)
- communication des dangers dans le cadre des systèmes de classification réglementaires
- risques physicochimiques :
  - dangers d'explosion (système UE ; système UN RTDG)
  - matières comburantes et peroxydes organiques (système UE ; système UN RTDG)
  - dangers d'inflammabilité
  - système UE (liquides, solides, gaz, propriétés pyrophoriques/auto-échauffement, matières qui, au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammables, autres propriétés physico-chimiques)
  - système UN RTDG (liquides, solides, gaz, substances autoréactives et associées, explosifs désensibilisés, propriétés phyrophoriques/auto-échauffement, matières qui, au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammables)
  - propriétés physico-chimiques (système UE ; système UN RTDG)
- dangers pour la santé :
  - haute toxicité (système UE ; système UN RTDG)
  - toxicité subaiguë, subchronique ou chronique (effets irréversibles très graves en cas d'exposition unique ; effets irréversibles très graves en cas d'exposition répétée ou prolongée)
  - corrosif ou irritant (système UE : corrosif ; système UN RTDG ; système UE : irritant)
  - sensibilisation

  - effets spécifiques sur la santé
  - autres effets sur la santé (système UE ; système UN RTDG)
- dangers pour l'environnement (système UE ; système UN RTDG)

Les systèmes de classification décrits en détail à l'annexe 8.2 ne couvrent pas forcément tous les critères requis par la législation relative au stockage des matières dangereuses dans tous les États membres de l'Union européenne. Par exemple, dans certaines régions de Belgique, la législation relative au stockage s'applique aux substances ayant un point d'éclair jusqu'à 250 °C.

La classification est associée à la communication des dangers qui peut prendre deux formes : information immédiate sur l'étiquette de l'emballage contenant les substances dangereuses et informations plus détaillées sur une fiche technique de sécurité jointe, par exemple.

Plusieurs ET utilisent des systèmes de classification associés aux émissions dans l'air et l'eau, notamment dans la TA Luft en Allemagne (voir http://www.umweltbundesamt.de/wgs/vwvws.htm) et la NER aux Pays-Bas (voir http://www.infomil.nl/lucht/index.htm).

2.2. Classification des substances conditionnées

Dans la référence [HSE, 1998 #35], le système UN RTDG (décrit à l'annexe 8.2, Substances dangereuses et classification) est utilisé pour décrire la compatibilité des substances conditionnées. Les tableaux de l'annexe 8.3 indiquent la compatibilité des substances.

Ce principe de séparation et d'isolement ne concerne pas uniquement le stockage des substances conditionnées, mais également le stockage en réservoirs.

2.3. Classes de dispersivité des matières solides en vrac

[InfoMil, 2001 #15]

La classification suivante, basée sur la prédisposition d'une matière à être dispersée et la possibilité de faire face au problème de mouillage, est utilisée pour les produits non réactifs :

S1 : très sensible à la dérive, non mouillable
S2 : très sensible à la dérive, mouillable
S3 : modérément sensible à la dérive, non mouillable
S4 : modérément sensible à la dérive, mouillable
S5 : très peu ou pas du tout sensible à la dérive

Les classes de dispersivité des matières solides en vrac identifient de très nombreuses matières solides accompagnées de leur classe de dispersivité respective (voir annexe 8.4).

Le stockage et le transport de produits toxiques et/ou réactifs n'est pas abordé dans le présent document car, lorsque ces produits sont chargés en vue d'un transport ou d'un stockage en vrac, ils sont manipulés dans un système fermé ou sous forme conditionnée et n'entraînent pas de perte de matière.

2.4. Utilisation des systèmes de classification dans le présent document

Les systèmes de classification décrits à la section 2.1 sont très complets et relativement complexes, mais en général seule une partie des propriétés dangereuses (par ex., l'inflammabilité) influence en réalité le mode de conception et le fonctionnement de l'unité de stockage. Au contraire, certaines propriétés sont ignorées ou presque par le système de classification alors que leur influence sur la conception et le fonctionnement de l'unité de stockage peut être très importante ; c'est le cas, par exemple, des points de congélation et d'ébullition, de la pression de vapeur et des données relatives aux matériaux de construction adaptés. Les critères de classification des substances dangereuses sont en effet basés sur les propriétés intrinsèquement dangereuses et non sur le risque.

Les systèmes de classification ne contiennent pas toutes les données nécessaires à la définition de MTD pour le stockage d'une substance donnée, mais les données relatives aux propriétés dangereuses qu'ils donnent peuvent être utiles pour l'analyse des risques. Les données de classification d'une substance donnée sont donc utiles lors de la détermination des MTD.

Dans chaque cas, les précautions nécessaires à l'obtention d'une norme de contrôle raisonnable sont différentes mais doivent toujours prendre en considération les propriétés de la substance à stocker. Chaque substance peut être à l'origine de risques très différents en raison des dangers qui lui sont associés. Les interactions entre plusieurs substances, en particulier celles présentant une incompatibilité, peuvent générer des dangers supplémentaires. Cette observation effectuée dans le contexte des substances dangereuses conditionnées en entrepôts concerne également les substances dangereuses en vrac.

3. TECHNIQUES DE STOCKAGE, DE TRANSPORT ET DE MANIPULATION APPLIQUÉES

Le présent chapitre décrit les techniques utilisées pour le stockage, le transport et la manipulation des liquides, des gaz liquéfiés et des solides. La section 3.1 est consacrée au stockage des liquides et des gaz liquéfiés, ainsi qu'à tout élément lié au stockage. La section 3.2 décrit le transport et la manipulation des liquides et des gaz liquéfiés. La section 3.3 décrit le stockage des solides, tandis que la section 3.4 est consacrée au transport et à la manipulation des solides.

3.1. Stockage des liquides et des gaz liquéfiés

Cette section étudie les modes de stockage suivants :

Type de mode de stockage	Atmosphérique, sous pression, cryogénique	Sections
Réservoirs à ciel ouvert	Atmosphérique	Section 3.1.1
Réservoirs à toit flottant externe	Atmosphérique	Section 3.1.2
Réservoirs à toit fixe (vertical)	Atmosphérique	Section 3.1.3
Réservoirs horizontaux (aériens)	Atmosphérique	Section 3.1.4
Réservoirs horizontaux (enterrés)	Atmosphérique	Section 3.1.11
Réservoirs avec volume variable pour la détente de la vapeur	Atmosphérique	Section 3.1.9
Sphères	Sous pression	Section 3.1.7
Réservoirs horizontaux	Sous pression	Section 3.1.5
Réservoirs cylindriques verticaux	Sous pression	Section 3.1.6
Réservoirs partiellement enterrés	Sous pression	Section 3.1.8
Réservoirs cryogéniques	Cryogénique	Section 3.1.10
Cavités	Atmosphérique	Section 3.1.15
Cavités	Sous pression	Section 3.1.16
Cavités salines		Section 3.1.17
Conteneurs et stockage des conteneurs		Section 3.1.13
Bassins et fosses	Atmosphérique	Section 3.1.14
Stockage flottant	Atmosphérique	Section 3.1.18

Tableau 3. 1 : Références croisées des différents modes de stockage pour les liquides et les gaz liquéfiés

L'organigramme de la figure 3.1 identifie les émissions et résidus gazeux et liquides pouvant résulter du stockage de substances liquides. Quel que soit le mode de stockage, le cas de base correspond à un réservoir sur lequel aucune mesure de limitation des émissions n'est installée (par exemple, un réservoir à toit fixe doté uniquement d'ouvertures de ventilation, dont la robe n'est pas peinte de couleur claire, etc.). Chaque catégorie de stockage est associée à une liste d'activités opérationnelles pertinentes, ainsi qu'aux événements/incidents susceptibles de donner lieu à des émissions. La description des émissions possibles par mode et par activité s'effectue sur cette base.

Les sources d'émissions potentielles dues aux modes de stockage des liquides et des gaz liquéfiés sont sélectionnées en vue d'analyses complémentaires à l'aide d'une approche fondée sur les risques, comme illustré à la figure 3.2.

COURANT GAZEUX VERS : **AIR**
SYSTÈMES DE RÉCUPÉRATION DE LA VAPEUR
SYSTÈMES DE TRAITEMENT DE LA VAPEUR

Réservoirs de stockage
Activités opérationnelles : Remplissage
Vidange/drainage
Nettoyage
Purge/étouffement
Jaugeage manuel
Échantillonnage (ouvert, semi-fermé)
Respiration/arrêt
Émissions fugaces
Incidents : Débordement
Fuite

Transport
Activités opérationnelles : Remplissage
Drainage
Nettoyage
Raclage
Purge
Échantillonnage (ouvert, semi-fermé)
Raccordement/déconnexion
Ouverture
Émissions fugaces
Incidents : Fuite

STOCKAGE EN RÉSERVOIRS **TRANSPORT** **TIERS**
RÉSERVOIRS
(DÉ)CHARGEMENT
Bateaux **Barges**
Fûts **Wagons porte-rails**
Isoconteneur **Camions**

Réservoirs de stockage
Activités opérationnelles : Drainage
Nettoyage
Échantillonnage (ouvert, semi-fermé)
Incidents : Débordement
Fuite

Transport
Activités opérationnelles : Nettoyage
Raclage
Échantillonnage (ouvert, semi-fermé)
Raccordement/déconnexion
Ouverture
Libération de pression
Émissions fugaces
Incidents : Débordement
Fuite

COURANTS LIQUIDES VERS : **SYSTÈMES DE RÉCUPÉRATION OUVERTS ET FERMÉS, ÉPURATION DES EAUX USÉES, SOL ET EAUX DE SURFACE, RÉSIDUS**

Figure 3. 1 : Organigramme des émissions potentielles dues au stockage aérien et enterré

Frequency of emission	Fréquence des émissions
Volume of emission	Volume des émissions

Toutes les valeurs supérieures ou égales à 3 ont été prises en compte
Fréquence :
3 = fréquent (au moins tous les jours)
1 = rare (au moins une fois par décennie)

Volume :
3 = (relativement) important
1 = réduit
0 = nul/négligeable

Les cotes fournies n'ont qu'une valeur relative et ne doivent pas être isolées du mode de stockage correspondant. Autrement dit, une cote de 3 pour une source d'émission potentielle d'un réservoir à toit flottant externe (RTFE) ne peut être comparée à une cote de 3 pour une source d'un autre mode de stockage.
Figure 3. 2 : Matrice des risques pour les émissions dues au stockage des liquides et des gaz liquéfiés
Remarques :

1. **Le terme S/O (sans objet) indique qu'une source d'émission donnée n'est pas prise en considération (sans objet ou non pertinente, etc.) en raison de la nature spécifique du mode de stockage décrit.**
2. **Les émissions dues aux « sources opérationnelles « et celles dues aux « incidents » sont décrites séparément.**
3. **Pour calculer les cotes des émissions (dues à des « sources opérationnelles »), multipliez la fréquence des émissions par le volume des émissions. Cette méthode est souvent utilisée dans les approches d'évaluation des risques comme l'inspection basée sur le risque (décrite dans la suite du présent BREF). Toutes les cotes supérieures à 3 sont prises en considération : par exemple, toutes les sources d'émissions associées à des fréquences « élevées » (cote = 3), à des volumes « importants » (cote = 3) et à des rapports fréquence/volume « moyen/moyen » (cote de 2 pour la fréquence et le volume).**

Tous les types de réservoirs de stockage utilisés sont décrits dans les différentes sections, comme indiqué dans le tableau 3.1. Pour éviter les redites, tous les thèmes techniques communs, comme la mise en service, le déclassement et l'équipement, sont décrits dans des sections séparées. Le cas échéant, des références croisées sont utilisées pour faciliter la recherche des thèmes connexes. D'autres modes de stockage, comme les entrepôts, les bassins, les fosses et les cavités, dont les caractéristiques techniques sont plus ou moins similaires, ne sont décrits que dans des sections séparées.

3.1.1. Réservoirs à ciel ouvert

A. Description

Les réservoirs à ciel ouvert sont généralement utilisés pour le stockage du lisier et sont constitués de panneaux en acier ou de sections en béton courbes. Certains réservoirs constitués de panneaux en béton peuvent être partiellement enterrés. Tous les réservoirs ont une base en béton armé de conception adéquate. Quelle que soit la conception du réservoir, l'épaisseur de la plaque de base et la qualité du joint au niveau de la jonction entre la paroi et la base du réservoir sont des éléments essentiels pour la prévention des fuites.

Un réservoir à ciel ouvert classique possède une tranchée de réception dotée d'un couvercle grillagé à proximité du dépôt principal. Les réservoirs à ciel ouvert sont remplis à l'aide d'un tuyau doté d'une ouverture au-dessus ou en dessous de la surface du lisier. Le dépôt principal peut être doté d'une sortie à valve permettant la vidange vers la tranchée de réception ou être vidangé à l'aide d'une pompe placée dans le dépôt.

Un réservoir à ciel ouvert peut être recouvert d'une couche de matière flottante naturelle ou artificielle (granulés, balle de paille ou membrane flottante) ou d'un couvercle rigide (toit en toile ou en béton, par exemple) afin de maintenir l'eau de pluie à l'extérieur et de réduire les émissions (d'ammoniaque, par exemple, pour le lisier). L'installation d'un toit rigide permet la récupération et le traitement des émissions.

Jetter to fill tank	Gicleur pour remplir le réservoir
Platform and ladder handrails and trapdoor for safety	Plate-forme et échelle avec mains courantes et trappe pour la sécurité
Pump for filling tank or loading field spreader	Pompe pour remplir le réservoir ou charger l'épandeur
Valves	Valves
Mixer for agitation through the wall	Malaxeur pour agiter le contenu au travers de la paroi

Figure 3. 3 : Exemple de réservoir de lisier à ciel ouvert avec tranchée de réception enterrée
[119, EIPPCB, 2001]

B. Équipement de réservoir correspondant et autres considérations

		Section
3.1.12.7 Équipement pour réservoirs	**Instrumentation** **Dispositifs de vidange** **Malaxeurs** **Organes d'étanchéité** **Valves**	**3.1.12.7.4** **3.1.12.7.6** **3.1.12.7.7** **3.1.12.7.9** **3.1.12.7.10**
3.1.12 Considérations relatives aux réservoirs		

Tableau 3. 2 : Références croisées pour les réservoirs à ciel ouvert

C. Sources d'émissions possibles (réservoirs à ciel ouvert)

Les tableaux 3.3 et 3.4 indiquent la cote des émissions dues aux sources d'émissions potentielles avec les réservoirs à ciel ouvert. La section 3.1, Figure 3.2, explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Remplissage	2	3	6
Arrêt	3	3	9
Vidange	2	1	2
Nettoyage	1	2	2
Étouffement			S/O
Jaugeage manuel			S/O
Échantillonnage			S/O
Fugaces			S/O
Drainage			S/O

Tableau 3. 3 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs à ciel ouvert
[113, TETSP, 2001]

Source potentielle d'émissions liquides dans l'air ou de déchets	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Drainage	2	1	2
Nettoyage	1	3	3
Échantillonnage	2	0	0

Tableau 3. 4 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dues aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs à ciel ouvert
[113, TETSP, 2001]

Outre les pertes opérationnelles, des incidents et des accidents (majeurs), comme les débordements et les fuites, peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions sont également décrites au chapitre 4.

3.1.2. Réservoirs à toit flottant externe (RTFE)

A. Description

[84, TETSP, 2001], [41, Concawe, 1999] [66, EPA, 1997] [114, UBA, 2001]

Un RTFE est généralement composé d'une robe cylindrique en acier ouverte à son extrémité supérieure et dotée d'un toit qui flotte à la surface du liquide stocké. Le toit flottant comprend une plate-forme, des raccords et un système de joints de bordure. Dans tous les types de RTFE, le toit suit le niveau de liquide. Les plates-formes flottantes externes sont munies d'un système de joints de bordure attaché au périmètre de la plate-forme et en contact avec la paroi du réservoir. Le toit flottant et le système de joints de bordure ont pour but de réduire les émissions dans l'air (et la perte par évaporation) du liquide stocké. Le système de joints glisse le long du réservoir à mesure que le toit monte ou descend. La plate-forme flottante est également munie de raccords qui y sont ancrés et qui ont des fonctions opérationnelles. Le toit flottant externe est conçu de façon à limiter les pertes par évaporation du liquide stocké aux pertes provenant du système de joints de bordure et des raccords de la

plate-forme (pertes continues pendant le stockage) et à l'évaporation du liquide présent sur les parois du réservoir (pertes pendant le soutirage).

Un RTFE peut être doté d'un toit en forme de dôme (géodésique). Ces toits en dôme sont principalement utilisés pour éviter la pénétration d'eau dans le produit ou pour réduire la charge neigeuse sur le toit flottant. Un toit en forme de dôme permet également de réduire les effets du vent sur le système de joints du toit et de réduire ainsi les émissions. Un toit en forme de dôme est donc un dispositif de limitation des émissions décrit, par conséquent, à la section 4.1.3.5.

On distingue trois grands types de toit flottant :

Les toits flottants de type ponton
Pour ces toits, la flottabilité est assurée par un ponton annulaire qui recouvre 20 à 25 % de la surface totale du toit. La plate-forme centrale peut supporter environ 250 mm de hauteur de précipitation sur la surface totale du toit. Le ponton annulaire est compartimenté et l'aérosustentation est conçue de telle sorte que le toit continue à flotter, même si deux compartiments adjacents du ponton et la plate-forme centrale sont percés.

GAGE HATCH	TRAPPE DE CALIBRE
AUTOMATIC BLEEDER VENT	ÉVENT DE PURGE AUTOMATIQUE
ROOF SUPPORT	SUPPORT DU TOIT
DECK MANHOLE	REGARD DE LA PLATE-FORME
PIPE DRAIN	DRAINAGE PAR TUYAUX
PONTOON MANHOLE	REGARD DU PONTON
RIM VENT	ÉVENT DE BORDURE

Figure 3. 4 : Réservoir à toit flottant externe classique avec ponton
[185, UBA Germany, 2004]

Toits flottants à doubles ponts
Pour ces toits, la totalité de la surface du toit est dotée d'un double pont, ce qui rend le toit plus rigide que le toit de type ponton. L'eau ne s'accumule pas sur le pont supérieur qui se trouve au-dessus du niveau du produit stocké, car elle est immédiatement évacuée par l'intermédiaire du système d'égout de toit (via un dispositif de vidange ou un réseau de canalisation et via un robinet de vidange dans la robe au niveau du sol). Dans la pratique courante, l'eau de pluie accumulée est souvent conservée avant l'ouverture du robinet de vidange de la robe au niveau de la sortie du dispositif de vidange. Les toits à doubles ponts peuvent être équipés de drains d'urgence qui permettent d'évacuer toute accumulation dans le produit stocké. Les toits à doubles ponts sont généralement installés sur des réservoirs de grand diamètre (diamètre > 50 m, par exemple). Leur structure est plus résistante et permet de bloquer le vent, ce qui n'est pas toujours le cas des plates-formes centrales des grands toits de type ponton.

GAGE HATCH	TRAPPE DE CALIBRE
AUTOMATIC BLEEDER VENT	ÉVENT DE PURGE AUTOMATIQUE
ROOF SUPPORTS	SUPPORTS DU TOIT
MANHOLE	REGARD
PIPE DRAIN	DRAINAGE PAR TUYAUX
EMERGENCY DRAIN	DRAINAGE DE SECOURS
RIM VENT	ÉVENT DE BORDURE

Figure 3. 5 : Réservoir à toit flottant classique avec toit flottant à double pont
[185, UBA Germany, 2004]

Toits spéciaux de type bouée et à renforcement radial
Le toit de type bouée est un toit de type ponton doté d'un ponton annulaire relativement petit mais possédant plusieurs bouées circulaires de petit diamètre réparties sur la plate-forme centrale pour accroître la flottabilité. Les toits à renforcement radial sont dotés d'un ponton en anneau et d'une bouée au centre de la plate-forme centrale. La pente prévue sur le toit permet de canaliser l'eau de pluie dans les drains au centre de la plate-forme pont afin d'éviter son accumulation. Des raidisseurs radiaux sont utilisés pour maintenir la pente lorsque le toit flotte. Ces toits peuvent s'effondrer lorsqu'ils se posent sur les jambes de support. Ces types de toits sont principalement utilisés sur des réservoirs de grand diamètre mais leur fabrication est relative rare aujourd'hui, les toits à doubles ponts étant plus efficaces sur ce type de réservoirs.

B. Équipement de réservoir correspondant et autres considérations

	Section

3.1.12.7 Équipement pour réservoirs	Évents Trappes de jaugeage et d'échantillonnage Puits de tranquillisation et tubes de guidage Instrumentation Trappes d'accès Dispositifs de vidange Malaxeurs Systèmes de chauffage Organes d'étanchéité Valves	**3.1.12.7.1** **3.1.12.7.2** **3.1.12.7.3** **3.1.12.7.4** **3.1.12.7.5** **3.1.12.7.6** **3.1.12.7.7** **3.1.12.7.8** **3.1.12.7.9** **3.1.12.7.10**
3.1.12 Considérations relatives aux réservoirs		

Tableau 3. 5 : Références croisées pour les RTFE

C. Sources d'émissions possibles (RTFE)

Les tableaux 3.6 et 3.7 indiquent la cote des émissions dues aux sources d'émissions potentielles avec les RTFE. La figure 3.2 explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Remplissage (jusqu'à ce que le toit flotte sur le liquide)	1	3	3
Arrêt	3	1	3
Vidange (cake sur la robe)	2	1	2
Vidange (pose du toit)	1	1	1
Nettoyage	1	2	2
Étouffement			S/O
Jaugeage manuel	2	1	2
Échantillonnage	2	1	2
Fugaces	3	1	3
Drainage	2	1	2

Tableau 3. 6 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les RTFE
[84, TETSP, 2001]

Source potentielle d'émissions liquides dans l'eau ou de déchets	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Drainage	2	1	2
Drainage du toit	2	0	0
Nettoyage	1	3	3
Échantillonnage	2	0	0

Tableau 3. 7 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dus aux « sources opérationnelles » avec les RTFE
[84, TETSP, 2001]

Outre les pertes opérationnelles, des incidents et des accidents (majeurs), comme les débordements et les fuites, peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions sont également décrites au chapitre 4.

3.1.3. Réservoirs à toit fixe (vertical) (RTF)

A. Description
[84, TETSP, 2001] [66, EPA, 1997]

Les réservoirs à toit fixe sont conçus comme des réservoirs atmosphériques (ventilation libre), des réservoirs basse pression (jusqu'à une pression interne d'environ 20 mbars) ou des réservoirs dits « haute pression » (jusqu'à une pression interne d'environ 56 mbars). Les réservoirs à toit fixe non pressurisés sont destinés au stockage à pression atmosphérique et sont donc dotés d'évents ouverts (pouvant néanmoins supporter des pressions internes jusqu'à 7,5 mbars et un vide de 2,5 mbars). Les réservoirs à toit fixe basse pression et haute

pression sont dotés de clapets de décharge/soupapes de décompression (PVRV), entièrement ouverts à la pression/vide de conception. Tous ces types de réservoirs doivent également répondre à des normes de stabilité. Des systèmes d'ancrage peuvent être nécessaires pour éviter le relèvement du réservoir au niveau de sa périphérie en raison de la charge combinée de la pression interne et du vent.

Les réservoirs dotés de PVRV peuvent être « étouffés » (voir section 4.1.6.2.1). Cette technique consiste à introduire un gaz inerte (de l'azote, par exemple) dans l'espace pour la vapeur au-dessus du produit pour remplacer le mélange air/vapeur potentiellement inflammable pour des raisons de sécurité. Il ne s'agit pas d'une mesure de limitation des émissions car le produit continue à s'évaporer. Il convient de prévoir un système de contrôle de l'étouffement de conception soignée afin d'assurer permettant de maintenir la pression dans le système au niveau des paramètres du clapet de décharge du réservoir. Comme la pression moyenne à l'intérieur de l'espace pour la vapeur du réservoir est plus élevée que dans un réservoir non étouffé, la respiration due à l'expansion thermique de l'espace pour la vapeur entraîne l'augmentation des émissions dans l'atmosphère.

Foundation	Fondation
Vapour recovery	Récupération de la vapeur
Vapour balancing	Équilibrage de la vapeur
Cathodic protection	Protection cathodique
External tank coating	Revêtement externe du réservoir
Monitored clearance	Clairance surveillée
Filling device	Dispositif de remplissage
Collection room	Salle de récupération

Code :
a= arrête-flamme
b= soupape de décompression/reniflard
c= mesure de niveau
d= surveillance de la température (en option)
e= surveillance de la pression (en option)
f= protection contre les débordements

Figure 3. 6 : Réservoir à toit fixe vertical doté de plusieurs équipements de limitation des émissions
[18, UBA, 1999]

La figure 3.7 illustre un toit de forme conique qui équipe généralement les réservoirs à toit fixe de grand diamètre. Le toit est doté d'une structure de support qui peut être constituée de poutres, de fermes ou de chevrons. Les toits autoportants peuvent être en forme de cône ou de dôme mais sont généralement réservés aux réservoirs de petit diamètre.

CONE FIXED ROOF	TOIT FIXE EN CÔNE
ROOF SUPPORTING STRUCTURES	STRUCTURES DE SUPPORT DU TOIT
RAILING	GARDE-CORPS
TANK SHELL	ROBE DU RÉSERVOIR

Figure 3. 7 : Exemple de réservoir à toit fixe classique
[166, EEMUA, 2003]

Le tableau 3.8 indique les valeurs nominales de conception pour les différents types de RTF.

Type de réservoir à toit fixe	**Valeurs nominales pour la pression et le vide**
Atmosphérique	+7,5 mbar -2,5 mbar Ces réservoirs sont généralement dotés d'évents ouverts
Basse pression	+ 20 mbar - 6 mbar
Haute pression	+ 56 mbar - 6 mbar

Tableau 3. 8 : Valeurs nominales pour les différents types de réservoirs à toit fixe
[113, TETSP, 2001]

B. Équipement de réservoir correspondant et autres considérations

		Section
3.1.12.7 Équipement pour réservoirs	Évents Trappes de jaugeage et d'échantillonnage	3.1.12.7.1 3.1.12.7.2

	Puits de tranquillisation et tubes de guidage Instrumentation Trappes d'accès Dispositifs de vidange Malaxeurs Systèmes de chauffage Organes d'étanchéité Valves	 3.1.12.7.3 3.1.12.7.4 3.1.12.7.5 3.1.12.7.6 3.1.12.7.7 3.1.12.7.8 3.1.12.7.9 3.1.12.7.10
3.1.12 Considérations relatives aux réservoirs		

Tableau 3. 9 : Références croisées pour les RTF

C. Sources d'émissions possibles (RTF)

Les tableaux 3.10 et 3.11 indiquent la cote des émissions dues aux sources d'émissions potentielles avec les RTF. La figure 3.2 explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Remplissage	2	3	6
Respiration	3	2	6
Vidange	2	1	2
Nettoyage	1	2	2
Étouffement	3	2	6
Jaugeage manuel	2	1	2
Échantillonnage	2	1	2
Fugaces	3	1	3
Drainage	2	1	2

Tableau 3. 10 : Sources d'émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les RTF
[84, TETSP, 2001]

Le tableau 3.10 montre que les pertes dues à la respiration et à la manutention constituent les deux grands modes d'émissions des réservoirs à toit fixe. Le pertes en cours de manutention regroupent les pertes dues au remplissage et à la vidange. Les pertes dues à la respiration proviennent de l'expulsion de vapeur hors du réservoir en raison de l'expansion et de la contraction résultant des changements de température et de pression barométrique. Ces pertes se produisent sans que le niveau du fluide contenu dans le réservoir varie.

Les émissions qui se produisent pendant les opérations de remplissage sont dues à une augmentation du niveau de liquide du réservoir. À mesure que le niveau augmente, la pression intérieure dépasse la pression de sécurité et des vapeurs s'échappent du réservoir. Il se produit une perte par évaporation pendant la vidange lorsque l'air aspiré dans le réservoir pendant le soutirage du liquide est saturé par la vapeur organique et augmente de volume, dépassant ainsi la capacité de l'espace prévu pour la vapeur.

Source potentielle d'émissions liquides dans l'eau ou de déchets	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Drainage	2	1	2
Nettoyage	1	3	3
Échantillonnage	2	0	0

Tableau 3. 11 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels provenant de « sources opérationnelles » avec les RTF
[84, TETSP, 2001]

Outre les pertes opérationnelles, des incidents et des accidents (majeurs), comme les débordements et les fuites, peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions sont également décrites au chapitre 4.

3.1.4. Réservoirs horizontaux aériens (atmosphériques)

A. Description

[66, EPA, 1997] [84, TETSP, 2001] [18, UBA, 1999]

Les réservoirs horizontaux à toit fixe peuvent être aériens ou enterrés et ont généralement une capacité inférieure à 150 m^3. Les réservoirs horizontaux sont généralement équipés de clapets de décharge/soupapes de décompression (PVRV), de trappes de jaugeage, de puits de tranquillisation et de regards pour permettre l'accès. Le diamètre maximum est généralement déterminé par des facteurs tels que la pression de conception, les possibilités de fabrication, le traitement thermique après soudage requis, les restrictions relatives au transport, les critères relatifs aux fondations et l'aspect économique de la conception. La longueur maximale autorisée est généralement déterminée par la structure de support, les critères relatifs aux fondations, la taille du site disponible et les aspects économiques de la conception.

Le matériau de construction peut être l'acier, l'acier avec revêtement de fibres de verre ou la résine de polyester renforcée de fibres de verre. Les réservoirs plus anciens peuvent être de construction rivée ou boulonnée. Tous les réservoirs sont étanches à l'eau et à la vapeur.

La figure 3.8 illustre un réservoir horizontal aérien doté de plusieurs équipements de limitation des émissions.

Foundation	Fondation
Exhaust cleaning installation	Installation de nettoyage avec évacuation
Vapour balancing	Équilibrage de la vapeur
Cathodic protection	Protection cathodique
External tank coating	Revêtement externe du réservoir
Inner corrosion prevention	Prévention de la corrosion interne
Filling pipe	Tuyau de remplissage
Collection room	Salle de récupération

Code :
a= arrête-flamme
b= soupape de décompression/reniflard
c= mesure de niveau
d= surveillance de la température (en option)
e= surveillance de la pression (en option)
f= protection contre les débordements

Figure 3. 8 : Réservoir horizontal aérien doté de plusieurs équipements de limitation des émissions
[18, UBA, 1999]

La section 3.1.11 décrit en détail les réservoirs horizontaux enterrés.

B. Équipement de réservoir correspondant et autres considérations

		Section
3.1.12.7 Équipement pour réservoirs	Évents	**3.1.12.7.1**
	Trappes de jaugeage et d'échantillonnage	**3.1.12.7.2**
	Puits de tranquillisation et tubes de guidage	
	Instrumentation	**3.1.12.7.3**
	Trappes d'accès	
	Dispositifs de vidange	**3.1.12.7.4**
	Malaxeurs	**3.1.12.7.5**
	Systèmes de chauffage	**3.1.12.7.6**
	Organes d'étanchéité	**3.1.12.7.7**
	Valves	**3.1.12.7.8**
		3.1.12.7.9
		3.1.12.7.10
3.1.12 Considérations relatives aux réservoirs		

Tableau 3. 12 : Références croisées pour les réservoirs horizontaux aériens

C. Sources d'émissions possibles (réservoirs horizontaux aériens)

Les tableaux 3.13 et 3.14 indiquent la cote des émissions dues aux sources d'émissions potentielles avec les réservoirs horizontaux aériens. La figure 3.2 explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Remplissage	2	3	6
Respiration	3	2	6
Vidange	2	1	2
Nettoyage	1	2	2
Étouffement	3	2	6
Jaugeage manuel	2	1	2
Échantillonnage	2	1	2
Fugaces	3	1	3
Drainage	2	1	2

Tableau 3. 13 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs horizontaux aériens
[113, TETSP, 2001]

Source potentielle d'émissions liquides dans l'eau ou déchets	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Drainage	2	1	2
Nettoyage	1	2	2
Échantillonnage	2	0	0

Tableau 3. 14 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dus aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs horizontaux aériens
[113, TETSP, 2001]

Outre les pertes opérationnelles, des incidents et des accidents (majeurs), comme les débordements et les fuites, peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions sont également décrites au chapitre 4.

3.1.5. Réservoirs horizontaux (sous pression)

A. Description

[66, EPA, 1997] [18, UBA, 1999]

On utilise en général deux types de réservoirs sous pression : les réservoirs basse pression (de 170 à 1 030 mbars) et les réservoirs haute pression (plus de 1 030 mbars). Les réservoirs sous pression servent en général à stocker des liquides organiques et des gaz dont la pression de vapeur est élevée. Leur taille et leur forme sont très variables et dépendent de la pression de service du réservoir. Ils sont généralement horizontaux et en forme de cylindre ou de sphère (voir section 3.1.7) afin de maintenir l'intégrité structurelle à haute pression. Les réservoirs de stockage à haute pression peuvent fonctionner sans qu'il se produise pratiquement de pertes dues à l'évaporation ou à la manutention.

Le niveau de l'équipement de limitation des émissions utilisé dépend de la substance stockée ; pour le stockage du propane ou du butane, on utilise en général des réservoirs de stockage à paroi unique.

La figure 3.9 présente quelques réservoirs horizontaux sous pression dotés d'équipement de limitation des émissions.

Exhaust cleaning installation	Installation de nettoyage avec évacuation
Foundation	Fondation
Safety valve	Soupape de sécurité
Vapour balancing	Équilibrage de la vapeur
Cathodic protection	Protection cathodique
External tank coating	Revêtement externe du réservoir
Gaseous	Gazeux
Filling pipe	Tuyau de remplissage
Liquid	Liquide
Collecting room	Salle de récupération

Code :
c= mesure de niveau
d= surveillance de la température
e= surveillance de la pression
f= protection contre les débordements
g= vanne rapide

Figure 3. 9 : Réservoirs horizontaux (sous pression) dotés de plusieurs équipements de limitation des émissions
[18, UBA, 1999]

B. Équipement de réservoir correspondant et autres considérations

		Section
3.1.12.7 Équipement pour réservoirs	Évents Puits de tranquillisation et tubes de guidage Instrumentation Trappes d'accès Dispositifs de vidange Malaxeurs Systèmes de chauffage Organes d'étanchéité Valves	**3.1.12.7.1** **3.1.12.7.3** **3.1.12.7.4** **3.1.12.7.5** **3.1.12.7.6** **3.1.12.7.7** **3.1.12.7.8** **3.1.12.7.9** **3.1.12.7.10**
3.1.12 Considérations relatives aux réservoirs		

Tableau 3. 15 : Références croisées pour les réservoirs horizontaux (sous pression)

C. Sources d'émissions possibles (réservoirs horizontaux (sous pression))

Les tableaux 3.16 et 3.17 indiquent la cote des émissions dues aux sources d'émissions potentielles avec les réservoirs horizontaux sous pression. La figure 3.2 explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Remplissage	2	1	2
Respiration			S/O
Vidange			S/O
Nettoyage	1	2	2
Étouffement (inertage)	2	1	2
Jaugeage			S/O
Échantillonnage	2	1	2
Fugaces	3	1	3
Drainage	2	2	4

Tableau 3. 16 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs horizontaux (sous pression)
[113, TETSP, 2001]

Source potentielle d'émissions liquides dans l'eau ou de déchets	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Drainage	2	0	0
Nettoyage	1	1	1
Échantillonnage	2	0	0

Tableau 3. 17 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dus aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs horizontaux (sous pression)
[113, TETSP, 2001]

Outre les pertes opérationnelles, des incidents et des accidents (majeurs), comme les débordements et les fuites, peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions sont également décrites au chapitre 4.

3.1.6. Réservoirs verticaux (sous pression)

A. Description
[113, TETSP, 2001]

La section 3.1.5 décrit en détail les réservoirs aériens sous pression. Les réservoirs de stockage verticaux sont généralement utilisés lorsque l'espace est limité et que la capacité de stockage n'est pas importante. Bien qu'il n'y ait pas de limite pratique de taille, le seuil de rentabilité pour la construction d'autres modes de stockage, les

sphères, par exemple, est susceptible de limiter la taille des réservoirs verticaux. Normalement, les réservoirs verticaux ne dépassent pas 10 mètres de diamètre et 25 mètres de hauteur (soit une capacité d'environ 1 750 m^3). À capacité égale, les réservoirs verticaux nécessitent moins d'espace que les réservoirs horizontaux mais nécessitent des fondations plus importantes. La pression de conception des réservoirs verticaux dépend de la relation entre la température et la pression de vapeur du produit stocké.

Des mesures permettant de faire face aux conditions de vide sont nécessaires pour les applications dans lesquelles les températures ambiantes peuvent atteindre le point auquel la vapeur commence à se condenser ou dans lesquelles des vitesses de soutirage de liquide très élevées sont utilisées sans système de récupération de vapeur adapté. Dans ces cas, le réservoir doit être conçu pour le vide complet.

Les buses peuvent être à l'origine de fuites. Le nombre de buses sur un réservoir, en particulier sous le niveau du liquide, est généralement réduit au maximum afin de limiter le risque de fuite.

Foundation	Fondation
Vapour balancing	Équilibrage de la vapeur
Filling pipe	Tuyau de remplissage
Collecting room	Salle de récupération
Exhaust cleaning installation	Installation de nettoyage d'évacuation

Code :
b= valve de décompression/reniflard
c= mesure de niveau
f= protection contre les débordements

Figure 3. 10 : Réservoir vertical (sous pression) doté de plusieurs équipements de limitation des émissions
[18, UBA, 1999]

B. Équipement de réservoir correspondant et autres considérations

		Section
3.1.12.7 Équipement pour réservoirs	Évents	**3.1.12.7.1**
	Puits de tranquillisation et tubes de guidage	**3.1.12.7.3**
	Instrumentation	
	Trappes d'accès	**3.1.12.7.4**
	Dispositifs de vidange	**3.1.12.7.5**
	Malaxeurs	**3.1.12.7.6**
	Systèmes de chauffage	**3.1.12.7.7**
	Organes d'étanchéité	**3.1.12.7.8**
	Valves	**3.1.12.7.9**
		3.1.12.7.10
3.1.12 Considérations relatives aux réservoirs		

Tableau 3. 18 : Références croisées pour les réservoirs verticaux (sous pression)

C. Sources d'émissions possibles (réservoirs verticaux (sous pression))

Les tableaux 3.19 et 3.20 indiquent la cote des émissions dues aux sources d'émissions potentielles avec les réservoirs verticaux sous pression. La figure 3.2 explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Remplissage	2	1	2
Respiration			S/O
Vidange			S/O
Nettoyage	1	2	2
Étouffement (inertage)	2	1	2
Jaugeage			S/O
Échantillonnage	2	1	2
Fugaces	3	1	3
Drainage	2	2	4

Tableau 3. 19 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs verticaux sous pression
[113, TETSP, 2001]

Source potentielle d'émissions liquides dans l'eau ou de déchets	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Drainage	2	0	0
Nettoyage	1	1	1
Échantillonnage	2	0	0

Tableau 3. 20 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dus aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs verticaux sous pression
[113, TETSP, 2001]

Outre les pertes opérationnelles, des incidents et des accidents (majeurs), comme les débordements et les fuites, peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions sont également décrites au chapitre 4.

3.1.7. Sphères (sous pression)

A. Description
[113, TETSP, 2001]

La capacité des réservoirs sphériques est généralement supérieure à celle des réservoirs horizontaux ou verticaux sous pression en raison d'une meilleure économie d'échelle. La limite supérieure admissible est d'environ 3 500 m^3. Ces réservoirs sont généralement construits sur site à partir de plaques préformées et de sous-ensembles fabriqués en atelier. La pression de conception des réservoirs sphériques dépend de la relation entre la température et la pression de vapeur du produit stocké.

Le nombre de buses sur un réservoir sphérique, en particulier sous le niveau du liquide, est généralement réduit au maximum afin de limiter le risque de fuite.

B. Équipement de réservoir correspondant et autres considérations

		Section
3.1.12.7 Équipement pour réservoirs	Évents Puits de tranquillisation et tubes de guidage Instrumentation Trappes d'accès Dispositifs de vidange Organes d'étanchéité Valves	**3.1.12.7.1** **3.1.12.7.3** **3.1.12.7.4** **3.1.12.7.5** **3.1.12.7.6** **3.1.12.7.9** **3.1.12.7.10**
3.1.12 Considérations relatives aux réservoirs		

Tableau 3. 21 : Références croisées pour les sphères (sous pression)

C. Sources d'émissions possibles (sphères (sous pression))

Les tableaux 3.22 et 3.23 indiquent la cote des émissions dues aux sources d'émissions potentielles avec les sphères sous pression. La figure 3.2 explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Remplissage	2	1	2
Respiration			S/O
Vidange			S/O
Nettoyage	1	2	2
Étouffement (inertage)	2	1	2
Jaugeage			S/O
Échantillonnage	2	1	2
Fugaces	3	1	3
Drainage	2	2	4

Tableau 3. 22 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les sphères sous pression
[113, TETSP, 2001]

Source potentielle d'émissions liquides dans l'eau ou de déchets	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Drainage	2	0	0
Nettoyage	1	1	1
Échantillonnage	2	0	0

Tableau 3. 23 : Émissions liquides potentielles dans l'eau ou déchets provenant de « sources opérationnelles » avec les sphères sous pression
[113, TETSP, 2001]

Outre les pertes opérationnelles, des incidents et des accidents (majeurs), comme les débordements et les fuites, peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions sont également décrites au chapitre 4.

3.1.8. Stockage partiellement enterré (sous pression)

A. Description (Figure 3.11)
[84, TETSP, 2001]

Le stockage partiellement enterré correspond au stockage sous pression à températures ambiantes des gaz de pétrole liquéfiés dans des réservoirs cylindriques horizontaux placés au niveau du sol ou juste au dessous et entièrement recouverts d'un remblai adapté. Plusieurs réservoirs peuvent être placés côte-à-côte sous un « monticule ». Les réservoirs placés dans des voûtes ouvertes enterrées et des excavations ne sont généralement pas considérés comme un mode de « stockage partiellement enterré ».
La conception d'un stockage partiellement enterré est généralement plus complexe que celle des sphères ou des cylindres aériens. Le risque d'interaction entre le réservoir et le sol, ainsi que la protection contre la corrosion pour éviter les fuites, doivent être pris en considération. L'inspection externe des réservoirs partiellement enterrés n'étant pas prévue au cours de leur durée de vie, il convient de choisir avec soin le revêtement externe et de prévoir un système de protection cathodique pour réduire au maximum le risque de corrosion (indétectable). Les réservoirs doivent être installés au-dessus du niveau de la nappe phréatique la plus haute connue (le sol de couverture dépasse donc généralement au-dessus du niveau du sol, comme une motte en terre, d'où le terme de « stockage partiellement enterré »).

MOUND	BUTTE
A : on top of grade	A : sur le niveau
B: partly in excavation	B : partiellement en excavation
B.1.1. FOUNDATION ON SAND BED	B.1.1. FONDATION SUR LIT DE SABLE
B.1.2 CONTINUOUS RAFT ON CONCRETE PILES	B.1.2 DALLE CONTINUE SUR PILES EN BÉTON

Figure 3. 11 : Stockage partiellement enterré
[EEMUA Pub 190]

Si une butte contient plusieurs réservoirs, la distance minimale entre les réservoirs dépend des activités de construction, comme le soudage, l'enrobage, le remblayage et le compactage du matériau de remblayage. La distance minimale généralement conseillée est de 1 m.

Le diamètre maximal est généralement déterminé par des facteurs tels que la pression de conception, les possibilités de fabrication, les exigences du traitement thermique après soudage, les restrictions relatives au transport, les conditions du sous-sol et l'économie de la conception (un réservoir d'un diamètre de 8 m constitue la limite maximale). La longueur maximale acceptable est généralement déterminée par la structure de support et/ou les conditions du sous-sol (en particulier si un tassement différentiel est prévu), la taille du site disponible et l'économie de la conception. La longueur des réservoirs dont les fondations reposent sur un lit de sable ne peut généralement pas être supérieure à huit fois le diamètre afin d'éviter que l'épaisseur de la robe ne soit déterminée par la courbure longitudinale du réservoir en raison du tassement différentiel possible ou des tolérances de construction des réservoirs et des fondations. Le volume brut maximal d'un réservoir est généralement de 3 500 m^3 ; il n'existe pas de taille minimale, sauf pour des raisons pratiques.

Du point de vue de la sécurité, le stockage partiellement enterré des gaz liquides inflammables peut apporter une protection contre les incendies (pour éviter le risque de « liquide bouillant dégageant des vapeurs explosives » (LBDFE)).

B. Équipement de réservoir correspondant et autres considérations

		Section
3.1.12.7 Équipement pour réservoirs	Évents Puits de tranquillisation et tubes de guidage Instrumentation Trappes d'accès Dispositifs de vidange Organes d'étanchéité Valves	**3.1.12.7.1** **3.1.12.7.3** **3.1.12.7.4** **3.1.12.7.5** **3.1.12.7.6** **3.1.12.7.9** **3.1.12.7.10**
3.1.12 Considérations relatives aux réservoirs		

Tableau 3. 24 : Références croisées pour le stockage partiellement enterré

C. Sources d'émissions possibles (stockage partiellement enterré/sous pression)

Les tableaux 3.25 et 3.26 indiquent la cote des émissions dues aux sources d'émissions potentielles avec le stockage partiellement enterré. La figure 3.2 explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Remplissage	2	1	2
Respiration			S/O
Vidange			S/O
Nettoyage	1	2	2
Étouffement (inertage)	2	1	2
Jaugeage manuel			S/O
Échantillonnage	2	1	2
Fugaces	3	1	3
Drainage	2	2	4

Tableau 3. 25 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec le stockage partiellement enterré sous pression
[84, TETSP, 2001]

Source potentielle d'émissions liquides dans l'eau ou déchets	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Drainage	2	0	0
Nettoyage	1	1	1
Échantillonnage	2	0	0

Tableau 3. 26 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dus aux « sources opérationnelles » avec le stockage partiellement enterré sous pression
[84 TETSP, 2001]

Outre les pertes opérationnelles, des incidents et des accidents (majeurs), comme les débordements et les fuites, peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions sont également décrites au chapitre 4.

3.1.9. Réservoirs à espace variable pour la vapeur

A. Description
[87, TETSP, 2001]

Les réservoirs à espace variable pour la vapeur sont munis d'un gazomètre extensible pour tenir compte des fluctuations du volume de vapeur attribuables aux changements de température et de pression barométrique. Les deux types les plus courants de réservoirs à espace variable pour la vapeur sont les réservoirs à toit respirant et

les réservoirs à membrane souple. Les réservoirs à toit respirant sont utilisés pour stocker un produit, tandis que les réservoirs à membrane souple ne sont utilisés que pour le stockage de la vapeur à la pression atmosphérique ou à une pression très proche. Ces derniers sont généralement raccordés à plusieurs réservoirs pour réduire les émissions dues à la respiration et sont donc considérés comme une mesure de limitation des émissions (MLE) (voir section 4.1.3.13).

Les réservoirs à toit respirant sont munis d'un toit télescopique qui recouvre sans le serrer l'extérieur de la paroi principale du réservoir. L'espace entre le toit et la paroi est fermé par un joint hydraulique, une cuvette remplie de liquide, ou par un joint sec, qui utilise un tissu enduit souple.

L'utilisation d'un joint humide nécessite des vérifications manuelles ou le contrôle automatique du niveau du joint. Par temps froid, le joint doit être protégé du gel. Les joints en tissu doivent être vérifiés régulièrement pour détecter tout signe d'usure ou de détérioration pouvant entraîner une perte de vapeur. Les réservoirs à toit respirant sont très rarement utilisés en Europe pour le stockage des produits pétroliers.

Les pertes des réservoirs à toit respirant se produisent pendant le remplissage, lorsque la vapeur est déplacée par le liquide. La perte de vapeur se produit seulement lorsque la capacité de stockage de vapeur du réservoir est dépassée.

B. Équipement de réservoir correspondant et autres considérations

		Section
3.1.12.7 Équipement pour réservoirs	Évents Trappes de jaugeage et d'échantillonnage Puits de tranquillisation et tubes de guidage Instrumentation Trappes d'accès Dispositifs de vidange Organes d'étanchéité Valves	**3.1.12.7.1** **3.1.12.7.2** **3.1.12.7.3** **3.1.12.7.4** **3.1.12.7.5** **3.1.12.7.6** **3.1.12.7.9** **3.1.12.7.10**
3.1.12 Considérations relatives aux réservoirs		

Tableau 3. 27 : Références croisées pour les réservoirs à toit respirant

C. Sources d'émissions possibles (réservoirs à toit respirant)

Les tableaux 3.28 et 3.29 indiquent la cote des émissions dues aux sources d'émissions potentielles avec les réservoirs à toit respirant. La figure 3.2 explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Remplissage	2	3	6
Respiration	3	0	0
Vidange	2	1	2
Nettoyage	1	2	2
Étouffement			S/O
Jaugeage manuel	2	1	2
Échantillonnage	2	1	2
Fugaces	3	1	3
Drainage	2	1	2

Tableau 3. 28 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs à toit respirant
[87, TETSP, 2001]

Source potentielle d'émissions liquides dans l'eau ou de déchets	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Drainage	2	1	2
Nettoyage	1	3	3
Échantillonnage	2	0	0

Tableau 3. 29 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dus aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs à toit respirant **[87, TETSP, 2001]**

Outre les pertes opérationnelles, des incidents et des accidents (majeurs), comme les débordements et les fuites, peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions sont également décrites au chapitre 4.

3.1.10. Réservoirs cryogéniques

A. Description

[84, TETSP, 2001]

Il existe trois systèmes de stockage cryogénique :

- confinement simple
- confinement double
- confinement total

Le choix du type de système de stockage dépend principalement de la localisation, des conditions d'exploitation, des installations adjacentes, des chargements et des considérations environnementales.

Du point de vue de la sécurité, le stockage cryogénique peut être utilisé pour le stockage à grande échelle de gaz liquéfiés, comme l'ammoniaque, le chlore, les gaz de pétrole liquéfiés, etc.

Confinement simple

Un réservoir à paroi unique ou double conçu et fabriqué pour que l'élément de rétention soit seul en contact avec le produit réfrigéré est nécessaire pour répondre aux exigences de ductabilité à basse température pour le stockage du produit. La robe externe (si elle existe) d'un système de stockage à confinement simple est principalement conçue pour la rétention et la protection de l'isolation et n'est pas sensée contenir le liquide en cas de fuite de produit depuis le confinement intérieur. Un réservoir à confinement simple est généralement entouré d'un mur de rétention bas classique pour contenir les fuites éventuelles.

Outer shell (not able to contain liquid)	Robe extérieure (ne permettant pas de contenir le liquide)
Base insulation	Isolation de base
Inner tank	Réservoir intérieur
Bund wall	Mur de rétention
Suspended roof (insulated)	Toit suspendu (isolé)
Loose fill insulation	Isolation en vrac
Bottom heater	Chauffage par le bas

Figure 3. 12 : Exemple typique de réservoir cryogénique avec confinement simple **[EEMUA Pub 147]**

Confinement double

Dans un réservoir à paroi double, le réservoir intérieur et la robe extérieure sont conçus et fabriqués pour permettre le confinement du liquide cryogénique stocké. Le réservoir intérieur stocke le liquide cryogénique dans les conditions normales d'exploitation. La robe extérieure peut contenir toute fuite de liquide cryogénique depuis le réservoir intérieur. La robe extérieure n'est pas conçue pour contenir la vapeur libérée par une fuite de produit depuis le réservoir intérieur.

Roof if required	Toit, le cas échéant
Base insulation	Isolation de base
Inner tank	Réservoir intérieur
Outer shell (not able to contain liquid)	Robe extérieure (ne permettant pas de contenir le liquide)
Suspended roof (insulated)	Toit suspendu (isolé)
Loose fill insulation	Isolation en vrac
Bottom heater	Chauffage par le bas
Pre-stressed concrete outer wall	Mur extérieur en béton précontraint
Concrete outer base	Base extérieure en béton

Figure 3. 13 : Exemple typique de réservoir cryogénique avec confinement double **[EEMUA Pub 147]**

Confinement total

Réservoir à paroi double conçu et fabriqué pour permettre aux réservoirs intérieur et extérieur de contenir le liquide cryogénique stocké (de l'ammoniaque, par exemple). La distance entre la paroi extérieure et la paroi intérieure est comprise entre 1 et 2 mètres. Le réservoir intérieur stocke le liquide cryogénique dans les conditions normales d'exploitation. Le toit extérieur est soutenu par la paroi extérieure. Le réservoir extérieur peut contenir le liquide cryogénique et la vapeur provenant d'une fuite de liquide depuis le réservoir intérieur.

Reinforced concrete roof	Toit en béton renforcé
Base insulation	Isolation de base
Inner tank	Réservoir intérieur
Suspended roof (insulated)	Toit suspendu (isolé)
Loose fill insulation or empty depending on product stored	Isolation en vrac ou vide selon le produit stocké
Bottom heater	Chauffage par le bas
Pre-stressed concrete outer tank wall	Paroi extérieure du réservoir en béton précontraint
Insulation on inside of outer tank wall	Isolation à l'intérieur de la paroi extérieure du réservoir

Figure 3. 14 : Exemple typique de réservoir cryogénique avec confinement total
[EEMUA Pub 147]

B. Équipement de réservoir correspondant et autres considérations

		Section
3.1.12.7 Équipement pour réservoirs	Évents Trappes de jaugeage et d'échantillonnage Puits de tranquillisation et tubes de guidage Instrumentation Trappes d'accès Dispositifs de vidange Organes d'étanchéité Valves	**3.1.12.7.1** **3.1.12.7.2** **3.1.12.7.3** **3.1.12.7.4** **3.1.12.7.5** **3.1.12.7.6** **3.1.12.7.9** **3.1.12.7.10**
3.1.12 Considérations relatives aux réservoirs		

Tableau 3. 30 : Références croisées pour les réservoirs cryogéniques

C. Sources d'émissions possibles (réservoirs cryogéniques)

Les tableaux 3.31 et 3.32 indiquent la cote des émissions dues aux sources d'émissions potentielles avec les réservoirs cryogéniques. La figure 3.2 explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Remplissage	2	1	2
Respiration			S/O
Vidange			S/O
Nettoyage	1	2	2
Étouffement	2	1	2
Jaugeage manuel			S/O
Échantillonnage	2	1	2
Fugaces	2	1	2
Drainage			S/O

Tableau 3. 31 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs cryogéniques
[84, TETSP, 2001]

Source potentielle d'émissions liquides dans l'eau ou de déchets	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Drainage			S/O
Nettoyage			S/O
Échantillonnage			S/O

Tableau 3. 32 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dus aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs cryogéniques
[84, TETSP, 2001]

Outre les pertes opérationnelles, des incidents et des accidents (majeurs), comme les débordements et les fuites, peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions sont également décrites au chapitre 4.

3.1.11. Réservoirs enterrés horizontaux

A. Description

[18, UBA, 1999] [132, Arthur D. Little Limited, 2001]

Les réservoirs horizontaux peuvent être aériens, enterrés ou partiellement enterrés. Pour plus de détails sur le stockage partiellement enterré, reportez vous à la section 3.1.8. Les réservoirs de stockage enterrés sont souvent utilisés pour le stockage de l'essence, du diesel et autres combustibles ; leur capacité est généralement inférieure à 50 m^3. Ils peuvent être en acier ou en polymères renforcés par de la fibre de verre. La section 3.1.4 donne une description générale des réservoirs horizontaux atmosphériques. La section 3.1.5 donne une description générale des réservoirs horizontaux sous pression.

Les réservoirs enterrés sont, de plus, protégés de la corrosion extérieure grâce notamment à une protection cathodique ou à une isolation en bitume, par exemple. Les réservoirs peuvent être dotés d'une double paroi et d'un détecteur de fuites, mais peuvent aussi avoir une paroi unique complétée par un confinement. Le niveau de l'équipement de limitation des émissions dépend, bien entendu, de la substance stockée.

La construction des réservoirs enterrés doit les protéger de toute détérioration provenant des activités aériennes. En cas de stockage de substances combustibles, le réservoir doit être entièrement entouré d'une couche de substance non combustible ne pouvant endommager la couche isolante, comme le sable.

Ground	Sol
Sand layer	Couche de sable
Vapour balancing	Équilibrage de la vapeur
Cathodic protection	Protection cathodique
Dome	Dôme
Exhaust cleaning installation	Installation de nettoyage avec évacuation
Filling pipe	tuyau de remplissage
Leakage indicator system	Système de détection des fuites
Corrosion prevention	Prévention de la corrosion

Code :
a= arrête-flamme
b= soupape de décompression/reniflard
c= mesure de niveau
d= surveillance de la température
e= surveillance de la pression
f= protection contre les débordements

Figure 3. 15 : Réservoir enterré à paroi double doté de certains équipements de limitation des émissions
[18, UBA, 1999]

L'annexe 8.6 donne une synthèse des exigences dans les différents États membres en matière de stockage enterré (référence [132, Arthur D. Little Limited, 2001], étude commandée par la Commission européenne sur le stockage de l'essence contenant du MBTE (méthyl-tert-butyléther).

B. Équipement de réservoir correspondant et autres considérations

		Section
3.1.12.7 Équipement pour réservoirs	Instrumentation Dispositifs de vidange Organes d'étanchéité Valves	**3.1.12.7.4** **3.1.12.7.6** **3.1.12.7.9** **3.1.12.7.10**
3.1.12 Considérations relatives aux réservoirs		

Tableau 3. 33 : Références croisées pour les réservoirs horizontaux enterrés

C. Sources d'émissions possibles (réservoirs horizontaux enterrés)

Les tableaux 3.34 et 3.35 indiquent la cote des émissions dues aux sources d'émissions potentielles avec les réservoirs horizontaux enterrés. La figure 3.2 explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Remplissage	2	3	6
Respiration	2	1	2
Vidange	2	1	2
Nettoyage	1	2	2
Étouffement	3	1	3
Jaugeage manuel	2	1	2
Échantillonnage	2	1	2
Fugaces	3	1	3
Drainage			S/O

Tableau 3. 34 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs horizontaux enterrés
[84, TETSP, 2001]

Source potentielle d'émissions liquides dans l'eau ou déchets	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Drainage	1	1	1
Nettoyage	1	2	2
Échantillonnage			S/O

Tableau 3. 35 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dus aux « sources opérationnelles » avec les réservoirs horizontaux enterrés
[84, TETSP, 2001]

Outre les pertes opérationnelles, des incidents et des accidents (majeurs), comme les débordements et les fuites, peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions sont également décrites au chapitre 4.

3.1.12. Considérations relatives aux réservoirs

3.1.12.1. Aspects économiques

Les coûts de conception, de construction et d'exploitation des réservoirs de stockage dépend en grande partie du type de réservoir (RTFE, réservoir à toit fixe), de la taille du réservoir, des caractéristiques de la conception (type de fondations, revêtement extérieur, type de mesures de sécurité et de protection de l'environnement), des exigences liées au produit à stocké (revêtement interne, acier inoxydable/acier doux, système de contrôle de la vapeur), des conditions d'exploitation, des opérations d'inspection et de maintenance requises et de la durée de vie technique prévue. Pour certains types de réservoir, il est très difficile de donner une estimation des coûts typiques en euros par mètre cube de volume de stockage maximum. Il est donc important de ne prendre en considération que le « coût total de possession » (CTP) d'un réservoir de stockage à partir, par exemple, de tous les éléments du tableau 3.38.

Éléments de coût généralement pris en considération pour la détermination du coût unitaire	Éléments de coût généralement non pris en considération pour la détermination du coût unitaire	Éléments de coût généralement peu pris en considération pour la détermination du coût unitaire
- conception - construction et installation - mise en service	- inspection/maintenance - modification - documentation - exploitation/manutention	- durée d'indisponibilité ou non disponibilité due aux périodes d'inspection/maintenance - sécurité et impact environnemental - performance/pannes - obsolescence - démolition

Tableau 3. 36 : Éléments de coût des réservoirs de stockage
[113, TETSP, 2001]

3.1.12.2. Conception et construction

Description : le matériau de l'ensemble du réservoir doit être conforme aux normes reconnues par la société : EN 14015, API 650, BS 2654, DIN 4119, NEN 3850[1], CPR9-3, BS 2594 ou BS 4994 ou à tout autre norme nationale ou internationale procurant un niveau équivalent de sécurité (voir Annexe 8.1, Codes internationaux, pour une présentation des normes). En outre, les installations construites, notamment les réservoirs et les fondations, doivent être ou sont généralement construites de façon à exclure les déplacements et les pentes, qui mettent en danger la sécurité et l'étanchéité de l'installation. Les matières premières, le procédé de production, les dimensions, la surveillance et le contrôle de qualité appliqués aux réservoirs et à l'ensemble de leurs équipements doivent être adaptés à la finalité technique.

Les distances entre les différents réservoirs, ainsi qu'entre les réservoirs et les parois et tout autre composant de construction, doivent être suffisantes pour permettre la détection des dysfonctionnements et le confinement des incendies. Ces distances doivent être maintenues ; sinon, des murs de protection doivent être érigés pour réduire au maximum les risques pour les installations ou les bâtiments voisins. Pour plus de détails sur les distances, reportez vous à section 4.1.2.3.

Le paragraphe ci-dessous fait la synthèse des aspects et considérations les plus importants concernant les exigences de conception et de construction des réservoirs.

A. Avantages d'une conception rationnelle

La plupart des mesures techniques permettant de réduire ou d'éliminer les conséquences de toute situation « anormale » sont prises au stade de la conception lorsque sont évalués les risques résultant d'une perte de confinement et que des mesures techniques de sécurité sont définies en conséquence. Toutes les connaissances industrielles sur la substance sont utilisées au cours de cette phase pour choisir les options techniques de stockage les mieux adaptées à partir d'une analyse des risques ou du rapport coût/bénéfice. La définition et la mise en œuvre de mesures de sécurité au cours de la phase de conception est sans nul doute l'option la plus performante et la moins onéreuse. L'efficacité des mesures de sécurité ne doit pas diminuer avec le temps. Des vérifications régulières du fonctionnement des dispositifs de sécurité, notamment des clapets de décharge, des dispositifs de verrouillage, des valves marche/arrêt, etc., doivent donc être réalisées. L'organisation du système de gestion doit permettre la prise en charge rationnelle de ces vérifications.

En général, la conception évalue d'abord le niveau des mesures opérationnelles appropriées à prendre par les exploitants. Les mesures opérationnelles, par exemple des instructions claires données aux exploitants, sont les conditions de base pour la prévention des débordements, des surpressions et/ou des fuites. Quelques exemples permettent de démontrer le niveau d'efficacité de ces mesures opérationnelles :

- Les instruments utilisés pour le contrôle du fonctionnement normal du système de stockage, comme les indicateurs de niveau ou de pression, avertissent à l'exploitant de tout risque de dépassement de la limite prédéfinie par un paramètre du procédé. L'exploitant pourra alors réagir rapidement.
- Au cours des inspections régulières, les exploitants peuvent prendre des mesures s'ils constatent que des paramètres dépassent les limites prédéfinies (par ex., vibration dans un tuyau, bruit d'une pompe, odeur inhabituelle). Ils peuvent ensuite détecter les petites fuites avant qu'elles ne donnent lieu à des déversements incontrôlés, etc.
- Pendant le chargement d'une cuve qui n'est pas dotée d'un équipement de surveillance et/ou d'alarmes de niveau, la présence de l'exploitant permet d'éviter les débordements

L'efficacité de ces mesures doit être maintenue. C'est, entre autres, le rôle des systèmes de gestion qui facilitent en général :

- la formation régulière des exploitants
- la mise à jour des notices d'utilisation
- l'étalonnage régulier des instruments

Les inspections de l'environnement du site de stockage doivent être envisagées à ce stade. Ces inspections permettent de déterminer les sources d'émissions potentielles. Des inspections régulières doivent être effectuées

[1] Lorsque la densité du liquide stocké est inférieure ou égale à 1 et lorsque la pression au-dessus du liquide est plus ou moins égale à la pression atmosphérique.

pour vérifier que les émissions restent dans les limites autorisées. En outre, ces inspections permettent d'alerter l'exploitant en cas de baisse inacceptable des performances. Pour plus de détails, reportez-vous à la section 4.1.2.2.

Les inspections mécaniques de l'installation de stockage sont déterminantes pour la prévention des incidents. Le plan d'inspection de base est généralement rédigé pendant la conception au moment du choix des composants. En général, ces composants, ou l'ensemble de l'installation de stockage, sont choisis en fonction de l'expérience relative aux éléments suivants :

- la substance
- le composant
- la combinaison composant/substance

En voici quelques exemples :

- adéquation des matériaux de construction et des procédures d'assemblage (les soudures, par exemple) avérées
- sélection des fabricants d'équipement
- spécification correcte de l'équipement, comme les pompes, les valves, les instruments et les joints
- agencements du site, par exemple vérification que l'équipement est d'un accès facile

Le système de gestion est responsable du plan d'inspection. Ce plan d'inspection a pour objectif de fixer les règles définissant la fréquence des inspections, les critères d'acceptation des anomalies, etc.

B. Exigences en matière de conception

Les exigences en matière de conception dépendent des éléments suivants (qui ne sont pas classés par ordre d'importance) :

- vocation du ou des réservoirs de stockage (le réservoir fait-il partie d'un procédé de fabrication, le réservoir est-il une unité autonome fournissant un espace de stockage de courte ou longue durée, par exemple)
- autres exigences définies par le propriétaire/exploitant et/ou le client (volume de stockage, accessibilité, intervalles d'inspection optimaux pendant la période d'exploitation par le choix de « meilleurs » matériaux ou l'ajout de surépaisseurs de corrosion à l'épaisseur de conception des composants, type de malaxeur, etc.)
- codes et directives nationaux, associés aux exigences légales locales spécifiques (réglementations en matière d'incendie, distances minimales entre les réservoirs, etc.)
- type de produits à stocker et condition de stockage correspondante (appropriée) (atmosphérique, sous pression ou cryogénique, par exemple)
- pression de vapeur du produit, qui détermine le choix d'un stockage atmosphérique ou basse pression (RTFE ou RTF) ou sous pression
- exigences en matière de sécurité (systèmes et type d'instrumentation) et d'environnement (contrôles des émissions)
- exigences déterminant la localisation, notamment les autres installations voisines (distances de sécurité), la distance par rapport à l'appontement ou aux rangs de chargement de camions, la distance par rapport aux installations ou aux zones résidentielles de l'autre côté de la clôture de limite, etc.
- exigences de conception spécifiques aux conditions climatiques ou aux conditions du sol

La détermination d'une conception rationnelle doit également prévoir le type de fondations et la capacité de support du sous-sol. La capacité de support comprend normalement le tassement potentiel, en tenant compte des effets de l'effort cyclique dû aux remplissages et vidanges successifs du réservoir. Des tassements importants et irréguliers peuvent entraîner une ovalisation excessive de la robe des réservoirs à toit flottant pouvant provoquer le blocage du toit, ce qui réduit la sécurité et augmente les émissions dans l'air.

C. Exigences en matière de construction

Les exigences en matière de construction dépendent, sans s'y limiter, des éléments suivants :

- type et taille du réservoir

- matériau sélectionné (acier doux, acier inoxydable, aluminium ou matériaux synthétiques)
- nombre de dépendances et d'accessoires, importance des opérations automatisées au moyen d'instruments
- localisation du réservoir au sein d'un emplacement spécifique (accessibilité, niveau des précautions/distances de sécurité, temps d'utilisation disponible)
- temps de construction autorisé
- disponibilité d'une expertise en matière de construction sur le site (type de méthode d'édification du réservoir, par exemple)
- disponibilité d'équipement de construction sur le site (des grues, par exemple)
- exigences définies par les autorités (locales) : permis de construite, normes et réglementations locales de construction, etc.

D. Codes, normes et directives

Quelques exemples de codes, de normes et de directives internationaux sont donnés ci-dessous. L'annexe 8.1, Codes internationaux, donne une description plus détaillée de ces codes.

Stockage aérien : EN 14015, API 650, API 652, DIN 4119, BS 2654, EEMUA 180, EEMUA 183, EMC 1980, CODRES 1991, CPR 9-2/3.

Stockage enterré : API 1615, ASTM D4021-92, DIN 6600, DIN EN 976, BS EN 976, AFNOR NF EN 976, CPR 9-1.

Stockage sous pression : ASME Section II, ASME Code Cases: BPV, BS PD 5500, PD 6497, EEMUA 190, CODAP 95, Rules for Pressure Vessels (code néerlandais).

Stockage cryogénique : EN 14620, API 620, NFPA 57, NFPA 59, BS 7777, EEMUA 147, IP Model Code of Safe Practice Volume 1-Part 9, CPR 13.

3.1.12.3. Mise en service

[113, TETSP, 2001]

La mise ou la remise en service après complète transformation d'un réservoir nécessite l'exécution d'une inspection complète à l'intérieur, comme à l'extérieur du réservoir, afin de vérifier que le travail mécanique et électrique a été effectué et que l'équipement est sûr. Cette inspection doit porter au minimum sur les éléments suivants :

- fondations, murs de protection, sols et systèmes de vidange
- ensemble des connexions électriques et de mise à la terre, protection cathodique et accessoires électriques
- échelles, passerelles et garde-corps
- mesures de limitation des émissions
- malaxeurs, évents et clapets de décharge/soupapes de décompression
- instrumentation, y compris les jauges de niveau et de température et l'ensemble des alarmes
- ensemble des soupapes d'aspiration, d'évacuation et de vidange
- systèmes de lutte contre l'incendie, notamment injection d'écume
- systèmes de sécurité

Avant la mise en service, tous les outils, débris et déchets doivent être retirés du réservoir, à l'intérieur, comme à l'extérieur et toutes les soupapes (à l'exception de l'égout de toit sur les RTFE) doivent être mises en position fermée. Tous les accessoires de toit doivent être également en position fermée. Normalement, une inspection finale de l'intérieur est effectuée avant la fermeture de la trappe d'accès.

3.1.12.4. Gestion

[113, TETSP, 2001]

Les principales opérations décrites dans le présent document, susceptibles de donner lieu à un dégagement de matière depuis le réservoir, sont décrites sur la figure 3.1.

Ces opérations peuvent être divisées en opérations de routine (remplissage, vidange, jaugeage du niveau, échantillonnage, etc.) et en opérations non programmées avant la maintenance et l'inspection. Les systèmes de gestion doivent prendre en charge ces deux types d'opérations par des moyens différents ; des systèmes de contrôle automatisés aident l'exploitant dans l'exécution des opérations de routine, tandis que les opérations non programmées sont souvent réalisées manuellement d'après des notices d'utilisation spéciales.

3.1.12.5. Exploitation

[113, TETSP, 2001]

On appelle exploitation d'un réservoir, l'utilisation normale de ce réservoir pour le stockage de liquides ou de gaz liquéfiés et les activités principales permettant son utilisation sûre (gestion, maintenance, inspection, etc.). Les mesures destinées à assurer le bon fonctionnement des réservoirs sont décrites à la section 4.1.2.

3.1.12.6. Déclassement et démolition

[37, HSE, 1998] [113, TETSP, 2001]

Déclassement

Lors d'un déclassement, les réservoirs concernés sont sécurisés. La méthode utilisée dépend de la localisation du réservoir, du produit stocké et de la nature du déclassement (définitif ou temporaire). En général, une évaluation des risques est effectuée au stade de la planification pour identifier tout danger induit par le déclassement. Les étapes préliminaires du processus de déclassement (qui concernent également les canalisations) sont les suivantes :

- isolement des réservoirs de tout autre procédé, usine ou cuve de stockage par le retrait de tronçons de canalisation ou l'installation de joints. Les robinets de sectionnement ne conviennent pas
- vidange des réservoirs aussi complète que possible
- ouverture des trappes pour faciliter la ventilation

Les réservoirs en déclassement définitif doivent être soigneusement nettoyés et vidés de tout gaz résiduel. Tous les points d'entrée (trappes d'accès, etc.) doivent être physiquement fermés ou barrés pour éviter tout accès non autorisé. De grandes parties de la robe du réservoir peuvent être retirées pour empêcher la génération d'une atmosphérique dangereuse. En cas de déclassement provisoire, les réservoirs doivent être soigneusement nettoyés comme ci-dessus ou remplis d'eau ou de gaz inerte, comme l'azote. Si un gaz inerte est utilisé, le réservoir doit être étiqueté pour indiquer clairement qu'il contient un gaz pouvant entraîner une suffocation en cas de pénétration dans le réservoir. Comme ci-dessus, tous les points d'entrée doivent être physiquement fermés. Une inspection régulière permet de vérifier que le réservoir reste en bon état. Les réservoirs en acier au charbon remplis provisoirement d'eau peuvent faire apparaître une corrosion interne ; après vidage de l'eau, la surface intérieure du réservoir se rouille rapidement (oxydation), ce qui provoque un abaissement dangereux de la concentration en oxygène dans l'atmosphère du réservoir.

Dans plusieurs États membres, ces opérations nécessitent un permis ou une procédure d'autorisation similaire. Ce permis indique :

- la zone concernée par le permis
- le travail à entreprendre et la méthode utilisée
- la durée limite du permis
- les précautions à prendre pour garantir l'élimination de toutes les matières inflammables et l'impossibilité de leur réintroduction accidentelle

Démolition

La démolition de réservoirs ayant stocké des liquides inflammables ou dangereux est potentiellement (très) dangereuse. Tout travail à haute température peut provoquer une explosion s'il est effectué avant le drainage et le nettoyage adéquats des réservoirs et des canalisations. Les réservoirs ayant stocké des liquides inflammables doivent faire l'objet d'une préparation spéciale afin d'éliminer toute vapeur inflammable ou tout liquide ou boue associé. Des résidus pouvant émettre des vapeurs inflammables en présence d'une source de chaleur peuvent se trouver sur les parois et le dessous du toit. Il est parfois conseillé de faire intervenir une entreprise de démolition spécialisée possédant les compétences et l'équipement adaptés.

3.1.12.7. Équipement de réservoir

[67, Rentz et al, 1998]

Les équipements suivants peuvent être installés sur un réservoir de stockage, selon le mode de conception : évents, trappes d'accès, puits de jaugeage à flotteur, trappes de jaugeage/puits d'échantillonnage, évents de bordure, égouts de toit, jambes de toit, tubes de guidage sans fente, tubes de guidage/d'échantillonnage à fente et soupapes automatiques d'admission. Ces accessoires s'intègrent dans le support structurel ou fournissent certaines fonctions opérationnelles. Ils peuvent donner lieu à des émissions dans l'air car ils nécessitent des pénétrations dans le toit.

Parmi les accessoires de toits flottant externes, on peut citer : les trappes d'accès, les puits de tube de guidage, les jambes de toit, les soupapes automatiques d'admission et les puits de jaugeage automatiques à flotteur.

3.1.12.7.1. Évents

[113, TETSP, 2001] [41, Concawe, 1999] [84, TETSP, 2001] [3, CPR, 1984, 37, HSE, 1998]

Les types d'évents suivants permettent de fournir une détente normale, selon le type de réservoir :

Évents ouverts

Les réservoirs de stockage fonctionnant uniquement à la pression atmosphérique (sans pression, ni vide dans le réservoir) sont dotés d'évents de toit ouverts. Ces évents ne peuvent être fermés. Les évents à ciel ouvert sont conçus pour éviter toute création de sous pression ou de surpression dangereuse dans les conditions du courant de vapeur le plus élevé (c'est-à-dire, lorsque les pompes d'alimentation fonctionnent à la capacité maximale et que les conditions ambiantes produisent simultanément des taux maximum de respiration).

Clapets de décharge/soupapes de décompression (PVRV)

Les clapets de décharge permettent d'éviter la création d'une pression excessive ; les soupapes de décompression évitent l'effondrement du réservoir dû à une pression négative à l'intérieur. Ces fonctions sont combinées dans un PVRV (clapet de décharge/soupape de décompression), également appelé soupape de respiration. La norme BS 2654 (Codes internationaux) recommande l'utilisation de ces soupapes dans les réservoirs atmosphériques à toit fixe stockant un produit dont le point d'éclair est inférieur à 38 °C et dans les réservoirs contenant un produit chauffé à température supérieure à son point d'éclair. Le tableau 3.8 présente les trois types de réservoirs à toit fixe de base et indique les valeurs nominales de pression et de vide correspondantes.

Les réservoirs stockant des gaz liquéfiés sont toujours dotés de clapets de décharge. Dans certains cas, par exemple pour les réservoirs cryogéniques, des soupapes de décompression sont également installées. Ces soupapes protègent les réservoirs de toute excursion de pression due à des dysfonctionnements du procédé ou à un incendie.

Évents de purge

Les réservoirs à toit flottant peuvent être dotés d'évents de purge automatiques (également appelés reniflards) pour faire sortir l'air et la vapeur du dessous du toit flottant lors du remplissage initial et pour permettre la respiration si le réservoir est vidé pour que le toit se pose sur ses jambes. Normalement, ils s'ouvrent automatiquement avant la dépose du toit sur ses jambes, ce qui bloque la création d'un vide ; dans les conditions normales, ces évents sont fermés. La taille de l'évent de purge/reniflard dépend du débit du produit (et donc de la vapeur) pendant le remplissage du réservoir. Il est que les supports de tuyau de l'évent de purge, qui ouvrent la soupape de respiration, soient de conception identique aux jambes de support du toit, c'est-à-dire qu'ils possèdent un paramètre opérationnel et de maintenance. Le changement de l'ajustement des jambes de support du toit doit toujours prévoir un changement similaire sur le support de l'évent de purge afin d'éviter tout dysfonctionnement de l'ensemble du système.

Évents de bordure

Les réservoirs à toit flottant externe doivent être dotés d'évent de bordure pour les joints possédant un « espace pour la vapeur » sous le joint de bordure principal, par exemple les joints vapeur et les joints mécaniques de type sabot. Les joints liquides ne nécessitent pas d'évent de bordure. La principale fonction de l'évent de bordure consiste à permettre aux poches de vapeur, qui deviennent sous pression, de s'échapper par le dessous du joint de bordure dans l'atmosphère. Les poches de vapeur peuvent se former sous la plate-forme du toit flottant, puis

s'infiltrer dans l'espace de bordure. Toute surpression à l'intérieur de l'espace de bordure peut endommager le matériau du joint de bordure et en réduire ainsi l'efficacité.

Pour une détente d'urgence, on peut utiliser :

- des évents plus grands ou supplémentaires
- des trappes d'accès ou des couvercles de trappe qui se soulèvent en cas de pression anormale
- des dispositifs de détente spécialisés, par exemple sur les réservoirs sous pression

Il est également possible de concevoir les réservoirs à toit fixe contenant des liquides inflammables de telle sorte qu'en cas d'explosion, le toit se déchire au sommet du réservoir. La soudure entre le toit et la paroi est donc moins solide faible que la soudure entre le fond et la paroi du réservoir.

3.1.12.7.2. Trappes de jaugeage et d'échantillonnage

Les produits stockées dans des réservoirs atmosphériques sont généralement jaugés ou jaugés par le creux depuis un puits de jaugeage ou de tranquillisation. La jauge mesure les paramètres suivants : hauteur, masse, température, densité et/ou pression. Pour éviter les émissions dans l'air, la jauge ou le puits de tranquillisation est fermé par un couvercle dans les conditions normales d'utilisation. Les trappes à ferme-porte actionnées au pied étanches à la vapeur sont souvent utilisées. On peut procéder à un jaugeage automatique, ce qui permet de déterminer la quantité de liquide sans ouvrir le réservoir, contrairement au jaugeage manuel.

Les jauges sont des sources d'inflammation potentielles car elles peuvent produire un échauffement par frottement, une étincelle ou de l'électricité statique. Normalement, elles sont en alliage non étincelant et sont mises à la terre comme décrit dans la norme BS 5958 (voir annexe 8.1, Codes internationaux). La profondeur peut être également mesurée à l'aide de bandes d'immersion.

Pour un RTFE, l'accès au toit pendant le fonctionnement n'est pas recommandé sans appareil respiratoire et sans aide.

3.1.12.7.3. Puits de tranquillisation et tubes de guidage

[114, UBA, 2001] [41, Concawe, 1999]

L'installation de puits de tranquillisation et de tubes de guidage est destinée à :

- permettre l'accès pour mesurer le niveau de liquide
- permettre l'accès pour mesurer la température du liquide
- permettre l'accès pour échantillonner le liquide
- empêcher la rotation du toit

Pour un RTFE, on recommande l'installation d'au moins un puits de tranquillisation. Si deux puits sont installés (un pour le jaugeage automatique du niveau et un autre pour le jaugeage manuel), ils sont généralement adjacents et fixés au réservoir (de préférence à la sole) de la même façon. En cas de jaugeage manuel et automatique dans le même puits de tranquillisation, il faut prévoir une méthode d'enroulement de la jauge automatique à l'écart pour permettre un échantillonnage et un jaugeage sûrs et pour réduire au maximum le risque de déversement.

3.1.12.7.4. Instrumentation

[41, Concawe, 1999] [18, UBA, 1999] [3, CPR, 1984] [113, TETSP, 2001]

L'instrumentation locale ou distante doit être conforme aux normes correspondantes ; la norme Manual Petroleum Measurement Standards, publiée par l'American Petroleum Institute (API) et le code de sécurité électrique IP donnent des conseils spécifiques, de même que d'autres codes, normes et directives en ce domaine (voir annexe 8.1, Codes internationaux).

Contrôle du niveau et protection contre les débordements

Pendant les procédures de remplissage, le contrôle et l'enregistrement du niveau de remplissage sont parfois insuffisants. En raison du risque de débordement et de la pollution du sol et de l'eau qui en résulte, les réservoirs de stockage peuvent être dotés d'une protection contre les débordements permettant d'interrompre les procédures de remplissage automatiquement avant que le niveau maximum autorisé de liquide ne soit atteint. Lorsque la procédure de remplissage n'est pas automatique, c'est-à-dire lorsqu'elle est effectuée manuellement, le réservoir doit être doté d'une alarme qui se déclenche lorsque le niveau maximum autorisé de liquide est atteint. Lorsque l'alarme se déclenche, le personnel peut arrêter la procédure de remplissage à temps.

Arrête-flamme
Les réservoirs de stockage atmosphériques contenant des produits volatiles peuvent présenter une atmosphère inflammable au-dessus du liquide. Pour empêcher l'inflammation de ces vapeurs par une source externe (un éclairage par exemple), les évents à ciel ouvert peuvent être dotés d'arrête-flammes. Un blocage partiel ou total de ces évents (dû à la glace, aux salissures, au produit polymérisé, à la paraffine, etc.) est possible. L'évent ouvert étant conçu et installé pour empêcher la création d'une sous pression ou d'une surpression dans le réservoir, l'installation de ces arrête-flammes peut compromettre l'intégrité du réservoir, sauf s'ils sont régulièrement inspectés et entretenus.

Les soupapes de décompression sont normalement conçues pour que l'écoulement de la vapeur depuis la soupape dépasse la vitesse de propagation de la flamme dans la vapeur, ce qui permet ainsi d'empêcher l'entrée de la flamme dans le réservoir. En raison des problèmes de blocage des arrête-flammes décrits ci-dessus, ils sont normalement dotés en série de PVRV (voir API 650 (Annexe 8.1, Codes internationaux)).

Détection des fuites et des gaz
Des instruments et/ou des analyseurs sont utilisés pour détecter les fuites liquides et/ou gazeuses et les déversements. La vérification du niveau de sécurité de contamination dans les cuves avant la maintenance interne est un cas particulier. Vous trouverez ci-après une liste non exhaustive de certaines techniques couramment utilisées :

- les fuites de gaz peuvent être détectées au moyen d'explosimètres, d'analyseurs génériques de vapeurs organiques (AVO) ou d'analyseurs de gaz spécifiques
- les fuites de liquide peuvent être détectées par les systèmes de récupération des déversements. Des capteurs de niveau ou de niveau d'interface peuvent être utilisés pour les composants organiques insolubles, tandis que des pH-mètres et des conductimètres peuvent être utilisés en cas de manipulation d'acides ou de bases

3.1.12.7.5. Trappes d'accès

[41, Concawe, 1999] [113, TETSP, 2001]

Pour les réservoirs verticaux aériens (atmosphériques), des trappes d'accès à la base du réservoir permettent l'accès pendant la fermeture du réservoir et d'effectuer le dégazage du réservoir. Elles servent également de voie d'accès permettant de retirer les solides restés dans le réservoir au cours des opérations de nettoyage. Pour des raisons de sécurité, les réservoirs d'un diamètre supérieur à 25 mètres doivent posséder au moins deux trappes d'accès.

Une trappe d'accès est généralement prévue sur les réservoirs horizontaux (atmosphériques et sous pression) sur le dessus du réservoir.

3.1.12.7.6. Dispositifs de vidange

[41, Concawe, 1999] [37, HSE, 1998] [113, TETSP, 2001] [3, CPR, 1984]

Pour les réservoirs atmosphériques, un dispositif de vidange permet de retirer l'eau pouvant s'accumuler à la base du réservoir. L'efficacité est encore plus grande avec un puisard et une conduite intérieure de soutirage de l'eau menant à une sortie externe dotée d'une soupape. Si le réservoir sert au stockage de liquides inflammables, on procède généralement à l'obturation des soupapes en cas de non utilisation. Un contrôle opérationnel strict est nécessaire pour éviter toute vidange accidentelle du contenu du réservoir à cause du maintien en position ouverte de la soupape après le début de la vidange de l'eau.

Un RTFE doit être doté d'un second type de dispositif de vidange. Il s'agit de procéder à la vidange du toit pour évacuer l'eau de pluie. L'eau est évacuée par l'intermédiaire d'un tuyau interne articulé ou d'une conduite souple dotée d'une soupape à son extrémité, à la base du réservoir. Il est recommandé d'installer une valve anti-retour à proximité de l'extrémité du toit pour éviter toute fuite de produit dans le dispositif de vidange qui pourrait atteindre le toit et s'évaporer. Normalement, l'égout de toit à la base est fermé pour empêcher toute fuite de produit. Néanmoins, ce dispositif doit être complété par un programme de vidange régulier, en particulier pendant et après les orages, pour prévenir tout risque potentiellement grave d'affaissement du toit et d'émissions substantielles. La référence [3, CPR, 1984] indique, cependant, que le dispositif de vidange doit toujours être ouvert. Dans ce cas, toute fuite de produit dans la conduite de vidange du toit entraînerait un déversement.

Sur les réservoirs sous pression, le système de drainage sont généralement dotés de deux robinets de sectionnement à tournant sphérique, séparés d'au 600 mm d'une canalisation soutenue de façon adéquate avec une pente vers la sortie. Les deux robinets de vidange doivent être positionnés de façon à permettre le fonctionnement simultané des deux robinets par un seul opérateur. Le robinet en aval est généralement à ressort (ressort de fermeture) et à commande rapide qui fonctionne comme un dispositif d'homme mort. Le point de sortie de la vidange peut être canalisé vers un traitement de vapeur (un système d'oxydation thermique, par exemple) par l'intermédiaire d'un séparateur de vapeur.

3.1.12.7.7. Malaxeurs

[41, Concawe, 1999]

Les malaxeurs sont utilisés pour mélanger les réservoirs et pour éviter l'accumulation de solides et de boues à la base des réservoirs. Leur entretien ne nécessite généralement pas l'arrêt du réservoir. On peut envisager l'installation de dispositifs d'avertissement indiquant les défaillances des paliers ou des joints mécaniques, en particulier lorsque le fonctionnement s'effectue sans surveillance sur de longues périodes. De cette façon, une action rapide peut être prise en cas de problème pouvant donner lieu à un incident de sécurité ou d'environnement.

3.1.12.7.8. Systèmes de chauffage

[3, CPR, 1984] [37, HSE, 1998] [113, TETSP, 2001] [18, UBA, 1999]

Pour le chauffage des produits stockés en réservoirs (par exemple, pour faciliter le pompage de produits visqueux), une canalisation est installée à l'intérieur du réservoir dans lequel la vapeur, l'eau chauffée ou l'huile chauffée est pompée pour un échange thermique. La construction des réservoirs chauffés et de leurs équipements de chauffage associés est soumise, notamment, aux normes BS 799, BS 5410 ou BS 806 (voir Annexe 8.1, Codes internationaux).

Normalement, le tuyau de sortie est situé au-dessus de la bobine ou de l'élément de chauffage pour éviter l'exposition de toute surface chauffée interne ou de tout capteur de contrôle de la température. Un deuxième tuyau de drainage est installé à un niveau inférieur pour que le réservoir puisse être complètement vidé, si nécessaire. Une marche à débit nul verrouillée ou une bride non percée empêche l'utilisation de ce tuyau de drainage pendant les opérations normales. On peut également installer une alarme de baisse de niveau du liquide reliée à un disjoncteur du dispositif de chauffage ou une alarme permettant d'identifier les changements importants. Dans tous les cas, le système de chauffage peut être équipé de différents niveaux d'instrumentation, selon les spécifications du produit et les exigences opérationnelles.

La température et/ou la pression du produit stocké sont surveillées si nécessaire en raison des conditions d'exploitation ou des caractéristiques des substances, par exemple avec les réservoirs chauffés ou si une isolation au gaz est nécessaire.

3.1.12.7.9. Dispositifs d'étanchéité

[149, ESA, 2004]

Un dispositif d'étanchéité est conçu pour contenir le liquide ou les gaz liquéfiés et éviter ou réduire les émissions. Une part significative des émissions fugaces sont des pertes provenant de sources non scellées, notamment des réservoirs de stockage, des lignes à extrémité ouverte (non isolées), des clapets de décharge, des

évents, des brides, des systèmes de purge et des déversements. Ces pertes peuvent être également dues à des fuites dans les dispositifs d'étanchéité de certains éléments de l'équipement, notamment :

- agitateurs/malaxeurs
- compresseurs
- brides
- pompes
- couvercles de réservoir
- soupapes

Les pertes dues aux fuites peuvent avoir les causes suivantes :

- dispositifs d'étanchéité internes ou externes mal ajustés
- défauts d'installation ou de construction
- usure
- défaillance de l'équipement
- pollution du dispositif d'étanchéité
- mauvaises conditions du procédé

3.1.12.7.10. Soupapes

Les soupapes font partie du réservoir et du système de transport. Elles sont décrites à la section 3.2.2.6.

3.1.13. Conteneurs et stockage des conteneurs

A. Description

[7, CPR, 1992, 36, HSE, 1998, 116, Associazione Italiana Commercio Chimico, 2001]

On distingue les catégories de conteneurs suivants :

- bouteilles en verre jusqu'à 5 litres
- bouteilles ou fûts en plastique jusqu'à 60 litres
- bidons métalliques jusqu'à 25 litres
- fûts en acier ou en PFV (polyester renforcé par fibre de verre) jusqu'à 300 litres
- sacs en papier (solides uniquement) ou en plastique
- conteneurs en vrac intermédiaires (CVI)

Le matériau du conteneur doit être totalement compatible avec les propriétés physicochimiques du liquide afin d'éviter toute interaction pouvant entraîner une réaction ou une fuite. La section Codes internationaux indique les codes les plus importants. Pour les substances dangereuses, les conteneurs doivent être conformes aux épreuves de performance UN correspondants. Pour les substances liquides, il est obligatoire de respecter un pourcentage de remplissage du conteneur fixé en fonction des caractéristiques des produits afin d'éviter la dispersion du produit. Les conteneurs doivent être robustes et posséder des couvercles ou des bouchons ajustés permettant de résister au déversement en cas de renversement.

Plusieurs types de conteneurs sont généralement utilisés pour le transport et le stockage des produits chimiques :

Conteneurs en verre

Bouteilles en verre d'une capacité maximale de 5 litres (le plus souvent 2,5 litres). En général, les bouteilles en verre sont destinées à une utilisation immédiate, dans un laboratoire, par exemple.

Fûts

Il s'agit de conteneurs cylindriques dont les parties inférieure et supérieure sont plates. Leur forme dépend du produit stocké. Il existe des fûts en acier, en plastique, en bois, en carton, etc.

Conteneurs composites en plastique

Ces types de conteneurs sont constitués d'un conteneur interne en plastique et d'un conditionnement externe (en carton, en bois, etc.). Une fois ces deux parties assemblées, il n'est plus possible de les séparer.

Conteneurs composites
Ce type de conteneur est constitué d'un conteneur interne en verre, en porcelaine ou en grès et d'un conditionnement externe (carton, bois, etc.). Après assemblage, les deux parties ne peuvent être séparées. La plupart des ces conteneurs peuvent être « reconditionnés » si les conteneurs usagés ont été vérifiés selon des procédures officielles.

Gros conteneurs (CVI)
Ces types de conteneurs peuvent être de différentes formes, tailles et capacités ; ils respectent les capacités maximales suivantes :

- 3 m^3 pour les CVI durs
- 1,5 m^3 pour les CVI souples

Les CVI les plus couramment utilisés sont les suivants :

- CVI métalliques : entièrement métalliques (conteneur et équipement auxiliaire)
- CVI souples : en textile, en film ou autre matériau souple (également en matériau composite), de même que l'équipement auxiliaire
- CVI en plastique dur : corps en plastique dur avec ou sans structure pour le soutien mécanique et l'équipement auxiliaire

Les conteneurs peuvent être utilisés pour le stockage de tous types de matière dans les différents secteurs industriels. Cette section n'étudie que le stockage en conteneurs des substances dangereuses.

La figure 3.16 montre que les conteneurs remplis de substances dangereuses peuvent être stockés dans (I) des armoires en vrac, (II) des armoires incorporées, (IIIa) des compartiments de stockage dans un bâtiment à plusieurs étages, (IIIb) des compartiments de stockage dans un bâtiment à un seul étage, (IV) des bâtiments de stockage et (V) des parcs de stockage. Les armoires sont de très petites unités qui ne feront pas l'objet d'une description détaillée. Les trois derniers types de stockage sont décrits ci-après.

Si le choix d'une installation de stockage correcte est important pour le stockage des matières dangereuses, l'utilisation éventuelle d'un compartimentage est essentielle. En principe, chaque catégorie de matière dangereuse doit être stockée séparément des autres matières dangereuses. Les combinaisons compatibles et incompatibles sont indiquées à l'annexe 8.3.

Figure 3. 16 : Localisations possibles pour le stockage des matières dangereuses en conteneurs
[7, CPR, 1992]

B. Sources d'émissions possibles (conteneurs)

Le stockage des matières dangereuses conditionnées ne génèrent pas d'émissions opérationnelles. Les seules émissions possibles sont dues à des incidents et à des accidents (majeurs). Ces émissions sont examinées dans le chapitre 4.

3.1.13.1. Compartiments de stockage

A. Description
[7, CPR, 1992, 36, HSE, 1998]

Un compartiment de stockage contenant des matières dangereuses en conteneurs se situe généralement au rez-de-chaussée. Un compartiment de stockage dans un bâtiment à plusieurs étages ne contient généralement pas plus de 500 litres de matières dangereuses ; dans un bâtiment à un seul étage, un compartiment de stockage peut contenir 2 500 litres maximum de matières dangereuses. Lorsque le compartiment de stockage a un accès direct à une salle de travail dont les activités peuvent présenter un risque d'incendie, le compartiment doit être doté une porte à ferme-porte. Un compartiment de stockage peut contenir une armoire en vrac ou intégrée (compartimentée) pour le stockage séparé des matières dangereuses (compartimentage) pouvant réagir avec

d'autres substances stockées et produire des gaz ou des fumées nocives ou pouvant être à l'origine de situations dangereuses (explosions, vaporisation de matières dangereuses ou chaleur excessive).

B. Sources d'émissions possibles (compartiments de stockage)

Le stockage des matières dangereuses conditionnées ne génèrent pas d'émissions opérationnelles. Les seules émissions possibles sont dues à des incidents et à des accidents (majeurs). Ces émissions sont examinées dans le chapitre 4.

3.1.13.2. Locaux de stockage

A. Description

[HSE, 1998 #35; CPR, 1991 #8; CPR, 1992 #7, [43, Austria, 1991, 45, Vlaanderen,] [117,Verband Chemiehandel, 1997, 127, Agrar, 2001]

Les locaux de stockage sont utilisés pour le stockage de tous types de substances, des fûts contenant des liquides inflammables, aux produits conditionnés, comme les produits chimiques et les pesticides ou les déchets chimiques en attente de mise au rebut, en passant par les cylindres contenant des gaz sous pression. Il peut s'agir d'un local autonome ou d'une partie d'un autre local.

La conception et la construction des locaux de stockage contenant des matières dangereuses doivent tenir principalement compte des événements, tels que l'incendie, l'explosion et les dégagements de substances dangereuses, en particulier pour les prévenir ou les contrôler dans la mesure du possible. De bonnes pratiques de gestion et des procédures opérationnelles correctes sont essentielles ; elles sont décrites au chapitre 4.

Les normes en matière de résistance à l'incendie, de taille de compartiment et de moyen d'évacuation et d'assistance aux sapeurs pompiers pour les locaux de stockage varient selon les EM. Les différences sont liées à la quantité et aux types de matières dangereuses stockées. Autrement dit, les descriptions des locaux de stockage données dans la présente section sont des descriptions génériques données uniquement à titre d'exemple.

Normalement, les locaux de stockage sont constitués de matériaux non combustibles, mais pas toujours. Le degré de résistance au feu conféré par le local détermine les distances minimales à prévoir entre le local et les limites du site et les autres locaux. S'il possède une résistance au feu suffisante, le local de stockage peut être intégré à un autre local.

Le compartimentage des espaces prévus pour le stockage de matières dangereuses peut être effectué au moyen de cloisons ou en intégrant une zone sans stockage. Certains entrepôts possèdent un magasin incorporé au sein de l'entrepôt principal. Ce magasin intérieur peut être utilisé pour stocker des matières particulièrement dangereuses, par exemple des liquides et des gaz facilement inflammables ou des peroxydes. Les combinaisons compatibles et incompatibles de matières dangereuses sont présentées à l'annexe 8.3.

Le(s) sol(s) du local est généralement constitué de matériau non combustible, est étanche aux liquides et résistant aux substances stockées.

Le toit du local doit être résistant aux incendies soufflés par le vent, la structure du toit étant de construction résistante au feu pour empêcher toute extension à l'intérieur du magasin. Le niveau de résistance au feu dépend de plusieurs facteurs et notamment de la distance entre le magasin et la limite du site ou les autres bâtiments, et le type de substances stockées.
Un local de stockage doit normalement être équipé d'une ventilation adéquate pour empêcher la formation d'un mélange explosif (dû à une fuite) et pour éliminer toute fumée nocive ou désagréable.

L'utilisation d'un équipement électrique peut générer des étincelles pouvant prendre feu dans le local de stockage ; il donc essentiel d'utiliser un équipement électrique possédant une protection contre les explosions. Dans la plupart des cas, une bonne mise à la terre de la structure en acier est suffisante.

Le niveau de prévention contre l'incendie et des mesures de lutte contre l'incendie dépend de plusieurs facteurs et notamment de l'inflammabilité des substances stockées, de l'inflammabilité du conditionnement et de la quantité stockée. En cas de propagation d'un incendie au local de stockage, une partie des substances stockées peuvent être libérées. En cas de production de produits extincteurs contaminés, des dispositions sont prises pour éviter la pénétration de ces matières dans le sol, les réseaux d'égout ou les eaux de surface. Des systèmes de récupération des produits extincteurs peuvent être installés (voir section 4.1.7.5 pour plus de détails). La capacité

du système de récupération dépend du type et de la quantité de substances stockées (voir section 4.1.7.5 pour plus de détails).

B. Sources d'émissions possibles (locaux de stockage)

Le stockage des matières dangereuses conditionnées ne génèrent pas d'émissions opérationnelles. Les seules émissions possibles sont dues à des incidents et à des accidents (majeurs). Ces émissions sont examinées dans le chapitre 4.

3.1.13.3. Stockage extérieur (parcs de stockage)

A: Description
[7, CPR, 1992, 8, CPR, 1991, 35, HSE, 1998]

En principe, les mesures et les dispositions prises pour le stockage extérieur de matières dangereuses (conditionnées) sont identiques à celles prises pour le stockage de ces mêmes substances dans un local (voir section 3.1.13.2). La quantité et le type de substances stockées détermine les distances minimales à prévoir entre les limites et les bâtiments. Pour protéger le stockage des rayons directs du soleil et de la pluie, le stockage peut être doté d'un toit.

Les systèmes de récupération généralement utilisés en cas de déversement de substances et de produits extincteurs éventuels sont identiques à ceux utilisés dans les locaux de stockage et sont décrits à la section 3.1.13.2. Lorsque le stockage n'est pas couvert d'un toit, des dispositifs pour l'évacuation contrôlée de l'eau de pluie (éventuellement contaminée) sont normalement prévus.

Le niveau de prévention contre l'incendie et des mesures de lutte contre l'incendie dépend de plusieurs facteurs et notamment de l'inflammabilité des substances stockées, de l'inflammabilité du conditionnement et de la quantité stockée.

B. Sources d'émissions possibles (locaux de stockage)

Le stockage des matières dangereuses conditionnées ne génèrent pas d'émissions opérationnelles. Les seules émissions possibles sont dues à des incidents et à des accidents (majeurs). Ces émissions sont examinées dans le chapitre 4.

3.1.14. Bassins et fosses

A. Description
[113, TETSP, 2001]

Les bassins et les fosses sont utilisés dans l'industrie et l'agriculture. Dans l'industrie, ils sont généralement utilisés pour le stockage de l'eau de tout type, notamment l'eau de refroidissement et l'eau d'extinction, les eaux usées brutes et l'eau traitée. Ils peuvent également être utilisés pour le stockage de la saumure. En agriculture, ils sont très souvent utilisés pour le stockage et le traitement du fumier et du fourrage. Ils ne sont pas utilisés pour les produits pétroliers volatiles ou les produits chimiques.

La distinction entre les bassins et les fosses est ténue et les termes sont souvent interchangeables. Il existe deux types de bassins et fosses : ceux d'origine naturelle et ceux créés par l'homme.

La taille et la forme d'un bassin ou d'une fosse est déterminée en fonction du site. Des bassins rectangulaires ayant un rapport longueur/largeur de 3:1 ou moins sont courants. La profondeur dépend du site mais est généralement comprise entre 2 et 6 mètres.

Construction : lorsque la topographie du site, le sous-sol et le sol le permettent, les bassins ou fosses avec confinement par digue de terre permettent le stockage rentable de substances non dangereuses, comme les eaux d'extinction ou les eaux usées traitées. Les fosses peuvent être construites au-dessus ou en dessous du niveau du sol avoisinant, le niveau de formation étant généralement déterminée par les avantages économiques de

l'équilibrage déblai-remblai (voir la note 18 des directives de prévention de la pollution publiées par l'agence de l'environnement britannique).

Lorsqu'il y a un risque de pollution des eaux souterraines, la fosse doit être sensiblement imperméable grâce à l'utilisation d'un chemisage en argile ou en membrane synthétique ou d'une couche de béton.

Slight camber	Légère cambrure
Freeboard	Revanche
Well-graded impermeable soil with 20-30% clay content	Sol imperméable bien gradué contenant entre 20 et 30 % d'argile
Keyed foundation	Fondations clavetées
Impermeable foundation soil containing at least 20 – 30% clay	Sol de fondation imperméable contenant au moins 20 à 30 % d'argile
1 in 2	1 sur 2

Figure 3. 17 : Exemple de stockage de boues avec digue en terre et caractéristiques de conception

B. Sources d'émissions possibles (bassins et fosses)

Les tableaux 3.37 et 3.38 indiquent la cote des émissions dues aux sources d'émissions potentielles avec les bassins et les fosses. La figure 3.2 explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Remplissage	2	3	6
Arrêt	3	3	9
Vidange	2	1	2
Nettoyage	1	2	2
Étouffement			S/O
Jaugeage manuel			S/O
Échantillonnage			S/O
Fugaces			S/O
Drainage			S/O

Tableau 3. 37 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les bassins et les fosses
[87, TETSP, 2001]

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Drainage	2	1	2
Nettoyage	1	3	3
Échantillonnage	2	0	0

Tableau 3. 38 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dues aux « sources opérationnelles » avec les bassins et les fosses
[87, TETSP, 2001]

Outre les pertes opérationnelles, des incidents, comme les débordements et les fuites, peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions sont également décrites au chapitre 4.

3.1.15. Cavités minées (atmosphériques)

La section 3.1.16 décrit en détail les cavités minées sous pression ; la section 3.1.17 décrit en détail les cavités salines. La description générale suivante concerne les cavités minées atmosphériques et sous pression. Il est important de noter que la plupart des cavités minées sont sous pression [150, Geostock, 2002].

Lors de la construction d'une cavité minée rocheuse, plusieurs facteurs doivent être pris en considération :

1. le produit d'hydrocarbure stocké doit être plus léger que l'eau
2. le substratum rocheux doit être suffisamment dur et homogène
3. les cavités minées rocheuses doivent être creusées en dessous du niveau de la nappe phréatique à une profondeur à laquelle la pression de l'eau souterraine autour de la cavité est supérieure à toute pression à l'intérieur de la cavité

La différence de densité entre le produit d'hydrocarbure stocké et l'eau et la localisation des cavités à une profondeur supérieure à celle du plan phréatique garantissent la supériorité de la pression hydrostatique de l'eau souterraine entourant la cavité rocheuse par rapport à celle de l'hydrocarbure stocké, ce qui permet d'éviter l'échappement de liquide et de gaz. L'eau d'infiltration, qui pénètre dans la cavité par les infractuosités et les jonctions dans la masse rocheuse, gagne le lit et est pompée. Plusieurs variétés de substratum rocheux sont acceptables, notamment les roches intrusives, les roches métamorphiques, le calcaire, certaines roches sédimentaires et même dans certains cas, des roches volcaniques [81, Neste Engineering, 1996].

A. Description [81, Neste Engineering, 1996]

Il existe deux types principaux de principe de stockage en cavité minée :
Cavités avec lit fixe
Une couche d'eau, de moins d'un mètre de profondeur en général, est maintenue au fond de la cavité. Le niveau d'eau reste constant grâce à l'utilisation d'un déversoir de chambre des pompes. Les cavités bâties sur le principe du lit fixe peuvent stocker, par exemple, du pétrole brut, du GPL, de l'essence, du diesel, du mazout domestique et du mazout lourd (voir Figure 3.18).

Water outlet	Sortie de l'eau
Product distribution	Distribution du produit
Product inlet	Entrée du produit
Variable product level	Niveau de produit variable
Water pump	Pompe à eau
Weir	Déversoir
Product pump	Pompe de produit
Cavern with fixed water bed	Cavité avec lit fixe

Figure 3. 18 : Schéma d'une cavité avec lit fixe
[81, Neste Engineering, 1996]

Cavités avec lit variable
Dans ce type de cavité rocheuse, le niveau du produit d'hydrocarbure stocké est maintenu à une hauteur à peu près constante grâce à la variation de la profondeur de la couche d'eau. La cavité est toujours remplie et la quantité d'eau est minimale lorsque le produit d'hydrocarbure remplit complètement la cavité. À l'inverse, lorsque la cavité ne contient plus de produit d'hydrocarbure, elle se remplit d'eau (voir Figure 3.19).

Les cavités construites avec un lit variable sont utilisées, par exemple, pour le stockage de l'essence. Les huiles lourdes peuvent être stockées à des températures élevées ; d'autres produits d'hydrocarbure nécessitant une capacité de pompage élevée en sortie, sont stockés dans des cavités utilisant une chambre des pompes désamorcée au niveau du fond d'une ou de plusieurs cavités.

Water outlet	Sortie de l'eau
Product distribution	Distribution du produit
Product inlet	Entrée du produit
Fixed product level (varies slightly with product quantity)	Niveau de produit fixe (varie légèrement avec la quantité de produit)
Oil	Huile
Water	Eau
Fluctuating water level	Niveau d'eau variable
Cavern with fluctuating water bed	Cavité avec lit variable
Water inlet	Entrée de l'eau

Figure 3. 19 : Schéma d'une cavité avec lit variable
[81, Neste Engineering, 1996]

Ce type de cavité a une capacité de stockage comprise entre 50 000 et 580 000 m^3. Il existe cependant des stockages en cavité minée sous pression de GPL de seulement 8 000 m^3, comme le stockage de GPL de Sennecey, en France (voir section 3.1.16).

La raffinerie de Porvoo en Finlande utilise des cavités à lit fixe car elles nécessitent moins d'eau et donc moins de traitement de l'eau.

La profondeur à laquelle la cavité est située dépend de la présence d'une roche adaptée et du produit d'hydrocarbure stocké. En général, la profondeur est comprise entre 40 et 170 mètres. À la raffinerie de Porvoo,

par exemple, une cavité sous pression contenant du GPL est située à 140 mètres au dessous du niveau de la nappe phréatique (voir Figure 3.20).

Water	Eau
LPG (gas)	GPL (gaz)
Inlet	Entrée
LPG (liquid)	GPL (liquide)
Ground surface	Surface du sol
Ground water level	Niveau de la nappe phréatique
Pressurised cavern	Cavité sous pression
Refrigerated cavern	Cavité cryogénique
Refrigerator	Groupe frigorifique
Frozen zone	Zone gelée

Figure 3. 20 : Schéma d'une cavité sous pression et d'une cavité cryogénique pour le stockage de GPL
[81, Neste Engineering, 1996]

Construction
[81, Neste Engineering, 1996, 150, Geostock, 2002]

La construction de cavités rocheuses économiquement viables dépend en grande partie des conditions favorables de la roche et de la nappe phréatique. Des études du site permettent de déterminer la qualité, la solidité, les irrégularités de la roche, ainsi que le sens de la schistosité et autres informations utiles. Ces données son rassemblées et analysées afin d'établir des plans d'excavation. La structure du substratum rocheux est étudié au moyen de la cartographie de l'affleurement rocheux, de la méthode sismique, du forage à percussion et du carottage au diamant. Une autre bonne pratique consiste à mesurer la contrainte initiale du substratum rocheux et d'effectuer à ce stade des épreuves de compatibilité entre le produit d'hydrocarbure et la roche. Les conditions de la nappe phréatique sont étudiées par des observations dans des puits et des épreuves de pompage. Après cette étude, la localisation exacte et le sens longitudinal des cavités peuvent être déterminés.

Aspects économiques
[81, Neste Engineering, 1996]

Les principaux facteurs affectant les coûts de construction sont les suivants :

- la qualité du substratum rocheux
- les conditions de la nappe phréatique
- la taille et les dimensions des cavités de stockage
- le nombre d'unités de stockage et le volume total du projet
- le type de produit d'hydrocarbure à stocker et la méthode de stockage
- la quantité d'armature et de cimentation nécessaire
- les exigences relatives à la purification de l'eau d'infiltration et la nécessité de remplacer la nappe phréatique
- les charges prévues au projet des structures en béton
- les types d'installations d'admission et d'évacuation
- l'équipement et le degré de contrôle automatique et distant
- la valeur de la roche creusée qui peut être utilisée pour le régalage, la construction de routes, etc.

L'élément le plus coûteux est l'excavation de la cavité dans la roche, qui représente au moins la moitié du coût d'investissement total. Les coûts d'installation, ainsi que les coûts de l'armature et des structures en béton, représentent 10 % chacun. Tous les coûts dépendent en grande partie des conditions locales. Le coût marginal d'une cavité minée rocheuse est très faible par rapport à son volume, ce qui milite en faveur du stockage de grandes quantités de produit d'hydrocarbure. Lorsque l'on compare ces coûts à ceux des réservoirs aériens en acier, le seuil de rentabilité à cet emplacement spécifique en Finlande se situe généralement à 50 000 m^3. Pour le GPL, le chiffre est nettement plus faible (environ 10 000 m^3). La figure 3.21 indique le coût d'investissement relatif pour le stockage du pétrole dans des réservoirs aériens et des cavités rocheuses nues dans les conditions finlandaises. La figure 3.22 indique le coût d'investissement relatif pour les alternatives de stockage du GPL dans les conditions finlandaises. Les coûts de fonctionnement et de maintenance des cavités enterrées, à la raffinerie de Porvoo, par exemple, ne représentent pas plus d'un sixième de ceux des réservoirs aériens en acier. Ce chiffre est basé sur des opérations quotidiennes de 5 millions de m^3 pour les cavités enterrées et de 2 millions de m^3 pour les réservoirs aériens en acier. En revanche, les coûts de déclassement du site peuvent être importants et dépendent de différents facteurs, notamment des substances stockées et de la qualité du substratum rocheux.

Unit cost	Coût unitaire
Surface steel tanks	Réservoirs aériens en acier
Underground rock caverns	Cavités rocheuses enterrées

Figure 3. 21 : Coût d'investissement relatif pour le stockage de pétrole dans des réservoirs aériens et des cavités rocheuses nues sur le site d'une raffinerie en Finlande
[81, Neste Engineering, 1996]

Unit cost	Coût unitaire
Sphere	Sphère
Pressurised cavern	Cavité sous pression
Refrigerated surface steel tank	Réservoir aérien cryogénique en acier
Refrigerated cavern	Cavité cryogénique

Figure 3. 22 : Coût d'investissement relatif pour les différents modes de stockage du GPL sur le site d'une raffinerie en Finlande
[81, Neste Engineering, 1996]

Émission et consommation

[81, Neste Engineering, 1996] [150, Geostock, 2002]

Une unité de stockage enterrée est protégée des forces et menaces extérieures. Le risque d'explosions de gaz est très faible et en aucun cas le produit d'hydrocarbure ne peut prendre feu en raison de l'absence d'oxygène. Les émissions dans l'air sont limitées, en raison de la stabilité des températures et de la possibilité de stocker le produit d'hydrocarbure sous pression. Comme l'ensemble de la cavité de stockage est pratiquement invisible, le paysage n'est pas modifié et le site peut être utilisé pour d'autres installations industrielles.

Par nature, le stockage enterré présente une résistance intrinsèque élevée aux tremblements de terre.

Les principaux consommateurs d'énergie sont les pompes utilisées pour le remplissage et la vidange des cavités. La consommation d'énergie pour le remplissage et la vidange des réservoirs aériens est inférieure à celle du remplissage et de la vidange des cavités. Dans les conditions climatiques finlandaises, la consommation d'énergie pour le chauffage de certains types de substances dans les réservoirs aériens est plus élevée que celle du stockage en cavités.

Une certaine accumulation sédimentaire au fond des cavités est possible lorsque du pétrole brut est stocké ; néanmoins, à la raffinerie de Porvoo, au cours des 30 années de fonctionnement des cavités, aucune élimination de déchets des cavités n'a été nécessaire. Les seuls déchets possibles sont les pièces de rechange des pompes qui doivent être changées en cas de dysfonctionnement et de maintenance.

L'un des inconvénients des cavités minées est la présence d'eau d'infiltration huileuse, qui est pompée et traitée dans une station d'épuration des eaux usées.
Les cavités de type à lit fixe nécessitent moins d'eau (et donc moins de traitement d'eau) que les cavités à lit variable.

B. Équipement correspondant et autres considérations

[81, Neste Engineering, 1996]

Les tuyaux et les instruments d'une cavité minée souterraine sont généralement installés dans un arbre vertical construit entre la cavité et la surface. Les cavités sont généralement dotées d'une instrumentation complète pour contrôler la pression, les niveaux de surface et la température et pour vérifier le fonctionnement de l'équipement.

En général, les pompes utilisées dans les cavités sont des pompes immergées suspendues aux tuyaux d'évacuation, situées dans l'arbre vertical menant à la cavité. Les pompes peuvent également être installées dans une salle de pompe désamorcée située au niveau du fond de la cavité et séparée de celle-ci (voir Figure 3.23). Des pompes centrifuges classiques sont utilisées dans ce type de conception.

En général, le contrôle et le fonctionnement des installations de stockage en cavité sont réalisés dans une salle de contrôle à distance. En raison de leur fonctionnement distant et partiellement automatique, les sites de cavité sont souvent sans personnel.

Oil inlet	Admission du pétrole
Water outlet	Sortie de l'eau
Oil outlet, cavern 1	Sortie du pétrole, cavité 1

Ground surface	Surface du sol
Ground water level	Niveau de la nappe phréatique
Dry pump room at the bottom level of caverns	Salle de pompe désamorcée au niveau du fond des cavités

Figure 3. 23 : Schéma d'une salle de pompe désamorcée au niveau du fond de cavités
[81, Neste Engineering, 1996]

C. Sources d'émissions possibles (cavités minées atmosphériques)

Les tableaux 3.39, 3.41 et 3.42 indiquent la cote des émissions dues aux sources d'émissions potentielles avec les cavités minées atmosphériques. Les tableaux montrent que pour une cavité avec lit variable, les émissions dans l'air dues au remplissage sont très faibles car le niveau de gaz dans la cavité est maintenu plus ou moins constant pendant le remplissage grâce au pompage de l'eau. Les émissions dues à la respiration sont faibles car, grâce au niveau d'eau, le volume de gaz est maintenu à un niveau aussi bas que possible. En revanche, le pompage de l'eau peut générer des émissions dans l'eau.
La figure 3.2 explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Remplissage	2	3	6
Respiration	2	1	2
Vidange	2	1	2
Nettoyage			S/O
Étouffement			S/O
Jaugeage manuel	2	1	2
Échantillonnage	2	1	2
Fugaces	3	1	3
Drainage	2	1	2

Tableau 3. 39 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les cavités minées atmosphériques à lit fixe
[87, TETSP, 2001]

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Remplissage	1	1	1
Respiration	1	1	1
Vidange	2	1	2
Nettoyage			S/O
Étouffement			S/O
Jaugeage manuel	2	1	2
Échantillonnage	2	1	2
Fugaces	3	1	3
Drainage	2	1	2

Tableau 3. 40 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les cavités minées atmosphériques à lit variable
[176, EIPPCB Ineke Jansen, 2004]

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Drainage	2	1	2
Nettoyage			S/O
Échantillonnage	2	0	0

Tableau 3. 41 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dues aux « sources opérationnelles » avec les cavités minées (atmosphériques)
[87, TETSP, 2001]

Outre les pertes opérationnelles, des incidents, comme les débordements et les fuites, peuvent donner lieu à des émissions plus rares avec les cavités minées. Ces émissions sont également décrites au chapitre 4.

3.1.16. Cavités minées (sous pression)

A. Description
[113, TETSP, 2001, 150, Geostock, 2002]

La section 3.1.15 donne une description générale du stockage en cavité minée. Le gaz liquéfié sous pression peut être également stocké dans des cavités rocheuses minées ou des cavités salines (voir section 3.1.17 pour les cavités salines).

Le principe du stockage en cavité rocheuse minée repose sur le principe que la profondeur à laquelle la cavité est créée est telle que la hauteur géodésique de la nappe phréatique est supérieure à la pression du produit d'hydrocarbure stocké. Il existe ainsi un gradient de pression vers l'intérieur de la cavité, ce qui évite toute fuite de produit vers le substratum rocheux.

L'espace pour la vapeur dans les cavités minées sous pression ne contient pas d'air et, comme indiqué à la section 3.1.15, en aucun cas le produit d'hydrocarbure ne peut prendre feu en raison de l'absence d'oxygène. Pendant les opérations de remplissage, les cavités minées sous pression sont généralement conçues et utilisées de façon à assurer la condensation de la vapeur en liquide pour écarter tout risque d'augmentation de pression et de libération potentielle dans l'atmosphère.

L'afflux d'eau souterraine est récupéré dans une fosse sur le sol de la cavité, puis pompé à la surface. Le gaz liquéfié est évacué au moyen de pompes immergées.

B. Équipement correspondant et autres considérations
[150, Geostock, 2002]

L'équipement, les accessoires, etc. utilisés dans les cavités minées sous pression sont similaires à ceux utilisés dans les cavités minées atmosphériques (voir section 3.1.15). En ce domaine, des avancées majeures ont été réalisées au cours des 30 dernières années, en particulier en ce qui concerne les problèmes de sécurité. Les nouvelles cavités minées sous pression sont notamment équipées de vannes automatiques de sécurité de fond par « tout ou rien » qui isolent totalement le produit d'hydrocarbure stocké de la surface en cas d'urgence ou de détection de gaz (voir Figure 3.24). Ces mesures de sécurité et de protection de l'environnement sont parfois installées après coup sur des cavités existantes. Parmi les autres équipements supplémentaires permettant d'améliorer le fonctionnement et la sécurité, on peut citer :

- mesure redondante du niveau
- dispositifs automatiques de détection des débordements
- injection d'eau en urgence
- fonctionnalités spécifiques pour une maintenance sécurisée

LPG outlet	Sortie GPL
LPG inlet	Admission GPL
Dewatering	Evacuation de l'eau de la canalisation
Vent	Évent
Gas LPG	GPL gazeux
Liquid LPG	GPL liquide
Water	Eau
clay	Argile
concrete	Béton
Fail safe valve	Vanne automatique de sécurité par « tout ou rien »
CAVERN	CAVITÉ
Instrumentation	Instrumentation
LPG pumps	Pompes GPL
Water pumps	Pompes à eau

Figure 3. 24 : Arbre de fonctionnement du stockage enterré de GPL avec instrumentation
[175, TWG, 2003]

C. Sources d'émissions possibles (cavités minées sous pression)

Les tableaux 3.42 et 3.43 indiquent la cote des émissions dues aux sources d'émissions potentielles avec les cavités minées sous pression. La section 3.1, figure 3.2, explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Remplissage	2	1	2
Respiration			S/O
Vidange	2	1	2
Nettoyage			S/O
Étouffement			S/O
Jaugeage manuel			S/O
Échantillonnage			S/O
Fugaces	2	1	2
Drainage			S/O

Tableau 3. 42 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les cavités minées (sous pression)
[87, TETSP, 2001, 150, Geostock, 2002]

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Drainage			S/O
Nettoyage			S/O
Échantillonnage			S/O

Tableau 3. 43 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dus aux « sources opérationnelles » avec les cavités minées (sous pression)
[87, TETSP, 2001]

Outre les pertes opérationnelles, des incidents et des accidents (majeurs), comme les débordements et les fuites, peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions sont également décrites au chapitre 4.

3.1.17. Cavités salines

A. Description

[113, TETSP, 2001, 150, Geostock, 2002]

La section 3.1.15 donne une description générale du stockage en cavité minée et la section 3.1.16 une description des cavités minées sous pression. Des hydrocarbures liquides et des gaz sous pression liquéfiés peuvent être également stockés dans des cavités lessivées par des dépôts de salins.

Pour créer une cavité saline, on perce un puits dans la formation saline, on fait circuler de l'eau douce ou à très faible salinité dans le puits, puis on retire la saumure de la cavité. Le sel dans la formation se dissout, et agrandit ainsi le calibre du puits jusqu'à atteindre le volume cible.

Dans les cavités salines, les liquides et les gaz liquéfiés sont stockés au-dessus d'une solution de saumure. Lors du remplissage, le produit d'hydrocarbure est pompé dans la partie supérieure de la cavité et déplace la saumure. Après être subi un processus de décantation ou de dégazage, la saumure est stockée dans une fosse ou un bassin chemisé (voir section 3.1.14). Le produit d'hydrocarbure est stocké sous pression en profondeur en raison du poids statique de la saumure et de l'hydrocarbure. Le produit d'hydrocarbure est généralement évacué par déplacement de la saumure. En revanche, dans les cavités salines étroites, il est parfois nécessaire d'utiliser des pompes immergées.

Le sel est en soi imperméable et physiquement et chimiquement inerte par rapport aux hydrocarbures. De plus, les fissures et les défauts dans le sel sont comblés par le comportement viscoplastique du sel sous pression géostatique. On évite ainsi toute émission dans le sol.

La profondeur des cavités salines est généralement comprise entre 300 m et 1 200 m. La taille des cavités dépend de la localisation du site ; sur le site de Géosel, en France, le volume des cavités est compris entre 90 000 et 450 000 m^3 pour une capacité totale d'environ 6 millions de m^3 (26 cavités pour le stockage du pétrole brut, du diesel, de l'essence, du naphtha, etc.).

Les fosses ou bassins utilisés pour le stockage de la saumure nécessaire à l'exportation du produit d'hydrocarbure sont, en général, conçus pour se fondre dans le paysage.

Brine	Saumure
Hydrocarbon	Hydrocarbure
Cemented casings	Enveloppes cimentées
CASING	ENVELOPPE
Production tubing	tubage de production
Casing shoe	Sabot de tubage
Geological salt layer	Couche de sel géologique
Insoluble	Insoluble
Liquid hydrocarbon	Hydrocarbure liquide
Saturated brine	Saumure saturée
Insolubles	insolubles

Figure 3. 25 : Exemple de cavité saline en fonctionnement
[175, TWG, 2003]

B. Équipement correspondant et autres considérations
[150, Geostock, 2002]

Les cavités salines sont raccordées à la surface par des colonnes de production concentriques (similaires à celles utilisées pour les puits de production de pétrole et de gaz) pour faire entrer et sortir le produit d'hydrocarbure de la cavité. À la surface, la tête de puits, équipée de valves, occupe un espace très réduit ; tous les tubages sont enterrés.

Les installations de pompage, l'installation de dosage et les installations de support associées, comme les bâtiments de contrôle et les systèmes de protection contre l'incendie, sont centralisées dans une zone unique afin de limiter au maximum l'occupation du sol et l'impact sur l'environnement.

C. Sources d'émissions possibles (cavités salines)

Les tableaux 3.44 et 3.45 indiquent la cote des émissions dues aux sources d'émissions potentielles avec les cavités salines. La figure 3.2 explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Remplissage	2	1	1
Respiration			S/O
Vidange	2	1	2
Nettoyage			S/O
Étouffement			S/O
Jaugeage manuel			S/O
Échantillonnage			S/O
Fugaces	2	1	2
Drainage			S/O

Tableau 3. 44 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les cavités salines
[150, Geostock, 2001]

Source potentielle d'émissions liquides dans l'eau ou de déchets	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Drainage			S/O
Nettoyage			S/O
Échantillonnage			S/O

Tableau 3. 45 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dus aux « sources opérationnelles » avec les cavités salines
[150, Geostock, 2001]

Outre les pertes opérationnelles, des incidents et des accidents (majeurs), comme les débordements et les fuites, peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions sont également décrites au chapitre 4.

3.1.18. Stockage flottant

A. Description
[113, TETSP, 2001]

Les navires sont parfois utilisés pour offrir une capacité de stockage supplémentaire temporaire dans un terminal maritime. Ce mode de stockage ne comprend pas les réservoirs des navires qui chargent ou déchargent dans le terminal.

Les conduites d'alimentation et d'évacuation de l'installation de stockage flottant sont raccordées de façon permanente aux systèmes de transport du produit à terre. Les raccordements doivent être dotés de sections flexibles pour prendre en compte les vagues ou la marée. Le confinement de tout déversement ou fuite de liquide dans la mer doit être pris en considération. Ces navires sont en général d'anciens navires de commerce construits selon les réglementations de l'organisation maritime internationale en vigueur au moment où la quille du bateau a été posée. Les navires doivent rester conformes à ces réglementations s'ils se rendent à des chantiers navals pour une inspection, un entretien de la coque, etc.

B. Équipement correspondant et autres considérations

		Section
3.1.12.7 Équipement pour réservoirs	Évents	**3.1.12.7.1**
	Trappes de jaugeage et d'échantillonnage	**3.1.12.7.2**
	Puits de tranquilisation et tubes de guidage	
	Instrumentation	**3.1.12.7.3**
	Trappes d'accès	
	Dispositifs de vidange	**3.1.12.7.4**
	Malaxeurs	**3.1.12.7.5**
	Systèmes de chauffage	**3.1.12.7.6**
	Organes d'étanchéité	**3.1.12.7.7**
	Valves	**3.1.12.7.8**
		3.1.12.7.9
		3.2.2.6
3.1.12 Considérations relatives aux réservoirs		

Tableau 3. 46 : Références croisées pour le stockage flottant

C. Sources d'émissions possibles (stockage flottant)

Les tableaux 3.47 et 3.48 indiquent la cote des émissions dues aux sources d'émissions potentielles avec le stockage flottant. La figure 3.2 explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Remplissage	2	3	6
Respiration	3	2	6
Vidange	2	1	2
Nettoyage	1	2	2
Étouffement	3	2	6
Jaugeage manuel	2	1	2
Échantillonnage	2	1	2
Fugaces	3	1	3
Drainage	2	1	2

Tableau 3. 47 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec le stockage flottant
[113, TETSP, 2001]

Source potentielle d'émissions liquides dans l'eau ou de déchets	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Drainage	2	0	0

Nettoyage	1	3	3
Échantillonnage	2	0	0

Tableau 3. 48 : Émissions liquides dans l'eau ou de déchets potentiels dus aux « sources opérationnelles » avec le stockage flottant **[113, TETSP, 2001]**

Outre les pertes opérationnelles, des incidents et des accidents (majeurs), comme les débordements et les fuites, peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions sont également décrites au chapitre 4.

3.2. Transport et manipulation des liquides et des gaz liquéfiés

On appelle systèmes de transport les canalisations, y compris toutes les soupapes et accessoires, raccordées au réservoir de stockage, ainsi que le tuyau flexible ou un bras de chargement pour le raccordement aux camions-citernes, aux wagons-citernes et aux navires. On appelle techniques de manipulation, les moyens utilisés pour déplacer le produit (des pompes, par exemple) dans les canalisations vers et depuis les réservoirs de stockage.

Les modes de transport, techniques de manipulation et problèmes associés suivants sont pris en considération :

Modes de transport	**Numéro de section**
Réseaux de canalisations de transport aériennes fermées	**3.2.1.1**
Réseaux de canalisations de transport aériennes ouvertes	**3.2.1.2**
Réseaux de canalisations de transport enterrés	**3.2.1.3**
Chargement et déchargement des dispositifs de transport	**3.2.1.4**
Techniques de manipulation	**Numéro de section**
Écoulement par gravité	**3.2.2.1**
Pompes	**3.2.2.2**
Compresseurs	**3.2.2.3**
Gaz inertes	**3.2.2.4**
Brides et joints	**3.2.2.5**
Robinets et raccords	**3.2.2.6**
Considérations relatives au transport et à la manipulation	**3.2.3**
Équipement et accessoires	**3.2.4**
Transport et manipulation des matières conditionnées	**3.2.5**

Tableau 3. 49 : Références croisées relatives aux modes de transport et de manipulation pour les liquides et les gaz liquéfiés

L'organigramme de la figure 3.26 identifie les émissions et les résidus gazeux et liquides potentiels résultant du transport et de la manipulation de matières liquides et de gaz liquéfiés. Le cas de base de tout mode de transport et de manipulation décrit suppose qu'aucune mesure de limitation des émissions n'est installée. Pour chaque opération de transport sont énumérés les activités opérationnelles correspondantes, ainsi que les événements/incidents susceptibles de donner lieu à des émissions. La description des émissions potentielles dues aux activités de transport et de manipulation s'effectue sur cette base.

COURANT GAZEUX VERS : **AIR**
SYSTÈMES DE RÉCUPÉRATION DE LA VAPEUR
SYSTÈMES DE TRAITEMENT DE LA VAPEUR

Réservoirs de stockage
Activités opérationnelles : Remplissage
- Vidange/drainage
- Nettoyage
- Purge/étouffement
- Jaugeage manuel
- Échantillonnage (ouvert, semi-fermé)
- Respiration/arrêt
- Émissions fugaces

Incidents : Débordement
- Fuite

Transport
Activités opérationnelles : Remplissage
- Drainage
- Nettoyage
- Raclage
- Purge
- Échantillonnage (ouvert, semi-fermé)

Raccordement/déconnexion
Ouverture
Émissions fugaces
Incidents : Fuite

STOCKAGE EN RÉSERVOIRS **TRANSPORT** **TIERS**
RÉSERVOIRS
(DÉ)CHARGEMENT
Bateaux **Barges**
Fûts **Wagons porte-rails**
Isoconteneur **Camions**

Réservoirs de stockage
Activités opérationnelles : Drainage
Nettoyage
Échantillonnage (ouvert, semi-fermé)
Incidents : Débordement
Fuite

Transport
Activités opérationnelles : Nettoyage
Raclage
Échantillonnage (ouvert, semi-fermé)
Raccordement/déconnexion
Ouverture
Libération de pression
Émissions fugaces
Incidents : Débordement
Fuite

COURANTS LIQUIDES VERS : **SYSTÈMES DE RÉCUPÉRATION OUVERTS ET FERMÉS, ÉPURATION DES EAUX USÉES, SOL ET EAUX DE SURFACE, RÉSIDUS**

Figure 3. 26 : Organigramme des émissions potentielles résultant des opérations de transport et de manipulation

Frequency of emission	Fréquence des émissions
Volume of emission	Volume des émissions

Toutes les valeurs supérieures ou égales à 3 sont prises en compte
Fréquence :
3 = fréquent (au moins tous les jours)
1 = rare (plusieurs fois par décennie)

Volume :
3 = (relativement) important
1 = réduit
0 = nul/négligeable

Les cotes fournies n'ont qu'une valeur relative et ne doivent pas être isolées du mode de stockage correspondant. Autrement dit, une cote de 3 pour une source d'émission potentielle d'un système de transport et de manipulation ne peut être comparée à une cote de 3 pour une source d'un autre mode de transport et de manipulation.

Figure 3. 27 : Matrice des risques pour les émissions dues au transport et à la manipulation des liquides et des gaz liquéfiés

Remarques :

1. **Le terme S/O (sans objet) indique qu'une source d'émission donnée n'est pas prise en considération (sans objet ou non pertinente, etc.) en raison de la nature spécifique du mode de transport et de manipulation décrit.**
2. **Les émissions dues aux « sources opérationnelles « et celles dues aux « incidents » sont décrites séparément être clairement différentiées.**

Pour calculer les cotes des émissions (dues à des « sources opérationnelles »), multipliez la fréquence des émissions par le volume des émissions. Cette méthode est souvent utilisée dans les approches d'évaluation des risques comme l'inspection basée sur le risque (décrite dans la suite du présent BREF). Toutes les cotes supérieures à 3 sont prises en considération : par exemple, toutes les sources d'émissions associées à des fréquences « élevées » (cote = 3), à des volumes « importants » (cote = 3) et à des rapports fréquence/volume « moyen/moyen » (cote de 2 pour la fréquence et le volume).

Les sources d'émissions potentielles dues aux opérations de transport et de manipulation des liquides et des gaz liquéfiés sont sélectionnées en vue d'analyses complémentaires à l'aide d'une matrice de risque, comme décrit à la figure 3.27.

3.2.1. Transport de produit

3.2.1.1. Réseaux de canalisations de transport aériennes fermées

[113, TETSP, 2001]

A. Description

Les réseaux de canalisations de transport aériennes fermées sont normalement conçus pour transporter des liquides, des gaz cryogéniques (liquéfiés), des gaz sous pression (sous forme liquide) ou des vapeurs. La conception varie selon le service prévu et les produits à transporter. Les réseaux de canalisations aériennes constituent le système de manipulation le plus courant dans les installations de stockage.

Généralement, les réseaux de canalisations de transport destinés aux applications de stockage sont conçus pour des pressions de service faibles à modérées, sauf circonstances particulières contraires déterminées.

La conception, la construction, le fonctionnement et la maintenance des canalisations sont généralement conformes aux normes et directives légales et internationales (par ex., ASME, API, DIN, NEN, etc.).

Les réseaux de canalisations sont généralement constitués de conduites, de robinets (à bille, à vanne, à aiguille, à papillon, etc.) et d'accessoires
(par ex., raccords d'instrumentation) et de stations de pompage. Les émissions ne sont généralement dues qu'à des fuites dans les dispositifs d'étanchéité et/ou aux opérations de nettoyage/purge.

B. Équipement de transport correspondant : voir section 3.2.4.

C. Sources d'émissions possibles (réseau de canalisations de transport aériennes fermées)

Les tableaux 3.50 et 3.51 indiquent la cote des sources d'émissions potentielles avec un réseau de canalisations de transport aériennes fermées. La figure 3.27 explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Remplissage	2	2	4
Nettoyage	1	2	2
Raclage	2	1	2
Purge	1	2	2
Échantillonnage	2	1	2
Raccordement/Déconnexion	2	1	2
Ouverture	1	2	2
Fugaces	3	1	3
Vidange/drainage	2	1	2

Tableau 3. 50 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les réseaux de canalisations de transport aériennes fermées
[113, TETSP, 2001]

Source potentielle d'émissions liquides	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Drainage	2	1	2
Nettoyage	1	2	2
Échantillonnage	2	1	2
Raclage	2	1	2
Raccordement/déconnexion	2	1	2
Détente de pression	2	1	2
Ouverture	2	1	2

Tableau 3. 51 : Émissions liquides potentielles dans le sol/eau souterraine dues aux « sources opérationnelles » avec les réseaux de canalisations de transport aériennes fermées
[113, TETSP, 2001]

Outre les pertes opérationnelles, des incidents et des accidents (majeurs), comme les débordements et les fuites, peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions sont également décrites au chapitre 4.

3.2.1.2. Réseaux de canalisations de transport aériennes ouvertes

A. Description
[113, TETSP, 2001]

Les réseaux de canalisations de transport aériennes ouvertes sont des systèmes (atmosphériques) conçus pour récupérer l'eau (de pluie) ou un déversement, pour les empêcher de polluer le sous-sol ou l'eau de surface. Les réseaux ouverts ne peuvent être utilisés qu'avec des produits non dangereux faiblement volatiles. Ils sont utilisés, par exemple, pour récupérer les eaux de ruissellement contaminées des installations avec mur de protection. Parmi les exemples courants, on peut citer :

- les gouttières
- les drains à ciel ouvert
- les bacs d'égouttement autour des pompes

Les réseaux permettent généralement le drainage par gravité vers une fosse de récupération centrale à partir de laquelle les liquides sont pompés dans un réseau de canalisations enterrées ou aériennes ou dans une cuve mobile.

B. Équipement de transport correspondant : sans objet.

C. Sources d'émissions possibles (canalisations ouvertes)

Les tableaux 3.52 et 3.53 indiquent la cote des sources d'émissions potentielles avec un réseau de canalisations de transport aériennes ouvertes. La figure 3.27 explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Remplissage	2	3	6
Nettoyage	2	2	4
Raclage			S/O
Purge			S/O
Échantillonnage			S/O
Raccordement/Déconnexion			S/O
Ouverture			S/O
Fugaces			S/O
Vidange/drainage			S/O

Tableau 3. 52 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les réseaux de canalisations de transport aériennes ouvertes
[113, TETSP, 2001]

Source potentielle d'émissions liquides	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Drainage	2	1	2
Nettoyage	2	2	4
Échantillonnage	2	1	2
Raclage			S/O
Raccordement/déconnexion			S/O
Détente de pression			S/O
Ouverture			S/O

Tableau 3. 53 : Émissions liquides potentielles dans le sol/eau souterraine dues aux « sources opérationnelles » avec les réseaux de canalisations de transport aériennes ouvertes
[113, TETSP, 2001]

Outre les pertes opérationnelles, des incidents, comme les débordements et les fuites, peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions sont également décrites au chapitre 4.

3.2.1.3. Réseaux de canalisations de transport enterrées

A. Description
[113, TETSP, 2001, 156, ECSA, 2000]

Les réseaux de canalisations enterrées sont généralement conçus pour transporter des liquides, des gaz cryogéniques (liquéfiés, des gaz sous pression (sous forme liquide) ou des vapeurs dans le sous-sol (croisements de routes ou longues sections par l'intermédiaire de réseaux de canalisations dédiés). La conception varie selon le service prévu et les produits à transporter ; les réseaux de canalisations enterrées sont, par exemple, peu utilisés pour le transport de solvants à base de chlorure ou sont sinon dotés de tuyauteries à double enveloppe avec système d'alarme en cas de fuite pour l'espace extérieur.

Généralement, les réseaux de canalisations de transport destinés aux applications de stockage sont conçus pour des pressions de service faibles à modérées, sauf circonstances particulières contraires déterminées. La conception, la construction, le fonctionnement et la maintenance des canalisations sont généralement conformes aux normes et directives légales et internationales (par ex., ASME, API, DIN, NEN, etc.).

Les réseaux de canalisations comprennent généralement une conduite entièrement soudée dotée d'un nombre limité de robinets et de raccords (par ex., raccords d'instrumentation). Des stations de pompage aériennes sont généralement prévues. Les émissions peuvent être dues à une fuite dans les dispositifs d'étanchéité et/ou aux opérations de nettoyage/purge.

Les canalisations enterrées peuvent être touchées par une corrosion externe due à un terrain salé et à la formation de cellules de corrosion dans le sol avoisinant ou provenant de courants électriques parasites.

B. Équipement de transport correspondant : voir section 3.2.4.

C. Sources d'émissions possibles (réseau de canalisations enterré)

Les tableaux 3.54 et 3.55 indiquent la cote des sources d'émissions potentielles avec un réseau de canalisations de transport enterrées fermées. La figure 3.27 explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Remplissage	2	2	4
Nettoyage	1	2	2
Raclage	2	1	2
Purge	1	2	2
Échantillonnage	2	1	2
Raccordement/Déconnexion	2	1	2
Ouverture	1	2	2
Fugaces	3	1	3
Vidange/drainage	2	1	2

Tableau 3. 54 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les réseaux de canalisations enterrées fermées **[113, TETSP, 2001]**

Source potentielle d'émissions liquides	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Drainage	2	1	2
Nettoyage	1	2	2
Échantillonnage	2	1	2
Raclage	2	1	2
Raccordement/déconnexion			S/O
Détente de pression	2	1	2
Ouverture	1	1	1

Tableau 3. 55 : Émissions liquides potentielles dans le sol/eau souterraine provenant de « sources opérationnelles » avec les réseaux de canalisations de transport enterrées fermées
[113, TETSP, 2001]

Outre les pertes opérationnelles, des incidents, comme les débordements et les fuites, peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions sont également décrites au chapitre 4.

3.2.1.4. Chargement et déchargement des dispositifs de transport

A. Description
[156, ECSA, 2000] [157, VDI, 2001] [184, TETSP, 2004]

Les camions-citernes, les wagons-citernes et les navires sont raccordés au point de chargement/déchargement par un tuyau flexible ou un bras de chargement. On ne peut pas utiliser de canalisations rigides.

Les tuyaux flexibles sont généralement renforcés avec des spirales en acier ou une maille d'acier. Le matériau du tuyau et le type de construction du tuyau doivent être adaptés au produit à manipuler.

Les bras de chargement de produit sont dotés de joints à rotule pour permettre au raccord de bouger avec le dispositif de transport. Le joint à rotule est doté d'un dispositif d'étanchéité pour éviter les fuites. Le matériau du bras de chargement, et en particulier celui du dispositif d'étanchéité, doit être adapté au produit manipulé.

Lorsque la récupération des vapeurs depuis le dispositif de transport est nécessaire pendant le chargement du liquide, les vapeurs déplacées peuvent être récupérées par une canalisation installée sur le dispositif de transport ou par des bras de chargement modifiés. La méthode de récupération varie selon qu'il s'agit d'un chargement par le haut depuis une trappe ouverte ou d'un chargement par une canalisation fixe sur la citerne. Pendant le chargement par le haut, les vapeurs peuvent être récupérées grâce à des bras de chargement spéciaux qui se scellent contre la trappe de chargement et comprennent une canalisation de récupération de la vapeur. Les citernes doivent être dotées de soupapes de respiration de la vapeur dans chaque réservoir de produit (ou compartiment) raccordé par la canalisation de récupération de la vapeur sur la citerne à un raccord de vapeur, situé à la hauteur de service sur les camions-citernes et les wagons-citernes. Ce raccord de vapeur peut être raccordé à un tuyau flexible ou à un bras au niveau de l'installation de chargement, similaire à celui utilisé pour le chargement du produit.

Certains navires, en particulier les chimiquiers, sont dotés de réseaux de canalisations de récupération de la vapeur avec points de raccord pour permettre le couplage à des installations à terre, lorsque les caractéristiques du produit manipulé l'exigent. En revanche, les transporteurs de produits pétroliers plus génériques dans les eaux de l'UE ne sont pas dotés de système de récupération de la vapeur (rapport AEAT, Rudd and Hill, « Mesures de réduction des émissions de COV pendant le chargement et le déchargement des navires dans l'UE », Août 2001).

La figure 3.28 présente un exemple de système de déchargement en vrac.

Consumer	Consommateur
Air or nitrogen dry	Air ou azote sec
Absorber	Absorbeur
Incinerator	incinérateur
To shut off pump and bottom valve	Pour couper la pompe et la soupape de fond
Metal or reinforced laminated resin	Métal ou résine feuilletée renforcée
Bottom	Fond
Jacketed pipe	Tuyau à double enveloppe
Drip pans connected to sump	Bacs d'égouttement raccordés à une cuvette d'assèchement
Concrete	Béton
Single or double depending on local requirements	Simple ou double selon les normes locales
Waste water	Eaux usées
Stripper	Épuiseur

Figure 3. 28 : Exemple de système de déchargement et de stockage en vrac pour les solvants à base de chlorure
[156, ECSA, 2000]

B. Équipement de transport correspondant : sans objet.

C. Sources d'émissions possibles (tuyau flexible ou bras de chargement)

Les tableaux 3.56 et 3.57 indiquent la cote des sources d'émissions potentielles avec les tuyaux et conduites de déchargement. La figure 3.27 explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Remplissage	2	2	4
Nettoyage	1	2	2
Raclage	2	1	2
Purge	1	2	2
Échantillonnage	2	1	2
Raccordement/Déconnexion	3	2	6
Ouverture	1	2	2
Fugaces	3	1	3
Vidange/drainage	2	1	2

Tableau 3. 56 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec les tuyaux flexibles ou les bras de chargement
Source : EIPPCB

Source potentielle d'émissions liquides	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Drainage	2	1	2
Nettoyage	1	2	2
Échantillonnage	2	1	2
Raclage	2	1	2
Raccordement/déconnexion	3	1	3
Détente de pression	2	1	2
Ouverture	2	1	2

Tableau 3. 57 : Émissions liquides potentielles dans le sol/eau souterraine dues aux « sources opérationnelles » avec les tuyaux flexibles ou les bras de chargement
Source : EIPPCB

Outre les pertes opérationnelles, des incidents, comme les débordements et les fuites, peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions sont également décrites au chapitre 4.

3.2.2. Manipulation de produit

[113, TETSP, 2001]

Les différentes méthodes de manipulation ou de déplacement de produit se différencient selon l'instrumentation utilisée :

- gravité
- pompes
- compresseurs
- gaz inertes

Ces différentes méthodes sont décrites aux sections 3.2.2.1 à 3.2.2.4.
Le autres types d'équipement utilisés lors de la manipulation de produit sont :

- les brides et les joints
- les robinets et les raccords
- les dispositifs d'étanchéité
- les évents, drains et points d'échantillonnage
- l'instrumentation
- les détenteurs

Les éléments sont décrits aux sections 3.2.2.5 et 3.2.2.6, ainsi qu'à la section 3.2.4.

Les aspects d'économie, de conception et de construction, de mise en service et de déclassement sont abordés à la section 3.2.3.

3.2.2.1. Écoulement par gravité

A. Description

L'écoulement par gravité n'est possible que dans des conditions atmosphériques ou entre des cuves sous pression possédant un espace pour la vapeur commun ou lors de l'exploitation à la pression de vapeur saturée du liquide stocké.

B. Équipement de transport correspondant : voir section 3.2.4.

C. Sources d'émissions possibles (méthodes de déplacement)

Les tableaux 3.58 et 3.59 indiquent la cotes des sources d'émissions potentielles avec la manipulation de produit en général. La figure 3.27 explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Remplissage	2	0	0
Nettoyage	1	0	0
Raclage			S/O
Purge			S/O
Échantillonnage			S/O
Raccordement/Déconnexion			S/O
Ouverture	1	1	1
Fugaces	3	1	3
Vidange/drainage	2	0	0

Tableau 3. 58 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec la manipulation de produit
[113, TETSP, 2001]

Source potentielle d'émissions liquides	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Drainage	2	1	2
Nettoyage	1	1	1
Échantillonnage			S/O
Raclage			S/O
Raccordement/déconnexion			S/O
Détente de pression			S/O
Ouverture	1	1	1

Tableau 3. 59 : Émissions liquides potentielles dans le sol/eau souterraine dues aux « sources opérationnelles » avec la manipulation de produit
[113, TETSP, 2001]

Outre les pertes opérationnelles, des incidents et des accidents (majeurs), peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions ne sont pas décrites au chapitre 4 en raison de l'absence d'informations communiquées.

3.2.2.2. Pompes

A. Description
[157, VDI, 2001] [156, ECSA, 2000]

Les pompes sont utilisées de déplacer tout type de produit dans des conditions atmosphériques, sous pression ou cryogéniques. On utilise généralement deux types de pompes : les pompes volumétriques ou les pompes centrifuges.

Le groupe des pompes volumétriques comprend les pompes volumétriques alternatives (à piston ou à membrane) et les pompes rotatives à engrenages. Ces pompes sont généralement utilisées comme pompes doseuses pour des débits faibles mais précis.

Les pompes sont généralement dotés de joints (voir section 3.2.4.1). Les pompes centrifuges et pompes volumétriques rotatives ne nécessitant pas de joint sont les suivantes :

- pompe centrifuge avec transmission magnétique
- pompe centrifuge scellée
- membrane
- péristaltique

La manipulation des produits huileux nécessite souvent l'utilisation de pompes centrifuges, bien que dans des cas particuliers, des pompes volumétriques soient utilisables. Les pompes centrifuges avec transmission magnétique sont souvent utilisées pour la manipulation des solvants à base de chlorure.

B. Équipement de transport correspondant : voir section 3.2.4.

C. Sources d'émissions possibles (manipulation de produit)

Les tableaux 3.58 et 3.59 indiquent la cote des émissions dues aux sources d'émissions potentielles avec la manipulation de produit en général. La figure 3.27 explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Outre les pertes opérationnelles, des incidents et des accidents (majeurs), peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions sont également décrites au chapitre 4.

3.2.2.3. Compresseurs

A. Description
[156, ECSA, 2000]

Les compresseurs ont de nombreuses caractéristiques communes avec les pompes et sont utilisés pour le déplacement de gaz ou de produits cryogéniques. Cette section décrit deux types de compresseur rotodynamique. Le premier groupe comprend des compresseurs volumétriques à vitesse réduite, fonctionnant généralement à des vitesses synchrones comprises entre 50/60 tours/minute. Ils sont utilisés pour différents types de gaz, mais généralement dans de petites installations cryogéniques. Pour certains gaz de transformation, on applique la même technologie. Les paliers se trouvent à l'une des extrémités de l'arbre et sont montés à l'intérieur du dispositif d'étanchéité. Les pertes dues aux fuites sont généralement dues à la pénétration de l'arbre rotatif dans le coffrage.

Le second groupe fonctionne généralement à des vitesses bien supérieures pour atteindre leur performance optimale : il s'agit des compresseurs centrifuges qui sont souvent utilisés pour les gaz de COV. Les paliers se trouvent à l'une des extrémités de l'arbre et sont montés à l'extérieur du dispositif d'étanchéité. Les pertes dues aux fuites sont généralement produites par la pénétration de l'arbre rotatif dans le coffrage aux extrémités motrice et non motrice.

B. Équipement de transport correspondant : voir section 3.2.4 ; les technologies d'étanchéité utilisées sont décrites à la section 3.2.4.1.

C. Sources d'émissions possibles (manipulation de produit)

Les tableaux 3.58 et 3.59 indiquent la cote des émissions dues aux sources d'émissions potentielles avec la manipulation de produit en général. La figure 3.27 explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Outre les pertes opérationnelles, des incidents et des accidents (majeurs), peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions sont également décrites au chapitre 4.

3.2.2.4. Gaz inertes

A. Description

Les gaz inertes peuvent être utilisés pour déplacer un produit soit pour des raisons de qualité, soit pour des raisons de sécurité. Ce système n'est généralement utilisé que pour de petits volumes de produit.

B. Équipement de transport correspondant : sans objet.

C. Sources d'émissions possibles (manipulation de produit)

Les tableaux 3.58 et 3.59 indiquent la cote des émissions dues aux sources d'émissions potentielles avec la manipulation de produit en général. La figure 3.27 explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Outre les pertes opérationnelles, des incidents et des accidents (majeurs), peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions sont également décrites au chapitre 4.

3.2.2.5. Brides et joints

A. Description
[156, ECSA, 2000]

Un joint sert à créer et à maintenir une étanchéité statique entre deux brides fixes, qui peuvent raccorder une série d'assemblages mécaniques dans une unité, notamment la zone de stockage. Ces joints statiques servent à créer une barrière physique complète au liquide stocké et à bloquer ainsi tout cheminement d'une fuite. Pour ce faire, le joint doit pouvoir s'écouler dans toute irrégularité (et la combler) présente sur les surfaces d'ajustement à sceller, tout en étant suffisamment élastique pour résister à l'extrusion et au glissement fonctionnel dans les conditions d'exploitation.

Le joint est affecté par l'action d'une force à sa surface, qui le comprime, provoquant son écoulement dans toute imperfection de la bride. La combinaison de la pression de contact entre le joint et les brides et la densification du matériau de joint empêche l'échappement du fluide contenu depuis l'assemblage. Les joints sont donc essentiels au bon fonctionnement d'une large gamme d'équipements industriels et doivent donc être considérés comme un élément de conception à part entière de l'ensemble de l'unité.

D'un point de vue historique, les matériaux en fibres d'amiante comprimées (CAF) ont été le matériau de référence des joints tendres. Faciles à utiliser et très tolérants aux épreuves, ces matériaux étaient considérés comme « peu rancuniers ». Ce matériau a ainsi été utilisé pour l'étanchéité dans la plupart des applications courantes avec une grande efficacité. Les fabricants, comme les utilisateurs, ont acquis au fil des années une grande expérience de ces matériaux.

Ces dernières années, avec l'interdiction de l'utilisation des fibres d'amiante, une nouvelle génération de substituts dépourvus d'amiante ont été mis au point par l'industrie de l'étanchéité. Ces substituts sont plus performants, mais plus spécialisés que les matériaux d'amiante. De même, la manipulation de ces nouveaux

matériaux est généralement plus délicate. Globalement, ces nouveaux matériaux peuvent surpasser leurs prédécesseurs en amiante, mais sont généralement moins tolérants ; les utilisateurs doivent choisir avec plus de précaution le bon matériau adapté au travail et à l'assemblage du dispositif d'étanchéité.

D'autres styles de joint ont ensuite été mis au point, en particulier pour des utilisations plus exigeantes, et notamment les joints métalliques ou semi-métalliques.

Les brides individuelles ne sont pas associées à des fuites très importantes mais comme de nombreuses brides sont utilisées lors du transport et de la manipulation, elles peuvent contribuer de façon non négligeable aux pertes globales dues aux fuites.

B. Équipement de transport correspondant : sans objet.

C. Sources d'émissions possibles (manipulation de produit)

Les tableaux 3.58 et 3.59 indiquent la cote des émissions dues aux sources d'émissions potentielles avec la manipulation de produit en général. La figure 3.27 explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Outre les pertes opérationnelles, des incidents et des accidents (majeurs), peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions sont également décrites au chapitre 4.

3.2.2.6. Robinets et raccords

A. Description
[149, ESA, 2004] [18, UBA, 1999]

Les pertes dues aux fuites sont généralement plus élevées avec un équipement dynamique qu'avec un équipement statique et avec un équipement plus ancien. Les robinets représentent entre 50 et 60 % des émissions fugaces dans l'industrie chimique et pétrochimique. En outre, la plus grande partie des émissions fugaces provient d'une fraction limitée de sources (par ex., moins de 1 % des robinets dans des applications de gaz/vapeur peuvent représenter plus de 70 % des émissions fugaces dans une raffinerie).

Certains robinets ont plus de risque de fuir que d'autres ; les robinets dotés d'une tige montante (soupapes à tiroir, soupapes globulaires) sont plus susceptibles de fuir que les soupapes à commande quart de tour, comme les soupapes à bille et les robinets à tournant conique. Les robinets souvent utilisés, comme les vannes de régulation, risquent de s'user rapidement et de permettre le développement de voies d'émissions. Les nouvelles vannes de régulation à faible fuite permettent de mieux contrôler les émissions fugaces.

On distingue les différents types de robinets suivants :

- vannes de régulation
- soupapes à aiguille
- soupapes globulaires
- soupapes à tiroir
- robinets à tournant conique
- soupapes à bille
- robinets à papillon
- clapets de décharge
- clapets anti-retour

Les robinets les plus souvent utilisés dans un réseau de canalisations sont les soupapes à bille, les soupapes à tiroir ou les robinets à papillon. D'autres types de robinets (par ex., les vannes de régulation, les soupapes à aiguille) peuvent être utilisés dans des cas précis. Les robinets peuvent être boulonnés ou, pour les tailles plus petites, filetés ou soudés dans le réseau de canalisations.

À l'exception des robinets en fonte et en plastique, chaque robinet répond aux critères minimaux de la norme API 6D ou équivalente. Un robinet ne doit pas être utilisés dans des conditions d'exploitation qui dépassent les valeurs de pression-température nominales applicables indiquées dans ces normes ; une pression de service maximale doit être définie pour les températures supérieures ou égales à la température de service maximale pour éviter tout dysfonctionnement.

À l'exception du clapet de décharge et de la vanne de régulation, tous les robinets sont activés par une tige de manœuvre. Cette tige doit être dotée d'un joint pour isoler de l'atmosphère le produit à l'intérieur du robinet. Comme la vanne de régulation n'a pas de tige, elle n'est pas considérée comme une source d'émissions fugaces.

En raison d'ouvertures et de fermetures fréquentes, les vannes de régulation sont plus sujettes aux fuites que les robinets de sectionnement. Le remplacement des vannes de commande à tige montante par des vannes de régulation mobiles permet de réduire les émissions fugaces. Il n'est pas toujours possible d'interchanger ces deux types de vannes. Au stade de la conception, l'utilisation de pompes à vitesse variable peut être une alternative aux vannes de régulation.

Les fuites au niveau des tiges de vanne peuvent être dues à l'utilisation d'un matériau de garniture d'étanchéité de mauvaise qualité, d'un mauvais usinage de la tige ou du carter d'admission, d'un montage incorrect de la vanne, du vieillissement de la garniture d'étanchéité, de la compression inadéquate de la garniture d'étanchéité, de la corrosion, de l'abrasion de la garniture d'étanchéité par les salissures, etc. Les soupapes à soufflet n'ont pas d'émissions au niveau de la tige car ce type de dispositif d'étanchéité comprend un soufflet métallique qui forme une barrière entre le disque et le corps de la soupape.

Les vannes à garnissage de haute qualité ont de très faibles émissions fugaces. Pour ce faire, ces vannes utilisent des systèmes améliorés de garniture d'étanchéité, sont conçues selon les tolérances les plus strictes et sont minutieusement assemblées.

En général, les robinets (raccords) sont d'accès et d'utilisation faciles et adaptés à l'objectif technique pour les matières premières, la production, les dimensions, la surveillance et la preuve de qualité. Le boîtier des robinets comprend des métaux bruts durs. Les robinets placés en dessous du niveau des liquides peuvent, dans des cas particuliers, être à « sécurité feu » pour retarder la panne en cas d'incendie.

B. Équipement de transport correspondant : sans objet.

C. Sources d'émissions possibles (manipulation de produit)

Les tableaux 3.58 et 3.59 indiquent la cote des émissions dues aux sources d'émissions potentielles avec la manipulation de produit en général. La figure 3.27 explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Outre les petites pertes opérationnelles, des incidents et des accidents (majeurs), peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions sont décrites au chapitre 4.

3.2.3. Considérations relatives aux systèmes de transport et de manipulation

3.2.3.1. Aspects économiques

[113, TETSP, 2001]

Les coûts de conception, de construction et d'exploitation des techniques de transport et de manipulation dépendent en grande partie du type de système (par ex., réseaux de canalisations de transport aériennes ou enterrées, fermées ou ouvertes), de sa taille, des caractéristiques de conception (par ex., fondations dans le sol, revêtements externes, type de mesures de sécurité et de protection de l'environnement, etc.), des exigences liées au produit à transporter ou à manipuler (par ex., acier inoxydable ou acier doux, type de joints, etc.), des conditions d'exploitation, des opérations d'inspection et de maintenance nécessaires et de la durée de vie technique prévue qui en découle.

Il est donc recommandé de déterminer le coût total de possession (CTP) d'un système de transport ou de manipulation en prenant en considération les éléments décrits à la section 3.1.12.1.

3.2.3.2. Conception et construction

Le présent document n'a pas vocation à donner un résumé complet des exigences en matière de conception et de construction ; néanmoins, certains des principaux aspects et considérations seront décrits ci-après.

Avantages d'une conception rationnelle
La plupart des mesures techniques permettant de réduire ou d'éliminer les conséquences de toute situation « anormale » sont prises au stade de la conception lorsque sont évalués les risques résultant d'une perte de confinement et que des mesures techniques de sécurité sont définies en conséquence. Toutes les connaissances industrielles sur la substance sont utilisées au cours de cette phase pour choisir les options techniques de transport et de manipulation les mieux adaptées à partir d'une analyse des risques ou du rapport coût/bénéfice. La définition et la mise en œuvre de mesures de sécurité au cours de la phase de conception est sans nul doute l'option la plus performante et la moins onéreuse. L'efficacité des mesures de sécurité ne doit pas diminuer avec le temps. Des vérifications régulières du fonctionnement des dispositifs de sécurité, notamment des clapets de décharge, des dispositifs de verrouillage, des valves marche/arrêt, etc., doivent donc être réalisées. L'organisation du système de gestion doit permettre la prise en charge rationnelle de ces vérifications.

En général, la conception évalue d'abord le niveau des mesures opérationnelles appropriées à prendre par les exploitants. L'efficacité de ces mesures doit être maintenue dans la durée. Pour ce faire, un système de gestion qui, par exemple, prévoit la formation régulières des exploitants, la mise à jour des notices d'utilisation, etc., doit être mis en place. L'inspection environnementale peut être envisagée à ce stade. Le système de gestion joue également un rôle essentiel dans la détermination des sources d'émission en garantissant que ces émissions resteront dans les limites autorisées et en informant l'exploitant lorsque les performances ne sont plus acceptables.

L'inspection mécanique est essentielle à la prévention des incidents. La définition d'un plan d'inspection commence pendant la phase de conception avec la sélection des composants de l'installation à partir : de l'expérience relative à la substance, de l'expérience relative au composant, de l'expérience relative au composant avec la substance, de l'expérience relative aux activités de stockage. Ces éléments doivent faire l'objet d'une vérification minutieuse.

Codes, normes et directives
Les codes/normes/directives internationaux utilisés comme références sont les suivants :

Canalisation, robinets et raccords

- ANSI/API 574 1-JUN-1998 : inspection practices for piping system components
- ASTM volume 01.01 2000 : ASTM book of standards volume 01.01: iron and steel products: steel - piping, tubing, fittings
- ASTM A961-99 10-MAR-1999: standard specification for common requirements for steel flanges, forged fittings, valves, and parts for piping applications
- ASME B31.5-1992 01-JAN-92: refrigeration piping
- ASME B31.8-1995 01-DEC-95: gas transmission distribution and piping systems
- ASME B31.3-1999 01-JAN-99: process piping
- NACE RP0190-95 1-MAR-1990: standard recommended practice – external protective coatings for joints, fittings, and valves on metallic underground or submerged pipelines and piping systems
- NFPA 54: national fuel gas code, 1999 edition
- DIN EN 1092-1 1-NOV-1994: flanges and their joints - part 1: circular flanges for pipes, valves, fittings and accessories – German only
- ISO 12092 1-OCT-2000: fittings, valves and other piping system components made of unplasticised poly(vinyl chloride) (PVC-U), chlorinated poly(vinyl chloride) (PVC-C),acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS) and acrylonitrile-styrene-acrylester (ASA) for pipes under pressure – resistance to internal pressure

- BS EN 558-1 1996: industrial valves - face-to-face and centre-to-face dimensions of metal valves for use in flanged pipe systems - part 1: PN-designated valves
- EEMUA 153/96: EEMUA supplement to ASME B31.3: date 1996 edition, process piping (& amendments N° 1, May 97 and N° 2, Mar 98)
- EEMUA 196: valve purchasers' guide to the European pressure equipment Directive – date 1999
- NEN 1091: 1994 NL: safety requirements for steel gas transport pipelines operating at design pressures greater than 1 bar and not exceeding 16 bar
- NEN 3650: 1998 EN: requirements for steel pipeline transportation systems NEN-EN 10208-1: 1997 EN: steel pipes for pipelines for combustible fluids - technical delivery conditions - part 1: pipes of requirement class A
- NEN-EN 10208-2: 1996/C1: 1997 EN: steel pipes for pipe lines for combustible fluids - technical delivery conditions - part 2: pipes of requirements class B.

Pompes

- ASME PTC8.2-1990: centrifugal pumps
- BS EN 25199 1992: technical specification for centrifugal pumps, class II
- EEMUA 164: seal-less centrifugal pumps, class 1; date 1993
- NEN-EN-ISO 5199: 1999 ONTW.: technical specifications for centrifugal pumps, class II
- API 676 amendment 1 15-JUN-1999: positive displacement pumps – rotary
- HI S112 1994: rotary pump test - ANSI/HI 3.6
- NFPA 20 1999: standard for the installation of stationary fire pumps for fire protection, 1999.

3.2.3.3. Mise en service et déclassement

[113, TETSP, 2001]

Les sections ci-après concernent en général les réseaux de canalisations fermées. Les réseaux de canalisations ouvertes ne font généralement pas l'objet d'essai de fuite, mais certaines partie de ces systèmes (par ex., les pompes et l'interface avec un réseau de canalisations fermées) sont généralement testées afin de vérifier le respect des exigences fonctionnelles et l'absence de fuites.

Avant la mise en service
Il est essentiel de tester la pression des canalisations à l'issue du travail de construction pour vérifier l'intégrité mécanique des joints soudés et assurer l'étanchéité avant la mise en service. Il s'agit d'un test d'étanchéité hydrostatique conforme au code de conception choisi. Parfois, notamment lorsqu'un test d'étanchéité hydrostatique risquerait d'endommager l'enveloppe ou l'isolation interne ou de contaminer un procédé, un test pneumatique est réalisé conformément au code de conception correspondant.

Nettoyage
Avant leur mise en service, les canalisations doivent faire l'objet d'un nettoyage interne. Le nettoyage est effectué à l'eau ou en passant des racleurs dans des tronçons de canalisation. Cette étape peut faire partie de la procédure de test. Le séchage de la canalisation peut être nécessaire selon le produit à transporter après la mise en service.

Mise en service
La mise en service comprend les opérations nécessaires au démarrage d'un réseau de canalisations au terme de sa construction. Normalement, un document de procédure de mise en service est préparé et indique toutes les opérations de la mise en service.

Lorsqu'une canalisation a subi un test hydrostatique complet au cours duquel de nombreux raccords ont été retirés ou des joints radiographiés ont été réalisés, mais n'ont pas fait l'objet d'un essai de rupture par traction, un test d'étanchéité en service de tous les raccords et accessoires doit être effectué en utilisation le test du savon pour rechercher les fuites.

3.2.4. Équipement et accessoires

[113, TETSP, 2001, 152, TETSP, 2002]

Les émissions « fugaces » constituent la principale source d'émissions potentielles dans les systèmes de transport et de manipulation. Dans le présent document, on appelle émissions fugaces les fuites de vapeur depuis les dispositifs d'étanchéité et les conditionnements et depuis les brides et les raccords qui devraient être étanches. Ces émissions dépendent de la pression à l'intérieur du système. À l'exception du stockage sous pression, la pression à l'intérieur des systèmes de transport et de manipulation est relativement faible par rapport à celle des canalisations à l'intérieur d'une unité de procédé. Les émissions fugaces dans les systèmes de transport et de manipulation des réservoirs de stockage atmosphérique sont donc nettement plus faibles que les fuites dans les équipements d'une unité de procédé.

Chaque composant d'une canalisation doit pouvoir supporter des pressions de conception et autres charges prévues afin d'éviter tout incident et/ou accident.

3.2.4.1. Organes d'étanchéité

[149, ESA, 2004], [157, VDI, 2001]

Dispositifs d'étanchéité pour pompes

Les produits transportés peuvent fuir au point de contact entre l'arbre mobile de la pompe et le boîtier fixe. Pour isoler l'intérieur de la pompe de l'atmosphère, toutes les pompes, à l'exception des pompes étanches, doivent être équipées d'un dispositif d'étanchéité au niveau du point où l'arbre pénètre dans le boîtier. Les technologies suivantes peuvent être utilisées :

- garniture d'étanchéité
- garniture d'étanchéité avec barrière encastrée
- garnitures mécaniques simples
- garnitures mécaniques simples avec garniture mécanique de confinement et récupération des fuites (garnitures mécaniques doubles sans pression)
- garnitures mécaniques doubles avec barrière fluide séparée (garnitures mécaniques doubles sous pression)
- systèmes étanches

Les dispositifs d'étanchéité les plus souvent utilisés sont les garnitures d'étanchéité et les garnitures mécaniques. Les garnitures d'étanchéité doivent être lubrifiées pour éviter la formation de chaleur de friction. Si le liquide pompé apporte cette lubrification, des émissions peuvent se produire en cas de détérioration du carter ou de la face de l'arbre. Les garnitures mécaniques peuvent être simples ou doubles ; elles nécessitent également une lubrification, mais nettement moins importante que les garnitures d'étanchéité.

Les garnitures mécaniques doubles peuvent être agencées dos à dos, en tandem ou face à face. Les deux garnitures forment une cavité fermée dans laquelle une barrière liquide est mise en circulation. Comme ce liquide entoure la garniture double et lubrifie les deux jeux de faces de celle-ci, la courbe d'évolution du taux de défaillance de la garniture double est bien meilleure que celle d'une garniture simple. Selon l'agencement de la garniture, la barrière liquide peut être à une pression plus élevée ou plus basse que le produit. Si la pression est plus élevée, il peut y avoir une fuite de la barrière liquide dans le produit pompé, autrement dit la barrière liquide doit être compatible avec le produit et l'environnement. Si la pression est plus basse que le produit, alors le produit risque de se mélanger à la barrière liquide, autrement dit toute émission provenant du réservoir de la barrière liquide peut nécessiter un contrôle, par ex., le traitement du gaz dans un système de traitement de la vapeur.

Le tableau 3.60 donne les émissions moyennes des dispositifs d'étanchéité dans les pompes en cas de fonctionnement normal lors de la manipulation d'huiles minérales.

Dispositif d'étanchéité	Émissions moyennes dans l'air pendant le fonctionnement normal	Remarques
Garniture mécanique simple améliorée	Moyenne : 1 g/h par garniture (1) Plage : 0,42 – 1,67 g/h (2)	Diamètre arbre = 50 mm P = 10 bars N = 3 000 min^{-1}
Garnitures doubles sans pression et récupération des fuites	Presque nulles (1) Inférieures à 0,01 g/h et 10 ppm (2)	
Garnitures doubles sous pression	Aucune émission (fermé techniquement) (1) Non mesurable (2) <0,5 g/jour (2)	Barrière azote
Pompes étanches	Aucune émission (fermée techniquement) (1,	

	2)	
Remarque : (1) **[157, VDI, 2001]** *(2)* **[149, ESA, 2004]**		

Tableau 3. 60 : Émissions moyennes dues aux dispositifs d'étanchéité des pompes de procédé lors de la manipulation d'huiles minérales **[157, VDI, 2001] [149, ESA, 2004]**

Dispositifs d'étanchéité pour compresseurs

Les technologies d'étanchéité utilisées dans les compresseurs à faible vitesse sont les suivantes :

- garnitures mécaniques simples
- garnitures mécaniques simples avec étanchéité de confinement sous tension
- garnitures mécaniques simples avec garniture mécanique de confinement et récupération des fuites (garnitures doubles sans pression)
- garnitures mécaniques doubles avec barrière liquide séparée (garnitures mécaniques doubles sous pression)

L'étanchéité des compresseurs volumétriques à faible vitesse est généralement obtenue par une garniture mécaniques lubrifiée à barrière huileuse et les fuites émissives sont faibles ; les configurations d'étanchéité de confinement sont utilisées dans de nombreuses applications et l'huile est séparée et recyclée.

Les compresseurs de procédé centrifuges fonctionnent généralement à plus grande vitesse. Les technologies d'étanchéité utilisées sont les suivantes :

- joints à labyrinthe
- garnitures mécaniques simples
- garnitures mécaniques simples avec garniture mécanique de confinement et récupération des fuites (garnitures doubles sans pression)
- garnitures mécaniques en tandem avec garniture mécanique de confinement et récupération des fuites (garnitures triples)
- garnitures mécaniques doubles avec barrière liquide séparée (garnitures mécaniques doubles sous pression)

L'étanchéité des compresseurs sous pression est généralement obtenue à l'aide de joints à labyrinthe (douilles de carbone fixes ou flottantes) ou de garnitures mécaniques lubrifiées à l'huile pour les compresseurs volumétriques. Les joints à labyrinthe sont associés à des fuites importantes et sont souvent remplacés par des assemblages de garnitures mécaniques, comme des garnitures simples lubrifiées au gaz avec joint de confinement extérieur. Cette méthode a permis d'améliorer la fiabilité et la gestion des fuites émissives des joints primaires vers un réseau torche ou un système de récupération.

Divers dégazages alimentés par l'extérieur sont utilisés avec les deux types de machine. Un contrôle et un entretien réguliers sont indispensables à la réduction des émissions.

3.2.4.2. Évents, drains et points d'échantillonnage

[113, TETSP, 2001]

En général, toutes les conduites sont dotées d'évents au niveau de tous les points hauts et de drains au niveau de tous les points bas. Les évents et les drains qui doivent être ouverts lorsque la conduite est en fonctionnement (par ex., pour des raccords d'échantillonnage) sont normalement équipés de vannes et apparaissent sur le schéma des canalisations et des instruments. Les évents et les drains en contact avec des pressions élevées (> 40 bars) ou des gaz de pétrole liquéfiés sont normalement dotés de dispositifs doubles isolement et purge de circuits. Le refoulement de la purge peut être amené vers un évent haut ou un système d'élimination sûr.

Tous les évents et drains temporaires sur les canalisations transportant des matières dangereuses utilisées pour des essais de pression sont retirés avant la mise en service du réseau de canalisations. Tous les bouchons mâles/femelles des dispositifs double isolement ou des vannes simples doivent être bien fermés et complètement emboués avec un soudage approprié pour éviter les fuites.

3.2.4.3. Instrumentation sur les réseaux de canalisations

L'instrumentation sur les réseaux de canalisations se limite généralement à des dispositifs de mesure de la pression et/ou de la température. L'instrumentation est installée entre des raccordements à brides ou sur un piquage de la canalisation principale.

3.2.4.4. Clapets de décharge

Les clapets de décharge, installés sur des conduites, des compresseurs ou des stations de pompage, permettent de libérer les pressions en cas d'anomalie ou d'urgence. Si une canalisation fermée contenant du liquide est chauffée, la pression dans la conduite peut dépasser la pression de service maximale autorisée dans la conduite. Les clapets et les systèmes de décharge, ainsi que les soupapes de décompression, sont normalement conçues respectivement selon les normes API 520 (1ère et 2ème partie), API 521 et API 526 (ou équivalent).

3.2.5. Transport et manipulation des matières conditionnées

A. Description
[18, UBA, 1999] [156, ECSA, 2000]

Les moyens de transport pour le chargement et le déchargement des matières dangereuses conditionnées, par exemple un gerbeur, doivent être adaptés aux caractéristiques des substances. Si, par exemple, des fûts contenant des liquides facilement inflammables sont chargés et déchargés, un dispositif de prévention de l'explosion est nécessaire.

Les gerbeurs peuvent être équipés de moteurs diesel, mais aujourd'hui, dans la plupart des installations de stockage, on utilise des véhicules électriques. Les conducteurs de gerbeur doivent être choisis avec précaution et formés afin d'écarter tout risque d'accident.

Pour distribuer des liquides, par ex., des solvants à base de chlorure, un réservoir portable sur roues ou une plate-forme de manutention est parfois utilisé. Cette unité est dotée d'une pompe intégrée, utilisée exclusivement pour le transport du solvant et d'un clapet de décharge adapté. Un bassin de retenue d'écoulement est généralement prévu.

Les petits conteneurs (d'environ 25 kg) peuvent être facilement vidés à la main. Le soutirage du contenu de fûts de 200 litres peut s'effectuer par gravité ou avec une pompe. En aucun cas un fût ne peut être vidé en utilisant la pression atmosphérique en raison du risque d'éclatement. Pour éviter la contamination du sol, le fût à vider peuvent être placés dans un bassin de collecte, comme une grille métallique sur un égouttoir métallique ou un bassin de collecte en béton de résine préfabriqué.

B. Équipement de transport et de manipulation correspondant : sans objet.

C. Sources d'émissions possibles (transport et manipulation des matières conditionnées)

Les tableaux 3.61 et 3.62 indiquent la cote des émissions dues aux sources d'émissions potentielles avec le transport et la manipulation des matières conditionnées. La figure 3.27 explique la méthode de calcul des cotes d'émissions. Les sources d'émissions dont la cote est supérieure ou égale à 3 sont décrites en détail dans le chapitre 4.

N'oubliez pas que les cotes n'ont qu'une valeur relative et qu'elles ne doivent pas être séparées du mode de stockage correspondant.

Source potentielle d'émissions dans l'air	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Remplissage			S/O
Nettoyage			S/O
Raclage			S/O
Purge			S/O
Échantillonnage			S/O
Raccordement/Déconnexion	1	1	1

Ouverture	1	1	1
Fugaces	1	1	1
Vidange/drainage	1	1	1

Tableau 3. 61 : Émissions potentielles dans l'air dues aux « sources opérationnelles » avec le transport et la manipulation de matières conditionnées
[113, TETSP, 2001]

Source potentielle d'émissions liquides	Fréquence des émissions	Volume des émissions	Cote des émissions
Drainage			S/O
Nettoyage			S/O
Échantillonnage			S/O
Raclage			S/O
Raccordement/déconnexion	2	1	2
Détente de pression			S/O
Ouverture	1	1	1
Vidange	2	1	2

Tableau 3. 62 : Émissions liquides potentielles dans le sol/eau souterraine provenant de « sources opérationnelles » avec le transport et la manipulation des matières conditionnées
[113, TETSP, 2001]

Outre les pertes opérationnelles limitées, des incidents et des accidents (majeurs), peuvent donner lieu à des émissions plus rares. Ces émissions sont décrites au chapitre.

3.3. Stockage des solides

Les différents modes de stockage des solides sont décrits aux sections indiquées dans le tableau 3.63.

Type de mode de stockage	Sections
Stockage à ciel ouvert	Section 3.3.1
Stockage en sacs et en ballots	Section 3.3.2
Silos et trémies	Section 3.3.3
Matières solides dangereuses conditionnées	Section 3.3.4

Tableau 3. 63 : Modes de stockage pour les solides et référence aux sections

3.3.1. Stockage à ciel ouvert

[17, UBA, 2001] [116, Associazione Italiana Commercio Chimico, 2001] [24, IFA/EFMA, 1992]

Le stockage extérieur en tas ou dans des locaux est utilisé pour de grandes quantités de matières en vrac. Il permet :

- d'avoir un stock de sécurité entre le site d'extraction et l'usine de traitement
- de constituer un tampon entre différentes opérations, qui s'effectuent à des moments différents ou avec des quantités différentes de matières
- de mélanger différentes matières en vrac
- d'homogénéiser le débit massique
- de servir de moyen de transport entre les transporteurs continus et discontinus et inversement

Le stockage à ciel ouvert convient aux matières en vrac, comme le charbon, le gypse, le minerai, les décombres et le sable, car ils ne souffrent pas des intempéries. Le fond de la zone de stockage peut être scellé pour protéger les matières des salissures. Dans la plupart des cas, on utilise du béton. Pour le stockage des combustibles solides, la surface de support doit être étanche à l'eau. Une installation de stockage extérieure pour le calcaire (carbonate de calcium) est normalement dotée d'un système de récupération de l'eau de pluie.

Description : le stockage à ciel ouvert peut être utilisé pour le stockage à court ou long terme et, en général, les tas sont longitudinaux ou en forme d'anneau. Selon les exigences (par ex., si des matières différentes doivent être stockées au même endroit), le stockage peut être adossé à un ou plusieurs murs. Par exemple, l'engrais est gerbé entre trois murs (baie ouverte), ou dans des hangars dédiés.

Le tableau 3.66 indique que les différentes constructions, ainsi que le nom de la technique ; la figure 3.29 indique les différentes formes de tas, sauf pour le cas où un tas est placée contre un autre tas composé d'une matière identique ou différentes, par exemple un tas de gypse contre un tas de cendres volantes.

Conical heap	Tas conique
Longitudinal heap	Tas longitudinal
Ring heap	Tas en anneau
Heap in the angle of two walls	Tas à l'angle de deux murs
Heap between two walls	Tas entre deux murs
Heap against a wall	Tas contre un mur
Heap between three walls (open bay)	Tas entre contre trois murs (baie ouverte)
Housing open at the top	Cage ouverte en haut
Heap in a shed	Tas dans un abri
Ventilation	Ventilation
Shed	Abri

Figure 3. 29 : Formes de tas
[17, UBA, 2001, 91, Meyer and Eickelpasch, 1999]

Le tableau 3.64 indique les critères de sélection de la forme de stockage.

Lieux de stockage longitudinaux	**Lieux de stockage en anneau**
Adaptés aux très grandes capacités (jusqu'à plusieurs millions de tonnes)	Adaptés à des capacités maximales de 100 000 tonnes
Adaptés lorsque le stockage peut être ultérieurement étendu	Adaptés si aucune extension n'est prévue ou nécessaire
Préférés sur des sites en longueur	Préférés sur des sites carrés
Adaptés lorsque des tas de stockage à long terme sont positionnés à proximité de tas de stockage à court terme	

Tableau 3. 64 : Critères de sélection des lieux de stockage longitudinaux et en forme d'anneau
[17, UBA, 2001]

3.3.2. Sacs et ballots

[17, UBA, 2001] [24, IFA/EFMA, 1992]

Le stockage en sacs et en ballots n'est pas concerné par les émissions de poussières ; néanmoins, les ballots et les sacs vides qui ne peuvent pas être réutilisés sont des déchets. Ce mode de stockage est utilisé pour des raisons de qualité et lorsque des matières très poussiéreuses sont manipulées. En général, l'ouverture des sacs et des ballots contenant des matières poussiéreuses s'effectue dans des installations spécialisées avec un équipement d'aspiration adapté dans les abris de production. Le type de sacs utilisés, leur taille et leur construction, dépend de la fréquence et de la méthode de manipulation, des conditions climatiques et des exigences du marché. Pour les engrais, des sacs de polyéthylène sont souvent utilisés car ils résistent à l'eau et à l'huile.

3.3.3. Silos et trémies

[17, UBA, 2001] [24, IFA/EFMA, 1992, 116, Associazione Italiana Commercio Chimico, 2001]

Dans certains secteurs industriels, les silos sont également appelés des trémies. Les silos sont généralement utilisés pour le stockage de matières sèches et/ou fines, comme le ciment et les céréales. Les trémies sont généralement utilisées pour le stockage des matières composées de particules plus grosses. Le haut des trémies et des silos peut être ouvert ou fermé. Les silos ou trémies ouverts sont concernés par les émissions dues à l'érosion éolienne ; les émissions dues aux silos ou trémies fermés se produisent pendant le chargement et le déchargement.

Les silos peuvent être en béton, en métal ou en plastique. La capacité des silos en béton peut atteindre plusieurs dizaines de milliers de tonnes, les silos en métal et en plastique sont de taille plus modeste. Selon le produit (par ex., mâchefer ou ciment), les silos sont équipés d'un filtre en tissu, parfois de manchons en tissu pouvant supporter des températures maximales comprises entre 150 et 160 °C. Les engrais sont stockés dans des silos fermés en plastique ou dans des trémies ouvertes.

3.3.4. Matières solides dangereuses conditionnées

La section 3.1.13 décrit les différents types de conteneurs et le stockage des matières dangereuses conditionnées pour les liquides et les gaz liquéfiés. Cette description s'applique également au stockage des matières solides dangereuses conditionnées. Dans la pratique, les matières solides et les liquides conditionnés sont souvent stockés ensemble dans des entrepôts. C'est pourquoi les sections suivantes du chapitre 3 sont applicables au stockage des matières solides dangereuses conditionnées.

Section 3.1.13 Conteneurs et stockage des conteneurs
Section 3.1.13.1 Compartiments de stockage
Section 3.1.13.2 Locaux de stockage
Section 3.1.13.3 Stockage extérieur (parcs de stockage)

3.4. Transport et manipulation des solides

Les différentes techniques de transport et de manipulation des solides sont décrites dans les sections indiquées dans le tableau 3.65.

Techniques		Sections
Construction et reprise des tas		Section 3.4.1
Bennes	Procédé discontinu	Section 3.4.2.2
Trémies de déchargement	Procédé discontinu	Section 3.4.2.3
Tuyaux	Procédé discontinu	Section 3.4.2.4
Transporteurs pneumatiques à aspiration	Procédé continu	Section 3.4.2.5
Dispositifs mobiles de chargement	Procédé discontinu	Section 3.4.2.6
Vidage des wagons et des camions	Procédé discontinu	Section 3.4.2.7
Tranchées de dépôt	Procédé discontinu	Section 3.4.2.8
Canalisations de remplissage	Procédé continu	Section 3.4.2.9
Tuyaux de remplissage	Procédé continu	Section 3.4.2.10
Tuyaux en cascade	Procédé continu	Section 3.4.2.11
Goulottes	Procédé continu	Section 3.4.2.12
Bandes projeteuses	Procédé continu	Section 3.4.2.13
Transporteurs à courroie	Procédé continu	Section 3.4.2.14
Élévateurs à godets	Procédé continu	Section 3.4.2.15
Transporteurs à chaîne formant couloir	Procédé continu	Section 3.4.3.16.1
Transporteurs à raclettes	Procédé continu	Section 3.4.3.16.2
Transporteurs à vis	Procédé continu	Section 3.4.2.17
Transporteurs pneumatiques	Procédé continu	Section 3.4.2.18
Distributeurs		Section 3.4.2.19

Tableau 3. 65 : Techniques de transport et de manipulation des solides, avec sections correspondantes

3.4.1. Construction et reprise des tas

[17, UBA, 2001]

Plusieurs techniques permettent de construire et de reprendre un tas.

Structure du tas	Technique	Explication
	Robe en cône	Tas ayant un profil conique construits/repris avec un transporteur actionnable (tas longitudinaux) ou un transporteur rotatif (tas en forme d'anneau)
	Strates	Tas formés de couches obliques avec un transporteur actionnable pouvant être élevé, abaissé, pivoté ou télescopé
	Chevron	Tas avec couches obliques inclinées comme un toit et formés avec un transporteur pouvant être relevé et abaissé
	Andain	Tas en rangées constitués en couches (comme le chevron) avec un transporteur actionnable pouvant être relevé, abaissé, pivoté ou télescopé
	Chevcon	Mélange de robe conique et de chevron

		(couches obliques comme un toit)

Tableau 3. 66 : Techniques classiques de construction d'un tas
[17, UBA, 2001]

Les machines spécialement élaborées pour la construction des tas sont les culbuteurs (chariots à benne basculante ou wagons) et, pour la reprise des tas, les chargeurs arrières (gratteurs intermédiaires, latéraux et à portique).

Les chariots verseurs envoient les matières en vrac sur le tas depuis le côté. Selon les exigences, les chariots verseurs peuvent être équipés d'une courroie orientable ou d'une courroie transversale. Grâce au même principe, on peut remplir directement un tas depuis le wagon au-dessus du tas.

Les extracteurs à courroie sont des transporteurs à courroie qui envoient les matières en vrac sur le tas. Selon le type de tas, ces systèmes sont dotés de flèches/éperons de rotation ou de roulement ou de poutres de support.

Selon le type de construction choisie, le déchargeur à bande peut être incliné ou ajusté en hauteur et, si la situation l'exige, être télescopé ou déplacé.

Le système doit être flexible si le malaxage et l'homogénéisation des matières en vrac (tas de mélange) est requis en plus du stockage.

3.4.2. Dispositifs de chargement et de déchargement

[17, UBA, 2001]

La section 3.4.2.1 décrit les aspects généraux des émissions dues au chargement et au déchargement. Les sections 3.4.2.2 à 3.4.2.13 décrivent les techniques de ramassage et de déchargement des matières. Les sections 3.4.2.14 à 3.4.2.18 décrivent les techniques de transport. Il n'est pas possible de faire une distinction claire entre les techniques de ramassage et de déchargement et les techniques de transport ; c'est pourquoi toutes les techniques sont décrites dans la présente section 3.4.2. Les distributeurs sont décrits dans la dernière section 3.4.2.19.

3.4.2.1. Sources d'émissions générales dues au transport et à la manipulation

En principe, le transport et la manipulation comprend trois types d'opérations, l'importance des poussières étant déterminée par la matière elle-même et les techniques utilisées. Les techniques de ramassage et de déchargement peuvent être classées en procédés continus et procédés discontinus, comme le montre le tableau 3.65.

1. **Ramassage des matières, par ex.**
   - le déchargement de navires ou de wagons par des bennes
   - le déchargement mécanique de navires ou de wagons par des élévateurs à godets
   - le déchargement pneumatique de navires par des siphons
   - le broutage des matières par des pelleteuses à godets

2. **Transport des matières, par ex.**
   - l'orientation de la benne remplie avec le balancier de la grue
   - l'acheminement par transporteurs à godets, élévateurs, transporteurs à courroie
   - l'acheminement par transporteur pneumatique
   - le transport des matières dans un godet rempli d'une pelleteuse à godets

3. **Déchargement des matières, par ex.**
   - le déchargement des matières par ouverture de la benne remplie sur une zone de chargement, dans une trémie ou sur un tas
   - le déchargement depuis une courroie de transport sur une zone de chargement, un tas ou un autre système de transport
   - le chargement d'un camion, d'un wagon ou d'un navire par un tuyau ou un tube de remplissage
   - le déchargement des matières avec une pelleteuse à godets depuis un camion-benne

- le déchargement pneumatique ou atmosphérique (par gravité) de camions-silos

Dans tous les pays, la tendance est à l'utilisation de systèmes continus pour le déchargement de matières spécifiques en vrac. C'est en particulier le cas pour le transport maritime, mais également pour le déchargement pneumatique de camions-silos ou de wagons-silos. L'importance croissante des systèmes de déchargement continus dans le transport maritime est dû à deux facteurs. D'une part, le déchargement est relativement rapide et efficace, ce qui permet de limiter les frais élevés d'accostage de navire. De plus, les systèmes continus produisent moins de poussières et de bruit et il est possible de réduire les pertes de matières par rapport aux techniques de benne. L'utilisation d'appareils de déchargement de navires à fonctionnement continu est limité par la taille de la zone de chargement maritime libre. Si l'ouverture de la cale est trop petite (par ex., avec les pétroliers convertis), des systèmes mécaniques comme les élévateurs à godets ou les transporteurs à vis ne sont généralement par pratique. Dans ce cas, les bennes sont plus adaptées, avec des pelles frontales pour le rognage.

Les poussières sont émises pendant le chargement si :

- le mouvement d'écoulement des matières change (changement de sens ou de vitesse)
- la taille des particules de surface baisse en raison du broyage ou du frottement
- l'humidité des matières baisse en raison des conditions climatiques

Le rognage des matières est étroitement lié au procédé de chargement. Ce procédé est nécessaire si :

- la substance compactée doit être desserrée pour permettre son ramassage par la benne
- la fléchette du déchargeur est trop courte et les matières doivent être prises en un point central
- l'appareil à benne est trop lourd
- les matières restant sur les bords doivent être retirées

Parmi les autres procédures de nettoyage des résidus dans les wagons et les camions, on peut citer :

- les procédures mécaniques, comme les vibrateurs en cas d'utilisation de tombereaux automatiques, ou les brosses
- les procédures hydrauliques, comme le nettoyage de camion, le jet d'eau direct
- les procédures pneumatiques, comme les aspirateurs industriels

Généralement, on utilise des chargeurs frontaux pour rogner les matières restant et pour nettoyer la cale du navire. Le nettoyage n'est nécessaire que lorsque des matières en vrac différentes sont manipulées. Deux méthodes de ramassage et d'élimination des déchets solides de navires sont décrites dans le document suivant : « Übereinkommen über die Sammlung, Abgabe und Annahme von Abfällen in der Rhein- und Binnenschifffahrt, Anlage 2, Anhang III Entladestandards und Abgabe-/Abnahmevorschriften für die Zulässigkeit der Einleitung von Wasch-, Niederschlags, und Ballastwasser Mit Ladungsrückständen; Zentralkommission für die Rheinschifffahrt ».

L'utilisation de systèmes de transport continus dépend des éléments suivants :

- les propriétés des matières, notamment la densité apparente et l'angle du tas, la taille des particules, les propriétés d'adhésion et de cohésion et la sensibilité à l'humidité
- la sensibilité des matières à la manipulation mécanique, ainsi que ses propriétés thermiques et chimiques
- le rendement requis
- l'aspect économique

3.4.2.2. Bennes

Description : les bennes sont des installations techniques dotées d'au moins deux coquilles qui pénètrent dans les matières en vrac à ciel ouvert, ramassent les matières en se fermant et les déchargent en s'ouvrant. La capacité des bennes, qui dépend du type de benne, de son poids et de sa taille, est généralement comprise entre 2 000 et 2 500 t/h. Les bennes ne sont généralement utilisées que pour la ramassage ; les transporteurs à courroie sont utilisés pour le reste du transport. La figure 3.30 illustre une benne à deux coquilles.

Figure 3. 30 : Benne à deux coquilles
[17, UBA, 2001, 91, Meyer and Eickelpasch, 1999]

Les bennes sont les outils les plus souvent utilisés pour les opérations de chargement et de déchargement du fait des caractéristiques suivantes :

- polyvalence
- permutation facile en cas de manipulation d'un autre type de matière en vrac
- dépenses d'infrastructure relativement faibles
- débits de chargement et de déchargement identiques

Les inconvénients potentiels de l'utilisation des bennes sont les suivants :

- importance de l'utilisation de la technique correcte
- rapport légèrement désavantageux entre la capacité nominale et la capacité réelle par rapport aux techniques de déchargement continu
- poids des coquilles de la benne

Le contrôle des bennes s'effectue mécaniquement à l'aide de câbles. Le contrôle hydraulique des bennes par des moteurs est rarement utilisé pour les matières en vrac. Les coquilles d'une benne-fil se ferment en 10 secondes, contre 20 pour une benne à moteur.

La forme des arêtes de la benne est essentielle au contrôle des émissions de poussières.

La figure 3.31 illustre différentes formes d'arêtes de benne.

Edge	Arête
Round steel	Acier rond
Bridge profile	Profil de pont
Bridge profile with rubber strip	Profil de pont avec bande de caoutchouc

Figure 3. 31 : Différentes formes des arêtes de benne
[17, UBA, 2001] with reference to MB Kröger Greifertechnik GmbH

Le joint en caoutchouc est particulièrement adapté aux matière en vrac très fines, comme la farine de poisson. Pour les matières en vrac grumeleuses, comme le fer et les minerais, les joints en caoutchouc ne sont pas assez résistants et sont donc évités. Les joints en caoutchouc doivent être nettoyés et entretenus régulièrement pour conserver leur efficacité.

Si des matières différentes sont manipulées, les joints avec deux bords arrondis en acier sont généralement utilisés. L'ajustement précis des arêtes de la benne est vital pour la fermeture optimale et la limitation des émissions de poussières. Les problèmes liés aux accessoires de précision sont souvent dus à l'abrasion constante des arêtes. Le chevauchement des arêtes de la benne a été abandonné du fait de sa très grande fragilité.

Émissions : étapes du procédé concernées par les émissions :

- culbutage des matières (la formation des poussières dépend de la hauteur de chute)
- surcharge ou fermeture partielle des coquilles de la benne (déversement des matières)
- orientation des bennes (les émissions de poussières sont dues à la dérive)

Applicabilité : les bennes sont utilisées pour le transport depuis des navires et entre le navire et le stockage et/ou le wagon et également pour le déplacement entre le stockage et les unités de traitement. Les bennes sont applicables à presque toutes les matières en vrac, notamment celles ayant une teneur élevée en humidité (ce qui n'est pas le cas, par exemple, des systèmes pneumatiques). En revanche, leur utilisation doit être évitée avec les matières en vrac sèches sensibles à la dérive en raison des émissions de poussières potentielles.

3.4.2.3. Trémies de déchargement

Description : les trémies de déchargement sont des appareils qui prennent le produit déchargé (par des bennes ou des courroies) et l'acheminent en un jet jusqu'à la zone de chargement d'un véhicule (camion ou wagon), un

autre système de transport ou le système de stockage. Les trémies de déchargement sont souvent dotées de grillages ou de lamelles pour assurer un écoulement régulier des matières et pour éviter le blocage de l'écoulement par des morceaux plus gros ; avec les lamelles, les matières en vrac doivent être relativement fluides. Des distributeurs sont utilisés pour l'acheminement régulier jusqu'au dispositif de transport suivant. Les trémies peuvent être dotées d'un tube de remplissage et d'un tablier à poussières pendant leur utilisation, c'est-à-dire pendant le chargement de véhicules.

Applicabilité : le chargement et le déchargement de matières en vrac dans les ports, par exemple le déchargement de navires par des bennes ou le déchargement sur une courroie après déchargement du silo pour charger un camion ou un wagon. Une trémie convient à presque toutes la matières en vrac (jusqu'à une taille donnée), notamment les céréales, les engrais, le charbon, les minerais ou les concentrés non ferreux, les matières premières de l'industrie du ciment.

3.4.2.4. Tubes

Description : les tubes sont utilisés pour le chargement et le transport. Les tubes sont des cuves transportables dotées d'au moins une porte. Ils ne peuvent pas ramasser les matières, mais sont normalement remplis par le haut. Pour vider les tubes, une plaque de fond radiale est prévue (tube avec vidange par le fond), le tube est incliné (tube à inclinaison) ou les portes s'ouvrent (un tube à porte similaire à la benne). Les tubes ne sont généralement pas adaptés aux matières poussiéreuses. La figure 3.32 présente différents types de tubes.

Gate tub	Tube à porte
Tilting tub	Tube à inclinaison
Bottom emptying tub	Tube à vidange par le fond

Figure 3. 32 : Différents types de tubes
[17, UBA, 2001] with reference to DIN 30800-3

3.4.2.5. Transporteurs pneumatiques à aspiration

Description : les transporteurs pneumatiques, comme les transporteurs pneumatiques à aspiration, transportent les matières dans des tuyaux fermés par flux d'air, le compresseur d'air étant placé à l'extrémité de la chaîne du procédé. Il existe des installations à aspiration et à pression ; la figure 3.33 illustre le principe d'un système à aspiration. Le système à pression, qui est un dispositif de transport et non de déchargement, est décrit à la section 3.4.2.18.

Les transporteurs pneumatiques à aspiration peuvent être fixes ou mobiles. Les systèmes mobiles sont utilisés lorsque différentes activités portuaires sont réalisées au même endroit ou lorsque l'installation n'est pas utilisée en permanence. Les installations fixes sont de plus en plus nombreuses car le transport des matières augmente continuellement, ainsi que le nombre de terminaux spécialisés adaptés.

Les matières sont aspirées par une buse, puis transportées sous vide vers le séparateur qui sépare le flux d'air du flux de matière. Les matières transportées sont généralement déchargées sur des secteurs porte-disques. À ce stade, le vide est séparé de la pression atmosphérique. Les matières déchargées sont ensuite transférées vers des systèmes de transport continus.

L'installation est très flexible grâce à :

- la rotation et l'option kick-in/kick-out de la tête d'aspiration
- la courbure et le système télescopique du tuyau d'aspiration vertical
- le concept globalement actionnable de l'installation

Presque chaque zone du navire à décharger peut être atteinte. À la fin du temps de déchargement, la couche de matière devient trop fine et il est préférable d'utiliser, par exemple, une pelle frontale pour ramasser les matières restant.

Le rendement des transporteurs pneumatiques dépend du type de matière, de la section du tuyau, de la pression d'air et de l'acheminement. Par exemple, les céréales peuvent avoir un rendement compris entre 500 et 600 tonnes par heure et l'oxyde d'aluminium un rendement de 1 000 tonnes par heure.

Les principaux avantages sont la prévention des poussières grâce au système fermé et au contrôle des poussières par des filtres, la construction simple, la durée de vie longue et l'absence de parties mobiles dans l'espace de chargement. L'investissement est relativement faible. Le principal inconvénient est la consommation d'énergie souvent élevée.

Suction nozzle	Buse d'aspiration
Moving part of the pipe	Partie mobile du tuyau
Conveyor pipe	Tuyau de transport
Curver	Courbure
Separator and silo	Séparateur et silo
Filter	Filtre
Compressor	Compresseur
Sound absorver	Amortisseur de bruit
Cell wheel gate	Porte avec roue à alvéoles
Good	Matières
Mixture	Mélange

Figure 3. 33 : Principe fonctionnel d'un transporteur pneumatique à aspiration
[17, UBA, 2001] with reference to Pfeifer, 1989

Applicabilité : les transporteurs pneumatiques à aspiration sont adaptés aux matières en vrac d'une densité inférieure à 1,2 g/cm^3. Ils sont utilisés dans de nombreux secteurs industriels, comme l'agriculture, l'exploitation minière, l'industrie chimique et agroalimentaire, pour les matières telles que les céréales, l'oxyde d'aluminium, le coke de pétrole, le ciment, le calcaire, la chaux et l'argile, la potasse, les sulfates de sodium et les produits chimiques similaires, les engrais, le sel et certaines matières plastiques. Ils sont utilisés pour le déchargement de navires, wagons et camions.

Émission : des filtres supplémentaires en tissu peuvent être installés derrière le séparateur pour retirer les poussières de l'air émis. Des taux d'émissions de poussières de 5 mg/Nm^3 peuvent être obtenus, mais la taille des filtres est prévu pour un niveau d'émission de poussières compris entre 20 et 25 mg/Nm^3 afin de réduire l'investissement.

Comme tous les systèmes pneumatiques, les transporteurs pneumatiques à aspiration ont une consommation d'énergie élevée : pour des matières légères, comme les produits agro-alimentaires, il faut compter 1 kWh par tonne et pour les matières lourdes, comme l'argile ou le ciment, 2 kWh par tonne. En comparaison, des valeurs comprises entre 0,3 et 0,8 kWh par tonne peuvent être obtenues avec les systèmes de transport mécaniques.

3.4.2.6. Dispositifs mobiles de chargement

Description : les dispositifs mobiles de chargement sont les excavateurs et les chargeurs frontaux. Ils sont utilisés :

- pour les petits tas
- pour le chargement des véhicules
- pour apporter les matières dans des réservoirs ou des boîtes
- pour alimenter les trémies
- pour rogner les matières dans des navires

Émissions : le levage du godet entraîne des émissions, dues à la dérive éolienne ou au culbutage. La manipulation à ciel ouvert favorise la formation de poussières.

3.4.2.7. Vidange de wagon et de camion

Description : les wagons et les camions sont utilisés pour transporter les céréales, les engrais, le charbon, le sable et les minerais. Le tableau 3.67 présente les différents types de wagons et de camions pour matières en vrac utilisés en Allemagne.

Types	Principe	Matières en vrac
1. wagon/camion ouvert	Wagon/camion ouvert sur le dessus non	Charbon, briquettes, rebut, minerais, pierres,

	autodéchargeant (en partie par bennes ou par équipement de basculement spécial)	gypse and minéraux
2. wagon/camion ouvert avec déchargement par gravité (dosable)	Espace de chargement avec plusieurs trémies juxtaposées Déchargement latéral dosé des matières par gravité via des ouvertures dosables	Gravier, sable et éclats de pierre
3. wagon/camion ouvert avec déchargement par gravité (instantané)	Wagon/camion ouvert sur le dessus Fond en forme de selle Déchargement instantané des matières par des portes latérales (également avec déchargement par le fond)	Gravier, sable, éclats de pierre et gypse
4. wagon/camion à benne basculante	Wagon/camion avec cuvette, basculant sur le côté (pour les camions également sur l'avant) et actionnée par des soupapes pneumatiques séparées par vérin (la valve inférieure sert de goulotte)	Gravats, matériaux de construction et gypse
5. Wagon/camion pour déchargement sous pression	Wagon/camion fermé Vidage par tuyaux dans des silos	Ciment, farine de chaux, sable de quartzites, soude, oxyde d'aluminium, sucre, farine, semoule et sel
6. Wagon/camion couvert avec déchargement par gravité (dosable)	Comme 2, mais avec un toit pivotant	Matières en vrac sensibles à l'humidité, comme les céréales
7. Wagon/camion couvert avec déchargement par gravité (brusque)	Comme 3, mais avec un toit pivotant	Matières en vrac sensibles à l'humidité, comme le gypse

Tableau 3. 67 : Étude des wagons/camions généralement utilisés pour les matières en vrac
[17, UBA, 2001]

Le vidage des wagons/camions s'effectue par des ouvertures de déchargement latérales ou par le fond du wagon/camion. Avec le vidage latéral, les matières sont entraînées dans des gouttières spéciales jusqu'au dispositif de manipulation suivant ou directement sur des courroies/bandes. Le principe est similaire au déchargement par gouttière des véhicules routiers ; il est souvent utilisé pour les engrais. Les stations de déchargement sont généralement dotées d'un toit ou partiellement fermées (en particulier pour la manipulation de matières en vrac sensibles à l'humidité). Pour le déchargement des wagons, les cages complètement fermées sont rares.

Dans les ports maritimes, on décharge généralement les wagons/camions par le côté sur des courroies ; les matières sont transportées vers un autre moyen de transport (camion ou navire) ou vers un système de stockage (tas, abri ou silo). La figure 3.34 illustre un camion à basculement arrière et latéral, la figure 8.1 de l'annexe 8.8 illustre certains types de wagons utilisés par les chemins de fer en Allemagne, avec différentes techniques de déchargement.

Émissions : le chargement (par bennes, tuyaux de chargement ou déchargement sur des transporteurs à courroie) et le déchargement des wagons sont les deux étapes pertinentes du procédé. Des systèmes de capsulation ou d'aspiration peuvent être installés.

Rear tipping	Basculement arrière
Side tipping	Basculement latéral

Figure 3. 34 : Camions de dépôt
[17, UBA, 2001, 91, Meyer and Eickelpasch, 1999]

3.4.2.8. Tranchées de dépôt

Description : les tranchées de dépôt sont des excavations dans le sol couvertes d'une grille dans lesquelles les matières sont basculées à vitesse élevée. Les tranchées de dépôt sont normalement utilisées pour décharger les wagons (par ex., les céréales).

Les tranchées de dépôt peuvent être dotées de barrières anti-poussières. Ces lamelles s'ouvrent lorsque les matières sont introduites. Les poussières qui se forment sont retenues par les matières suivantes ou, lorsque l'écoulement des matières s'arrête, par la fermeture des barrières anti-poussière. Les tranchées de dépôt peuvent être également dotées d'un système d'aspiration. Outre les barrières anti-poussière et les systèmes d'aspiration, la zone de réception peut être également couverte. On peut également couvrir le véhicule et la zone de dépôt avec un système de rideau mobile.

Applicabilité : les tranchées de dépôt peuvent servir pour le déchargement des céréales, mais sont en principe applicables à toutes les matières à écoulement libre.

Cleaned air coming from the filter	Air propre provenant du filtre
Dust containing air to the filter	Air contenant de la poussière vers le filtre
Suction canal	Canal d'aspiration
Silo	Silo
Grids	Grilles
Dust barriers	Barrières anti-poussière

Figure 3. 35 : Tranchées de dépôt avec aspiration et barrières anti-poussière [17, UBA, 2001] avec référence à Franz Rubert et Co. GmbH, 2000 (schéma de gauche) et Raiffeisen Hauptgenossenschaft Nord AG, 2000 (photo de droite)

Émissions : les tranchées de dépôt dépourvues de barrières anti-poussière peuvent être à l'origine d'importantes émissions de poussières ; lors du déchargement de céréales, les poussières peuvent s'élever jusqu'à trois mètres de hauteur et être dispersées dans la zone voisine. Les tranchées de dépôt sont parfois dotées d'un système d'aspiration.

3.4.2.9. Tuyaux de remplissage

Description : avec les tuyaux de remplissage, les matières glissent ou tombent dans un tuyau du fait de la gravité. Il existe différents types de tuyaux de remplissage. On parle également de « tuyaux de chargement « et de « tuyaux de descente d'eaux pluviales ». La figure 3.36 illustre un chargeur de navire pour des matières en vrac doté d'un tuyau de remplissage.

Explanation	Explication
Telescopic fill pipe	Tuyau de remplissage télescopique
Rise and fall boom with belt conveyor	Flèche monte-et-baisse avec transporteur à courroie
Cable winch	Treuil à câble
Belt conveyor with covering	Transporteur à courroie avec couverture
Conveyor bridge	Portique de transporteur
Portal crane	Grue à portique
Crane chassis	Châssis de la grue

Figure 3. 36 : Chargeur de navire avec tuyau de remplissage
[17, UBA, 2001] avec référence à Pfeifer, 1989

Les tuyaux de remplissage peuvent être rigides ou mobiles verticaux/horizontaux. La mobilité s'effectue grâce à des dispositifs de levage dotés de cordes, de flèches télescopiques et d'installations kick-in/kick-out. Avec un tuyau de remplissage mobile, la hauteur de chute peut être (automatiquement) régulée et des têtes de chargement peuvent être installées à l'extrémité du tuyau pour réguler le volume de sortie. Un tuyau de remplissage mobile peut être également composé d'un tuyau supérieur et d'un tuyau inférieur ; ces parties sont jointes par une garniture et la partie inférieure peut être dépliée par des éléments coulissants ou des poulies. Sur de très longs tuyaux, des déflecteurs sont installés pour réduire la vitesse de chute.

Applicabilité : les tuyaux de remplissage sont utilisés pour charger des conteneurs, des camions, des trains et des navires.

3.4.2.10. Tubes de remplissage

Description : les tubes de remplissage (ou tubes de chargement) peuvent être utilisés pour le chargement fermé et ouvert. Pour le chargement ouvert de matières en vrac dans des camions ouverts, des navires ou des tas, des couvercles ou tabliers sont fixés à l'extrémité du tube pour réduire au maximum la dispersion des poussières. Pour le chargement fermé dans des camions-silos ou des conteneurs, un cône avec une alarme de remplissage est fixé à l'extrémité du tube pour empêcher l'émission de poussières. Le tube est composé d'un tube intérieur et d'un tube extérieur et est constitué de plastique ou d'un tissu plastifié à tissage serré.

Figure 3. 37 : Tube de remplissage
[17, UBA, 2001] with reference to DIN 30800-3

Applicabilité : les tubes de remplissage sont utilisés pour charger les conteneurs, les camions, les wagons et les navires.

Émissions : comme avec le tuyau de remplissage (Section 3.4.2.9), un tube de remplissage réduit au maximum la surface libre afin d'obtenir un chargement presque sans poussières.

3.4.2.11. Tubes en cascade

Description : un tube en cascade est un tube de remplissage doté d'une cascade (voir Figure 3.38). Les matières glissent et tombent alternativement. Les faibles hauteurs de chute et les changements de direction réduisent au maximum la formation de poussières pendant le chargement ; les matières sont traitées avec précaution.

Il existe des tubes en cascade pour des débits compris entre 30 et 5 000 m^3/h. Ils sont recouverts de polyéthylène très haute densité, d'aluminium fritté, de brique de céramique et d'acier, tous ces matériaux étant résistant à l'abrasion.

L'installation d'un détecteur de niveau permet au tube de maintenir automatiquement une distance appropriée avec la surface des matières.

Figure 3. 38 : Tube en cascade
[17, UBA, 2001] with reference to DIN 30800-3

Applicabilité : les tubes en cascade sont utilisés pour charger des conteneurs, des silos, des camions, des wagons et des navires et pour le transport entre des transporteurs à courroie. Les matières suivantes peuvent être transportées : matières en vrac poudreuses à écoulement épais, notamment la potasse, le phosphate, les céréales, le charbon, le coke, le sodium lourd, l'oxyde d'aluminium, le ciment, le phosphate de sodium, le maïs et les aliments pour animaux. La technique est de construction relativement simple et ne nécessite qu'une maintenance et un nettoyage simples.

Émission : le tube en cascade réduit au maximum la surface libre au point de déchargement, mais également la vitesse des matières afin d'obtenir un chargement presque sans poussières.

Aspects économiques : cette technique présente l'avantage de réduire la perte de qualité des matières manipulées.

Usines de référence : Kali Transport Hamburg, les ports de Wismar, Lübeck et Philippstal, Allemagne.

3.4.2.12. Goulottes

Description : les goulottes sont des transporteurs de matières en vrac dans lesquels les matières glissent vers le bas dans une glissière inclinée ouverte ou fermée. Les goulottes sont utilisées comme outils de chargement ou comme dispositifs de transport entre deux transporteurs. Il existe des goulottes rigides et déplaçables. Les goulottes déplaçables peuvent être inclinables verticalement et horizontalement ou à commande d'arrière en avant ou en diagonale.

Figure 3. 39 : Chargement d'un wagon par une goulotte
[17, UBA, 2001] with reference to DIN 30800-3

Un angle de pente minimal est nécessaire, variable en fonction des propriétés d'écoulement des matières transportées. Bien qu'un revêtement à coefficient de frottement réduit et/ou à haute résistance à l'abrasion puisse être utilisé pour protéger la goulotte, une usure se produit à une vitesse qui dépend des éléments suivants :

- longueur de la goulotte
- angle de la pente
- charge spécifique de la zone
- vitesse de glissement
- résistance au frottement du matériau de la goulotte

Applicabilité : en général, les goulottes sont adaptés aux matières qui ne s'agglomèrent pas sous forme de « gâteau » et pour les opérations à sec. En raison des émissions de poussières, les goulottes ne sont pas applicables aux matières en poudre très fine.
Émissions : plus les matières sont fines, plus la quantité de poussières émises est importante.

3.4.2.13. Bandes projeteuses

Description : les bandes projeteuses sont de courts transporteurs à courroie en caoutchouc qui peuvent atteindre des vitesses très élevées comprises entre 10 et 20 m/s. Elles sont utilisées à la fin de la chaîne de chargement si, du fait des conditions locales, le transporteur ou le système de chargement ne peut être installé suffisamment près du point de déchargement. En voici quelques exemples :

- chargement de navire associé à des chargeurs verticaux si le pont de chargement n'est pas suffisamment long

Figure 3. 40 : Bandes projeteuses
[17, UBA, 2001, 91, Meyer and Eickelpasch, 1999]

- alimentation de tas plus petits si les propriétés des matières ne permettent le stockage qu'en tas plats

Figure 3. 41 : Bande projeteuse utilisée pour la construction de tas
[17, UBA, 2001, 91, Meyer and Eickelpasch, 1999]

Applicabilité : les bandes projeteuses sont utilisées lorsque le transporteur ou le système de chargement ne peut être installé suffisamment près du point de déchargement.

Émissions : les bandes projeteuses sont associées à des émissions de poussières importantes.

3.4.2.14. Transporteurs à courroie

[17, UBA, 2001] [137, suppliers information, 2002] [139, suppliers information, 2001] [138, suppliers information, 2001] [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

Description : les transporteurs à courroie sont les systèmes de transport continu les plus utilisés et les plus connus. Sur les transporteurs à courroie, les matières sont transportées sur une courroie sans fin posé sur des poulies de support, des bandes de glissement ou un film d'air, en caoutchouc ou en plastique. Les différents types de transporteurs sont :

Les transporteurs à courroie
Avec les transporteurs à courroie, les matières sont transportées sur le côté supérieur d'une courroie sans fin en caoutchouc à armature métallique. Il sont utilisés comme systèmes mobiles ou au sein d'installations fixes. Les transporteurs à courroie sont concaves.

Émissions des transporteurs à courroie : avec les systèmes de transport ouverts extérieurs, les émissions de poussières sont dues au vent, effet renforcé par les vibrations des transporteurs à courroie sans support. Les émissions de poussières peuvent également se produire lorsque les matières agglomérées sous forme de gâteaux tombent alors que la courroie revient après le déchargement. Des émissions de poussières dues aux matières introduites sur la courroie peuvent se produire si la vitesse d'alimentation ne correspond pas à la vitesse de la courroie. Si la courroie est surchargée et que des matières tombent, des poussières peuvent être émises.

Figure 3. 42 : Transporteur à courroie classique
[91, Meyer and Eickelpasch, 1999]

Transporteurs à courroie pentus
Les transporteurs à courroie pentus sont similaires aux transporteurs à courroie classiques. Pour remonter la pente, la bande est renforcée par des profils ou de petites courroies latérales.

Figure 3. 43 : Principe d'un transporteur à courroie pentu
[17, UBA, 2001]

Transporteur à courroie suspendue (ou boucle transporteur)
Les transporteurs à courroie suspendue sont relativement récents et encore peut souvent utilisés en raison de leur coût élevé. La courroie forme une boucle sous l'action de la pression et des poulies de support. La courroie est ouverte pour le déchargement des matières. Avec ce type de transporteur, des courbes extrêmement raides (jusqu'à 0,4 m) sont possibles.

L'innovation la plus récente dans le domaine du transport vertical continu est une courroie sous forme (brevetée) de poches qui évite l'utilisation de charnières. La courroie peut atteindre des vitesses maximales de 6 m/s. Ces types de transporteurs utilisés dans des applications d'arbre atteignent des débits-volumes de 1 000 m^3/h à une levée verticale de 500 mètres. Pour les cuves à auto-déchargement, le débit-volume peut atteindre 5 000 m^3/h à une levée de 35 mètres. Tous les types de matières peuvent être transportés dans un cheminement vertical dans la mesure où différentes qualités de caoutchouc sont utilisées pour répondre aux différentes exigences, notamment la résistance thermique ou la résistance à l'huile. Grâce à leur construction simple comprenant moins de pièces mobiles, ce type de système présente, en outre, l'avantage d'économiser l'énergie en raison de la baisse des pertes par frottement.

Acrobande	Acrobande
Sicon conveyor	Transporteur à courroie de type Sicon

Figure 3. 44 : Exemples de transporteurs à courroie suspendue
[78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

Tubes transporteurs à courroie (ou tuyaux transporteurs)
Les tubes transporteurs à courroie font partie des transporteurs à courroie classiques. Après le pas d'amenage, le transporteur à courroie forme une section presque circulaire, les bords de la courroie se rechevauchent et forment un tube fermé. Les matières sont transportées dans le côté intérieur de la bande, qui est roulée par (3 à 5) poulies d'entraînement. Les matières sont protégées contre les intempéries et les émissions de poussières sont réduites au maximum. Au niveau du point de déchargement (généralement abrité), la courroie s'ouvre pour décharger les matières.

Les transporteurs à courroie de ce type conviennent aux matières fines et grumeleuses dont la taille maximale représente un tiers du diamètre du tube. Ils sont utilisés lorsque de longues distances sont à parcourir (et des inclinaisons fortes de 60 ° maximum), par exemple dans des mines et des aciéries et des usines sidérurgiques, car le système autorise les courbes, ce qui évite la création de points de transfert. Parmi les autres applications, on peut citer le ciment, les engrais, l'industrie agroalimentaire et chimique, pour le transport de matières comme les minerais, le charbon, le coke, le calcaire, les débris, le ciment, le gypse, le concentré de minerai de cuivre, les cendres et le sel. La vitesse de la courroie est comprise entre 60 m/min et 300 m/min, à peu près identique à celle des transporteurs à courroie classiques. La capacité de manipulation d'un tube transporteur est identique à celle d'un transporteur à courroie avec une largeur de courroie faisant trois fois le diamètre du tube.

Tube belt conveyor	Tube transporteur à courroie
New tube belt conveyor	Nouveau tube transporteur à courroie
Rollgurt conveyor	Transporteur Rollgurt
Mitsui tube belt conveyor	Tube transporteur à courroie Mitsui
Tubular conveyor	Transporteur tubulaire
Tokai conveyor	Transporteur Tokai
Super conveyor (Rondex)	Super transporteur (Rondex)

Figure 3. 45 : Différents concepts de tubes transporteurs à courroie
[78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

Transporteurs à double courroie
Les transporteurs à double courroie utilisent deux courroies de transport, normalement une courroie de support (ou de transport) et une courroie de recouvrement, qui sont amenées ensemble dans la partie en pente ou verticale de l'installation. La bande de support possède des bords relevés et des profils en travers qui soutiennent les matières pendant leur transport. Dans la partie inférieure, le système de courroie est posé sur un fût à partir duquel il prélève les matières pendant le mouvement vers le bas. L'effet de coin d'huile entre les deux courroies transporte les matières vers le haut jusqu'au point de transport, une trémie, par exemple.

Avec cette technique, la taille des particules doit être relativement régulière. En général, les matières fines à épaisses conviennent, mais ni les matières poudreuses, ni les grumeleuses, ni celles qui ont tendance à s'agglomérer sous forme de gâteau. Ce type de courroie est particulièrement adapté aux produits vulnérables à la détérioration ou la dégradation. L'inconvénient des transporteurs sandwich ou à double courroie est leur incapacité à suivre des courbes.

Sandwich or twin belt conveyor	Transporteur sandwich ou à double courroie

Figure 3. 46 : Exemple de transporteur à double courroie
[78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

Transporteurs à courroie pliable
Avec les transporteurs à courroie pliable, la courroie est pliée par des poulies de support pour que le produit soit complètement enfermé.

U-con Q conveyor	Transporteur U-con Q
U-con Delta conveyor	Transporteur U-con Delta
Folding belt conveyor	Transporteur à courroie pliable

Figure 3. 47 : Exemples de transporteurs à courroie pliable
[78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

Transporteurs de fermeture à tirer
Avec les transporteurs de fermeture à tirer, le produit est complètement enfermé par la courroie car les bords de la courroie sont raccordés l'un à l'autre par une fermeture à tirer.

Figure 3. 48 : Transporteur de fermeture à tirer
[78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

3.4.2.15. Élévateur à godets

Description : les élévateurs à godets sont des transporteurs dans lesquels les godets qui ramassent les matières sont fixés à un mécanisme d'entraînement, comme une chaîne ou une courroie de transport. La forme et le matériau des godets dépendent des matières à transporter. Les élévateurs à godets sont utilisés pour le transport vertical, car ils peuvent soulever à des hauteurs élevées, mais sont également utilisés comme déchargeurs continus de navire pour transporter les matières horizontalement et verticalement dans un dispositif. Dans ce cas, le pied du transporteur est en forme de L, ce qui permet le ramassage des matières en vrac au niveau du sol et dans les coins de la cale du navire et réduit le besoin de rognage. Le sabot flexible du transporteur peut être adapté par des systèmes hydrauliques à la géométrie de la cale, ce qui permet un remplissage optimal des godets.

Le facteur de remplissage représente la proportion entre le volume de conception du godet et le remplissage réel et dépend des éléments suivants :

- forme et vitesse de l'élévateur à godets
- type de matières en vrac à manipuler
- position relative des godets par rapport à la surface des matières en vrac
- position relatives des godets en contact avec les matières en vrac

Le déchargement des matières s'effectue au niveau de la tête de l'élévateur à godets, soit par déchargement par gravité (avec des systèmes de transport lents), soit par la force centrifuge (avec des systèmes de transport rapides). La vitesse du transporteur est comprise entre 0,3 et 1,6 m/s avec des chaînes en acier et entre 1,5 et 4 m/s avec les courroies de transport. Le transporteur peut atteindre une hauteur de 110 m avec une courroie et de 60 m avec une chaîne. Le rendement maximum peut aller de 3 000 t/h en moyenne à 4 000 t/h.

Figure 3. 49 : Construction et principe de fonctionnement d'un élévateur à godets
[17, UBA, 2001, 91, Meyer and Eickelpasch, 1999]

Figure 3. 50 : Déchargeur continu de navire avec technique d'élévateur à godets et pied de ramassage en forme de L [17, UBA, 2001] avec référence à Krupp Fördertechnik GmbH, 2000

Applicabilité : les élévateurs à godets conviennent pour le transport des matières en vrac poudreuses à modérément grumeleuses (taille maximale des particules de 60 mm) qui n'ont pas tendance à s'agglomérer sous forme de gâteau et n'ont pas de fortes propriétés abrasives, notamment la farine, le sable, le charbon, le calcaire, le ciment ou les cendres.

Émissions : l'élévateur à godets est enfermé et peut être équipé d'un système d'aspiration de façon à limiter ou à éliminer les émissions de poussières. Le ramassage et le déchargement des matières sont des sources potentielles d'émissions de poussières.

Usines de référence : les élévateurs à godets dotés d'un pied de ramassage en L sont utilisés dans les aciéries européennes, notamment Riva Acciai à Taranto en Italie, Sidmar Steelwork à Gand en Belgique, Ferrol en Espagne et à Dillinger Hüttenwerke AG, Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen AG en Allemagne.

Aspects économiques : pour l'exemple de Dillinger Hüttenwerke, l'investissement est d'environ 4 millions d'euros. La capacité de ce déchargeur de navire varie entre 1 200 et 1 500 t/h, selon la matière transportée. L'alternative de deux stations de déchargement par benne aurait nécessité un investissement similaire (année de référence 2000), mais ne représente qu'un tiers de la capacité.

Les coûts énergétiques et de maintenance sont d'un tiers inférieurs à ceux d'un déchargement traditionnel par benne. Deux personnes sont nécessaires au fonctionnement de l'élévateur à godets, contre quatre pour le fonctionnement de deux bennes.

3.4.2.16. Transporteurs à chaîne

Description : le transporteur à chaîne est un transporteur fermé et pour charges lourdes doté d'une ou plusieurs chaînes d'entraînement continu. Les chaînes se déplacent sur des roues dentées ; les tendeurs de chaîne sont utilisés pour empêcher les chaînes d'être en contre-arc. Les transporteurs à chaîne se caractérisent par une consommation d'énergie relativement faible ; pour certaines unités, on peut atteindre 0,006 kWh par tonne et une hauteur d'un mètre. La vitesse de la chaîne est généralement inférieure à 1 m/s avec un rendement de plus de 1 000 t/h. Les éléments de chaîne endommagés peuvent être changés relativement facilement.

Deux types de transporteurs à chaîne sont présentés dans les sections qui suivent : le transporteur à chaîne formant couloir (Section 3.4.2.16.1) et le transporteur à raclettes (Section 3.4.2.16.2).

3.4.2.16.1. Transporteurs à chaîne formant couloir

Description : dans un transporteur à chaîne formant couloir, la chaîne circule dans un couloir fermé, comme illustré sur la figure 3.51. La forme du collecteur est choisi pour s'adapter au type de matériau manipulé et le trajet du transporteur :

- pour les trajets de transporteur horizontaux et à faible pente, des collecteurs plats, rectangulaires ou en forme de L sont utilisés
- pour les trajets à forte pente et verticaux, on utilise des collecteurs en forme de U, en fourchette ou en anneau

Le ramassage et le déchargement des matières sont assez faciles et les matières peuvent être transportées verticalement. Cette technique demande relativement peu d'espace et est associée à peu ou pas d'émissions de poussières. Les inconvénients sont l'usure importante et la demande énergétique assez élevée. Les rendements sont compris entre 10 et 2 000 m^3/h, avec une longueur maximale de transporteur comprise entre 50 et 150 m.

Drive wheel	Roue d'entraînement
Trough feeding	Alimentation en auge
Discharge	Déchargement
Drive chain	Chaîne de transmission

Figure 3. 51 : Principe du transporteur à chaîne formant couloir
[17, UBA, 2001, 91, Meyer and Eickelpasch, 1999]

Application : les transporteurs à chaîne formant couloir sont généralement utilisés dans des trémies et des silos pour le chargement et le déchargement de matières poudreuses et modérément grumeleuses n'ayant pas de propriété d'agglomération sous forme de gâteau. Comme le transporteur à chaîne formant couloir est un système fermé, il est spécialement utilisé pour les céréales, les graines oléagineuses, les produits alimentaires, le charbon, le ciment, les produits chimiques et les minerais.

Émissions : si les zones d'alimentation et de déchargement sont fermées ou abritées, il n'y a aucune émission de poussières.

3.4.2.16.2. Transporteurs à raclettes

Description : un transporteur à raclettes est identique à un transporteur à chaîne formant couloir, mais sans couloir. Le transport s'effectue par des collecteurs fixés à des chaînes. Les collecteurs poussent les matières. Le ramassage et le déchargement des matières peuvent être effectués en un point quelconque du transporteur.

Application : les transporteurs à raclettes sont généralement utilisés pour alimenter et reprendre les tas de minerai, de charbon et de sel.

Émissions : des émissions de poussières se produisent pendant le ramassage et le transport des matières. Les influences du frottement entre les matières et les parois et le fond du transporteur peuvent provoquer l'écrasement des matières. La formation de poussières due à cet effet peut être réduit au maximum par l'humidification des matières.

3.4.2.17. Transporteurs à vis

Description : les transporteurs à vis sont des transporteurs de matières en vrac dans lesquels les matières sont entraînées le long d'un couloir ou d'un tuyau fixé par une vis sans fin rotative, qu'il soit horizontal ou en pente de 30 °. Le mouvement vertical est également possible, mais nécessite une construction totalement différente du transporteur. Avec un mouvement horizontal, les matières sont poussées vers l'avant le long du fond du couloir ; avec un mouvement vertical, les matières circulent avec la vis sans fin autour du tuyau.

Avec les vis horizontales, les matières peuvent être ramassées et déchargées en plusieurs points. Les ouvertures de déchargement sont orientées par des déflecteurs. Les transporteurs à vis verticaux sont dotés d'un point de ramassage inférieur et d'un point de déchargement supérieur. Le rapport entre le niveau de remplissage maximum et la section de la vis est de 40 % pour les transporteurs à vis formant couloir et peut atteindre 80 % pour les transporteurs à vis formant tuyau.

Le rendement maximum d'un transporteur à vis vertical est compris entre 1 000 et 1 200 t/h. Il est techniquement possible d'augmenter les performances, mais les coûts sont très élevés.

Figure 3. 52 : Schéma d'un transporteur à vis formant couloir
[17, UBA, 2001] with reference to VDI 3971

Application : les transporteurs à vis sont spécialement conçus pour le transport des matières très poussiéreuses, par exemple la poudre d'oxyde d'aluminium, le ciment, les céréales, le gypse, les engrais, le charbon, la chaux et les phosphates.

Les transporteurs à vis sont également adaptés aux produits dérivés animaux et à la pulpe de betterave à sucre à des débits pouvant atteindre 900 tonnes par heure avec des diamètres maximaux de 2 mètres.

Les transporteurs à vis sont utilisés pour le transport de matières dans la gamme allant des matières contenant des particules poudreuses et fines aux matières grumeleuses en vrac sur des distances relativement courtes (40 m maximum). Ils ne sont pas adaptés aux matières abrasives, ni à celles ayant tendance à s'agglomérer sous forme de gâteau.

Ces dispositifs sont compacts et, en raison du dispositif de kick-in/kick-out, peuvent atteindre des zones difficiles d'accès, mais ils ne conviennent pas aux navires ayant de petites cales.

En raison de sa polyvalence, le transporteur à vis est utilisé dans de nombreux domaines.

Émissions : les transporteurs à vis verticaux sont toujours fermés, tandis que les transporteurs horizontaux peuvent être ouverts ou fermés. Dans tous les cas, des émissions de poussières se produisent au niveau des points où les matières sont ramassées et déchargées, sauf si les points de transfert sont fermés.

Effets de réponse croisés : la consommation d'énergie est relativement élevée en raison la forte énergie motrice de la vis.

Installation type : Stadtwerke Flensburg ; Port of Borugas Ltd., Bulgarie ; Kingsnorth Power Station, Angleterre ; Calibra S.A. Lisbonne, Portugal.

3.4.2.18. Transporteurs pneumatiques sous pression

Description : les transporteurs pneumatiques sont principalement utilisés pour le transport sans poussière dans des systèmes fermés. Le principe d'un transporteur pneumatique sous pression est identique à celui d'un processeur pneumatique à aspiration, décrit à la section 3.4.2.5, à l'exception de l'emplacement du compresseur, situé dans ce cas au début du système de déchargement.

Les matières transportées sont introduites dans les canalisations du transporteur par l'intermédiaire d'un distributeur (secteur de roue à alvéoles, vis ou trémie d'alimentation) par effet d'injecteur. Les canalisations du transporteur sont mises en surpression. Les étapes suivantes du procédé sont identiques à celles des transporteurs pneumatiques à aspiration (voir section 3.4.2.5).

Feed installation (e.g. hopper)	Distributeur (par exemple, trémie)
Diverter gate	Secteur du dérouteur
Conveyor pipe	Tuyau de transport
Curver	Courbure
Separator and silo	Séparateur et silo
Filter	Filtre
Compressor	Compresseur
Sound absorver	Amortisseur de bruit
Cell wheel gate	Secteur avec roue à alvéoles
Good	Matières
Mixture	Mélange
Line to lead back the conveyor air	Ligne pour renvoyer l'air du transporteur

Figure 3. 53 : Principe de fonctionnement d'un transporteur pneumatique sous pression
[17, UBA, 2001] with reference to Pfeifer, 1989

Applicabilité : les transporteurs pneumatiques sous pression sont adaptés aux matières en vrac cristallines à fines particules, comme le ciment, la chaux ou le gypse et sont utilisés, par exemple, pour le déchargement de camions-silos.

Émissions : les systèmes de transport fermés utilisant un arrière-évent ne produisent presque pas d'émissions de poussières. Les systèmes dépourvus d'arrière-évent produisent quelques émissions. Le ramassage des matières peut être la seule étape concernée par les poussières du procédé.

Les transporteurs pneumatiques sous pression, comme tous les transporteurs sous pression, ont une consommation d'énergie élevée.

3.4.2.19. Distributeurs

Description : les points de distribution et de déchargement sont les points où se produisent le plus d'émissions de poussières dans les systèmes de transport continu. Voici quelques exemples de distributeurs :

Distributeurs à courroie
Les distributeurs à courroie sont des trémies rectangulaires. Les matières en vrac tombent depuis l'unité de stockage au-dessus de la trémie dans le système de transport situé derrière celle-ci. Ces trémies peuvent être fermées et équipées, en option, de systèmes d'aspiration ou d'arrosage.

Dispositifs d'alimentation à cylindres
Les dispositifs d'alimentation à cylindres sont des ouvertures dans des trémies ou des silos. Les matières sont distribuées sur un cylindre rotatif. Le cylindre transporte les matières jusqu'à un système de transport situé derrière. La vitesse d'alimentation varie selon la vitesse de rotation du cylindre.

Distributeurs à vis

Les distributeurs à vis sont des transporteurs à vis classiques. La rotation de la vis du transporteur dans un couloir transporte les matières de façon contrôlée depuis une ouverture d'alimentation longitudinale jusqu'au système de transport ou de stockage situé derrière.

Déchargeurs à plateau mobile
Les déchargeurs à plateau mobile sont utilisés pour l'alimentation des trémies ou silos. Les matières glissent sur une embase biseautée depuis le système de stockage dans une fente de déchargement. Un chariot de déchargement se déplace le long de l'ouverture en fente. Au niveau du chariot de déchargement, un plateau mobile à godets est fixé et transfère les matières de la sortie à fente jusqu'à l'installation de transport située derrière.

Distributeurs rotatifs
Les distributeurs rotatifs sont également utilisés pour alimenter les courroies de transport en matières depuis des trémies ou des silos. Le déchargement est effectué par des cellules. Les cellules avec lamelles sur un axe rotatif sont logées dans une sorte de cylindre doté d'ouvertures dans la partie supérieure et inférieure ; ces ouvertures sont scellées au silo ou à la trémie, ainsi qu'au système de transport situé derrière.

Belt feeder	Distributeur à courroie
Roll feeder	Dispositif d'alimentation à cylindres
Screw feeder	Distributeur à vis
Rotation wheel disclaimer	Déchargeur à plateau mobile
Rotating feeder	Distributeur rotatif

Figure 3. 54 : Distributeurs
[91, Meyer and Eickelpasch, 1999] [17, UBA, 2001] with reference to DIN 15201 part 2

Émissions : les émissions de poussières concernent en particulier les distributeurs qui ne sont pas fermés. Un débordement peut se produire si le distributeur n'est pas adapté au stockage ou au système de transport, par exemple si la vitesse d'alimentation est trop élevée.

3.4.3. Transport et manipulation des matières conditionnées

Voir Section 3.2.5 – Transport et manipulation des matières conditionnées.

4. TECHNIQUES À PRENDRE EN CONSIDÉRATION POUR LA DÉTERMINATION DES MTD

4.1. Stockage des liquides et des gaz liquéfiés

Le chapitre 3 décrit les différents modes de stockage des liquides et des gaz liquéfiés, identifie les sources d'émissions potentielles de chaque type de stockage et leur attribue une cote. L'attribution d'une cote aux sources d'émissions est un moyen simple et fiable d'identification des sources d'émissions les plus importantes ; ces cotes n'ont cependant qu'une valeur relative et ne doivent être prises en compte que pour chaque mode de stockage. Les sources d'émissions potentielles ayant obtenu une cote supérieure ou égale à 3 sont étudiées dans le présent chapitre.

L'annexe 8.9 « Cartes de cote MLE pour le stockage des liquides et des gaz liquéfiés » présente les cartes de cote MLE (mesures de limitation des émissions) préparées pour chaque mode de stockage. Chaque carte de cote donne des informations sur les MLE généralement mises en place pour les émissions gazeuses et/ou liquides et/ou les déchets. Les cartes indiquent également la cote des émissions de chaque source d'émissions potentielles.

L'annexe 8.9 étudie et évalue les MLE applicables aux émissions opérationnelles de quatorze types de modes de stockage. Le présent chapitre présente les différentes MLE applicables à tout ou partie des modes de stockage. L'évaluation de chaque MLE présentée comprend, dans la mesure du possible, les éléments suivants :

• description
• bénéfice environnemental obtenu
• efficacité opérationnelle
• applicabilité
• sécurité
• énergie/déchets/réponse croisée et
• aspects économiques

4.1.1. Méthodologie d'évaluation des MLE pour le stockage des liquides et des gaz liquéfiés

Description : la TETSP (Technical European Tank Storage Platform : plate-forme technologique européenne sur le stockage en réservoir) a défini une méthodologie pratique pour évaluer les MLE décrites dans le présent chapitre afin de déterminer les MLE, ou les combinaisons de MLE, les plus efficaces pour le stockage des liquides et des gaz liquéfiés dans une situation donnée. Cette méthodologie repose sur une approche fondée sur l'analyse des risques pour la sélection et la qualification des points d'émission (voir chapitre 3), suivie par la définition de la MLE. La TETSP a mis au point cet outil car, de son point de vue, le BREF reconnaît que presque tous les réservoirs sont différents du fait de leur conception, de leur emplacement et du produit stocké, etc. et qu'il est donc pratiquement impossible de définir une MTD générale pour un certain type de réservoir.

La MLE peut indiquer des techniques et/ou des mesures opérationnelles et/ou de gestion. Ces mesures ne se limitent pas à des techniques en fin de canalisation accompagnées des émissions réalisables et des coûts, mais englobent également des de mesures de type procédures d'exploitation, formation adéquate et procédures de maintenance fiables.

La méthodologie est fondée sur une matrice d'évaluation qui est utilisée avec les informations relatives aux modes de stockage spécifiques et à leurs principales sources d'émissions. La matrice d'évaluation utilise un système de cotation afin de déterminer la MLE la plus performante. La cote prend en compte :

• la réduction potentielle des émissions ou « l'efficacité de la limitation des émissions » de la MLE étudiée. Le système de cotation de la réduction potentielle des émissions pour la MLE étudiée dépend du réservoir de stockage. Les facteurs de pondération de la réduction potentielle des émissions dépendent des propriétés du

produit stocké, ainsi que de facteurs propres au site (habitations à proximité), etc. et doivent être adoptés dès le départ par l'opérateur et le rédacteur du permis
• les « caractéristiques opérationnelles » de la MLE, notamment l'efficacité opérationnelle, l'applicabilité, la sécurité et les questions relatives à énergie/déchets/réponse croisée de la MLE, comme indiqué dans le présent chapitre
• les aspects économiques de la MLE, notamment le coût d'installation de la MLE, ainsi que les coûts d'exploitation.

La matrice d'évaluation pour un réservoir à toit flottant externe est donnée en exemple à l'annexe 8.12 ; l'annexe 8.11 explique en détail le mode d'utilisation de la matrice d'évaluation.

Pour évaluer les sources d'émission, des cotes sont attribuées en fonction de la fréquence et du volume des émissions dues à un type de réservoir donné ; on obtient ainsi les cartes de cote MLE présentées à l'annexe 8.9 pour chaque type de réservoir étudié dans le présent document. Dans la mesure où ces cotes ne servent qu'à indiquer les différences d'émission au sein d'un même mode de stockage, leur valeur n'est que relative. Par exemple, une cote de 3 pour un réservoir à toit flottant externe ne peut être comparée à une cote de 3 pour un réservoir à toit fixe. Les mesures de limitation des émissions correspondantes (c'est-à-dire dont la cote est supérieure ou égale à 3) sont ensuite placées dans la matrice d'évaluation.

Les cartes de cote des MLE sont établies indépendamment du produit stocké. En effet, lors de la comparaison des sources d'émission dans l'air dues à un type de réservoir donné visant à définir les sources principales, le type de produit n'a aucune influence sur la cotation relative des sources.

L'annexe 8.13 donne les exemples suivants :

- Stockage de 100 000 m^3 de pétrole brut dans un réservoir à toit flottant externe (RTFE) ; annexe 8.13.1
- Stockage de 10 000 m^3 de pétrole (pas d'essence) dans un réservoir à toit fixe (RTF) dans deux conditions d'exploitation différentes ; annexes 8.13.2 et 8.13.3
- Stockage de 1 000 m^3 d'acrylonitrile dans un réservoir à toit fixe ; annexe 8.13.4
- Stockage de 100 m^3 d'acrylonitrile dans un réservoir à toit fixe ; annexe 8.13.5

Les études de cas concernent le stockage d'un produit dans un réservoir « autonome » unique. Néanmoins, on utilise souvent plusieurs réservoirs pour le même produit. Dans ce cas, l'économie d'échelle résultant de la mise en œuvre d'une MLE pourrait devenir un critère prépondérant pour l'évaluation des coûts. Par exemple, si l'on ne prend en compte qu'un seul réservoir, la MTD peut être l'installation d'un réservoir flottant interne ; en revanche, si l'on utilise 10 réservoirs pour le même produit, alors il peut être plus économique d'utiliser un certain type de traitement de la vapeur comme MTD.

L'annexe 8.11, qui concerne l'utilisation des matrices d'évaluation, montre qu'il s'agit d'une approche itérative jusqu'à ce que la combinaison de MLE donnant la cote globale la plus élevée réponde aux critères de la MTD. Si aucune combinaison de MLE ne répond aux critères de la MTD ou à toute législation locale plus stricte, le processus doit être relancé en modifiant les données de base, notamment en réduisant l'inventaire à stocker ou en changeant de mode de stockage.

Applicabilité : dans le présent document BREF, la méthodologie de la matrice d'évaluation a été mise au point de façon à fournir au rédacteur du permis un outil permettant d'identifier les MLE répondant aux critères de la MTD dans chaque cas précis. Il s'agit de l'utilisation la plus appropriée de la méthodologie, le produit étant déjà connu, de même que les conditions propres au site.

D'autres groupes de travail technique devraient pouvoir suivre cette méthodologie pour déterminer ce qu'il convient de considérer comme une MTD pour les activités de stockage dans un secteur industriel donné, en dépit de l'impact de la prise en compte des conditions propres au site.

La méthode peut être utilisée pour l'évaluation des MLE sur un réservoir unique ou pour plusieurs réservoirs similaires ; elle peut être appliquée aux installations de stockage nouvelles et existantes.

Néanmoins, plusieurs États membres ont fait part de leurs inquiétudes sur l'utilisation de cette méthode dans les processus d'autorisation pour les raisons suivantes :

- la méthodologie n'a pas encore été testée dans des pratiques de processus d'autorisation à un niveau administratif
- la méthodologie serait trop complexe pour les rédacteurs de permis
- cette approche remettrait la décision finale sur la MTD à utiliser eux responsables locaux
- les documents BREF devraient décrire en détail les MTD ; des mesures spécifiques sont donc préférées
- la prise en compte par la méthode du nombre de réservoirs responsables d'émissions de vapeurs dans une installation doit être éclaircie

4.1.2. Généralités sur les MLE applicables aux réservoirs

4.1.2.1. Conception du réservoir

Description : la conception d'une nouvelle installation de stockage ou la modification d'une installation existante pour une substance ou une préparation donnée comprend plusieurs étapes. Les premières étapes consistent à envisager tous les modes de stockage et à éliminer les modes inacceptables. Cette élimination doit s'effectuer par l'étude minutieuse des propriétés physiques et dangereuses importantes de la substance, de la quantité de substances à stocker, ainsi que des modes d'exploitation du réservoir.

L'étape suivante consiste à analyser la MLE adaptée aux modes de stockage sélectionnés pour permettre l'identification des techniques disponibles permettant de respecter les critères de la MTD. Lorsqu'aucune combinaison de MLE ne répond aux critères de la MTD, il convient de relancer le processus en modifiant les données de base, notamment en réduisant l'inventaire à stocker ou en changeant de mode de stockage.

Parmi les facteurs à prendre en compte lors de la conception, on peut citer :

- les propriétés physico-chimiques de la substance à stocker
- le mode d'exploitation du stockage, le niveau d'instrumentation nécessaire, le nombre d'opérateurs requis et la charge de travail de chacun
- le mode de communication aux opérateurs de toute déviation des conditions normales d'utilisation (alarmes)
- le mode de protection du stockage contre les déviations des conditions normales d'utilisation (consignes de sécurité, systèmes de verrouillage, clapets de décharge, détection et confinement des fuites, etc.)
- l'équipement à installer en s'appuyant sur l'expérience passée du produit (matériaux de construction, qualité des soupapes, types de pompes, etc.)
- les plans de maintenance et d'inspection à mettre en œuvre et la simplification du travail de maintenance et d'inspection (accès, agencement, etc.)
- mode de gestion des situations d'urgence (éloignement des autres réservoirs, installations et à limite du site, protection contre l'incendie, accès aux services d'urgence, notamment sapeurs-pompiers, etc.).

Pour plus d'informations sur la conception d'un réservoir de stockage de produit dans une usine de produits chimiques, reportez-vous à l'annexe 8.19.

Littérature de référence : [113, TETSP, 2001] [176, EIPPCB Ineke Jansen, 2004]

4.1.2.2. Inspection, entretien et surveillance

Les réglementations nationales définissent différentes approches de réalisation du travail d'inspection, notamment :

Surveillance officielle

Description : la surveillance officielle est, en principe, limitée aux activités de contrôle général et comprend :

- le contrôle interne de la société (contrôle par l'opérateur)
- la surveillance supplémentaire par des experts officiellement reconnus (tiers indépendants)

La surveillance officielle a pour objectif principal de s'assurer que :

- le contrôle par l'opérateur et la surveillance par les experts sont correctement réalisés
- toute défaillance identifiée lors de ces activités est corrigée
- toute détérioration ne pouvant être évitée est détectée avec rapidité et fiabilité au niveau interne de la société et que les personnes concernées, notamment les autorités, sont informées immédiatement par l'opérateur et que les mesures correctives nécessaires sont appliquées par l'opérateur

La surveillance officielle comprend donc les tâches suivantes :

- évaluation des installations dans le cadre des obligations légales des opérateurs en matière d'autorisation et de notification
- tenue à jour d'un registre d'installation pour l'enregistrement des installations et les rapports d'inspection transmis par les experts nommés
- stipulation et application des dispositions régissant la reconnaissance des experts
- stipulation des principaux repères en matière de contrôle interne par l'opérateur
- stipulation des principaux repères en matière de surveillance par les experts
- vérification de la remédiation correcte de toute défaillance identifiée par les experts nommés
- établissement d'instructions officielles, si nécessaire
- vérifications aléatoires des sociétés dans le cadre des inspections officielles réalisées selon un programme d'inspection pratique, en matière, notamment, de gestion de l'environnement et de contrôle efficace des installations par l'opérateur
- stipulation des principales conditions requises en matière de déclaration et de gestion des incidents ou des accidents provoquant des dommages

Surveillance par des experts

Description : la surveillance par des experts officiellement reconnus comprend en général une inspection indépendante de premier niveau ; il s'agit d'une activité de contrôle technique détaillé fondé sur :

- les propres investigations et vérifications des experts
- les données et la documentation fournies par les opérateurs, par les autorités ou par tout autre organisme compétent
- les mesures garantissant la qualité des activités des experts
• les stipulations effectuées par les autorités

L'objectif principal est de s'assurer que :

- l'installation et ses composants ont été correctement fabriqués et bâtis
- l'installation et ses composants sont maintenus en bon état
- les défaillances éventuelles sont identifiées

La surveillance des experts comprend donc les tâches suivantes :

- évaluation initiale de la conformité de l'installation et de ses composants
- évaluation de la conformité du travail d'édification réalisé
- évaluation répétée et régulière de la conformité de l'installation et de ses composants conformément aux stipulations définies par les autorités
- évaluation des mesures de réparation éventuelles
- évaluation des mesures d'organisation prises par l'opérateur

L'évaluation de la conformité de l'installation et de ses composants concerne en particulier les pièces entrant directement en contact avec les substances stockées (par ex., conteneurs, canalisation, accessoires, garnitures de joint, pompes), ainsi que les dispositifs de sécurité (indicateurs de fuite, dispositifs de protection contre les débordements, zones de confinement) et les mesures techniques de précaution (par ex., surfaces scellées en cas d'opérations de remplissage).

Contrôle interne de la société (contrôle effectué par l'opérateur)

Description : conformément à la responsabilité de l'opérateur, le contrôle effectué par l'opérateur est la forme de surveillance des installations de stockage la plus intensive d'un point de vue technique et qui demande le plus de temps. La surveillance par des experts et la surveillance officielle sont complémentaires.

Le contrôle par l'opérateur est basé sur :

- la conception, l'agencement et l'évaluation des installations concernées
- la tenue d'un registre des installations
- des instructions d'exploitation et des règles de vérification à jour, notamment des avertissements de service, des alarmes et des plans d'actions, ainsi que des auxiliaires appropriés en cas d'incidents ou d'accidents entraînant des dommages

L'objectif principal du contrôle effectué par l'opérateur est de s'assurer de :

- la sécurité permanente des installations et le respect des normes applicables
- la détection rapide et fiable des irrégularités et perturbations fiabilité
- la détection rapide et fiable des dégagements de substances dangereuses, ainsi que l'application de mesures efficaces en cas de détérioration ne pouvant être évitée, de façon à exclure tout effet nocif sur l'environnement

Le contrôle effectué par l'opérateur peut donc comprendre les tâches suivantes :

- enregistrement des installations dans un registre mis à jour au cas par cas
- réalisation d'une vérification de sécurité initiale, si celle-ci n'a pas encore été effectuée, et surtout identification des composants de l'installation pouvant présenter un risque particulier (analyse des points faibles), notamment les éléments de jonction, les pompes, les accessoires, les dispositifs de remplissage et de vidange
- préparation et mise à jour des modes d'emploi, des plans de vérification et des programmes de mesure pour la surveillance et l'entretien continus tout en tenant compte des résultats de l'analyse des points faibles
- mise en œuvre du contrôle par l'opérateur en fonction du calendrier
- documentation des résultats
- déclaration aux autorités, le cas échéant
- enregistrement et documentation continus des dérogations par rapport au fonctionnement de l'installation en fonction de l'objectif visé
- correction immédiate des défaillances identifiées
- nomination supplémentaire d'experts officiellement reconnus dans le délai imparti, si les autorités l'exigent
- déclaration immédiate à toutes les parties concernées, notamment les autorités, en cas de dommage et mise en œuvre des mesures correctives nécessaires

4.1.2.2.1. Maintenance fondée sur les risques et la fiabilité (RRM)

La tendance actuelle de l'industrie mondiale à préférer la maintenance conditionnelle à la maintenance temporelle se traduit par l'utilisation d'outils fondés sur l'évaluation des risques pour optimiser les activités d'entretien et d'inspection. Ces outils ont déjà été utilisés avec succès sur les équipements statiques de raffinerie, par exemple les installations, les échangeurs thermiques, les réservoirs sous pression, les canalisations, etc. Il a été récemment démontré que ces outils étaient également applicables à la maintenance globale des réservoirs de stockage traditionnels.

La révision 2003 de l'EEMUA 159 (voir référence [166, EEMUA, 2003]) donne des informations détaillées sur l'utilisation de la méthode RRM et de ses méthodologies sous-jacentes dans la philosophie globale de la maintenance des réservoirs. L'approche RRM, décrite dans la présente section, est un outil permettant de déterminer des plans de maintenance proactive et de développer des plans d'inspection basés sur l'analyse du risque. Elle repose sur deux méthodologies sous-jacentes : l'inspection basée sur la criticité (IBC) et la maintenance basée sur la fiabilité (MBF).

Le système d'inspection peut concerner les domaines suivants :

- enregistrements des données du réservoir
- analyse de l'entretien du réservoir (la probabilité d'une défaillance du réservoir et les conséquences d'une telle défaillance doivent être établies ; une évaluation des risques doit être effectuée de façon à mettre en correspondance la fréquence d'inspection et les risques)
- planification

- calendrier de responsabilité
- exécution
- examen

L'inspection de réservoirs de stockage d'ammoniaque anhydre entièrement réfrigérés doit faire un compromis entre la nécessité de connaître l'état des réservoirs et les effets négatifs de l'ouverture des réservoirs en vue de l'inspection, qui va provoquer une tension thermique et la pénétration d'oxygène. La nécessité de l'inspection, ainsi que la méthode, le type et la portée de l'inspection, doivent donc être évalués par rapport aux risques et aux conséquences d'une défaillance. Du fait de l'application de l'IBC, ces facteurs peuvent être pris en compte et le programme d'inspection peut être établi pour chaque réservoir. L'IBC n'est qu'un élément d'une stratégie d'inspection globale pour chaque réservoir ; l'application de l'IBC à un réservoir d'ammoniaque nécessite l'évaluation des éléments suivants :

Probabilité d'une défaillance

- expérience d'exploitation
- contrainte supplémentaire, interne et externe (dépôt, neige ou similaire)
- propriétés de fuite avant rupture
- raccords de conduite
- corrosion fissurante sous tension
- autres phénomènes de dégradation des matériaux
- propriétés de tôle et de matériau soudé
- contrôle avant la mise en service
- réparations
- procédure de mise en service et de remise en service (purge inerte, vitesse de refroidissement)

Conséquences d'une défaillance

- réservoir paroi simple/paroi double
- sécurité externe supplémentaire (merlon de protection ou enceinte)
- emplacement du réservoir

Le grenaillage et la protection cathodique ne sont pas des techniques avérées pour les réservoirs d'ammoniaque à basse température ; elles sont donc exclues de l'évaluation de l'IBC.

4.1.2.2.2. Inspections en service et hors service

On distingue les inspections normales en service et les inspections normales hors service. Pour une inspection en service, il peut être suffisant de faire le tour du réservoir en utilisant une liste de contrôle (voir codes internationaux, par ex., API RP 575, Annexe C). Une inspection hors service est une inspection détaillée de la structure complète du réservoir à l'aide d'une liste de contrôle standard (voir codes internationaux, par ex., API RP 575, Annexe C). (EEMUA N° 183, 1999) ; elle est décrite ci-après.

Les inspections sont généralement classées selon leur degré de détail, par exemple :

- inspections de routine
- inspections externes en service
- inspections internes hors service

Quel que soit le type d'inspection, une attention particulière doit être apportée aux zones présentant un risque élevé de fuite en raison de la charge de stockage ou du type de construction du réservoir. Par exemple, il convient de vérifier la pénétration d'humidité dans le garnissage des réservoirs isolés qui peut accroître le risque de corrosion du réservoir.

Inspections de routine

Description : le personnel d'exploitation effectue des inspections fréquentes des réservoirs sous leur responsabilité. Ils doivent être attentifs à tout signe de détérioration ou de changement du réservoir ou de son châssis, en particulier tout signe de fuite ou indications de surpression ou de sous-pression et de dysfonctionnement d'un équipement auxiliaire, comme les tuyaux d'évacuation ou les échelles à crochets.

Normalement, un système permet à l'opérateur de noter ces observations et de les transmettre à l'ingénieur d'inspection en vue d'une évaluation ultérieure.

Les observations fréquentes permettent généralement de détecter un changement brutal d'état, mais plus difficilement des changements lents ; elles risquent également de ne pas remarquer un état devenu pratique accepté. Les effets de conditions à évolution lente sont plus facilement détectés lors d'un examen d'inspection dédié.

Inspections en service

Description : l'inspection en service d'un réservoir comprend l'examen de l'historique d'exploitation et d'inspection du réservoir, suivi d'une visite du mur de protection du réservoir, puis du tampon du réservoir avant de monter sur le toit par les escaliers pour inspecter le toit. Les inspections sont généralement organisées et menées par l'ingénieur d'inspection du site, mais il peut être utile que participent également des groupes d'employés de la maintenance du site et d'exploitation.

Pendant l'inspection en service, le réservoir et les accessoires sont examinés afin de détecter tout signe de détérioration ou de changement depuis la précédente inspection. De telles inspections identifient les problèmes potentiels avant leur aggravation, ainsi que le travail de maintenance à effectuer rapidement pour éviter un travail plus important par la suite. L'inspection a également pour objectif de détecter les éléments de sécurité défectueux, comme des aérations ou des évacuations bouchées, des escaliers défectueux ou des merlons de protection fissurés. Une inspection correcte permet de détecter une fuite dans la robe du réservoir et d'évaluer son importance. Les changements de l'état de la peinture peuvent être observés et notés.

En général, l'inspection comprend également un examen du merlon de protection et de tout équipement à l'intérieur du merlon du réservoir inspecté, ainsi que la structure principale du réservoir, tous les tuyaux de raccordement, pompes et soupapes, etc. Pour prévenir les accidents, la sécurité des moyens d'accès au réservoir doit être contrôlée. Le toit du réservoir doit être inspecté, notamment les soudures d'étanchéité du toit, les évacuations, les clapets de décharge/soupapes de décompression, les échelles à crochets, etc. L'état de la robe et des revêtements du toit doit être également évalué.

Sur de nombreux sites, l'inspection, qui concerne un très grand nombre de réservoirs, peut se révéler routinière et fastidieuse. Pour remédier à tout problème lié à cette situation, il est conseillé de suivre une liste de contrôle afin de garantir l'inspection de toutes les fonctions pertinentes. La publication 159 de l'EEMUA donne un exemple de liste de contrôle accompagné d'explications.

Selon l'état visuel du réservoir et l'historique des inspections, l'inspection de routine peut être suivie d'un jaugeage ultrasonique de l'épaisseur de la robe du réservoir et de l'examen par émission acoustique de la sole du réservoir. Ces deux techniques peuvent être utilisées lors d'une inspection de réservoir en service si des précautions adaptées sont prises.

Le jaugeage des canalisations auxiliaires peut être également effectué. Les systèmes de protection cathodique peuvent être également contrôlés. Dans la pratique courante, il convient d'obtenir une confirmation écrite de la vérification et du bon fonctionnement de tous les instruments associés au réservoir.

Certaines techniques d'inspection sont réservées aux inspections internes depuis l'extérieur, notamment l'émission acoustique et les mesures LORUS (long range ultrasonic measurements on annular plates : mesures par ultrasons à longue distance sur plaques annulaires). Ces techniques, si elles n'indiquent pas l'épaisseur réelle des plaques de fond, peuvent être utilisées pour identifier au sein d'un groupe de réservoirs stockant les mêmes produits, l'ordre de priorité en matière de maintenance.

Pour le stockage à basse température (ammoniaque), la technique d'inspection non intrusive utilisée pour l'inspection interne afin de vérifier la corrosion fissurante sous tension doit être effectuée à -33 °C.

Inspections internes hors service

Description : l'inspection hors service est le moyen idéal pour confirmer que le réservoir est bon pour le service pendant un délai calculé. Elle évalue l'état du réservoir et des accessoires en mesurant leur comportement en service depuis la précédente inspection hors service ; elle identifie le travail nécessaire pour remettre le réservoir

en bon état. Elle confirme que le réservoir peut être remis en service en toute sécurité et prévoit le délai pendant lequel le réservoir peut rester en service avant le prochain arrêt nécessaire.

Un arrêt majeur, après isolation, dégazage et nettoyage du réservoir en vue de l'inspection et de la maintenance, représente un travail considérable pour un site et doit être programmé avec soin pour éviter toute interruption indésirable des opérations et des dépenses superflues. La publication 159 de l'EEMUA décrit une approche basée sur l'analyse du risque pour le développement de plans d'inspection. L'intervalle entre les inspections pour un réservoir donné prend normalement en considération :

- les réglementations obligatoires pertinentes
- l'expérience de la société et du secteur industriel pour ce type de réservoir
- les conditions d'exploitation du réservoir
- l'historique d'inspection et d'exploitation du réservoir

Après l'ouverture, le dégazage et le nettoyage du réservoir, il est possible de pénétrer à l'intérieur et d'inspecter la robe, le toit, la sole et les systèmes de drainage internes, etc. L'inspection visuelle de l'intérieur de la robe et du toit permet de mieux détecter toute détérioration locale que pendant un examen externe. Il convient de prêter une attention toute particulière aux petites pièces ou zones de corrosion profonde ou de piqûres de corrosion de la robe, en particulier s'il s'agit de rayures verticales ou de corrosion pouvant s'étendre et se transformer en rayure.

L'examen physique de la sole n'est possible que si lorsque le réservoir est propre et vide. Un examen visuel peut être complété par le balayage de la sole en utilisant une fuite centrale de flux magnétique ou un dispositif à ultrasons. Ces deux méthodes donnent des informations sur le dos de la sole. L'ancienne pratique courante consistant à découper des plaques de la sole, afin d'évaluer l'état du dos de la sole n'est plus utilisée par la plupart des sociétés. Les nouveaux outils d'inspection ont rendu cette technique, qui présentait, en outre, des risques inutiles, obsolète.

Un examen visuel permet de confirmer la validité de tout diagnostic effectué lors de l'examen par émission acoustique. Les observations et les conclusions issues d'une inspection hors service sont généralement enregistrées de façon plus précise dans un fichier historique propre au réservoir. Ce dossier donne les informations nécessaires pour la détermination du temps de service par des principes RRM qui détermine la prochaine inspection majeure.

Efficacité opérationnelle : types d'inspection directement liés aux types de stockage. Les inspections externes de la robe ne présentent aucune difficulté. Les inspections de la sole d'un stockage vertical sont généralement réalisées lorsque le réservoir est hors service et uniquement par le dessus. Les publications 159/183, etc., de l'EEMUA présentent différents types de modes d'inspection.

Applicabilité : le principe d'inspection/maintenance est applicable à tous les types de stockage.

Sécurité : elle dépend du type de produit, du mode de stockage et du type des travaux d'inspection/maintenance. La pénétration sur, sous et dans les toits flottants doit être strictement contrôlée et des mesures de précaution supplémentaires doivent être prises pour éviter tout accident.

Énergie/déchets/réponse croisée : le drainage, le nettoyage et le grenaillage du réservoir génèrent des déchets. L'ouverture de réservoirs de stockage d'ammoniaque entièrement réfrigérés, en vue d'une inspection, peut accroître le risque de « corrosion fissurante sous tension ».

Aspects économiques : les coûts associés sont modérés à élevés à quelques exceptions près (par ex., inspection visuelle).

Littérature de référence : [86, EEMUA, 1999] [175, TWG, 2003]

4.1.2.2.3. Surveillance

Description : la surveillance des émissions diffuses dans l'air et des fuites peut s'effectuer dans le cadre des inspections. La surveillance des fuites est décrite à la section 4.1.6.1.7.

Les émissions dans l'air provenant des réservoirs de stockage et des opérations de chargement/déchargement sont généralement calculées à partir de facteurs d'émission générale. Les méthodes de calcul sont publiées par

l'API, l'US EPA et le CEFIC/ECVM (conseil européen des fabricants de vinyle). Pour mesurer les émissions dans l'air, la technique DIAL (Differential Infrared Absorption Laser : mesure lidar par absorption différentielle) peut être utilisée.

La technique DIAL est couramment utilisée en Suède pour la surveillance des émissions de COV dues aux réservoirs de stockage des hydrocarbures dans des raffineries et des terminaux pétroliers. Les résultats en Suède montrent que les émissions calculées sous-estiment largement les valeurs mesurées des émissions mesurées d'un facteur de 2 à 5. En revanche, la référence [16, Concawe, 1995] indique que les différences entre les calculs et les mesures sont de l'ordre de 10 %.

Applicabilité : les méthodes de calcul sont couramment utilisées. La technique DIAL n'est pas fréquemment utilisée car en Europe il n'existe qu'un nombre limité d'installations DIAL capables de détecter un large spectre d'hydrocarbures.

Aspects économiques : les méthodes de calcul sont peu coûteuses. La technique DIAL est, en revanche, très onéreuse (environ 100 000 euros/semaine) en raison de sa complexité.

Littérature de référence : [16, Concawe, 1995] [178, Länsstyrelsen Västra Götaland, 2003] [158, EIPPCB, 2002]

4.1.2.2.4. Techniques de détection des gaz

Description : outre les techniques d'inspection générale, une détection des fuites de gaz peut être effectuée à l'aide de systèmes de détection de gaz (manuellement à l'aide de « renifleurs », des tubes Dräger, par exemple, ou automatiquement). Les systèmes de détection de gaz n'empêchent pas les fuites, mais constituent un dispositif de sécurité.

Les systèmes de détection des fuites de liquide sont décrits en détail à la section 4.1.6.1.7.

Efficacité opérationnelle : le principe de surveillance est applicable à tous les réservoirs de stockage.

Applicabilité : le principe de surveillance est applicable à tous les types de stockage.

Sécurité : dépend du type de produit, du mode de stockage et du type d'inspection.

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : les coûts associés à la surveillance sont très variables d'une technique à l'autre. L'inspection visuelle et l'utilisation de « renifleurs » sont les techniques les plus économiques.

4.1.2.3. Localisation et agencement

Description : la localisation et l'agencement d'une installation de stockage doivent être choisis avec soin. Les réservoirs peuvent être placés en surface ou entièrement ou partiellement enterrés. Chaque localisation présente des avantages et des inconvénients. Le stockage au niveau du sol, à ciel ouvert, permet de détecter et de confiner rapidement les fuites ; de plus, toute vapeur produite se dissipe par ventilation naturelle. Les examens, modifications et réparations sont plus faciles à effectuer et la corrosion peut être aisément identifiée et contrôlée. En revanche, les réservoirs entièrement ou partiellement enterrés sont mieux protégés contre l'incendie, sont moins encombrants et génèrent moins d'émissions dues à la respiration du réservoir.

Les réservoirs contenant des liquides ou des gaz liquéfiés inflammables doivent être placés dans un site bien ventilé, éloignés de la limite du site, des bâtiments occupés, des sources d'inflammation, des activités de chargement et de déchargement et des zones de procédé. Pour des raisons de sécurité, l'agencement réservoirs doit toujours prendre en considération l'accessibilité nécessaire aux services d'urgence.

L'isolement est un élément essentiel de la protection des réservoirs contenant des liquides ou des gaz liquéfiés inflammables. L'isolement permet non seulement de protéger les individus et les biens en cas d'incendie dans le réservoir, mais également de protéger le réservoir des incendies pouvant se déclarer à un autre endroit du site.

L'annexe 8.18 donne des exemples de distances appliquées pour le stockage de liquides inflammables dans des réservoirs, utilisées aux Pays-Bas et au RU.

Dans certaines des conditions énumérées ci-après, il peut être nécessaire d'augmenter les distances d'isolement ou de prévoir une protection supplémentaire contre l'incendie :

- en cas de problème avec l'alimentation locale en eau (incendie)
- lorsque le site est éloigné de toute aide extérieure
- lorsque le réservoir est proche d'une zone fortement peuplée

Pour le stockage de chlore liquide (sous pression ou basse pression) dans un réservoir aérien, il convient de respecter une distance de sécurité de 25 m entre le réservoir et les voies publiques ou les principales lignes de chemin de fer, afin d'écarter tout risque d'endommagement du réservoir en cas d'accident. La distance entre le réservoir et la limite de l'usine est de 10 m ; une distance suffisante entre le réservoir et les réservoirs de stockage adjacents est nécessaire pour faciliter l'accès aux cuves.

Au RU, la distance de séparation minimale recommandée entre tout réservoir enterré et toute limite de construction doit être d'au moins 2 m afin d'éviter l'affouillement des fondations des bâtiments ; il est conseillé de porter cette distance à 6 m pour une cave ou une cuvette afin de limiter le risque d'accumulation de vapeur. Aux Pays-Bas, la distance de 0,75 m entre un réservoir et un bâtiment est jugée suffisante et les distances recommandées entre deux réservoirs enterrés est d'au moins 1/3 du diamètre du réservoir le plus grand. Cet exemple montre les différentes approches entre les différents EM.

Littérature de référence : [18, UBA, 1999] [37, HSE, 1998] [1, CPR, 1993, 37, HSE, 1998] [50, EuroChlor, 1993, 51, EuroChlor, 1996]

4.1.3. MLE applicables aux émissions opérationnelles de gaz dues aux réservoirs

4.1.3.1. Principe de réduction maximale des émissions lors du stockage en réservoirs

Description : le principe de « réduction maximale des émissions dues au stockage en réservoirs » consiste à abaisser dans un délai donné toutes les émissions dues au stockage en réservoir, au transport et à la manipulation avant leur émission. Sont concernées les émissions suivantes dues aux activités opérationnelles normales et aux incidents :

- émissions dans l'air
- émissions dans le sol
- émissions dans l'eau
- consommation d'énergie
- déchets

Bénéfices environnementaux obtenus : les émissions opérationnelles persistantes dues aux réservoirs, ainsi qu'au transport et à la manipulation, sont négligeables. Il n'en est pas de même pour les émissions dues aux incidents et aux accidents (majeurs).

Efficacité opérationnelle : pour les émissions dans le sol, l'objectif est d'éviter toute nouvelle pollution et d'écarte tout risque environnemental lié aux pollutions existantes. Les pollutions existantes doivent être contrôlées ou éliminées pour prévenir toute dispersion supplémentaire. Pour éviter les émissions, des mesures d'organisation et des mesures techniques adaptées doivent être appliquées aux réservoirs présentant un risque potentiel en matière de nouvelles pollutions du sol.

Pour les émissions dans l'eau, l'objectif est de ne pas déverser d'eaux usées durables et de réduire l'utilisation d'eau. La prévention est prioritaire sur le traitement ultérieur et peut être mise en place comme suit :

- mesures techniques pour prévenir la génération d'eaux usées
- mesures d'organisation, formation du personnel, mise en œuvre d'un système de gestion de l'environnement
- mesures supplémentaires pour les substances problématiques

- création d'une capacité de stockage suffisante pour les produits extincteurs contaminés

Pour les déchets, l'objectif est d'abord de prévenir la production de déchets et de recycler ou de réutiliser les déchets produits. Pour ce faire, il convient de mettre en place des mesures d'organisation et d'optimiser les programmes de maintenance. Parmi les mesures techniques, on peut citer l'épuisement et le grenaillage des réservoirs.

Pour l'énergie, l'objectif est de réduire la consommation. Parmi les mesures envisageables, on peut citer l'utilisation d'équipement basse énergie, la réutilisation de la chaleur résiduelle, le partage des services publics et la formation adéquate du personnel. Néanmoins, l'utilisation de stations d'épuration des eaux usées ou d'installations de récupération des vapeurs risque d'accroître la consommation d'énergie.

Les aspects de sécurité peuvent parfois restreindre l'efficacité des mesures de prévention ou de limitation des émissions dans l'air applicables.
Applicabilité : le principe de « réduction maximale des émissions dues au stockage en réservoirs » a été mis au point pour les terminaux, mais est également applicable au stockage en réservoirs en général.

Énergie/déchets/réponse croisée : tous les milieux sont pris en considération.

Aspects économiques : dépendent en grande partie des mesures de prévention et de réduction actuellement à l'œuvre.

Littérature de référence : [159, DCMR/VOPAK, 2000]

4.1.3.2. Toits flottants

Description : les toits flottants sont installés sur des réservoirs à ciel ouvert, des bassins et des fosses pour empêcher l'émission de vapeurs et plus particulièrement d'odeurs dans l'atmosphère. La section 4.1.3.10 décrit les différents types de toits pouvant être installés sur les réservoirs à toit fixe vertical.

Pour les réservoirs à ciel ouvert, il existe différents types de toits flottants, notamment :

- gravier léger
- paille
- tourbe
- huile de colza
- granulés plastiques
- matelas isolants et feuille

Efficacité opérationnelle : l'inspection du dessous peut être difficile. La maintenance en fonctionnement n'est généralement pas possible.

Applicabilité : en dépit des résultats contradictoires de l'utilisation des toits flottants, leur efficacité relative est suffisante pour une utilisation sur les réservoirs de lisier. Les tests réalisés ont donné lieu aux observations suivantes :

Huile de colza
L'huile de colza (ou ses dérivés contenant des pourcentages élevés d'huile de colza) est très simple à utiliser et ne se mélange pas facilement au lisier. Elle est, en revanche, biodégradable, perd progressivement son intégrité de surface et augmente de façon importante les émissions de méthane. Les substances qui flottent bien et qui ne nécessitent pas un ajout annuel présentent l'inconvénient d'être soufflées et peuvent nécessiter un toit supplémentaire. Les minéraux de très faible densité absorbent l'eau, sont rapidement soufflés par le vent ou sont poussiéreux et désagréables à utiliser. Le polystyrène expansé en est un exemple (PSE).

Agrégat léger expansé d'argile (LECA)
Le LECA peut être utilisé avec les réservoirs et les fosses. Les granules de LECA sont plus lourds que le PSE. D'après certaines observations, le LECA a tendance à couler au fond du dépôt et doit donc être complété régulièrement. D'autres sources ne signalent pas cet inconvénient. En raison de la plus forte densité du LECA, l'ensemble de la couche ne flotte pas au-dessus de la surface du lisier. Le maintien en place et la répartition

homogène du LECA peuvent être difficiles à obtenir dans de grands réservoirs et de larges fosses ; il convient alors de le mélanger avec de l'eau ou de la boue et de le pomper à la surface.

La tourbe se mélange à la boue pendant la mise en suspension, se sature d'eau et doit être renouvelée après chaque mise en suspension. En revanche, la tourbe est un produit naturel qui ne pose aucun problème de déchet.

L'orifice de remplissage doit être très proche du fond du réservoir pour éviter le colmatage.

Sécurité : cette technique présente un risque potentiel d'accumulation de concentrations élevées de vapeurs dangereuses et nocives juste sous la surface.

Énergie/déchets/réponse croisée : l'objectif principal de la couverture du lisier est de réduire les odeurs, ce qui permet de réduire simultanément l'évaporation d'ammoniaque. D'autres effets dus à une réaction entre un toit flottant et les boues peuvent accroître les émissions de méthane (de 60 % environ avec l'huile de colza). Avec l'huile de colza, la surface peut produire une odeur forte et rance en raison de réactions anaérobies.

Aspects économiques : option de coût modéré à faible. Les coûts associés aux feuilles flottantes pour réservoirs à ciel ouvert d'un diamètre compris entre 15 et 30 m sont compris entre 15 et 36 euros/m² (année 1999). Les coûts associés au LECA sont de 225 à 375 euros par tonne (années 1999). Les coûts des autres toits flottants n'ont pas été communiqués.

Littérature de référence : [119, EIPPCB, 2001] [113, TETSP, 2001]

4.1.3.3. Toits flexibles ou toits respirants

Description : les réservoirs à ciel ouvert peuvent être recouverts de toits flexibles ou de toits respirants dotés d'un poteau central de soutènement et de rayons partant du haut. Une membrane en tissu est dépliée sur les rayons et resserrée par une entretoise périphérique. Un tuyau circulaire est situé à l'extérieur autour de la circonférence juste en dessous de la partie supérieure du stockage. Le toit est ajusté sur le stockage grâce à l'espacement régulier de bandes verticales entre l'entretoise périphérique et l'anneau de la tente.

Le poteau et les rayons sont conçus pour résister au vent et aux charges de neige. Des aérations sont prévues pour permettre l'évacuation des gaz qui s'accumulent sous le toit ; le toit est doté, en outre, d'une ouverture pour un tuyau d'arrivée et d'une vanne qui peut être ouverte pour inspecter le contenu du dépôt.

Bénéfices environnementaux obtenus : la couverture d'un dépôt de lisier permet d'obtenir une baisse des émissions d'ammoniaque comprise entre 80 et 90 %.

Efficacité opérationnelle : les toits respirants peuvent être installés, sans modification, sur des parcs existants en béton dont le diamètre est inférieur à 30 m, mais une étude technique préalable est recommandée.

Le stockage de lisier donne lieu à des émissions de H_2S pouvant entraîner une corrosion de la construction.

Applicabilité : d'après une enquête réalisée dans des fermes au RU, ce type de toit respirant peut être utilisé dans 50 à 70 % des parcs en acier existants et ne nécessite que de légères modifications, par exemple l'installation d'une baguette d'angle de raidissement autour de la périphérie du parc. Il est important de calculer la résistance requise de la construction au vent et aux charges de neige pour le parc et le parc avec le toit. Plus le diamètre est important, plus l'installation est difficile car le toit doit être tendu de façon homogène dans toutes les directions pour éviter une charge inégale.

Sécurité : le développement de gaz toxiques n'ayant pas nécessairement d'impact sur l'environnement peut se produire. Il doit être pris en compte pour des raisons de sécurité.

Énergie/déchets/réponse croisée : le développement de gaz sous les toits fermés (en plastique) est courant, d'où la nécessité de prévoir des aérations. Les gaz peuvent être utilisés dans une installation biogaz méthaniseur, mais le rendement et les aspects économiques dépendent surtout de facteurs tels que la production quotidienne de gaz, la distance jusqu'à l'installation biogaz et l'utilisation.

Aspects économiques : le coût déclaré des toits respirants pour des stockages d'un diamètre compris entre 15 et 30 m est d'environ 54 à 180 euros/m² (1999).

Fermes de référence dans l'UE : des utilisations ont été signalées au RU.

Littérature de référence: [119, EIPPCB, 2001]

4.1.3.4. Toits fixes/rigides

Description : un toit rigide est un toit en béton étanche ou un panneau de fibre de verre doté d'un plat-pont ou d'une forme conique. Il recouvre complètement la surface du produit et empêche la pénétration de pluie et de neige. Si le toit est en matériau plus léger, la portée peut être supérieure à celle des toits en béton et être supérieure à 25 m ; on peut prévoir un support central. L'utilisation de toits rigides permet d'effectuer la récupération et le traitement des émissions ; voir section 4.1.3.15.

Bénéfices environnementaux obtenus : pour le stockage du lisier, l'effet sur les émissions n'est pas clair. On observe une dilution du lisier dans des fosses à lisier non couvertes en raison de l'abaissement par la pluie du contenu des matières solides et des nutriments. Les différences de concentration en azote entre les stockages couverts et non couverts sont faibles ; il est donc difficile d'affirmer que l'utilisation d'un toit solide a une influence sur l'évaporation de l'ammoniaque. Des baisses d'émission de 95 à 98 % ont été signalées.

Efficacité opérationnelle : la couverture des petits stockages est plus fréquente que la couverture des stockages plus étendus.

Applicabilité : l'installation du toit rigide s'effectue généralement en même temps que la création du parc. L'installation sur un stockage existant est coûteuse. La durée de vie minimale de ces toits est de 20 ans.

Énergie/déchets/réponse croisée : on peut observer le développement de gaz toxiques. L'impact sur l'environnement n'est pas forcément immédiat mais doit être pris en compte pour des raisons de sécurité.

Aspects économiques : des indications de coût ont été données lors d'une enquête dans des fermes au RU. Pour les stockages en béton d'un diamètre compris entre 15 et 30 m destinés au lisier, le coût varie entre 150 et 225 euros/m² (année 1999). Pour les toits rigides en plastique renforcé à la fibre de verre (PRV), les coûts varient entre 145 et 185 euros/m² (année 1999).

Littérature de référence : [119, EIPPCB, 2001]

4.1.3.5. Dômes

Description. La modification d'un RTFE pour lui adjoindre un toit fixe ou un dôme permet de réduire les émissions dans l'air. Les structures de dôme classiques en aluminium (géodesiques), créées au milieu des années 1970 pour protéger les stations de production d'eau potable des intempéries, sont maintenant également utilisées pour certains réservoirs de stockage dans la pétrochimie. Outre la prévention de l'accumulation de neige sur le dessus des toits flottants, les dômes empêchent également l'accumulation de l'eau de pluie. Les dômes éliminent également le vent dans la partie supérieure du toit flottant.

Les gômes géodésiques en aluminium sont généralement disponibles en diamètres compris entre 6 et 80 m. Le dôme est, en général, composé de faisceaux en forme de I et de panneaux préfabriqués en aluminium. Les faisceaux sont assemblés/boulonnés les uns avec les autres pour former des espaces triangulaires fermés par les panneaux découpés en aluminium montés sur la partie supérieure des faisceaux. Les dômes peuvent être préfabriqués dans le réservoir puis relevés ou assemblés à l'extérieur du réservoir et relevés par une grue. Dans ce cas, le diamètre/la taille du dôme sont limités par la capacité de la grue disponible. Dans un dôme, un anneau de tension doit prendre en charge la poussée radiale vers l'extérieur. Cet anneau de tension peut être intégré à la poutre raidisseuse principale dans la partie supérieure de la robe du réservoir ou faire partie intégrante de la structure du dôme. Cette dernière solution (dôme autoportant) est la plus rentable et ne nécessite qu'une intervention limitée sur la robe du réservoir. Lors de l'installation de dômes sans anneau de tension, il convient d'apporter un soin particulier au support horizontal de la partie supérieure de la robe du réservoir.

Figure 4. 1 : Réservoir à toit flottant externe équipé d'un dôme géodésique en aluminium [166, EEMUA, 2003]

PANEL SKIN	ENVELOPPE EXTÉRIEURE DU PANNEAU
CENTER DOME VENT	ÉVENT CENTRAL DU DÔME
ACCESS HATCH	PORTILLON DE SERVICE
SIDE SKIRT	JUPE LATÉRALE
PERIPHERAL VENT OPENING	OUVERTURE DE VENTILATION PÉRIPHÉRIQUE
PEDESTAL COLUM SUPPORT	SUPPORT DE COLONNE DU PIÉDESTAL
TENSION RING GIRDER	POUTRE DE L'ANNEAU DE TENSION

Bénéfices environnementaux obtenus : la baisse des émissions (estimée à l'aide de la méthode EPA AP-42) obtenue dans une étude de cas RTFE est indiquée à l'annexe 8.13.1. Pour les conditions du produit, la taille du réservoir, la vitesse du vent, etc. prises en compte, l'installation d'un dôme a permis d'obtenir une baisse estimée des émissions de 93 %. L'efficacité d'un dôme dépend principalement de la vitesse moyenne annuelle du vent et du système de joint d'étanchéité de bordure installé ; elle est donc propre au site.

Efficacité opérationnelle : l'espace confiné pose des problèmes d'accès, notamment pour la maintenance du dôme et du toit flottant (anciennement TFE). La baisse réelle des émissions dépend de l'efficacité des joints d'étanchéité installés sur le toit flottant existant.

Applicabilité : la construction d'un dôme sur un réservoir existant nécessite une étude de conception et la modification du réservoir. Plus le réservoir est grand, plus la construction d'un dôme est problématique.

Sécurité : un dôme peut générer une atmosphère inflammable entre le toit flottant et le dôme, ce qui complique la lutte contre l'incendie. L'espace confiné peut poser des problèmes de pénétration et d'évacuation.

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : l'installation d'un dôme est une solution très onéreuse, en particulier en cas de modification d'une installation existante. L'importance du coût dépend du site.

Littérature de référence : [84, TETSP, 2001] [113, TETSP, 2001]

4.1.3.6. Couleur du réservoir

Description : la couleur du réservoir a une influence sur l'importance du rayonnement thermique ou lumineux absorbé par les réservoirs aériens et donc sur la température du liquide et de la vapeur à l'intérieur du réservoir. Cette mesure est applicable à tous les types de réservoirs aériens. L'impact de la couleur du réservoir est limité si le réservoir est déjà doté d'un toit flottant.

Pour les réservoirs de stockage sur bateau (stockage flottant), l'utilisation d'une peinture de couleur claire pour le pont du bateau, qui correspond à la partie supérieure du réservoir, permet également de réduire l'importance de l'absorption de rayonnement thermique ou lumineux.

Bénéfices environnementaux obtenus : le tableau 4.1 indique les facteurs de peinture utilisés dans l'équation du calcul des pertes dans un réservoir de stockage aérien atmosphérique utilisés dans l'AP-42.

Couleur de peinture	Dégradé ou type de peinture	Facteur de peinture bon état	Facteur de peinture mauvais état
Aluminium	Spéculaire	0,39	0,49
Aluminium	Diffuse	0,60	0,68
Gris	Pâle	0,54	0,63
Gris	Moyen	0,68	0,74
Rouge	Primaire	0,89	0,91
Blanc	S/O	0,17	0,34

Tableau 4. 1 : Facteurs de peinture
[41, Concawe, 1999], en référence à l'EPA AP-42

Le tableau 4.2, issu du document VDI 3479 (Verein Deutscher Ingenieure), indique le pourcentage du facteur de réflexion de la chaleur radiante des différentes couleurs de réservoir.

Dénomination de la couleur	Facteur de réflexion total de la chaleur radiante, %

Noir	3
Gris machine	10
Marron	12
Gris souris	13
Vert	14
Bleu	19
Gris argent	27
Gris galet	38
Rouge	43
Gris clair	51
Ivoire	57
Gris aluminium	72
Blanc crème	72
Blanc	84

Tableau 4. 2 : Facteur de réflexion de la chaleur radiante des différentes couleurs de réservoir
Source : VDI 3479 Emission control: Marketing Installation Tank Farms

Ces tableaux montrent qu'un réservoir peint en blanc présente un niveau d'émission plus faible qu'un réservoir peint d'une autre couleur.

L'annexe 8.13 indique la réduction des émissions (estimée par la méthode EPA AP-42) obtenue en changeant la couleur du réservoir dans cinq études de cas. Pour la gamme de types, de tailles de réservoir, de renouvellements, de rayonnements thermique ou lumineux, de produits, etc. pris en compte, la réduction potentielle associée au passage de la peinture gris moyen à la peinture blanche pour un réservoir de base (c'est-à-dire sans autre MLE installée) est comprise entre 15 et 82 %. L'efficacité est donc étroitement liée aux conditions de stockage et en particulier à l'importance du rayonnement thermique ou lumineux, ainsi qu'au nombre de renouvellements du réservoir.

Efficacité opérationnelle : nécessite une maintenance pour les problèmes d'impact visuel.

Applicabilité : applicable dans de très nombreux cas, y compris pour les réservoirs sur bateau (stockage flottant). L'acier inoxydable ne nécessite pas de MLE pour la peinture.

Sécurité : néant

Énergie/déchets/réponse croisée : les déchets, notamment la grenaille et les pots de peinture pendant et après l'application, doivent être mis au rebut. La peinture à base de solvants organiques génère des émissions de COV pendant l'application.

Aspects économiques : dans le cadre du programme de réfection des peintures, le changement de peinture du réservoir pour une couleur ayant des propriétés thermoréfléchissantes plus élevées est une MLE de faible coût. Des coûts supplémentaires sont à prévoir si l'opération est effectuée en dehors du cycle de maintenance du réservoir.

Littérature de référence : [41, Concawe, 1999] [87, TETSP, 2001] [113, TETSP, 2001] et VDI 3479

4.1.3.7. Boucliers solaires

Description : l'application d'écrans ou de boucliers solaires autour des réservoirs de stockage verticaux est une méthode relativement récente. Cette technique a été utilisée sur des réservoirs horizontaux de gaz liquéfié. Cette approche est principalement fondée sur l'idée d'une réduction/prévention d'une augmentation de la température de la vapeur/du produit à l'intérieur du réservoir entraînant une baisse potentielle des émissions. Les boucliers sont positionnés de façon à minimiser l'impact du soleil sur le toit et la robe du réservoir. Un espace doit être prévu entre le bouclier et le réservoir.

Bénéfices environnementaux obtenus : les annexes 8.13.4 et 8.13.5 indiquent la réduction des émissions (estimée par la méthode EPA AP-42) obtenue grâce à l'installation de boucliers solaires dans deux études de cas. Pour les deux tailles de RTF étudiées, la baisse potentielle liée à l'installation d'un bouclier solaire sur un réservoir de base (c'est-à-dire sans autre MLE installée et avec un réservoir gris moyen) est comprise entre 44 et 49 %. L'efficacité aurait été moindre si les réservoirs étaient peints en blanc.

Efficacité opérationnelle : option viable uniquement pour les petits réservoirs de stockage. L'inspection du dessous du bouclier solaire peut être problématique. Les boucliers ne nécessitent qu'une maintenance limitée.

Applicabilité : uniquement utilisés sur des réservoirs ou des cuves de petite taille dans des zones très ensoleillées. Une restriction de l'accès au bouclier peut être nécessaire si un matériau léger ou une méthode de construction légère a été utilisé. De plus, l'accès à la partie située entre le bouclier et le réservoir doit être limité en raison de la présence possible de vapeur dans une atmosphère semi-fermée et mal ventilée pouvant provoquer des accidents.

Sécurité : pour éviter tout accident, la zone située au-dessous doit être bien ventilée et l'accès au bouclier doit être limité.

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : les coûts sont très variables selon la taille et la construction. Des matériaux bon marché peuvent être utilisés pour le bouclier.

Littérature de référence : [113, TETSP, 2001]

4.1.3.8. Refroidissement naturel du réservoir

Description : l'utilisation d'un réservoir de stockage à des températures de liquide basses permet de limiter efficacement les émissions, en particulier pour le stockage de mélanges d'hydrocarbures liquides ayant une teneur élevée en molécules légères, comme l'essence, le pétrole ou le pétrole brut.

Pour maintenir la température de stockage inférieure à une limite donnée, même dans des conditions estivales, il est conseillé d'utiliser toutes les possibilités naturelles de refroidissement du réservoir. Les réservoirs à toit flottant sont les mieux à même de maintenir la température du liquide à un niveau bas car il n'y a pas de volume d'air réchauffé entre un toit de réservoir et le liquide stocké. En outre, il est conseillé de conserver une certaine quantité d'eau de pluie sur le dessus du toit flottant pendant la période estivale. L'évaporation de cette eau permet de faire baisser les températures de stockage et de réduire les émissions.

Associé à l'utilisation de boucliers solaires (voir section 4.1.3.7), le refroidissement par des rideaux d'eau ou des pulvérisations d'eau permet de réduire la température du produit et les émissions. Ces techniques de prévention passive des émissions ne sont pas encore utilisées au maximum de leur potentiel.

Efficacité opérationnelle : les industriels rechignent à utiliser le refroidissement naturel. Ils essaient d'éliminer l'eau sur les RTF pour limiter la corrosion, mais surtout pour réduire le risque d'effondrement du toit dû à l'accumulation d'eau de pluie pendant les orages. Bien qu'il soit possible d'utiliser le refroidissement à l'eau sur un réservoir à toit fixe comme mesure d'urgence, l'augmentation de la corrosion et la maintenance qui en résulte si le réservoir est exploité sur longues périodes avec un canon à eau en fonctionnement ne sont pas acceptables pour l'opérateur, surtout si de l'eau saumâtre ou salée est utilisée.

Énergie/déchets/réponse croisée : l'utilisation d'eau peut poser un problème dans des régions souffrant d'une pénurie d'eau potable, en particulier pendant les périodes estivales, comme dans l'Europe septentrionale.

Aspects économiques : une augmentation des coûts est à prévoir en raison des inspections plus fréquentes du réservoir.

Littérature de référence : [113, TETSP, 2001] [114, UBA, 2001] [175, TWG, 2003]

4.1.3.9. Joints de toit pour toits flottants externes et internes

4.1.3.9.1. Joints de bordure

Description : le joint de bordure est conçu pour remplir l'espace entre le ponton externe du toit flottant et la robe du réservoir (espace périphérique) et, donc, pour réduire au maximum les émissions dans l'air. Tous les TFE

sont dotés d'un joint d'étanchéité pour prévenir la sortie de vapeur dans l'atmosphère ; c'est le joint primaire. Pour accroître la réduction des émissions, un joint d'étanchéité secondaire peut être installé au-dessus du joint primaire. Dans les nouvelles conceptions, les joints primaire et secondaire sont intégrés. Dans ce cas, les éléments de travail des joints d'étanchéité primaire et secondaire indépendants sont intégrés en une construction, un ou deux rideaux d'étanchéité étant raccordés au toit flottant.

L'efficacité d'un joint d'étanchéité dépend de « l'ovalisation » du réservoir. Celle-ci dépend principalement de l'affaissement du réservoir et donc de la conception des fondations du réservoir (voir Section 4.1.2.1)

Joints primaires

Les trois types de base de joints primaires utilisés sur les toits flottants externes sont les suivants :

- joint vapeur, voir figure 4.2
- joint hydraulique et mousse, voir figure 4.3
- sabot mécanique (métallique), voir figure 4.4

Certains joints primaires sur des toits flottants externes sont protégés par un bouclier d'étanchéité. Les boucliers d'étanchéité peuvent être en métal, en élastomère ou en matériau composite et prolonger la durée de vie du joint primaire en protégeant son matériau de la détérioration liée à l'exposition aux intempéries, aux débris et aux rayons du soleil. Les boucliers d'étanchéité sont moins efficaces que les joints de bordure pour réduire les émissions, principalement en raison des joints radiaux non scellés.

Les essuyeurs de joint peuvent être constitués de deux types de matériaux. L'un est un matériau élastomère cellulaire de coupe conique doté d'une partie plus épaisse au niveau du montage. Le caoutchouc est un matériau couramment utilisé ; l'uréthane et le plastique cellulaire sont également disponibles. Tous les joints radiaux de la lame sont raccordés. On peut également utiliser une couche centrale en mousse enrobée d'un tissu enduit, comme par exemple du polyuréthane sur un tissu en nylon et une mousse de polyuréthane. La couche centrale apporte souplesse et soutien, tandis que le tissu fait office de barrière de vapeur et de surface d'usure.

Figure 4. 2 : joints vapeur (classiques)
[84, TETSP, 2001, 166, EEMUA, 2003]

tank shell	robe du réservoir
foam	mousse
bumper bar	lame pare-chocs
extended foam dam	barrage mousse étendu
vapour	vapeur
foam dam	barrage mousse
pontoon	ponton
liquid	hydraulique
secondary seal douple wiper	double essuyeur du joint secondaire

Figure 4. 3 : Croquis d'un joint hydraulique (gauche) et d'un joint mousse (droite)
[185, UBA Germany, 2004]

tank shell	robe du réservoir
weather shield	bouclier d'étanchéité
sealing curtain	rideau d'étanchéité
pontoon	ponton
liquid	hydraulique
bumper bar	lame pare-chocs
foam	mousse
down holder	support inférieur
sketch C : liquid filled seal	croquis C : joint rempli de liquide
sketch D : foam filled seal	croquis D : joint rempli de mousse

Figure 4. 4 : Joints sabots mécaniques hydrauliques (classiques)
[84, TETSP, 2001, 166, EEMUA, 2003]

tank shell	robe du réservoir
shoe	sabot
pontoon	ponton
weather shield	bouclier d'étanchéité
foam dam	barrage mousse
bumper bar	lame pare-chocs

Joints secondaires

Les joints secondaires peuvent être des joints racleurs souples ou des joints garnis élastiques. Pour les réservoirs à toit flottant externe, deux configurations de joints secondaires sont disponibles : sabot et de bordure, comme illustré sur la figure 4.5. Les joints de bordure secondaires sont plus efficaces pour la réduction des pertes que les joints sabots secondaires car ils couvrent complètement l'espace vapeur périphérique. Le joint sabot mécanique est plus résistant.

Pour certains réservoirs à toit flottant externe, en revanche, l'utilisation d'un joint secondaire limite encore la capacité opérationnelle du réservoir en raison de la nécessité de maintenir le joint secondaire en contact avec la robe du réservoir lorsque le réservoir est rempli. En revanche, les conceptions à joint intégré ont réduit les hauteurs de travail et n'ont presque aucun effet sur la capacité opérationnelle du réservoir.

Il existe également des joints secondaires dotés d'éléments de contact hygroscopiques. Le détaillant déclare que ces joints peuvent évacuer toute l'eau de pluie de la paroi intérieure du réservoir. L'application de ces joints est cependant limitée au stockage de produits « blancs » (produits semi-raffinés ou raffinés sans paraffine). Il est ainsi possible de stocker des produits sensibles à l'eau dans des réservoirs à toit flottant. De plus, on obtient une réduction potentielle du refoulement par le bas du réservoir et de la corrosion du fond du réservoir.

En supposant que tous les joints sont en bon état, les joints sabots et les joints garnis élastiques hydrauliques permettent d'obtenir une meilleure réduction des émissions dans l'air, comme le montrent les facteurs de perte des joints de bordure donnés par l'API.

Figure 4. 5 : Joint sabot mécanique hydraulique avec joint sabot secondaire et joint de bordure secondaire (classique) [166, EEMUA, 2003]

Shoe mounted secondary seal	Joint sabot secondaire
Wheather shield	Bouclier d'étanchéité
Primary seal shoe	Joint sabot primaire
Fire detection tube	Tube de détection incendie
Rim mounted secondary seal	Joint de bordure secondaire
Foam dam	Barrage mousse
Vapour	Vapeur
Tank shell	Robe du réservoir
Bumper bar	Lame pare-chocs
Floating roof pontoon	Ponton du toit flottant
Liquid	Hydraulique
Fabric	Tissu

Bénéfices environnementaux obtenus : pour les TFE, on peut obtenir une réduction des émissions d'au moins 97 % (par rapport à un réservoir à toit fixe sans mesures) lorsqu'au moins 95 % de la circonférence de l'espace entre le toit et la paroi fait moins de 3,2 mm et que les joints sont hydrauliques, de préférence de type sabot mécanique.

L'annexe 8.13 indique la réduction des émissions (estimée à l'aide de la méthode EPA AP-42) obtenue grâce à l'installation des différents types de joints de toit dans cinq études de cas. Pour le RTFE étudié, le potentiel de réduction graduelle du passage d'un joint primaire vapeur à un joint primaire hydraulique était de 84 %. On observe une augmentation supplémentaire de 5 % de la réduction potentielle des émissions en installant un joint de bordure secondaire.

L'installation de joints primaires hydrauliques et de joints de bordure secondaires sur un réservoir à toit flottant externe stockant du pétrole brut et qui compte en moyenne 12 renouvellements par an permet d'obtenir une réduction des émissions dans l'air pouvant atteindre 99,5 %, par rapport à un réservoir à toit fixe sans mesures.

Pour les quatre études de cas de réservoir à toit fixe, le potentiel de réduction graduelle des émissions associé au passage d'un joint primaire vapeur à un joint primaire hydraulique si un toit flottant interne (TFI) est installé est très faible. Le potentiel de réduction graduelle des émissions estimé pour un joint secondaire sur le TFI est également limité.

L'API (American Petroleum Institute) a réalisé des tests génériques sur les émissions dues aux RTFE sur la base des combinaisons suivantes de joints : joint sabot mécanique, joint garni élastique (vapeur et hydraulique), ainsi que des combinaisons de ces joints avec des joints de bordure secondaires. Les tests ont montré que l'utilisation d'un joint primaire hydraulique (par ex., un joint sabot métallique ou un joint garni élastique hydraulique) en combinaison avec un joint de bordure secondaire permettait d'obtenir une réduction significative des émissions par rapport aux joints primaires seuls. Pour plus d'informations, reportez-vous au manuel « Manual of Petroleum

Measurement Standards » de l'API, chapitres 19.1 et 19.2 (anciennement normes API 2517 et API 2519). L'annexe 8.22 présente un graphique des performances des différents systèmes de joints selon ce manuel API.

L'efficacité d'un TFE dépend en grande partie du produit stocké, du taux de renouvellement par an et du diamètre du réservoir. L'annexe 8.20 présente les calculs de rendement, d'après le manuel API susmentionné, pour les différentes tailles de réservoir et un nombre variable d'actions de remplissage lors du stockage d'essence ; l'annexe 8.21 présente les mêmes calculs en comparant le rendement du TFE pour le stockage de l'essence et pour le stockage du pétrole brut.

Efficacité opérationnelle : pour les RTFE, les joints sont faciles à utiliser et à installer mais peuvent rendre difficile l'inspection des espaces d'étanchéité et de l'état des joints primaires. Comme le joint surélève le toit, il diminue le volume utilisable du réservoir.

Pour les TFI se posent des problèmes d'inspection et d'entretien des joints primaires, aggravés par l'installation de joints secondaires.

Les joints secondaires installés sur les RTFE doivent être remplacés tous les 10 ans environ, mais la fréquence de remplacement dépend en grande partie de l'état de la robe du réservoir, des conditions atmosphériques et de la qualité du matériau de joint.

Le choix du type de joint doit être dicté par la fiabilité du joint ; les joints sabots sont préférés pour leur longévité et donc pour les remplacements élevés.

Applicabilité : largement applicable. En revanche, l'expérience pratique avec les joints secondaires dotés d'élément de contact hygroscopiques est limitée.

La directive du Parlement européen et du Conseil 94/63/EC du 20 décembre 1994 sur le contrôle des émissions de composés organiques volatiles résultant du stockage d'essence et de sa distribution entre les terminaux et les stations service, exige, notamment, l'installation sur les réservoirs à toit flottant externe de joints primaire et secondaire.

Aux Pays-Bas, on ne peut installer un TFE permettant d'obtenir une réduction des émissions d'au moins 97 % que si la substance a une pression de vapeur de 1 kPa (à 20 ºC) et s le réservoir a un volume ≥ 50 m^3. En revanche, cette règle ne s'applique pas aux substances volatiles toxiques pour lesquelles le réservoir doit être raccordé à une installation de traitement de la vapeur ; un réservoir compatible avec une telle installation de traitement de la vapeur est donc nécessaire.

En Allemagne, la TA Luft exige, pour les nouvelles installations et pour les substances ayant une pression de vapeur supérieure à 1,3 kPa (à 20 ºC) ou les substances faisant l'objet d'une classification particulière (voir section 4.1.3.15.), le raccordement des points d'émission à une installation de traitement de la vapeur, à une conduite collectrice de vapeur ou à une installation de récupération des vapeurs. En revanche, le pétrole brut stocké dans des réservoirs de stockage d'un volume supérieur à 20 000 m^3 peut être également stocké dans un réservoir à toit flottant doté de systèmes d'étanchéité efficaces sur leurs bords ou dans des réservoirs à toit fixe avec toit flottant interne si les émissions sont réduites d'au moins 97 % par rapport à un réservoir à toit fixe sans toit flottant interne. En outre, un toit flottant peut être également utilisé sur des installations existantes dans la mesure où le réservoir ne contient aucune substance de la catégorie cancérogène/mutagène/toxique pour la reproduction et où l'efficacité de la réduction des émissions est d'au moins 97 %.

Sécurité : le risque d'incendie peut être réduit au maximum par l'installation d'une mise à la terre adéquate du toit du réservoir. Des écrans de mousse de lutte contre l'incendie, réservés au RSTFE, sont nécessaires pour faciliter l'arrosage des incendies périphériques. L'accès destiné à la maintenance et à l'inspection nécessite des précautions d'espace confiné.

Énergie/déchets/réponse croisée : les joints secondaires réduisent la pénétration d'eau dans le réservoir, limitant ainsi le drainage du réservoir et les émissions associées dues à l'épuration des eaux usées. Pour les réservoirs contenant des produits « blancs », les joints secondaires dotés d'éléments de contact hygroscopiques présentent, d'après le détaillant, les avantages suivants :

- protection du liquide stocké des détériorations dues aux précipitations
- inutilité du drainage des résidus du réservoir

- baisse de la corrosion du fond du réservoir
- baisse de la quantité d'eau contaminée nécessitant un traitement

Aspects économiques : coût généralement faible à modéré. Pour les RTFE, la valeur des économies d'émissions seule n'est parfois pas suffisante pour justifier l'installation de joints secondaires mais, si un joint doit être remplacé, le coût supplémentaire lié à l'installation de joints secondaires est généralement justifié. De plus, outre la réduction des émissions dans l'air, les joints secondaires présentent d'autres avantages susmentionnés permettant des économies de coûts en matière de maintenance ou d'épuration.

En revanche, l'ajout d'un joint secondaire sur un TFI n'est pas une solution économiquement viable et complique les opérations d'inspection.

Littérature de référence : [113, TETSP, 2001] [114, UBA, 2001] [41, Concawe, 1999] [66, EPA, 1997] [131, W-G Seals Inc., 2002] [58, KWS2000, 1991] [87, TETSP, 2001] [175, TWG, 2003]

4.1.3.9.2. Puits de tranquillisation et tubes de guidage

Description : des émissions peuvent émaner d'accessoires installés sur des réservoirs à toit flottant et fixe lorsque les vapeurs trouvent une voie d'échappement. Ces accessoires sont les puits de tranquillisation à fente et les jambes du toit sur les RTFE. Des précisions sur la réduction des émissions dues à ces accessoires sont données ci-après.

Puits de tranquillisation à fente
Les puits de tranquillisation dotés de larges ouvertures constituent une source majeure d'émissions sur les réservoirs à toit flottant. Avec des produits comme l'essence, les puits de tranquillisation à fente donnent lieu à des émissions de plusieurs tonnes par an, selon la vitesse du vent au niveau du site. La figure 4.6 indique les émissions renforcées par le vent et les émissions normales, y compris leurs cheminements.

Figure 4. 6 : Émissions dues aux puits de tranquillisation
[41, Concawe, 1999]

slotted guide pole	tube de guidage à fente
sliding cover	couvercle coulissant
wind	vent
well	puits
floating roof	toit flottant
well vapour space	espace pour la vapeur du puits
liquid level	niveau de liquide
wind driven emissions	émissions dues au vent
emission loss paths	cheminements des pertes d'émissions

La figure 4.7 présente une conception classique de puits de tranquillisation comprenant les éléments suivants :

- ***joint de puits*** : joint qui scelle l'espace entre le couvercle coulissant et les couvercles fixes sur le puits à tube de guidage. Le couvercle coulissant offre au toit du réservoir une certaine liberté de mouvement.
- ***manchon de tube*** : le manchon est fixé au couvercle coulissant et entoure le tube de guidage s'étendant vers le bas dans le produit liquide, créant ainsi une barrière entre l'espace pour la vapeur du puits et le tube de guidage.
- ***essuyeur de tube*** : joint en caoutchouc fixé à la partie supérieure du couvercle coulissant et s'étendant sur l'espace annulaire entre le tube de guidage et le manchon. L'essuyeur élimine les pertes par l'espace et réduit également la quantité de stockage collant au tube lorsque le niveau du réservoir est abaissé, en essuyant l'extérieur du tube de guidage, réduisant les pertes fonctionnelles du réservoir.
- ***flotteur et essuyeur de flotteur*** : ces deux éléments permettent de réduire les émissions depuis l'intérieur du puits de tranquillisation.

Figure 4. 7 : Conception pour la réduction des émissions dues aux puits de tranquillisation
[41, Concawe, 1999]

retainer angle	angle de retenue
guide angle	angle de guidage
pole wiper	essuyeur de tube
wall gasket	joint de paroi
float wiper	essuyeur de flotteur

liquid level	niveau de liquide
pole sleeve	manchon de tube
slotted guide pole	tube de guidage à fente
sliding cover	couvercle coulissant
fixed cover	couvercle fixe
floating roof deck	Plate-forme de toit flottant
well	puits
well vapor space	espace pour la vapeur du puits
opening or slot	ouverture ou fente
Float	Flotteur

D'autres contrôles de puits de tranquillisation ont été mis au point, notamment celui présenté sur la figure 4.8 et comprenant un manchon de tissu à l'extérieur.

Figure 4. 8 : Conception avec manchon en tissu pour réduire les émissions dues aux puits de tranquillisation [41, Concawe, 1999]

real assembly not shown	montage réel non présenté
guide cable	câble de guidage
guide pole	tube de guidage
tension ring	anneau de tension
twin-seal (on the float)	joint double (sur le flotteur)
trapped vapors	vapeurs piégées
slide plate	plaque-glissière
fixed plate	plaque fixe
Guide-pole well	puits à tube de guidage
Self-aligning seal	joint à auto-centrage
float	flotteur
liquid	Liquide
Fabric sleeve	Manchon en tissu

Jambes de support du toit

Les émissions dues aux jambes de support sont individuellement relativement faibles par rapport à celles dues aux autres accessoires du toit du réservoir. L'ensachage des jambes est une solution peu coûteuse si l'on utilise un matériau de joint de bordure. Il existe une option encore plus avantageuse, mais plus provisoire, qui consiste à scotcher tous les espaces sur les jambes. Ces techniques peuvent pratiquement éliminer cette source d'émissions. Comme les autres mesures de limitation, leur efficacité dépend de la régularité des inspections ; pour les jambes de support, une inspection visuelle suffit généralement.

Bénéfices environnementaux obtenus : l'annexe 8.13.1 indique la réduction des émissions (estimée à l'aide de la méthode EPA AP-42) obtenue dans une étude de cas de RTFE. Lorsque différentes MLE sont appliquées au réservoir de base, la réduction potentielle des émissions estimée est de :

- 4 % pour l'installation d'un flotteur dans un puits de tranquillisation à fente
- 6 % pour l'installation d'un manchon sur un puits de tranquillisation à fente
- 0,3 % pour l'ensachage des jambes de support du toit

Ces chiffres montrent que les accessoires de toit ne constituent qu'une source mineure d'émissions dues au RTFE de base étudié. Lorsque ces MLE sont appliquées à un réservoir équipé de joints primaires hydrauliques et de joints de bordure secondaires, la réduction potentielle des émissions estimée est de :

- 39,4 % pour l'installation d'un flotteur dans le puits de tranquillisation à fente
- 54,8 % pour l'installation d'un manchon sur le puits de tranquillisation à fente
- 3,0 % pour l'ensachage des jambes de support du toit

Efficacité opérationnelle : simple à utiliser et à installer, mais peut poser des problèmes pour l'inspection des espaces entre les joints. Les flotteurs dans les puits de tranquillisation sont problématiques si le puits de tranquillisation est utilisé pour l'échantillonnage. La résistance à long terme n'a pas été démontrée.

Applicabilité : largement applicable.

Sécurité : l'accès pour la maintenance et l'inspection nécessite des précautions d'espace confiné.

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : très faible coût pour les nouveaux réservoirs et coût faible pour la modification d'une installation existante.

Littérature de référence : [113, TETSP, 2001] [114, UBA, 2001]

4.1.3.10. Toit flottant interne (TFI)

Description : un réservoir à toit flottant interne (RTFI) est doté d'un toit fixe permanent et d'un toit flottant (ou plate-forme) à l'intérieur. Le plate-forme d'un RTFI monte et descend en fonction du niveau de liquide et peut même flotter directement à la surface du liquide (plate-forme avec contact) ou reposer sur les pontons plusieurs centimètres au-dessus de la surface du liquide (plate-forme sans contact). Les toits flottants avec contact peuvent être constitués des éléments suivants :

- panneaux sandwich en aluminium boulonnés ensemble avec une âme nid d'abeilles en aluminium
- plates-formes d'acier en cuve avec ou sans pontons
- panneaux flottables en polyester renforcé de fibre de verre (PRV), avec enrobage résineux

La majorité des toits flottants avec contact actuellement en service sont de type panneaux sandwich en aluminium ou acier en cuve. Les plates-formes en PRV sont plus rares. Les panneaux des plates-formes d'acier en cuve sont généralement soudés les uns aux autres.

Les plates-formes sans contact sont les plus couramment utilisées. Les plates-formes sans contact sont généralement constituées d'une plate-forme en aluminium et d'une structure grillagée en aluminium maintenue au-dessus de la surface du liquide par des pontons tubulaires en aluminium ou toute autre structure flottante couverte de fines feuilles ou de panneaux en aluminium, généralement scellés et boulonnés ou rivetés les uns aux autres.

Les plates-formes avec contact et sans contact comprennent des joints de bordure et des accessoires de plate-forme dont les objectifs sont identiques à ceux précédemment décrits pour les RTFE. Les émissions dues aux toits flottants peuvent provenir des accessoires de la plate-forme, de raccords non soudés et de l'espace annulaire entre la plate-forme et la paroi du réservoir.

Les réservoirs dotés d'un TFI peuvent être librement ventilés au moyen d'évents de circulation sur le bord et en haut du toit fixe pour réduire au maximum la possibilité d'une accumulation dans l'espace du réservoir prévu pour la vapeur de vapeurs dont les concentrations frisent la zone d'inflammabilité. Dans ce cas l'efficacité d'un clapet de décharge et d'une soupape de décompression (PVRV), comme MLE dans ce cas, est nettement réduite.

Bénéfices environnementaux obtenus : pour les réservoirs à toit fixe de plus de 50 m^3, contenant des produits dont la pression de vapeur est supérieure à 1 kPa à la température de service, l'installation d'un toit flottant interne permet d'obtenir une réduction des émissions d'au moins 90 %. Une réduction des émissions d'au moins 97 % peut être obtenue (par rapport à un réservoir à toit fixe sans mesures) lorsqu'au moins 95 % de la circonférence de l'espace entre le toit et la paroi fait moins de 3,2 mm et que les joints hydrauliques sont préférés aux sabots mécaniques.

L'annexe 8.13 indique la réduction des émissions (estimée à l'aide de la méthode EPA AP-42) obtenue grâce à l'installation d'un TFI dans quatre études de cas de RTF. Pour la plage des tailles de réservoir, de renouvellement, de rayonnement solaire, de produits, etc. étudiés, la réduction potentielle liée à l'installation d'un TFI avec un joint primaire est comprise entre 62,9 et 97,4 % avec un diamètre de réservoir compris entre 4 et 33 mètres. L'efficacité d'un TFI ne dépend pas seulement du diamètre du réservoir, mais également du produit stocké et du taux de renouvellement par an. L'annexe 8.23 présente les calculs de rendements, selon la méthode EPA susmentionnée, pour les différentes tailles de réservoir équipés d'un joint primaire de type sabot et d'un nombre variable d'opérations de remplissage lors du stockage d'essence. Voir également la section 4.1.3.9 sur les joints de toit.

Efficacité opérationnelle : la capacité de stockage baisse et il convient de tenir compte des problèmes d'atmosphère inflammable dans la conception. La stabilité du toit pendant le remplissage doit être également étudiée car une augmentation brutale de la vitesse de remplissage peut générer une instabilité. Une fois installé, il est facile à utiliser, mais difficile à inspecter et à entretenir.

Applicabilité : aux Pays-Bas, l'installation d'un TFI n'est possible que si la substance a une pression de vapeur de 1 kPa (à 20 ºC) et si le réservoir a un volume supérieur ou égal à 50 m^3. Cette règle ne s'applique pas aux substances volatiles toxiques pour lesquelles le réservoir doit être raccordé à une installation de traitement des vapeurs (voir section 4.1.3.15.)

En Allemagne, la TA Luft exige pour les nouvelles installations et pour les substances ayant une pression de vapeur supérieure à 1,3 kPa (à 20 ºC) ou les substances faisant l'objet d'une classification spéciale, le raccordement des points d'émissions à une installation de traitement de la vapeur, à une conduite collectrice des vapeurs ou à une installation de récupération de la vapeur (pour plus de détails, voir la section 4.1.3.15). En revanche, le pétrole brut stocké dans des réservoirs de stockage d'un volume supérieur à 20 000 m^3 peut être également stocké dans un réservoir à toit flottant doté de joints de bordure efficaces ou dans des réservoirs à toit fixe dotés d'un toit flottant interne si les émissions sont réduites d'au moins 97 % par rapport à un réservoir à toit fixe sans toit flottant interne. En outre, il est également possible d'utiliser un toit flottant pour des installations existantes dans la mesure où le réservoir ne contient aucune substance de la catégorie cancérogène/mutagène/toxique pour la reproduction et où l'efficacité est d'au moins 97 %. Les réservoirs à toit fixe d'un volume inférieur à 300 m^3 n'ont pas besoin d'être raccordés à une conduite collectrice des vapeurs, ni à une installation de traitement des vapeurs pour les substances organiques liquides dont la pression de vapeur est supérieure à 1,3 kPa (à 20 ºC) ne répondant pas aux critères des substances faisant l'objet d'une classification spéciale et de valeurs limites définies.

Les TFI sont largement utilisés dans l'industrie pétrolière, mais ils ne sont applicables qu'aux réservoirs à toit fixe vertical. Un TFI est moins efficace sur les réservoirs de petit diamètre en raison de la faible efficacité du joint de bordure sur ces réservoirs.

Des problèmes de compatibilité peuvent apparaître entre les produits stockés et les matériaux de construction du TFI, par ex., entre les feuilles/pontons en aluminium et les matériaux de joint/étanchéité. Si un traitement à la soude caustique est inclus dans des usines exploitées en aval du procédé, comme dans les raffineries, la corrosion du TFI peut poser des problèmes d'applicabilité.

Des aspirations flottantes dans des réservoirs existants, des vitesses de remplissage élevées, des mélangeurs et autres protubérances sont problématiques lors de la modification de réservoirs existants.

Sécurité : risque d'atmosphère inflammable. Un TFI gêne également la lutte contre l'incendie. Les problèmes de pénétration dans l'espace confiné et d'évacuation doivent être également pris en compte.

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : coût modéré, en particulier pour une modification d'une installation existante. L'ajout d'un joint secondaire à un TFI n'est pas une opération économiquement viable et pose des problèmes d'inspection.

Littérature de référence : [41, Concawe, 1999], [66, EPA, 1997], [84, TETSP, 2001, 113, TETSP, 2001] [110, KWS2000, 1992] [179, UBA Germany, 2004]

4.1.3.11. Clapets de décharge et soupapes de décompression (PVRV)

Description : les soupapes installées comme un dispositif de sécurité sur des réservoirs à toit fixe empêchent la surpression ou le retrait du vide et permettent de limiter les émissions de vapeur dans l'atmosphère. Elles limitent les pertes de remplissage et surtout les pertes dues à la respiration.
Lorsqu'un gaz de purge est utilisé, il faut vérifier que la pression à l'intérieur du réservoir n'est pas en contradiction avec les réglages des PVRV.

Bénéfices environnementaux obtenus : l'annexe 8.13 indique la réduction des émissions (estimée à l'aide de la méthode EPA-42) obtenue par l'installation de PVRV dans quatre études de cas. Pour la plage de tailles de réservoir, de renouvellements, de rayonnements solaires, de produits, etc. étudiés, les potentiels de réduction sont les suivants :

- pour l'ajout de PVRV basse pression à un RTF de base (c'est-à-dire, sans autre MLE installée), la réduction est comprise entre 5 et 13 %
- pour la mise à niveau et l'ajout de PVRV « haute » pression (56 mbar) à un RTF de base, la réduction est comprise entre 12 et 31 %

Ces chiffres montrent que l'efficacité des PVRV dépend en grande partie des conditions de stockage.

D'autres données proviennent d'une étude de cas réalisée aux Pays-Bas. Pour les soupapes basse pression, la réduction possible est comprise en 30 et 50 % ; pour les soupapes haute pression, la réduction possible est comprise entre 65 et 85 %. [129, VROM and EZ, 1989]

Efficacité opérationnelle : les PVRV nécessitent peu d'entretien et sont faciles à installer sur un réservoir neuf ou pour une modification d'installation.

Applicabilité : largement applicable, uniquement sur les réservoirs de bateaux (stockage flottant), comme indiqué à la section 3.1.18. En revanche, le blocage des PVRV peut provoquer une défaillance du réservoir. C'est pourquoi, si une polymérisation, une condensation ou un glaçage est prévu, des mesures de traitement adaptées à la substance à stocker doivent être mises en place. Parmi ces mesures, on peut citer :

- le traçage, le réchauffage ou l'isolation pour éviter la polymérisation, la condensation ou le glaçage
- le soutirage des gaz ou le rinçage liquide pour éviter la présence de substance dans le PVRV

Les clapets de décharge réglés sur la valeur maximale compatible avec la conception du réservoir sont couramment utilisés dans les réservoirs d'un volume inférieur à 50 m^3.

Sécurité : les PVRV doivent être d'un conception adaptée à tous les scénarios, notamment les vitesses maximales de remplissage et de respiration. La pression nominale de la zone peut changer. Le risque de blocage ou de glaçage nécessite des inspections régulières.

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : coût très faible en particulier sur installation neuve. En cas de modification d'une installation existante, cette mesure est également bon marché, mais peut avoir une influence sur l'augmentation des pressions d'exploitation du réservoir.

Littérature de référence : [113, TETSP, 2001]

4.1.3.12. Dispositifs de vidange fermés fermées

Description : pour les réservoirs atmosphériques, les vidanges peuvent être acheminées vers une cuve de récupération à partir de laquelle la substance est généralement récupérée et recyclée, ou subi un autre traitement comme déchets. Pour le stockage local sous pression, les vidanges peuvent être acheminées par un appareil sous pression vers un compresseur en vue d'une reliquéfaction (par ex., stockage de l'ammoniaque) ou vers une installation de traitement des vapeurs (oxydation thermique en général).

Efficacité opérationnelle : les vidanges ne présentent pas de difficultés particulières, l'efficacité de la mesure dépendant entièrement du système de traitement ultérieur.

Applicabilité : cette technique est généralement applicable à la plupart des produits. En revanche, le traitement des vapeurs dépend du site et du produit. Le blocage des conduites de vidange par des solides ou des boues peut être à l'origine de problèmes. Une conception adéquate des conduites (absence de points bas, pentes correctes, etc.) permet de remédier à ces problèmes.

Sécurité : les dispositifs de vidange fermés nécessitent un plus grand nombre de pièces que les dispositifs de vidange classiques ; leur conception est donc plus complexe. Pour les cuves de vidange sous pression, il convient de vérifier que le flux de vidange ne dépasse pas la capacité du système de récupération et que la pression en aval reste dans les limites acceptables. De même, lors de la vidange du stockage de gaz liquéfié, le risque de blocage des soupapes de vidange dû à la glace et aux hydrates doit être pris en compte.

Énergie/déchets/réponse croisée : la consommation d'énergie est élevée et peut, selon le traitement, générer des déchets (liquides ou solides) et autres émissions de gaz.

Aspects économiques : cette technique est onéreuse et nécessite une évaluation technique détaillée. Les coûts dépendent en grande partie du produit stocké.

Littérature de référence : [113, TETSP, 2001]

4.1.3.13. Équilibrage de la vapeur

Description : l'équilibrage de la vapeur consiste à récupérer les vapeurs déplacées pendant un transfert de liquide depuis le « réservoir de réception » et de les renvoyer dans le réservoir dans lequel le produit est prélevé, le « réservoir d'approvisionnement ». Pour ces systèmes d'équilibrage, les réservoirs de réception et d'approvisionnement doivent être à toit fixe pour permettre la récupération et le transfert des vapeurs.

L'objectif du système d'équilibrage est de réduire les émissions dans l'atmosphère dues aux opérations de déplacement de liquide en transférant les vapeurs du réservoir de réception vers le réservoir d'approvisionnement. Le volume de produit retiré du réservoir de réception est remplacé par des vapeurs au lieu de l'air aspiré dans le réservoir par les évents depuis l'atmosphère. On réduit ainsi l'évaporation en fonction du niveau de saturation des vapeurs renvoyées. Le rendement maximal pouvant être obtenu est ainsi limité à environ 80 % pour de telles applications, selon le nombre de renouvellements de réservoir, etc.

Le principe d'équilibrage nécessite l'utilisation de tuyauterie étanche à la vapeur entre les espaces prévus pour la vapeur du réservoir de réception et du réservoir d'approvisionnement. Le tuyau de raccordement pour l'équilibrage des gaz n'est pas fermé pendant le remplissage pour éviter toute surpression dans le réservoir. Le système est conçu de sorte qu'à un débit de vapeur maximal (c'est-à-dire aux vitesses maximales de remplissage de liquide et de respiration), l'augmentation en pression dans le réservoir d'approvisionnement ne provoque par d'émission depuis les clapets de décharge du réservoir. Le système d'équilibrage de la vapeur doit être protégé contre les risques liés à la manipulation de mélanges air/hydrocarbure potentiellement explosifs, au mélange de composants incompatibles et aux pressions différentielles excessives entre les réservoirs de réception et d'approvisionnement.

Bénéfices environnementaux obtenus : l'équilibrage de la vapeur réduit les émissions dues au remplissage. Le rendement maximal réalisable est limité à environ 80 % pour les réservoirs avec un nombre très élevé de renouvellements. Plus le nombre de renouvellements de réservoir est réduit, plus l'efficacité est faible.

Efficacité opérationnelle : la technique est relativement simple à utiliser, mais nécessite un plus grand nombre d'inspections des inhibiteurs de détonation et des PVRV, ainsi que des tests de fuite de vapeur. Il faut pouvoir isoler chaque réservoir pour obtenir un échantillonnage, une maintenance et une inspection correctes. Les condensats peuvent être recueillis au niveau des points bas dans le système de canalisation de la vapeur et dans les corps des inhibiteurs, ce qui pose un problème potentiel de retrait.

Applicabilité : l'équilibrage de la vapeur est uniquement applicable aux modes de stockage à pression atmosphérique avec un espace prévu pour la vapeur entre le liquide et le « toit », par ex., le RTF. La pression nominale des réservoirs raccordés au système d'équilibrage de la vapeur doit être d'un niveau suffisant pour permettre le fonctionnement du système. Le risque de contamination croisée des liquides stockés doit être pris en compte. L'équilibrage de la vapeur est souvent utilisé sur les réservoirs à toit fixe contenant des produits chimiques.

L'équilibrage de la vapeur est également applicable au stockage flottant (voir section 3.1.18). Si le réservoir sur le bateau est raccordé à un système d'équilibrage à terre, la canalisation de vapeur doit comprendre des sections flexibles pour tenir compte des vagues et des marées.

Sécurité : l'équilibrage de la vapeur introduit des risques potentiels élevés qui augmentent de façon asymptomatique avec le nombre de réservoirs, en particulier le risque d'incendie. Il y a également un risque potentiel de blocage des inhibiteurs de détonation. La conception est essentielle ; les réservoirs doivent être dotés de soupapes de décompression.

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : le coût d'installation d'un équilibrage de la vapeur est modéré à élevé. Les coûts dépendent de l'agencement des réservoirs de stockage existants.

Littérature de référence : [18, UBA, 1999, 113, TETSP, 2001]

4.1.3.14. Réservoirs à espace variable pour la vapeur : réservoirs à membrane souple

Description : les réservoirs à espace variable pour la vapeur (REV) sont utilisés dans un système avec équilibrage de la vapeur pour stocker les vapeurs produites par la « respiration » du réservoir de stockage due à l'augmentation de la température dans l'espace du réservoir prévu pour la vapeur. Ces vapeurs sont ensuite réintroduites dans le réservoir de stockage lorsque la température baisse. La majorité des REV sont des réservoirs verticaux aériens. Il est également possible de mettre en conformité des réservoirs sphériques ou horizontaux, aériens et enterrés.

Dans un REV, une membrane souple est installée, fixée à la périphérie autour de la robe du réservoir à mi-hauteur du réservoir. La membrane est lestée pour garantir sa stabilité lors des mouvements dans la robe du réservoir.

Le matériau de la membrane doit être suffisamment conducteur pour empêcher la création d'électricité statique due au frottement contre la robe du réservoir. Normalement, son taux de perméation est proportionnel à la rentabilité de l'installation.

Un réservoir vertical aérien, utilisé dans un REV, doit être normalement conforme à la norme API 650 ou toute norme équivalente, pour la vapeur et non le liquide, avec une soudure faible entre le toit et la robe. Un REV doit être considéré comme un réservoir de stockage normal en matière de distances de sécurité par rapport aux autres réservoirs et aux sources potentielles d'inflammation, voir section 4.1.6. Il n'est pas nécessaire de placer le REV dans un merlon, car il ne contient pas de liquide.

Les évents pratiqués dans le toit doivent être conformes aux normes reconnues, notamment la norme API 2000, (voir codes internationaux) en supposant que le flux de vapeur est équivalent au flux de produit liquide dans un réservoir normal. Un passage interplateaux d'accès au toit doit être prévu pour permettre l'inspection et la maintenance.

Un clapet de décharge/une soupape de décompression (soupape P/V) doit être installé, raccordé à l'espace pour la vapeur sous la membrane pour empêcher la création d'une surpression lorsque le réservoir est plein. La capacité de ventilation de la soupape de décompression doit supporter le débit de vapeur maximal dans le réservoir, plus l'expansion thermique.

Bénéfices environnementaux obtenus : l'annexe 8.13 indique la réduction des émissions (estimée à l'aide de la méthode EPA AP-42) obtenue grâce à l'installation d'un réservoir à espace variable pour la vapeur dans quatre études de cas de RTF. Pour la plage de tailles de réservoir, de renouvellements, de rayonnements solaires, de produits, etc. pris en compte, le potentiel de réduction de l'installation d'un réservoir à espace variable pour la vapeur sur des réservoirs de base (c'est-à-dire sans autre MLE installée) est compris entre 33 et 100 %. L'efficacité dépend du pourcentage représenté par les émissions dues à la respiration sur les émissions totales. Les REV sont très efficaces lorsque les pertes dues à la respiration représentent une proportion élevée du total, par ex., lorsque le nombre de renouvellements de réservoir est très faible. L'efficacité est donc propre aux conditions d'exploitation du stockage et à la quantité de rayonnement solaire.

Efficacité opérationnelle : la technique est relativement simple à utiliser, mais nécessite une augmentation des inspections des inhibiteurs de détonation. Chaque réservoir doit pouvoir être isolé pour l'échantillonnage, la maintenance et l'inspection. Les condensats peuvent être collectés au niveau de points bas dans le système de canalisation de vapeur et dans les corps des inhibiteurs et posent poser des problèmes potentiels de retrait. Les limites de pression doivent être scrupuleusement respectées afin de prévenir tout dommage de la membrane. Un programme d'inspection doit être mis en place pour vérifier l'intégrité de la membrane.

Applicabilité : les réservoirs à espace variable pour la vapeur sont utilisés pour certaines vapeurs de produit pétrolier. La pression nominale des réservoirs raccordés au système d'équilibrage de la vapeur doit être d'un niveau suffisant pour permettre le fonctionnement du système.

Les réservoirs à espace variable pour la vapeur sont également applicables au stockage flottant (voir section 3.1.18). Si le réservoir sur le bateau est raccordé à un système sur terre, la canalisation de vapeur doit comprendre des parties flexibles pour supporter la vagues et les marées.

Sécurité : le déplacement des vapeurs présente des risques élevés, en particulier si les vapeurs sont inflammables. Le risque augmente de façon asymptomatique avec le nombre de réservoirs. Les problèmes de conception sont essentiels. Il y a également un risque de blocage des inhibiteurs de détonation. L'électricité statique propre à la membrane doit être prise en compte.

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : l'installation d'un réservoir à espace variable pour la vapeur est une option d'un coût modéré à élevé. Une partie importante des coûts est liée au site et à l'agencement des réservoirs de stockage existants.

Littérature de référence : [113, TETSP, 2001]

4.1.3.15. Traitement de la vapeur

Introduction : les systèmes de traitement de la vapeur sont décrits en détail dans le BREF sur les systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique (CWW BREF), voir référence [147, EIPPCB, 2002]. Les technologies de contrôle applicables à la réduction des émissions dues aux réservoirs d'essence, leurs limites d'application et les coûts normalisés indiqués dans le CWW BREF, sont répertoriés dans le tableau 4.3.

Cette introduction compare les limites d'application et les coûts du marché pour les techniques répertoriées dans le tableau 4.3 avec les technologies actuellement disponibles pour la réduction des émissions de COV dues aux réservoirs de stockage d'essence.

Limites d'application pour les vapeurs d'essence
Les vapeurs dégagées par les réservoirs de stockage d'essence et de composants d'essence peuvent atteindre la concentration de saturation, à savoir une concentration de COV dans l'air pouvant atteindre 40 % en volume équivalente à environ à 1 200 g/m^3 en poids.

L'évaporation depuis un réservoir à toit fixe est due au déplacement pendant le remplissage du réservoir et à la respiration, principalement due au chauffage solaire et ainsi aux expansions de l'espace du réservoir prévu pour la vapeur.

Les vitesses de remplissage typiques pour un réservoir de stockage sur bateau sont d'environ 600 m^3/h. Les vitesses de remplissage de canalisation peuvent être plus élevées.

L'équation suivante permet d'obtenir une estimation approximative des taux de respiration pour un réservoir peint en blanc :

F = 0,1 V/6 (F est le taux de respiration en m^3/h et V est l'espace pour la vapeur du réservoir en m^3)

Pour un réservoir de 10 000 m^3 presque vide qui est rempli en une journée sous un soleil permanent, le débit de vapeur maximum sera probablement de l'ordre de 600 m^3/h pour le remplissage et de 170 m^3/h pour la respiration, soit un total de 770 m^3/h.

Comparaison avec les limites d'application de la technologie BREF CWW
La comparaison des débits calculés ci-dessus avec les données du tableau 4.3, indique que les seules technologies adaptées à la plage de conditions de débit et de concentration pour la réduction des émissions de vapeur d'un réservoir d'essence sont la séparation sélective par membrane et sans doute la condensation et l'absorption. Néanmoins, toutes les technologies répertoriées dans le tableau 4.3 peuvent être utilisées pour limiter les émissions de vapeurs d'essence.

Comparaison avec les données relatives au coûts de la technologie BREF CWW

Les coûts indiqués dans le BREF CWW sont normalisés, c'est-à-dire que le coût en euros est donné par débit de vapeur en m^3/h, en supposant que les coûts du système sont directement proportionnels au débit et sans relation avec la concentration.

En pratique, pour les systèmes de récupération des vapeurs d'essence, la courbe coût/débit n'est pas une ligne droite passant par zéro. En général, le coût d'un système est proportionnel au débit maximum à la puissance 0,65. L'expérience de l'industrie pétrolière en matière d'installation de systèmes de récupération des vapeurs en conformité avec les réglementations européennes montre que la courbe coût en capital/taille pour les IRV s'approche de 300 000 euros lorsque le débit s'approche de zéro. Les coûts d'installation dépendent des problèmes propres au site, mais peuvent être du même ordre de grandeur que le coût unitaire.

Ainsi, la normalisation des coûts peut être trompeuse si les données de coûts ont été obtenues à partir de systèmes à très fort rendement. Les coûts des systèmes de condensation et d'absorption conventionnels indiqués dans le tableau 4.3 sont au moins 100 fois trop faibles pour les applications pétrolières. Ceci peut être dû aux coûts de base utilisés pour un système à très fort débit d'une concentration de flux très faible.

Compte tenu de ce qui précède, il ne suffit donc pas de faire référence au BREF CWW. Le BREF CWW donne de bonnes informations techniques contextuelles sur les technologies de réduction des émissions de gaz résiduels et leur choix. En revanche, la majorité des applications prises en considération pour le traitement des gaz résiduels dans le BREF CWW concerne des conditions de débit nettement plus élevées et/ou de concentration de COV nettement plus faibles que celles observées dans les évents des réservoirs de stockage d'essence. L'applicabilité et les coûts des différentes technologies de réduction décrites dans le BREF CWW ne sont donc pas applicables à la réduction des émissions dues aux réservoirs de stockage.

Opération et procédés de récupération pour les COV	**Plage de concentrations de COV dans la vapeur considérée applicable par volume**	**Plage de concentrations de COV dans la vapeur considérée applicable par masse**	**Plage de débits du courant de COV considérée applicable en Nm^3/h**	**Coût d'investissement Euro/m^3/h**
Séparation sélective de membrane	Jusqu'à 90 %	*Jusqu'à 2 700 g/m^3 1)*	Selon la surface de la membrane, mais jusqu'à 3 000	300 (pour un système de 200 m^3/h)
Condensation conventionnelle	plus ou moins saturé	± 1 200 g/m^3	De 100 à 100 000	5
Cryocondensation	Non communiqué	Non communiqué	Jusqu'à 5 000	500
Adsorption	Jusqu'à 25 % de la limite inférieur d'explosivité (LIE)	*Jusqu'à 12 g/m^3 1)*	De 100 à 100 000	240 (système de régénération inclus)
Absorption (purification)	Non communiqué	Non communiqué	De 50 à 500 000	De 7 à 37 pour lit à garnissage (système le plus cher)
Oxydation thermique directe	Jusqu'à 25 % de la limite inférieur d'explosivité (LIE)	*Jusqu'à 12 g/m^3 1)*	De 900 à 86 000	De 3 à 65
Torche	De 0 à 100 % de la LIE avec technique de sécurité	*Jusqu'à 50 g/m^3 1)*	Jusqu'à 1 800 000	De 9 à 625 pour torche élevée

Remarque 1) : les données en italique proviennent des chiffres données dans le BREF CWW utilisant une valeur de densité de vapeur d'essence de 3 kg/m+3

Tableau 4. 3 : Technologies de réduction des émissions : limitations d'applicabilité et coûts normalisés selon le BREF CWW [153, TETSP, 2002] [147, EIPPCB, 2002]

Description et applicabilité : avec les systèmes terminaux de traitement des vapeurs, les vapeurs doivent être récupérées et renvoyées vers un système d'oxydation thermique ou à une installation de récupération des vapeurs (IRV) par l'intermédiaire d'une canalisation. Le traitement des vapeurs n'est applicable que si les émissions peuvent être récupérées et acheminées vers le système de traitement, c'est-à-dire à partir d'évents pratiqués dans le réservoir à toit fixe. Cette canalisation doit avoir les mêmes caractéristiques que pour les systèmes d'équilibrage de la vapeur (voir section 4.1.3.13).

Le traitement des vapeurs est également applicable au stockage flottant (voir section 3.1.18). Si le réservoir sur le bateau est raccordé à un système d'équilibrage à terre, la canalisation de vapeur doit comprendre des sections flexibles pour tenir compte des vagues et des marées.

Les technologies visant à réduire les émissions de COV dans l'atmosphère dues aux opérations de stockage sont les suivantes :

- oxydation des vapeurs dégagées dans des appareils de production de chaleur industrielle, des incinérateurs spéciaux, des moteurs à gaz ou des torches
- récupération des hydrocarbures dans la vapeur dégagée dans une installation de récupération des vapeurs (IRV) en utilisant des technologies telles que l'adsorption, l'absorption, la séparation des membranes et la condensation

Les systèmes de récupération des vapeurs permettent de récupérer les hydrocarbures dans le mélange air/vapeur d'hydrocarbure déplacé pendant les opérations de chargement en vue d'une réutilisation ultérieure. Les technologies de récupération des vapeurs comprennent deux procédés :

- séparation des hydrocarbures de l'air
- liquéfaction des vapeurs d'hydrocarbure séparées

Les procédés de séparation permettant de séparer les vapeurs d'hydrocarbure de l'air sont les suivants :

- adsorption modulée en pression sur charbon actif
- absorption par lavage dans un liquide absorbant à faible volatilité
- séparation sélective des membranes
- condensation par refroidissement ou compression (cas spécial en raison de la combinaison de la séparation et de la liquéfaction dans un même procédé)

Les procédés de liquéfaction applicables à la séparation des vapeurs d'hydrocarbure sont les suivants :

- réabsorption, normalement dans leur propre produit
- condensation sur une surface froide
- compression

Les systèmes IRV les plus souvent utilisés sont les suivants :

- adsorption modulée en pression sur lit double
- absorption de liquide froid dans un courant d'huile pauvre
- condensation liquide indirecte dans un échangeur thermique réfrigérant
- séparation des membranes par passage au travers d'une surface sélective du milieu hydrocarbure

Bénéfices environnementaux obtenus : l'efficacité des différentes technologies dépend du produit, par exemple l'efficacité d'adsorption du charbon actif est bien supérieure pour le butane que pour le méthane. Pour obtenir une augmentation globale de l'efficacité de réduction des émissions, on peut installer deux systèmes en série, par exemple une première étape avec unité de traitement sur membrane suivie d'une seconde étape avec système d'oxydation thermique pour poursuivre le contrôle des émissions de la première étape. En revanche, la réduction supplémentaire des émissions peut être limitée par rapport à l'utilisation d'un procédé à une seule étape. Par exemple, les IRV d'essences à une étape peuvent avoir une efficacité moyenne de 99 %. L'ajout d'une seconde étape permet d'obtenir une baisse supplémentaire de 0,9 %. Compte tenu des coûts de capital et d'exploitation de la seconde étape, la rentabilité par tonne d'émissions réduites est très faible. De plus, les émissions supplémentaires dans l'air générées par les systèmes à deux étapes, notamment du CO_2 indirect en raison de la consommation électrique ou de NO_x par le système d'oxydation thermique, doivent être comparées au niveau de réduction des émissions de COV obtenu.

Efficacité opérationnelle : la norme allemande TA Luft exige le raccordement des points d'émission à une installation de traitement de la vapeur, à une conduite collectrice de vapeur ou à une installation de récupération des vapeurs pour le stockage et la manutention des liquides suivants :

- produits liquides avec substances organiques ayant une pression de vapeur supérieure à 1,3 kPa (à 10 °C) ou
- substances faisant l'objet d'une classification spéciale dépassant les valeurs limites spécifiées :
  - teneur en masse supérieure à 1 % de substances organiques, comme le phénol, le tétrachloréthylène, l'éthène et le chloropropène
  - teneur en masse supérieure à 1 % de substances cancérogènes, comme l'acrylamide, l'acrylonitrile, le benzène et le 1,3-butadiène
  - teneur en masse de 1 % de substances toxiques pour la reproduction autres que celles mentionnées aux deux premiers points

- teneur en masse supérieure à 10 mg/kg de substances cancérogènes comme le benzo(a)pyrène, le cadmium et l'arsenic
- teneur en masse supérieure à 10 mg/kg de substances mutagènes autres que celles mentionnées ci-dessus ou
- certains dioxines et furanes spécifiques

Les émissions d'une installation de traitement des vapeurs doit respecter les limites indiquées dans le tableau 4.4.

Catégorie	Substance exemple	Limite d'émission pour la somme de toutes les substances de chaque catégorie	
COV		**débit massique (g/h)**	**concentration (mg/m^3)**
	Méthanol	500	50 mg COT/m^3
	Tétrachloréthylène	100	20 mg de substances/m^3
	1,1,1-trichloréthane	500	100 mg de substances/m^3
Cancérogène/mutagène/toxique pour la reproduction			
	Benzo(a)pyrène	0,15	0,05
	Acrylonitrile	1,5	0,5
	Benzène	2,5	1
Dioxine/furane			
	Dioxine	0,25 µg/h	0,1 ng/m^3

Tableau 4. 4 : Substances traitées dans une installation de traitement des vapeurs [179, UBA Germany, 2004]

Les directives néerlandaises relatives aux émissions dans l'air sont similaires aux réglementations allemandes de la TA Luft, mais pour des raisons de rentabilité, le traitement des vapeurs ne doit être utilisé que si l'émission est considérée comme significative. Une émission est dite significative lorsque les émissions annuelles d'une source discontinue sont 1 000 fois supérieures à la valeur du débit massique horaire. Par exemple, pour les substances de la catégorie des COV les moins toxiques, comme le méthanol, la limite d'émission est de 500 g/h et la valeur annuelle correspondante, qui qualifie l'émission de significative, est de 500 kg/an. Pour les substances très nocives, comme les dioxines et les furanes, une limite d'émission de 0,1 ngEQT/m^3 est définie si le débit massique est d'au moins 20 mg/an.

Littérature de référence : [113, TETSP, 2001, 153, TETSP, 2002] [147, EIPPCB, 2002] [179, UBA Germany, 2004] [180, Netherlands, 2004]

4.1.3.15.1. Oxydation thermique

Description : les systèmes d'oxydation thermique convertissent les molécules d'hydrocarbure en CO_2 et en H_2O. Pour ce faire, on peut utiliser l'oxydation thermique à haute température (950 °C), dans des réseaux-torches ou des cuves, l'oxydation catalytique à basse température (450 °C). L'incinération catalytique est plus adaptée aux courants d'hydrocarbures peu concentrés. Le temps de séjour de la vapeur dans le système d'oxydation est un facteur important pour les deux systèmes.

L'oxydation des hydrocarbures nécessite l'utilisation d'un combustible de support, générant ainsi des émissions supplémentaires dans l'air (par ex., CO_2 et NO_x).

Dans certains cas, l'oxydation peut être la seule technologie efficace pour réduire les émissions dans l'atmosphère. C'est le cas notamment lorsque les vapeurs émises par différentes sources peuvent se combiner, ce qui provoquerait un mélange de composants incompatibles. La possibilité de produire une source de chaleur récupérable peut compenser la pollution de l'environnement et le coût.

Efficacité opérationnelle : cette technique est relativement simple à utiliser. Il convient d'observer les limitations du rapport de marge de réglage effective. Un combustible de support est nécessaire.

Applicabilité : la conception du système doit prévoir une plage sécurisée pour l'espace de travail, les limites et les autres parties de l'usine. Cette technique peut être utilisée simultanément pour une gamme étendue de produits et de débits, mais la stabilité de la flamme est sensible aux variations de débit.

Sécurité : la technique présente un danger potentiel élevé en raison de la présence de la source d'inflammation à l'extrémité de la conduite de vapeur. Des dispositifs de sécurité très fiables doivent être prévus. Un blocage potentiel des inhibiteurs de détonation doit être pris en compte.

Énergie/déchets/réponse croisée : l'oxydation thermique génère de la lumière, de la chaleur et du bruit, ainsi que l'émission de CO_2, NO_x et d'autres produits de combustion. Un combustible de support est nécessaire de façon limitée mais continue.

Aspects économiques : l'oxydation thermique est une option d'un coût modéré à élevé. La plus grande partie des coûts est liée au site, en particulier si l'installation d'un système de combustible de support est nécessaire.

Littérature de référence : [113, TETSP, 2001, 153, TETSP, 2002] [147, EIPPCB, 2002]

4.1.3.15.2. Adsorption

Description : dans le procédé d'adsorption, les molécules d'hydrocarbure adhèrent physiquement aux sites activés à la surface de solides, comme le charbon actif ou le zéolithe. En raison de la capacité d'adsorption limitée du charbon, il faut prévoir, pour un procédé continu, deux cuves (« lits ») contenant du charbon actif qui passent alternativement du mode d'adsorption au mode de régénération. La régénération de l'activité du charbon peut être effectuée par :

- la régénération à la vapeur
- la régénération à vide de l'air avec une pompe à vide
- la régénération à vide de l'air avec une pompe à vide et une soufflante Roots

L'utilisation de la vapeur basse pression, suivie d'un processus de séchage, permet de restaurer l'activité du charbon. En revanche, en principe, le charbon redevient hyperactif, ce qui peut entraîner une libération excessive de la « chaleur d'adsorption » pendant l'opération et la formation de « points chauds ». Pour éviter les augmentations de température à des niveaux dangereux, le charbon doit être mouillé pour sécuriser le fonctionnement au terme de la régénération à la vapeur. Le principe de régénération convient moins aux opérations d'adsorption modulée en pression sur lit double dans les systèmes de récupération de vapeur des réservoirs de stockage.

Le régénération à vide de l'air à l'aide d'une seule pompe à anneau liquide retire la plus grande partie, mais pas l'intégralité, des molécules d'hydrocarbure du charbon actif saturé. Cette régénération partielle de l'activité du charbon l'empêche de devenir hyperactif et évite la formation de points chauds. L'utilisation de compresseurs directs à lobe en série avec une pompe à vide permet d'obtenir une régénération assistée de l'air. La pression absolue relative obtenue est plus faible dans le système et la revaporisation des hydrocarbures depuis le charbon actif saturé est plus élevée. En revanche, du fait de cette régénération profonde, le charbon actif peut devenir plus sensible à la surchauffe si certaines vapeurs incompatibles, par exemple les cétones, parviennent sur le charbon nouvellement régénéré.

Le processus d'adsorption nécessite plusieurs soupapes qui s'ouvrent et se ferment automatiquement en séquence, en général toutes les 12 à 15 minutes. Les unités doivent donc être inspectées tous les jours pour garantir le fonctionnement continu efficace et la maintenance de routine.

Efficacité opérationnelle : cette technique est un procédé à contrôle automatique non accompagnée ; les interventions et l'entretien nécessitent l'intervention de personnel qualifié.

Applicabilité : l'applicabilité est limitée en raison des réactions exothermiques avec certains produits. D'autres liquides, comme le pétrole brut contenant du H_2S, peuvent poser des problèmes potentiels du fait de la formation de produits dérivés dans le lit. Cette technique est applicable à une large plage de débits et peut être conçue pour une large gamme de produits compatibles.

Sécurité : la technique est associée à des dangers potentiels dues aux réactions exothermiques non contrôlées.

Énergie/déchets/réponse croisée : risque potentiel de génération de déchets par le procédé de régénération. La consommation d'énergie est élevée et génère du CO_2. Le remplacement régulier du charbon est nécessaire, mais rare.

Aspects économiques : l'adsorption est une option onéreuse (capex et opex).

Littérature de référence : [113, TETSP, 2001, 153, TETSP, 2002] [147, EIPPCB, 2002]

4.1.3.15.3. Absorption (« lavage »)

Description : au cours du procédé d'absorption, la vapeur entrante est absorbée dans un courant d'absorbant faiblement volatile (« maigre »). L'absorbant utilisé dépend de la composition des vapeurs et du rendement de récupération requis. L'absorbant peut nécessiter un refroidissement pour réduire sa volatilité et donc ses qualités d'absorption. Par exemple, pour l'essence, l'absorbant utilisé est le kérosène à une température comprise entre -25 et -30 °C. L'essence froide pourrait être utilisée comme absorbant, mais sa volatilité entraînerait une baisse de la rentabilité de l'opération.

Les courants absorbants fonctionnant à moins de 0 °C sont associés à un risque potentiel de blocage dû à la formation de glace si la vapeur contient de la vapeur d'eau. L'injection de méthanol peut être utilisée pour remédier à ce problème.

Selon le procédé, il peut être nécessaire de séparer la vapeur de l'absorbant. Pour l'essence, on chauffe le mélange kérosène/essence récupéré dans un échangeur thermique, puis on réabsorbe la vapeur riche en essence dans un courant d'essence.

Bénéfices environnementaux obtenus : un liquide de nettoyage contenant des terpènes permet d'absorber les COV avec une efficacité de 99 %. Le liquide est également relativement efficace pour absorber les odeurs et pour les travaux à températures ambiantes (entre -10 et 40 °C).

Efficacité opérationnelle : procédé à contrôle automatique non accompagné ; les opérations et l'entretien nécessitent l'intervention de personnel qualifié. La gamme de systèmes est très large et va de simples laveurs aux systèmes de maintenance mécaniquement très complexes. Il existe également une installation mobile, particulièrement adaptée au nettoyage des réservoirs, des camions et des navires-citernes.

Applicabilité : l'absorption est applicable à une large plage de débits et peut être conçue pour de très nombreux produits compatibles.

Sécurité : identique à la manipulation de vapeur, sauf si des produits chimiques potentiellement nocifs sont utilisés comme absorbants.

Énergie/déchets/réponse croisée : risque de génération de déchets au cours du procédé, par exemple un cours d'eau drainant contaminé. L'absorption peut aussi accroître la consommation (associée à une génération indirecte de CO_2), bien que l'absorption des COV, décrite ci-dessus, demande moins d'énergie que l'incinération ou le réfrigération. Il est nécessaire de remplacer régulièrement l'absorbant.

Aspects économiques : l'absorption est une solution d'un coût modéré à élevé, selon la complexité du procédé. Le fluide d'absorption des COV mentionné ci-dessus peut être séparé des substances absorbées et recyclé plusieurs fois, selon l'utilisation. Les COV récupérés peuvent (en cas de courant unique) être réintroduits dans le procédé ou renvoyés vers l'installation de stockage.

Littérature de référence : [113, TETSP, 2001, 153, TETSP, 2002] [147, EIPPCB, 2002] [176, EIPPCB Ineke Jansen, 2004]

4.1.3.15.4. Condensation

Description : pendant le processus de condensation, les vapeurs sont condensées à la surface d'un échangeur thermique froid. La température de cet échangeur dépend du point d'ébullition du produit et du rendement de récupération requis. Par exemple, pour l'essence, la température du condenseur se situe généralement autour de -80 °C. Pour accroître le rendement, une seconde étape (par ex., un condenseur cryogène utilisant de l'azote liquide) peut être utilisée pour récupérer les hydrocarbures dans le « gaz résiduaire ».

Il existe également des systèmes qui utilisent, avec la condensation cryogène à l'azote liquide, un fluide caloporteur intégré qui permet la récupération d'un large spectre de COV. Avec cette technique, un échange thermique direct entre l'azote liquide et les vapeurs traitées entraînerait des problèmes opérationnels dans l'unité de récupération en raison de la solidification de la plupart des hydrocarbures à des températures extrêmement

basses. Pour remédier à ce problème, un liquide caloporteur est utilisé comme intermédiaire entre l'azote liquide et les vapeurs de charge. La température du liquide caloporteur est ajustée en fonction de la nature du composé à liquéfier.

Efficacité opérationnelle : procédé de contrôle automatique non accompagné nécessitant l'intervention de personnel spécialement formé pour l'exploitation et la maintenance. Ces systèmes de maintenance sont d'une grande complexité mécanique.

Applicabilité : certains systèmes peuvent être utilisés dans les raffineries, l'industrie pharmaceutique et chimique pour le traitement des pertes de vapeurs se produisant pendant le chargement, le déchargement, le stockage et la manipulation des composés organiques.

Il faut éviter toute variation de débit pour garantir une condensation efficace. Des problèmes de givrage/dégivrage peuvent se poser dans des systèmes n'utilisant pas de liquide caloporteur. La gamme de produits pouvant être traités est limitée par les limites de température de l'équipement.

Sécurité : aucun, sinon la manipulation des vapeurs. L'utilisation de l'équipement à des températures très basses peut être dangereuse pour le personnel s'il est exposé au liquide de refroidissement (par ex., de l'azote liquéfié) ou au produit récupéré en cas de fuite. De nombreux hydrocarbures légers forment des hydrates solides à des températures sub-atmosphériques, ce qui peut provoquer le blocage du condenseur et des canalisations associées. Les problèmes de polymérisation doivent également être pris en compte.

Énergie/déchets/réponse croisée : risque de génération de déchets au cours du processus, par ex., un cours d'eau drainant contaminé par les pertes de dégivrage et de fluide frigorigène. Le processus peut augmenter la consommation énergétique (avec génération indirecte de CO_2), notamment en cas d'utilisation de cryogène. Un appoint en fluide frigorigène doit être régulièrement effectué. Certains fluides frigorigènes sont des substances d'appauvrissement en ozone.

En revanche, il existe des systèmes adaptés aux cas où il n'y a pas de pollution secondaire (gaz acides, émissions de CO_2, eaux usées, oxydes d'azote, dioxines, etc.). Les vapeurs d'azote générées pendant le procédé de récupération des vapeurs peuvent être utilisées pour l'inertage ou l'étouffement.

Aspects économiques : la condensation est une option onéreuse, selon la complexité du processus.

Littérature de référence : [113, TETSP, 2001, 153, TETSP, 2002] [147, EIPPCB, 2002] [162, GRS Europe, 2002]

4.1.3.15.5. Séparation des membranes

Description : la technologie de séparation des membranes consiste à séparer les molécules d'hydrocarbures de l'air en filtrant le mélange vapeur/air sur une membrane pour laquelle les hydrocarbures ont une perméabilité préférentielle. Le rendement du processus de séparation dépend de la pression différentielle dans la membrane. Un compresseur est utilisé pour fournir une pression plus élevée à l'entrée de l'unité de membrane et une pompe à vide est utilisée pour obtenir une pression basse du côté perméable de la membrane.

La technologie de séparation des membranes est associée à des frais d'exploitation élevés car elle nécessite une unité double de déplacement des vapeurs, c'est-à-dire une pompe à vide à anneau liquide et un compresseur. Cette technologie est parfaitement adaptée aux systèmes générant des volumes importants de vapeur en raison de l'utilisation d'un compresseur à l'admission de l'unité de membrane. Elle est donc adaptée aux systèmes d'équilibrage de la vapeur dans des réservoirs de stockage à toit fixe.

Efficacité opérationnelle : ce processus à contrôle automatique non accompagné utilisant une technologie relativement récente, nécessite une maintenance importante.

Applicabilité : des volumes de vapeur amont importants sont nécessaires en raison de l'utilisation d'un compresseur amont. La gamme de produits pouvant être traités est limitée par la conception de la membrane.

Sécurité : l'unité de membrane utilisant un compresseur d'admission, les systèmes de vapeur doivent être protégés contre le vide.

Énergie/déchets/réponse croisée : risque de consommation d'énergie très élevée (génération indirecte de CO_2).

Aspects économiques : la séparation des membranes est une option d'un coût modéré à élevé (capex et opex).

Littérature de référence : [113, TETSP, 2001, 153, TETSP, 2002] [147, EIPPCB, 2002]

4.1.3.16. Compatibilité des MLE applicables aux émissions opérationnelles de gaz

Toutes les mesures de réduction des émissions décrites à la section 4.1.3 ne peuvent pas utilisées ensemble. Par exemple, un dôme ne peut être utilisé que sur un RTFE et est donc incompatible avec une MLE applicable à un RTF, comme un toit flottant interne. La compatibilité des MLE est présentée dans le tableau 4.5 ci-dessous. Le tableau 4.6 indique les MLE les plus couramment utilisées pour chaque mode de stockage.

Remarques O) peuvent être utilisées ensemble N) ne peuvent être utilisées ensemble 1) évaluation non effectuée	**Procédures**	**Conception/inspection/entretien**	**PVRV**	**Instrumentation**	**Toits**	**Toits flexibles ou respirants**	**Toits fixes/rigides**	**Peinture du réservoir**	**Boucliers solaires**	**Refroidissement naturel**	**Joints de bordure**	**Accessoires toit TFE**	**Joints primaires**	**Joints secondaires**	**Dômes**	**Systèmes de drainage**	**Équilibrage de la vapeur**	**Réservoirs à espace**	**Traitements des vapeurs**	**Augmenter puissance**
Procédures opérationnelles/formation		O	O	O	O	O	O	O	O	1	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Conception/inspection/entretien			O	O	O	O	O	O	O	1	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
PVRV				O	N	N	N	O	O	1	N	N	N	N	N	O	O	O	O	O
Instrumentation					N	N	N	O	O	1	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Toits flottants						N	N	O	O	1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Toits flexibles ou respirants							N	O	O	1	N	N	N	N	N	N	N	N	O	N
Toits fixes/rigides								O	O	1	N	N	N	N	N	N	N	N	O	N
Peinture de réservoir									O	1	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Boucliers solaires										1	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Refroidissement naturel du réservoir											1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Joints de bordure TFE												O	N	N	O	O	N	N	N	N
Accessoires de toit TFE													N	N	O	O	N	N	N	N
Joints primaires TFI														O	N	O	N	N	N	N
Joints secondaires TFI															N	O	N	N	N	N
Dômes																O	N	N	N	N
Systèmes de drainage fermés																	O	O	O	O
Équilibrage de la vapeur																		O	O	O
Réservoirs à espace variable pour la vapeur																			O	O
Traitement des vapeurs																				O
Augmenter la puissance du réservoir à 56 mbar																				

Tableau 4. 5 : compatibilité des MLE
[154, TETSP, 2002]
(PVRV = clapets de décharge et soupapes de décompression)

	Remarques 1. rarement utilisé en Europe 2. non applicable 3. si doté d'un toit P)mode de stockage sous pression ; soupape de décompression nécessaire pour la sécurité O) peuvent être utilisées ensemble N) ne peuvent pas être utilisées ensemble		**Procédures opérationnelles/formation**	**Conception/inspection/entretien**	**PVRV**	**Instrumentation**	**Toits flottants**	**Toits flexibles ou respirants**	**Toits fixes/rigides**	**Peinture du réservoir**	**Boucliers solaires**	**Refroidissement naturel du réservoir**	**Joints de bordure TFE**	**Accessoires toit TFE**	**TFI**	**Dômes**	**Systèmes de drainage fermés**	**Équilibrage de la vapeur**	**Réservoirs à espace variable de la vapeur**	**Traitements des vapeurs**	**Augmenter puissance réservoir jusqu'à 56 mbar**
Aérien	**Réservoir à ciel ouvert**	**Atmosphérique**	O	O	N	O	O	O	O	O	N	?	N	N	N	N	O	N	N	3	N
	Réservoir à toit flottant externe	**Atmosphérique**	O	O	N	O	N	N	N	O	1	1	O	O	N	O	O	N	N	N	N
	Réservoir à toit fixe vertical	**Atmosphérique**	O	O	O	O	N	N	N	O	1	1	N	N	O	N	O	O	O	O	O
	Réservoir de stockage horizontal	**Atmosphérique**	O	O	O	O	N	N	N	O	1	?	N	N	N	N	O	O	O	O	O
	Réservoir à toit	**Atmosphérique**	O	O	O	O	N	N	N	O	1	1	N	N	N	N	O	O	N	O	O
	Sphère	**Sous pression**	O	O	P	O	N	N	N	O	N	?	N	N	N	N	O	O	N	O	N
	Réservoir de stockage horizontal	**Sous pression**	O	O	P	O	N	N	N	O	O	O	N	N	N	N	O	O	N	O	N
	Réservoir cylindrique vertical	**Sous pression**	O	O	P	O	N	N	N	O	1	?	N	N	N	N	O	O	N	O	N
	Réservoir cryogénique	**Sous pression**	O	O	P	O	N	N	N	N	N	?	N	N	N	N	O	O	N	O	N
Enterré	**Réservoir de stockage horizontal**	**Atmosphérique**	O	O	O	O	N	N	N	N	2	?	N	N	N	N	O	O	O	O	N
	Caverne	**Atmosphérique**	O	O	O	O	N	N	N	N	2	?	N	N	N	N	O	O	O	O	N
	Stockage monté	**Sous pression**	O	O	P	O	N	N	N	N	2	?	N	N	N	N	O	O	N	O	N
	Cavité	**Sous pression**	O	O	P	O	N	N	N	N	2	?	N	N	N	N	O	O	N	O	N
	Stockage partiellement enterré																				
Autre stockage	**Entrepôt**	**Atmosphérique**	O	O	2	N	N	N	N	2	2	?	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	Bassin et fosse	**Atmosphérique**	O	O	2	N	O	O	O	2	2	?	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	Stockage flottant	**Atmosphérique**	O	O	O	O	N	N	N	O	2	?	N	N	N	N	N	O	O	O	N

Tableau 4. 6 : MLE possibles par mode de stockage
[154, TETSP, 2002]

4.1.4. MLE applicable aux émissions liquides opérationnelles dues aux réservoirs

Les mesures de limitation des émissions liquides se divisent en deux groupes principaux : les MLE applicables aux déversements potentiels dans le sol dues à des activités prévues et celles pour les émissions imprévues. Cette section étudie les MLE des émissions potentielles dues à des opérations courantes comme le drainage et le nettoyage. La section 4.1.6 est consacrée aux MLE pour les émissions imprévues rares, comme le débordement de réservoir.

4.1.4.1. Drainage manuel

Description : le drainage manuel des réservoirs nécessite soin et attention. Le drainage des réservoirs dont le fond est conique vers le centre et dotés d'un tuyau de soutirage fixe doit faire l'objet d'une attention particulière. Dans ce cas, le tuyau de soutirage sera rempli d'huile (ou d'autre produit stocké) à la fin du retrait de l'eau et des retraits d'eau ultérieurs doivent d'abord déplacer le produit.

L'automatisation de ce procédé est également possible ; elle permet de limiter le vapoentraînement du produit stocké et nécessite l'installation de systèmes de robinet de vidange de réservoir automatiques ou semi-automatiques.

L'eau vidangée d'un réservoir est généralement récupérée dans un système d'évacuation ou de décharge en vue du traitement ultérieur de l'eau. L'évacuation directe dans le sol n'est pas une pratique acceptable.

La vitesse de soutirage de l'eau peut avoir un impact sur les émissions. Une ouverture rapide de soupape et des débits élevés peuvent créer un tourbillon qui aspire l'eau et l'huile dans le drain. Sur de nombreux sites, les robinets de vidange sont actionnés manuellement, le liquide drainé étant inspecté visuellement afin de déterminer le moment d'arrêt du drainage. Le drainage est généralement arrêté au moment où l'eau contient moins de 10 % d'huile. Il arrive, cependant, que cette limite soit dépassée ; dans ce cas, des quantités significatives d'huile passent dans le système d'eaux résiduaires.

Le drainage manuel réalisé avec soin est une option viable pour de nombreux sites dédiés au stockage du pétrole brut. En revanche, c'est un procédé qui prend énormément de temps. Il est pratiquement impossible d'éliminer toute trace de pollution de l'eau, même si l'exécution est correcte. Des émissions indirectes d'hydrocarbures résultent du drainage des fonds d'eau dans l'air. Des tests ont montré que 30 % des hydrocarbures pénétrant dans les systèmes de drainage étaient perdus par évaporation. De ce fait, la réduction maximale de la perte de produit dans l'eau drainée entraîne une baisse des émissions depuis les drains.

Efficacité opérationnelle : le drainage manuel des réservoirs est une opération simple qui nécessite du soin et du temps.

Applicabilité : le drainage manuel des réservoirs est utilisable pour de nombreuses applications.

Sécurité : tout drainage de réservoir est associé à un risque de dégagement de grandes quantités de produit liquide dans l'égout ou le merlon du réservoir s'il n'est pas correctement exécuté ou régulièrement vérifié.

Énergie/déchets/réponse croisée : risque potentiel de quantité importante de déchets et problèmes potentiels de réponse croisée.

Littérature de référence : [41, Concawe, 1999] [113, TETSP, 2001]

4.1.4.2. Robinets de vidange de réservoir semi-automatiques

Description : ces robinets sont dits semi-automatiques car ils doivent être réinitialisés au début de chaque opération de drainage. Il existe sur le marché différents concepts destinés à des produits de densités diverses par rapport à l'eau ; cette différence de densité est utilisée pour mettre fin aux opérations de drainage.

Ces systèmes comprennent généralement une petite chambre dotée d'une admission dans la conduite de récupération des fluides du réservoir et d'une sortie vers le système d'évacuation et un flotteur. Lorsque la soupape d'admission est ouverte, la chambre se remplit d'eau depuis le fond du réservoir, ce qui entraîne la remontée du flotteur (constitué d'un flotteur creux en acier lesté d'huile). L'opérateur peut ensuite laisser l'opération se poursuivre sans surveillance. La frigélisation de ces soupapes peut être nécessaire sous certains climats.

Lorsque le produit commence à pénétrer dans la chambre, le flotteur tombe dans un joint annulaire dynamique, ce qui provoque la fermeture de la soupape.

L'autre méthode consiste à utiliser un capteur d'hydrocarbure à la place du flotteur. Cet élément doit néanmoins être remplacé après chaque drainage et doit donc être plutôt réservé aux réservoirs dont le drainage n'est que rarement.

Efficacité opérationnelle : problèmes potentiels dans les domaines suivants :

- nettoyage : le flotteur peut se bloquer si des débris pénètrent dans le chambre du flotteur. Cet incident peut être grave si la soupape reste ouverte et laisse le produit s'écouler dans le système de drainage.
- Fermeture prématurée : la soupape peut se fermer trop tôt si le tourbillon entraîne le produit vers le bas avant la fin du drainage ou si le débit chute brutalement.

Applicabilité : le drainage semi-automatique du réservoir peut être utilisé dans de nombreuses applications, mais pour obtenir une performance optimale, il convient d'utiliser un produit propre ayant une densité suffisamment différente de celle de l'eau.

Sécurité : tout drainage de réservoir est associé à un risque de dégagement de grandes quantités de produit liquide dans l'égout ou le merlon du réservoir s'il n'est pas correctement exécuté ou régulièrement vérifié.

Énergie/déchets/réponse croisée : risque potentiel de quantité importante de déchets et problèmes potentiels de réponse croisée.

Aspects économiques : les robinets de vidange de réservoir semi-automatiques ne sont pas motorisés et leurs coûts d'installation sont minimes. Ils constituent l'alternative la moins chère au drainage manuel.

Littérature de référence : [41, Concawe, 1999] [113, TETSP, 2001]

4.1.4.3. Robinets de vidange de réservoir entièrement automatiques

Description : les robinets de vidange entièrement automatiques sont conçus pour réduire au maximum l'intervention de l'opérateur ; ils sont donc nettement plus chers que les systèmes semi-automatiques. Une source d'alimentation au niveau du réservoir est également nécessaire.

Il existe différents types, chacun ayant leurs propres caractéristiques. Il est essentiel de choisir le robinet adapté à la situation.

Sondes à rayonnement électromagnétique
Une sonde à rayonnement électromagnétique sert à mesurer la teneur en hydrocarbure de l'eau à drainer. La sonde envoie des micro-ondes dans le liquide et mesure la quantité d'énergie absorbée par celui-ci. Comme l'eau absorbe plus les micro-ondes, il est possible de quantifier la concentration en hydrocarbures. Cette technologie peut être utilisée sous forme d'unité portable, de sonde unique ou de sonde double, dans laquelle une sonde est positionnée au niveau du point de sortie de vidange et l'autre environ 600 mm au-dessus de la sole du réservoir (ou à un niveau prédéfini). Lorsque la sonde supérieure détecte de l'eau, le robinet de vidange s'ouvre ; lorsque la sonde inférieure détecte de l'huile, le robinet de vidange se ferme.

Mesure de la constante diélectrique
Un capteur capacitif est installé dans une chambre de circulation dans le drain du réservoir. Lorsque la teneur en huile atteint une valeur prédéfinie, le robinet se ferme automatiquement. Des problèmes de détection potentiels peuvent survenir en raison des stratifications. Une interface bien conçue est nécessaire au fonctionnement optimal.

Mesure de l'indice de réfraction
L'indice de réfraction se mesure à l'aide de fibres optiques. Ce système n'est pas encore très utilisé en Europe.

Efficacité opérationnelle : la stratification dans le produit peut rendre l'utilisation de cette technique problématique.

Applicabilité : le drainage de réservoir entièrement automatique est utilisable pour de nombreuses applications, selon le produit stocké.

Sécurité : tout drainage de réservoir est associé à un risque de dégagement de grandes quantités de produit liquide dans l'égout ou le merlon du réservoir s'il n'est pas correctement exécuté ou régulièrement vérifié.

Énergie/déchets/réponse croisée : risque potentiel de quantité importante de déchets et problèmes potentiels de réponse croisée.

Aspects économiques : les robinets de vidange automatiques sont onéreux et les coûts pour la modification d'une installation existante sont très élevés.

Littérature de référence : [41, Concawe, 1999, 113, TETSP, 2001]

4.1.4.4. Systèmes dédiés

Description : dans des « systèmes dédiés », les réservoirs et l'équipement sont dédiés à un groupe de produits. Il n'y a donc aucun changement de produit. Il est donc possible d'installer et d'utiliser des technologies conçues sur mesure pour les produits stockés (et manipulés), ce qui permet de prévenir et de réduire les émissions de façon efficace et rentable.

Efficacité opérationnelle : mesure de limitation des émissions pertinente, en particulier pour les terminaux où sont stockés de nombreux produits différents.

Applicabilité : l'applicabilité dépend du type d'opérations de stockage ; cette méthode n'est généralement pas applicable aux installations de stockage dans lesquelles des réservoirs sont utilisés pour un stockage de différents produits de courte et de longue durée.

Énergie/déchets/réponse croisée : grâce à la nette réduction des activités de nettoyage, on obtient une baisse des émissions dans l'air et des déchets.

Littérature de référence : [130, VROM, 2002]

4.1.5. MLE applicables aux réservoirs : déchets

4.1.5.1. Mélange

Description : le terme « boues » est un terme générique pour désigner un mélange semi-solide de produit, d'eau et de solides, comme le sable, la paraffine brute et les particules de rouille. La boue brute peut contenir tous les éléments indiqués plus haut, y compris des cristaux de paraffine, en différentes quantités.

Le dépôt de boues dans les réservoirs de stockage est dû aux mécanismes de diffusion moléculaire, de gravité et de réactivité chimique et dépend des conditions d'exploitation. Le dépôt de boues est généralement irrégulier et ne se forme pas forcément au même rythme.

La quantité de boue dépend de tout ou partie des facteurs suivants :

- température
- type de produit

- temps de repos
- capacité de mélange
- type de fond du réservoir
- méthode de réception (bateau-citerne, conduite de transport)

Le mélange est la meilleure technologie pour la réduction des boues. Le brassage turbulent se produit lorsque des particules de liquide défilent les unes à côté des autres à différentes vitesses générant des cisaillements formant des remous. La vitesse de ce phénomène détermine la vitesse de brassage.

On utilise deux types de mélangeurs :

- mélangeurs à force centrifuge
- mélangeurs à jet

Pour empêcher le dépôt de boues, le mélangeur doit être positionné de telle sorte qu'un débit économique maximum soit appliqué dans le fond du réservoir. La meilleure solution consiste à utiliser des mélangeurs dans lesquels l'angle de pivotement peut être modifié. Plusieurs mélangeurs sont nécessaires dans les grands réservoirs. Lorsque plusieurs mélangeurs sont utilisés, la séparation doit être comprise entre 22,5 et 45º, tous les mélangeurs étant situés dans un quadrant de 90º afin de réduire au maximum le dépôt de boues.

Autrefois, et même encore aujourd'hui, l'air était utilisé pour homogénéiser les liquides. Si ces liquides contiennent des composés volatiles, cette technique donne lieu à des émissions supplémentaires dans l'air car l'air « désoxyde » les composés volatiles. Par conséquent, l'utilisation de l'air pour homogénéiser les liquides ne peut pas être considérée comme une MTD.

Applicabilité : les mélangeurs à force centrifuge sont les plus couramment utilisés, mais les mélangeurs à jet sont généralement plus rentables.

Aspects économiques : les mélangeurs à force centrifuge sont généralement meilleur marché à l'achat, mais plus onéreux à l'utilisation (jusqu'à quatre fois par rapport aux mélangeurs à entrée latérale de réservoir car ils nécessitent moins d'énergie pour créer le mouvement de fluide nécessaire au lancement du processus de brassage). Les mélangeurs à jet sont généralement plus rentables et associés à des frais d'exploitation plus faibles.

Littérature de référence : [41, Concawe, 1999] [176, EIPPCB Ineke Jansen, 2004]

4.1.5.2. Evacuation des boues

Description : lorsque l'épaisseur de boues dans les réservoirs devient trop importante et ne peut être éliminée par les technologies de mélange (voir section 4.1.5.1), le réservoir doit être nettoyé. Plusieurs méthodes mises au point évitent d'ouvrir le réservoir et permettent de remettre en suspension les dépôts, afin de réduire les pertes. Des additifs chimiques, la centrifugation ou la circulation du produit forment la base de ces méthodes.

Dans la pratique courante, l'évacuation des boues accumulées dans les réservoirs de stockage de pétrole brut consiste à mettre le réservoir hors service, puis à décharger le produit stocké, et à purger l'intérieur de toute atmosphère dangereuse. Le fond de boues est ensuite retiré à la main et mis au rebut de façon sécurisée (par ex., incinération).

Littérature de référence : [41, Concawe, 1999]

4.1.6. MLE applicables aux réservoirs en cas d'incidents et d'accidents (majeurs)

4.1.6.1. Sécurité et gestion des risques

En vertu de la directive Seveso II (directive du Conseil 96/82/CE du 9 décembre 1996 concernant la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses), les sociétés doivent mettre en œuvre toutes les mesures nécessaires pour prévenir et limiter les conséquences des accidents majeurs. Elles doivent, à tout moins, rédiger un document définissant sa politique de prévention des accidents majeurs (PPAM) et le

système de gestion de la sécurité pour la mise en œuvre de la PPAM. Les sociétés stockant de grandes quantités de substances dangereuses, dites établissements prioritaires, doivent également rédiger un rapport de sécurité et un plan d'urgence interne et disposer d'un inventaire à jour des substances dangereuses.

Description : le système de gestion de la sécurité sert de base à la PPAM. Un système de gestion de la sécurité comprend :

- une liste des rôles et responsabilités
- une évaluation des risques d'accidents majeurs
- une liste des procédures et des instructions pour le fonctionnement
- une planification des situations d'urgence
- la surveillance du système de gestion de la sécurité
- l'évaluation périodique de la politique adoptée

Néanmoins, les établissements n'entrant pas dans le cadre de la directive Seveso II appliquent également souvent des politiques individuelles de gestion des risques mises au point pour des installations qui, par exemple, stockent des liquides inflammables dans des réservoirs, voir référence [37, HSE, 1998], ou toute autre installation utilisée pour stocker des substances dangereuses conditionnées. Le niveau de détail de ces politiques dépend de différents facteurs, notamment :

- des quantités stockées
- des dangers spécifiques des substances
- de la localisation du stockage

L'évaluation des risques est un outil important : il s'agit d'une visualisation organisée des activités du site à l'aide des cinq étapes suivantes :

Étape 1 identifier les dangers
Étape 2 identifier les personnes et/ou les objets risquant d'être touchés (et/ou endommagés et/ou contaminés, ainsi que le niveau de gravité)
Étape 3 évaluer les risques associés aux dangers et déterminer si les précautions actuelles sont adéquates ou si elles doivent être renforcées
Étape 4 enregistrer les résultats significatifs
Étape 5 revoir régulièrement l'évaluation et apporter des modifications, le cas échéant

En ce qui concerne le stockage en réservoirs des liquides inflammables, l'évaluation comprend les risques dus au réservoir et les risques pour le réservoir dus à des sources externes. L'objectif de l'évaluation est de :

- réduire au maximum le risque d'un déversement de liquide inflammable
- réduire au maximum le risque d'incendie ou d'explosion au niveau du réservoir
- limiter les conséquences d'un tel incident, en particulier pour les hommes et l'environnement
- protéger le réservoir des incendies extérieurs

Parmi les facteurs à prendre en compte lors de l'évaluation d'une installation de stockage, on peut citer :

- la capacité de stockage
- la localisation du réservoir par rapport aux limites du site, aux bâtiments, aux zones des procédés et aux sources fixes d'inflammation
- les normes de conception de l'installation
- les quantités et les localisations des autres liquides inflammables
- les quantités et les localisations des autres substances dangereuses
- les activités dans les installations adjacentes
- la formation et la supervision des salariés opératifs du site
- la fréquence des approvisionnements
- les opérations de chargement et de déchargement
- l'inspection et l'entretien

Le gouvernement néerlandais a mis au point un programme logiciel, PROTEUS, permettant de déterminer les risques pour l'environnement de tout déversement chimique accidentel dans les eaux de surface. PROTEUS

comprend le programme SERIDA, base de données d'informations sur les substances nocives pour les humains et l'environnement. Les substances répertoriées dans SERIDA ont été choisies d'après les rapports de sécurité d'établissements néerlandais, la liste Seveso II, les listes noires de l'UE ou des Pays-Bas et la liste du Comité international Rhine.

Efficacité opérationnelle : le niveau et le détail des systèmes de gestion de la sécurité décrits ci-dessus dépendent de la quantité de substances stockées, des dangers spécifiques et de la localisation du stockage. Le stockage de matières présentant plusieurs dangers est une activité à haut risque nécessitant une gestion de haut niveau et du personnel hautement qualifié.

Applicabilité : applicable dans toute l'Europe.

Aspects économiques : impossibles à déterminer.

Littérature de référence : [120, VROM, 1999] [35, HSE, 1998] [36, HSE, 1998] [37, HSE, 1998] [118, RIVM, 2001] [121, CIWM, 1999]

Liens Internet : http://www.rivm.nl/serida/ http://www.riskanalysis.nl/proteus/

4.1.6.1.1. Procédures opérationnelles et formation

Description : des mesures d'organisation adéquates doivent être mises en place pour un fonctionnement sécurisé et responsable de l'installation. La pratique courante prévoir les éléments suivants :

- plans de réponse d'urgence et plans de communication à des fins internes et pour/vers les emplacements externes disponibles et maintenus à jour. Ils permettent une intervention rapide des équipes de secours/soutien internes et externes et peuvent réduire ainsi les conséquences négatives dues à l'accident
- notices d'utilisation disponibles et suivies. Elles contiennent des informations relatives au fonctionnement de l'installation, par exemple des plans de surveillance et d'entretien, des précautions contre les dysfonctionnements et de prise en charge de tout événement
- la société possède des dossiers et une documentation relatifs au mode de stockage (par ex., données de conception/dessins, dossiers d'inspection et d'entretien, etc.)
- formation et instruction des employés réalisées de façon régulière. Les employés sont informés, entre autres, des dangers pour la main d'œuvre et des conséquences potentielles pour l'environnement.

Un programme classique de formation aborde les points suivants :

- dangers et propriétés des liquides stockés et manipulés
- directives d'exploitation sécurisées pour l'installation et l'équipement associé
- objectif des normes de sécurité, notamment importance du respect strict de ces normes
- action à entreprendre en cas de détection d'une défaillance de l'équipement
- prise en charge des fuites et déversement mineurs
- importance d'un bon entretien des locaux et de la maintenance préventive
- procédures d'urgence

Efficacité opérationnelle : le niveau et le détail des systèmes de gestion de la sécurité décrits ci-dessus dépendent de la quantité de substances stockées, des dangers spécifiques et de la localisation du stockage. Le stockage de matières présentant plusieurs dangers est une activité à haut risque requérant une de gestion de haut niveau et du personnel hautement qualifié..

Applicabilité : applicable dans toute l'Europe.

Littérature de référence : [18, UBA, 1999] [87, TETSP, 2001] [37, HSE, 1998] [35, HSE, 1998]

4.1.6.1.2. Indicateur de baisse de niveau dans un RTFE

Description : l'instrumentation destinée à mesurer et à détecter toute baisse de niveau dans le réservoir est nécessaire pour éviter qu'un toit flottant externe repose sur le fond du réservoir, ce qui peut être à l'origine de détériorations et de pertes. Il peut s'agit d'une jauge de niveau avec paramètres d'alarme uniquement ou d'une fermeture automatique des soupapes pour arrêter le déchargement du réservoir ; voir section 4.1.6.1.6 pour les systèmes d'alarme de niveau haut.

Efficacité opérationnelle : une alarme autonome nécessite une intervention manuelle et des procédures appropriées. Les soupapes automatiques doivent être intégrées en aval de la conception du procédé pour éviter tout effet indirect de la fermeture. Une inspection/maintenance régulière de chaque élément est absolument nécessaire.

Applicabilité : les alarmes sont largement utilisées mais la nécessité d'installer des soupapes automatiques doit être évaluée pour chaque emplacement.

Sécurité : risque de panne des systèmes en aval avec les soupapes automatiques en raison, par exemple de l'effet « marteau d'eau » (voir Glossaire).

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : pour les réservoirs dotés d'un système de calibrage automatique, l'installation d'une alarme ne constitue pas un investissement important. Les réservoirs à calibrage manuel doivent être dotés d'un système de calibrage automatique avec une alarme ou une alarme de niveau uniquement. Les soupapes de fermeture automatique sont plus onéreuses. Si le système d'alarme est relié à une salle de commande locale, les coûts dépendent du site.

Littérature de référence : [113, TETSP, 2001]

4.1.6.1.3. Fuite et débordement

Description : le confinement (secondaire) constitue une protection supplémentaire contre les dégagements dus au réservoir de stockage, indépendamment de la protection inhérente prévue dans le réservoir. Il existe deux principaux types de confinement secondaire pour les fuites, à savoir ceux prévus dans la structure du réservoir, comme les doubles fonds de réservoir (uniquement pour les réservoirs aériens), les réservoirs à double enveloppe et à double paroi et les barrières étanches placées sur la surface sur sol sous les réservoirs.

Les merlons de parc de stockage et les réservoirs d'égouttage sont conçus pour contenir d'importants déversements provenant de réservoirs aériens, comme ceux dus à une rupture de la robe ou un débordement important. Les réservoirs enterrés peuvent être également dotés d'un confinement. Toutes les techniques sont décrites dans les sections ci-dessous.

Les procédures opérationnelles et la formation, ainsi que l'instrumentation et l'automatisation, sont des outils importants pour prévenir les débordements. La corrosion et l'érosion sont également des sources importantes de fuite dans le sol ou dans l'air. Elles sont abordées plus loin.

Littérature de référence : [41, Concawe, 1999], [113, TETSP, 2001]

4.1.6.1.4. Corrosion et érosion

Réservoirs de stockage aériens

La corrosion est l'une des principales causes de panne d'équipement. Elle peut attaquer l'intérieur et l'extérieur de toute surface métallique exposée. On peut généralement prévenir la corrosion par l'utilisation de matériaux de construction résistants et de méthodes de construction adéquates. Le matériau résistant peut être un matériau de base (par exemple, de l'acier inoxydable), un revêtement ou un placage sur une feuille à résistance mécanique.

Les cuves pour le stockage, par exemple, de l'acide phosphorique, sont normalement construites en acier doux entièrement doublé de caoutchouc, y compris le plafond, car l'acide a une action corrosive sur l'acier doux et de nombreux métaux entraînant la formation d'hydrogène (hautement explosif). Le caoutchouc peut être naturel ou synthétique (butyle) ou, de préférence, constitué de plusieurs couches de l'un ou de l'autre. L'acier inoxydable à faible teneur en carbone peut être utilisé à des températures inférieures à 60 °C, en l'absence de risque de

corrosion dû aux chlorures ou autres impuretés. Il existe également des réservoirs en acier inoxydable dotés d'une protection anodique, mais cette technique ne peut être utilisée qu'à des températures inférieures à 70 °C. L'acier au manganèse au carbone certifié est le matériau standard utilisé pour le stockage de l'ammoniaque anhydre à basses températures.

Les peintures ou autres revêtements constituent généralement une protection de bonne qualité. Il existe des revêtements ou peintures résistant aux produits. L'annexe 8.2, Codes internationaux, donne un aperçu des différentes méthodes pouvant être utilisées.

La corrosion interne peut provoquer l'accumulation d'eau dans le réservoir. Cette eau doit être retirée (voir sections 4.1.4.1 à 4.1.4.3).

La corrosion peut passer inaperçue sous une isolation thermique ou un garnissage. La corrosion sous le garnissage doit être prise en compte dans le cadre du programme de maintenance préventive planifiée pour les réservoirs.

La protection cathodique permet d'éviter la corrosion à l'intérieur des réservoirs aériens. Pour mettre en place une protection cathodique, on place des anodes réactives dans le réservoir et on les raccorde à un système de courant de soutirage ou on utilise des anodes consommables dans le réservoir. La protection cathodique interne est aujourd'hui rarement utilisée dans l'industrie pétrolière ; elle est remplacée par des inhibiteurs de corrosion présents dans la plupart des produits de pétrole raffiné.

Une abrasion peut survenir lorsque des solides mobiles, présents dans le liquide, entrent en contact avec les composants du système de stockage. Les moyens de prévention de ce phénomène difficilement prévisible sont rares ; on peut, par exemple, réduire la vitesse des solides par des mesures de conception ou utiliser des matériaux de construction plus durs ou plus doux lorsque l'effet est détecté.

Réservoirs de stockage enterrés
Les réservoirs enterrés constitués d'un matériau vulnérable à la corrosion (comme l'acier) sont généralement protégés par :

- un revêtement résistant à la corrosion (comme le bitume)
- un plaquage
- un système de protection cathodique

Voir également l'annexe 8.6 pour un résumé des exigences des différents EM relatives aux réservoirs enterrés.

Corrosion fissurante sous tension
La corrosion fissurante sous tension est un phénomène qui peut se produire dans des métaux exposés à la fois à une tension et à environnement corrosif. Ce problème est propre aux réservoirs sous pression et peut se produire dans une large plage de températures et de pressions. La corrosion fissurante sous tension a été observée dans des balles de stockage sous pression (sphères), des réservoirs de stockage semi-réfrigérés et certains réservoirs cryogéniques à des températures inférieures ou égales à -33 °C, contenant de l'ammoniaque. Les fissures se forment surtout dans les soudures et les zones affectées par la chaleur autour des soudures.

Les études et le travail de recherche international montrent que la mise en service, et surtout la remise en service, sont des phases critiques pour la formation des fissures. En effet, l'augmentation potentielle des niveaux d'oxygène à l'intérieur du réservoir et les variations de température provoquent une augmentation des niveaux de tension.

La détente des tensions par un traitement thermique après soudage des zones affectées par la chaleur semble être l'une des seules méthodes fiables pour éviter la corrosion fissurante sous tension dans les réservoirs d'ammoniaque.

Littérature de référence : [86, EEMUA, 1999] [25, IFA/EFMA, 1990] [41, Concawe, 1999] [3, CPR, 1984, 26, UNIDO-IFDC, 1998, 28, HMSO, 1990, 37, HSE, 1998, 113, TETSP, 2001]

4.1.6.1.5. Procédures opérationnelles et formation pour la prévention des débordements

Description : la mise en place de procédures opérationnelles claires par les opérateurs constitue le premier niveau de protection contre les débordements. Ces procédures, par exemple, peuvent déterminer les actions garantissant :

- la disponibilité d'un creux suffisant pour recevoir un remplissage de lot
- que les instruments utilisés pour le contrôle du fonctionnement normal du système de stockage, comme les indicateurs de niveau ou de pression, avertissent l'opérateur en cas de risque de dépassement du paramètre du procédé avant l'apparition d'un débordement
- la détection, pendant les rondes régulières sur l'installation de stockage, par les opérateurs de niveaux ou de conditions de pression anormales dans un réservoir
- l'absence de débordement pendant une opération de remplissage d'un réservoir

L'efficacité de ces mesures doit être préservée au fil du temps. C'est l'un des rôles des systèmes de gestion. Un bon système de gestion comprend : la formation régulière des opérateurs, la mise à jour des notices d'utilisation, l'étalonnage planifié des instruments, des bilans de sécurité et l'incorporation des expériences acquises par l'analyse des incidents.

Littérature de référence : [113, TETSP, 2001]

4.1.6.1.6. Instrumentation et automatisation pour éviter les débordements

Description : pour éviter les débordements d'un réservoir, une instrumentation très sophistiquée est nécessaire. Il peut s'agir d'un indicateur de niveau avec alarme et/ou de la fermeture automatique des soupapes.

Efficacité opérationnelle : une alarme autonome nécessite une intervention manuelle et des procédures appropriées. Les soupapes automatiques doivent être intégrées en amont à la conception du procédé pour éviter tout effet indirect de la fermeture. Il y a un risque d'à-coup de pression dans la conduite de transport. Le temps de fermeture des soupapes et les exigences en matière d'inspection et d'étalonnage sont des éléments essentiels à la réduction des émissions.

Applicabilité : les alarmes sont largement utilisées, mais les problèmes propres aux soupapes automatiques, comme l'à-coup de pression et la surpression, doivent être évalués su chaque installation. Les alarmes de prévention des débordements sont très souvent utilisées pour les réservoirs enterrés.

Sécurité : les soupapes automatiques sont associées à un risque de panne des systèmes en amont.

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : pour les réservoirs à calibrage manuel, il suffit d'installer une calibrage automatique et/ou une alarme de niveau, ce qui ne nécessite pas un investissement financier important. Si les alarmes sont raccordées à une salle de commande locale, les coûts sont propres au site. Les soupapes de fermeture automatique sont plus onéreuses. La protection contre les à-coup de pression et la mise à niveau des tuyaux sont des mesures très coûteuses.

Par exemple, un capteur électronique pour la protection contre les débordements coûte entre 500 et 2 000 euros (année 1999). Ces coûts ne comprennent ni l'installation, ni l'interconnexion avec les systèmes de garde, mais sont propres au site. Il est possible de disposer d'autres capteurs utilisant le même principe de mesure et ayant une capacité de protection de l'environnement comparable. Les coûts ne sont pas très différents.

Littérature de référence : [113, TETSP, 2001] [18, UBA, 1999] [132, Arthur D. Little Limited, 2001]

4.1.6.1.7. Instrumentation et automatisation pour la détection des fuites

Introduction : quatre techniques de base différentes, décrites ci-après, peuvent être utilisées pour la détection des fuites :

A. Système de barrière pour la prévention des dégagements
B. Vérifications des stocks

C. Méthode d'émissions acoustiques
D. Surveillance des vapeurs dans le sol

A. Système de barrière pour la prévention des dégagements (RPBS)

Description : en cas d'installation d'un double fond de réservoir ou de barrières étanches, toute fuite depuis le fond du réservoir peut être entraînée vers le périmètre du réservoir. La méthode de détection la plus simple consiste à effectuer une inspection visuelle régulière pour vérifier la présence de produit au niveau de points de détection de fuite de contrôle de niveau. Pour les produits volatiles, la détection de gaz au niveau des « contrôles de niveau » peut être effectuée.

Avec l'option de double fond de réservoir, on peut maintenir sous vide l'espace entre les soles et établir une surveillance continue. Toute fuite au niveau des soles se dissipe dans le vide et déclenche une alarme. Pour les chemisages étanches, un câble de détection peut être placé entre le fond du réservoir et le chemisage. Les propriétés électriques de ce câble changent lorsqu'il est en contact avec le produit stocké. Il peut être utilisé pour indiquer une fuite potentielle.

Pour un réservoir à double paroi ou un réservoir d'égouttage, un système de détection peut être placé entre les deux parois du réservoir à double paroi ou entre la paroi d'un réservoir et son confinement.

Efficacité opérationnelle : ces méthodes n'ont aucun impact sur le fonctionnement du réservoir.

Applicabilité : nombreuses applications

Sécurité : néant

Énergie/déchets/réponse croisée : néant pour les systèmes visuels simples. D'autres systèmes nécessitent une alimentation pour l'instrumentation.

Aspects économiques : faible coût en cas d'installation sur un nouveau réservoir, un nouveau réservoir à paroi ou à fond double. Les coûts peuvent être très élevés en cas d'installation après coup.

Littérature de référence : [114, UBA, 2001, 132, Arthur D. Little Limited, 2001] [151, TETSP, 2002]

B. Vérifications des stocks

Description : ces vérifications peuvent être basées sur :

a) le niveau de produit dans le réservoir (vérification du niveau)
b) la masse de produit dans le réservoir sous des conditions statiques (vérification de la masse)
c) la différence entre les volumes de produit aspiré et pompé dans le réservoir sur de longues périodes par rapport au changement du volume stocké

Les méthodes de vérifications a) et b) sont appelées méthodes volumétriques et la méthode c) est appelée la vérification améliorée des stocks.

Méthodes volumétriques statiques
a) **Vérification de niveau** : le concept de base est que le volume de liquide, et le niveau, d'un réservoir doit rester constant si l'expansion thermique du réservoir et du produit stocké est prise en compte. Des erreurs sont introduites par les gradients thermiques dans le produit stocké, des changements de la forme du réservoir dus aux modifications de la température et de la pression interne, des effets du vent et des variations de la température ambiante et du rayonnement solaire.

b) Vérification de la masse : le concept consiste à forcer du gaz à pénétrer dans deux tubes ; l'un à proximité du fond du réservoir et l'autre dans l'espace pour la vapeur au-dessus du produit. La pression différentielle correspond à la masse de produit au-dessus du point de mesure inférieur et doit être indépendante des changements du niveau de liquide provoqués par l'expansion thermique.

Les deux méthodes volumétriques nécessitent une mise hors service de 24 à 48 heures pour l'exécution des tests. La sensibilité aux fuites s'améliore au fur et à mesure de l'exécution du test. Pour réduire les effets thermiques, le test doit être effectué avec des niveaux faibles de produit stocké (< 3 m) et pendant la nuit.

c) **Vérification améliorée des stocks** : tous les flux entrant et sortant du réservoir sont additionnés et la différence nette est comparée au changement volumétrique dans le réservoir. Cette méthode présente les mêmes limitations que la vérification volumétrique statique. Les débitmètres d'entrée et de sortie introduisent des erreurs d'instrument supplémentaires.

Efficacité opérationnelle : les deux « méthodes volumétriques statiques » nécessitent la mise hors service du réservoir pendant un à deux jours ; le niveau de produit doit être bas. Ces méthodes nécessitent l'utilisation d'instruments de précision. La « vérification améliorée des stocks » n'a aucun impact sur le fonctionnement du réservoir. Elle nécessite de longues périodes de test pendant lesquelles les débits sont mesurés avec des instruments bien étalonnés et les données consignées en vue d'un rapprochement ultérieur.

Applicabilité : toutes les techniques sont largement applicables aux réservoirs de stockage atmosphérique, mais les « méthodes volumétriques statiques » ne sont pas utilisables avec les RTFE. Avec la « vérification améliorée des stocks », on peut utiliser l'instrumentation existante.

Sécurité : néant

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : les « méthodes volumétriques statiques » sont des techniques à faible coût. Les « vérifications améliorées des stocks » sont des techniques de coût modéré.

Littérature de référence : [151, TETSP, 2002]

C. Méthode des émissions acoustiques

Description : cette méthode permet de détecter une fuite par l'écoute des bruits caractéristiques générés par une fuite dans le fond d'un réservoir statique. Un équipement sophistiqué est nécessaire à la détection et à l'analyse de ces bruits de très faible intensité. Plusieurs sources de bruit peuvent donner lieu à des détections parasites de fuite, comme le mouvement d'un toit flottant, des vents violents et le mouvement thermique de la robe du réservoir.

Efficacité opérationnelle : cette méthode nécessite la mise hors service du réservoir pendant 4 à 8 heures, ainsi qu'un équipement de mesure et d'analyse de données spécialisé.

Applicabilité : cette technique est largement applicable aux réservoirs de stockage atmosphérique.

Sécurité : néant

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : la « méthode des émissions acoustiques » est une technique d'un coût modéré.

Littérature de référence : [151, TETSP, 2002]

D. Surveillance des vapeurs du sol

Description : cette méthode dépend du contrôle des vapeurs diffusées ou aspirées par une pompe à vide dans le sol sous un réservoir. Le nombre de points d'échantillonnage requis dépend du diamètre du réservoir et de la perméabilité du sol. Une étude du sol doit être effectuée avant toute apparition de fuite afin de s'assurer que toutes les émissions contextuelles ont été détectées. La méthode de base ne fonctionne pas si le produit stocké est non volatile ou s'il y a un fond d'eau sous le produit dans le réservoir.

Pour améliorer la capacité de détection, un marqueur peut être ajouté au produit stocké. Le marqueur doit être un produit volatile, non toxique et non inflammable, différent de tout produit stocké sur le site et ne pas contaminer

le produit stocké. Parmi les marqueurs utilisés avec succès, on peut citer les perfluorocarbones, injectés à un débit compris entre 1 et 10 ppm.

Efficacité opérationnelle : cette technique peut être exécutée même si le réservoir est en service. L'utilisation de marqueurs nécessite un test sur plusieurs heures, voire plusieurs semaines. Ces tests obligent également à utiliser des moniteurs de détection de gaz spécialisés.

Applicabilité : la « surveillance des vapeurs du sol » est largement applicable aux réservoirs de stockage atmosphérique.

Sécurité : néant

Énergie/déchets/réponse croisée : le système de marqueur nécessite l'ajout d'une substance au produit stocké.

Aspects économiques : cette technique est d'un coût moyen pour les réservoirs de petit diamètre et d'un coût élevé pour les réservoirs de grand diamètre.

Littérature de référence : [151, TETSP, 2002]

4.1.6.1.8. Approche fondée sur l'analyse des risques en ce qui concerne les émissions dans le sol sous les réservoirs

Une méthodologie fondée sur l'analyse des risques est décrite pour les émissions dans le sol sous les réservoirs. Une méthodologie pour les émissions dans le sol entourant les réservoirs est décrite à la section 4.1.6.1.11.

Description : l'approche fondée sur l'analyse des risques en ce qui concerne les émissions dans le sol dues à un réservoir de stockage aérien vertical à fond plat contenant des liquides susceptibles de polluer le sol consiste à appliquer des mesures de protection du sol à un niveau tel que le risque de pollution du sol due à une fuite depuis le fond du réservoir ou depuis le joint entre le fond et la paroi est négligeable.

Aux Pays-Bas, les entreprises et les autorités ont conjointement développé une méthodologie visant à définir un niveau de risque suffisant. S'agit-il d'un « niveau de risque négligeable » ou d'un « niveau de risque acceptable » ? Elle permet également de déterminer comment atteindre un niveau de risque donné. La méthodologie est expliquée ci-dessous :

On peut atteindre un « risque négligeable » de pollution du sol en alliant concept performant, construction correcte et niveau adéquat d'inspection et de maintenance, et en mettant en place certaines mesures techniques. Le tableau 4.7 présente les mesures qui, judicieusement associées, permettent d'atteindre un risque négligeable. Selon cette méthodologie, seules les combinaisons totalisant au moins 100 points permettent d'atteindre ce résultat.

Un risque négligeable pour la pollution du sol ne peut être atteint que par l'application des combinaisons techniques suivantes :

- épaisseur du fond du réservoir d'au moins 6 mm, avec barrière étanche entre le fond du réservoir et la surface du sol, ou
- fond de réservoir double d'origine avec système de détection de fuite et épaisseur du fond principal et secondaire d'au moins 6 mm, ou
- épaisseur du fond du réservoir d'au moins 5 mm avec système de détection de fuite combiné à un système de revêtement externe et à des mesures de prévention de la pénétration de l'eau de pluie et de l'eau souterraine
- combinaison d'autres mesures maximales associées à un produit non corrosif ou fond de réservoir d'une épaisseur supérieure à 3 mm

Toute combinaison de techniques d'un score compris entre 45 et 99 présente, selon cette méthodologie, un « niveau de risque accru » et doit être modifiée pour atteindre un « niveau de risque négligeable (score ≥ 100) par la mise en œuvre d'un inspection fondée sur l'évaluation des risques du fond du réservoir et l'application d'un système de gestion adapté.

Pour passer d'un « niveau de risque accru » à un « niveau de risque acceptable », on peut contrôler les conditions du sol (et de l'eau souterraine) et accepter l'éventualité du nettoyage, du traitement ou de l'élimination du sol pollué.

Score pour l'épaisseur (d) du fond en mm	**Points attribués**	**Remarques**
$d_{min} \geq 6$	50	
$5 \leq d_{min} < 6$	40	
$4 \leq d_{min} < 5$	30	
$3 \leq d_{min} < 4$	15	
$d_{min} < 3$	0	
Ajout pour $d_{min} > 6$	5	Pour chaque mm supplémentaire, ajouter 5 points
Joints annulaires et membrane soudée bout à bout	5	
Mesures de limitation des émissions		
Barrière étanche	50	
Détection des fuites au-dessus ou à la surface du sol	25	
Fond de réservoir double avec détection des fuites	50	Épaisseur du fond externe du réservoir d'au moins 6 mm
Système de revêtement externe	15/5	15 pour les systèmes de revêtement appliqués sur un réservoir levé par vérin 5 lorsque le revêtement est appliqué avant l'installation du fond du réservoir
Mesures de prévention de pénétration d'eau	20	Aucune pénétration d'eau de pluie ; distance suffisante jusqu'au lit des eaux souterraines
Sable pétrolifère (remarque 2)	5	Aucun point ajouté lorsque le revêtement externe est appliqué sur un réservoir levé par vérin. Le sable pétrolifère doit être associé à des mesures de prévention de la pénétration des eaux de pluie
Système de revêtement interne ou une (pour le fond du réservoir) substance non corrosive est stockée	10	
Protection cathodique	Aucune notation identifiée	
Remarques : *1) on parle de fond de réservoir double d'origine lorsque le réservoir a été initialement conçu avec un double fond. L'installation d'un second fond sur un réservoir existant ne permet pas d'atteindre le même niveau de protection.* *2) Le sable pétrolifère est un mélange spécial de sable sec pur et d'huile non corrosive qui est dispersé juste au-dessous de la zone du fond du réservoir pour le protéger de toute corrosion externe.*		

Tableau 4. 7 : Système de cotation permettant d'identifier le niveau de risque d'émissions dans le sol
[79, BoBo, 1999]

Les doubles fonds de réservoir et les systèmes de barrière étanche sont décrits de façon plus détaillée respectivement aux sections 4.1.6.1.9 et 4.1.6.1.10.

Bénéfices environnementaux obtenus : un « niveau de risque négligeable » pour la pollution du sol peut être atteint, mais dans de nombreux cas un « niveau de risque acceptable » peut être suffisant.

Efficacité opérationnelle : cette méthodologie a été mise au point pour aider les autorités et les industriels à s'entendre sur le niveau de risque suffisant pour un site donné et sur les mesures de limitation des émission à mettre en place pour contrôler ou modifier le niveau de risque actuel relatif à la pollution du sol.

Applicabilité : cette méthodologie peut être utilisée pour toute situation nouvelle et existante ; elle est adaptée au stockage du pétrole brut, des produits de pétrole brut et de produits chimiques dans des réservoirs aériens atmosphériques d'un diamètre minimum de 8 m. La méthodologie peut être également appliquée à des réservoirs plus petits et à d'autres substances pouvant potentiellement polluer le sol.

La méthodologie est applicable aux réservoirs verticaux à fond plat en acier au carbone. Elle n'est pas applicable au stockage de produits non nocifs (pour le sol), comme l'eau et les produits qui coagulent au contact de l'air ambiant (par ex., les bitumes, les huiles végétales, la paraffine et le soufre). Elle n'est pas non plus applicable au stockage des gaz liquéfiés.

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : dépend du niveau de risque actuel et des techniques utilisées.

Littérature de référence : [79, BoBo, 1999]

4.1.6.1.9. Doubles fonds installés sous des réservoirs aériens

Description : l'installation d'une seconde barrière étanche dans un réservoir aérien constitue une mesure de protection contre les dégagements généralement non catastrophiques dus à la corrosion, aux joints mal soudés ou aux défauts dans le matériau de fond ou dans les détails de la construction. Associé au confinement, le fond secondaire permet de détecter une fuite par le fond.

Les doubles fonds peuvent être installés après coup sur un réservoir existant ou être incorporés à la conception d'un nouveau réservoir. L'installation d'un second fond sur un réservoir existant ne permet pas d'obtenir le même niveau de protection qu'un double fond prévu dans la conception du réservoir. Si l'installation est faite après coup, le fond du réservoir existant est normalement utilisé comme sole secondaire et du sable, du gravier ou du béton peut être placé entre la nouvelle sole primaire et la sole secondaire. L'espace interstitiel doit être minimal afin que le fond secondaire suive la même pente que le fond primaire. Les pentes à la base des réservoirs peuvent être plates, coniques vers le haut (pente du centre vers le périmètre du réservoir) ou coniques vers le bas (pente vers le bas depuis le périmètre du réservoir).

Presque toutes les soles de réservoir sont en acier au carbone. Si un fond double doit être installé (installation après coup ou nouvelle construction), la nouvelle sole peut être en différents matériaux. Une seconde sole en acier au carbone peut être utilisée ou bien une sole en acier inoxydable résistant à la corrosion peut être installée. On peut également placer une revêtement en époxy renforcé de fibre de verre sur l'acier.

Toute fuite de produit par le fond du réservoir peut être identifiée par un système de détection de fuite. Ces systèmes sont décrits à la section 4.1.6.1.7.

Il est difficile de savoir comment réparer le fond du réservoir en tout sécurité lorsqu'une fuite est détectée ; c'est le principal inconvénient des doubles fonds. Le dégazage et le nettoyage de l'espace entre les deux fonds sont des opérations très complexes. Il ne faut ni sous-estimer, ni négliger cet aspect qui peut être à l'origine de graves problèmes pour la sécurité du personnel de maintenance. En outre, lors de l'évaluation de l'utilisation des doubles fonds, il faut tenir compte des calculs de changement de conception du réservoir, de l'emplacement des accessoires et du risque de corrosion du fond.

Applicabilité : le risque de corrosion, la conception et la maintenance sécurisée sont des problèmes liés aux doubles fonds. Certaines soudures ne sont pas visibles après l'installation des doubles fonds. Les réparations sont difficiles en raison de l'espace étroit entre les deux fonds.

Sécurité : en cas de fuite, le nettoyage et le dégazage de l'espace entre les deux fonds peut présenter des difficultés.

Énergie/déchets/réponse croisée : risque de problèmes de réponse croisée lorsque les doubles fonds sont installés après coup sur des réservoirs existants.

Aspects économiques : solutions très onéreuses. L'installation après coup est encore plus chère.

Élément moteur de la mise en œuvre : l'Allemagne et la Suisse sont deux pays européens dans lesquels l'installation des doubles fonds fait partie des exigences nationales.

Littérature de référence : [41, Concawe, 1999, 113, TETSP, 2001]

4.1.6.1.10. Barrières étanches sous les réservoirs aériens

Description : il existe différentes méthodes de scellement efficace du sol afin de prévenir toute migration vers le bas du produit déversé. On peut utiliser une fine couche d'argile à faible perméabilité qui peut être naturellement présente sous le(s) réservoir(s) ou être importée à cet effet. Les différents types de lattes d'argile sont les suivants :

- bentonite granulaire imbriquée entre deux couches de géotextile
- sable, bentonite et matériau polymère

Les lattes d'argile peuvent être utilisées avec quasiment tous les produits. En revanche, le scellement efficace au niveau des joints et des protubérances nécessite une conception correcte (voir également la section 4.1.6.1.11). En outre, une couche d'argile douce placée sous le réservoir peut exacerber la rotation de la robe ou du bord de la base du réservoir pendant l'affaissement du réservoir, ce qui accroît la propension à la rupture de la plaque de fond. Les argiles risquent de se rétracter et de se fissurer en cas de sécheresse ; il convient donc de prendre des mesures pour maintenir l'humidité. Dans des climats secs, il est donc préférable d'installer une surface en asphalte ou en béton, bien que des fissures puissent également apparaître au fil du temps.

Une membrane étanche souple, en polyéthylène haute densité (PEHD), par exemple, peut être déposée sous les structures de fond du réservoir aérien de configuration en cône vers le haut ou en cône vers le bas. Une configuration en cône vers le haut nécessite l'installation d'un drain externe autour du périmètre au niveau de la semelle du réservoir, alors qu'une configuration en cône vers le bas doit être dotée d'une cuvette de collecte sous le centre des fondations du réservoir avec un tuyau d'évacuation vers un système de cuvette d'assèchement/détection de fuite. Les membranes souples peuvent être également utilisées avec des réservoirs dont les fondations sont constituées d'un anneau en béton.

L'installation des membranes souples n'a aucun impact sur la conception du réservoir. En outre, la présence d'une membrane ne gêne généralement pas les opérations de levage.

Ces types de chemisage ont pour principal inconvénient de nécessiter un scellement adéquat. En outre, lors du retrait des matières contaminées par le dessous du réservoir après des fuites, il convient de faire particulièrement attention à ne pas endommager la membrane afin de ne pas avoir à la remplacer. Bien que les membranes soient utilisables avec presque tous les produits, la résistance des membranes au produit stocké peut poser des problèmes pour les réservoirs dont le contenu varie.

Efficacité opérationnelle : tous les systèmes de chemisage posent des problèmes de maintenance et de test. Lors du retrait des substances et/ou de la réparation du système principal pour une fuite, il est difficile de préserver l'intégrité du système secondaire.

Applicabilité : ces techniques sont applicables aux nouvelles constructions, mais sont plus délicates à installer après coup. La compatibilité avec les produits stockés pose un problème lors du choix du matériau des barrières. Les conditions climatiques (par ex., gel, écarts importants de température dans la journée, températures ambiantes très élevées) doivent être prises en compte. L'assèchement des lattes d'argile est un risque potentiel.

Le choix du type de système de barrière à installer est généralement précédé d'une évaluation des risques (voir aussi section 4.1.6.1.11).

Sécurité : après une fuite, l'exposition ou le risque d'exposition non détecté du personnel au produit doit être pris en compte. Les fuites de produits inflammables sont associées à un risque d'incendie.

Énergie/déchets/réponse croisée : risque de problèmes de réponse croisée lors de l'installation après coup de barrière étanches.

Aspects économiques : solution chère et extrêmement pour une installation après coup.

Littérature de référence : [113, TETSP, 2001]

4.1.6.1.11. Merlons et systèmes de chemisage pour réservoir

Description : si les doubles fonds ou les chemisages étanches placés sous un réservoir protègent des fuites limitées mais continues, un merlon de parc de stockage (enceinte) est conçu pour contenir des déversements importants, comme ceux dus à une rupture de la robe ou à un débordement. L'installation d'un merlon n'a pas pour seul objectif la prévention de la contamination du sol et des cours d'eau, mais également :

- la prévention du contact de tout liquide inflammable avec des sources d'inflammation

- la prévention de la pénétration de liquide dans les systèmes de drainage ou d'eau où il pourrait atteindre des sources d'inflammation non contrôlées
- la possibilité de récupérer ou de traiter les substances déversées
- la réduction maximale de la surface de liquide de façon à limiter la taille de tout incendie pouvant se déclarer
- la prévention de la dispersion des liquides enflammés pouvant présenter un danger pour d'autres établissements ou personnes sur et hors site

Le merlon est un mur construit autour de l'extérieur du réservoir (ou des réservoirs) destiné à contenir tout produit au cas improbable où un déversement se produirait. Le merlon est généralement construit en terre très compacte ou en béton renforcé. Le volume est généralement adapté au contenu du plus grand réservoir à l'intérieur du merlon.

Une barrière sensiblement étanche dans le mur du merlon peut empêcher toute infiltration du produit dans le sol. Cette barrière peut être complète et couvrir le sol et les parois du merlon ou partielle et se limiter au pourtour du fond des robes de réservoir. La taille d'une barrière partielle est prévue pour contenir tout produit déversé par un petit débordement ou par des fuites mineures depuis les soupapes latérales du réservoir, etc.

La conception d'un système de chemisage doit prévoir les tassements du réservoir de façon à maintenir l'intégrité pendant toute la durée de vie opérationnelle du réservoir. Les tassements du réservoir peuvent être importants au cours de la durée de vie (par ex., > 1 m pour les grands réservoirs de pétrole brut), en particulier lorsque le sol des fondations comprend des silts doux d'estuaire et des argiles.

En Europe, la plupart des législations portant sur la contamination des terrains ou la contamination potentielle des sols, est basée sur la criticité. Les approches basées sur la criticité tiennent compte de l'importance de tout dégât ou dommage pour la santé humaine ou l'environnement et sont couramment utilisées. Le risque de tout dégagement depuis un réservoir doit être évalué. Les liquides déversés peuvent ensuite s'infiltrer dans le sol ; les composants dissous du produit peuvent se propager dans les nappes phréatiques sous le merlon. Le risque dépend du type de produit, de la température ambiante et du type de sol. L'approche axée sur le risque est constituée des six étapes suivantes :

1. analyser les volumes déversés par rapport à la fréquence des déversements ; cette analyse montre, en termes relatifs, que le risque de nombreux déversements de faible importance est nettement plus élevé que le risque de déversements importants
2. prendre en compte le risque d'infiltration du déversement dans le sol d'un merlon sans barrière, selon le type de produit, la température ambiante, le type de sol et le délai nécessaire pour récupérer le produit déversé « accessible » par l'action d'urgence
3. la combinaison des points 1. et 2. permet d'obtenir la probabilité d'occurrence de différents « volumes » de terrain contaminé par des déversements
4. étudier les risques pour les récepteurs des volumes de contamination s'étant déjà propagés, déterminer le devenir et le transport, notamment le potentiel de certains produits organiques à se dégrader dans certaines conditions
5. répéter les étapes 2 à 4 pour différents systèmes de barrière
6. effectuer des analyses de sensibilité permettant d'évaluer l'importance du risque pour les différentes combinaisons d'étendue de barrière, de produit et de type de sol afin de faciliter la prise de décision

Efficacité opérationnelle : les éléments pouvant avoir un impact sur l'efficacité opérationnelle sont les suivants :

- manipulation du liquide déversé
- drainage des eaux de pluie récupérées dans le merlon
- détérioration potentielle du chemisage du merlon dû aux activités de maintenance
- maintenance et test du système de chemisage
- réparation du chemisage après détérioration

Applicabilité : le confinement d'un débordement peut être appliqué à des réservoirs nouvellement construits. L'installation après coup est plus difficile en raison du scellement autour des conduites de transport/infrastructure de drainage existantes. L'efficacité de l'installation d'un système de confinement doit être comparée à celle de mesures d'amélioration des systèmes opérationnels, de la formation et de la tenue d'archives et de l'installation d'instruments et/ou d'alarmes visant à réduire le risque de déversement.

Lorsque différentes substances sont stockées dans le même merlon, la compatibilité des substances pouvant être déversées doit être étudiée pour éviter tout accident ; voir annexe 8.3. Les conditions climatiques (par ex., gel, grande amplitude thermique au cours de la journée, températures ambiantes très élevées) doivent être prises en compte. Le choix du système de barrière peut être effectué à l'aide d'une approche axée sur le risque. Cette approche peut être également utilisée pour définir l'étendue de chaque barrière. Le rapport coût/bénéfice permet de déterminer s'il est préférable de placer une barrière dans la zone proche du réservoir ou s'il vaut mieux prévoir un merlon complet. On obtient ainsi une protection contre les détériorations dues aux déversements de petit volume potentiellement plus fréquents.

Les surfaces de béton non protégées, notamment le béton imperméable, ne sont pas étanches aux solvants chlorés d'hydrocarbures.

Sécurité : après un déversement, l'exposition du personnel au produit est un aspect important à prendre en compte. Les liquides inflammables peuvent déclencher des incendies. L'élimination des substances déversées peut endommager le système de confinement. Après l'élimination de la substance déversée, l'intégrité de la barrière doit faire l'objet d'une inspection scrupuleuse.

Énergie/déchets/réponse croisée : problèmes potentiels de déchets et de réponse croisée. Pour les merlons dotés d'une barrière, un système de drainage doit être installé pour la gestion des eaux de pluie collectées, pour éliminer tout risque de filtration dans le sol. Dans les raffineries, les bonnes pratiques exigent la séparation de ces eaux de ruissellement propres du parc de stockage des eaux de ruissellement potentiellement contaminées (comme celles générées par le collecteur des conduites de transport ou les zones des procédés) afin de réduire au maximum la quantité d'eaux usées traitées par le système d'épuration des eaux de l'installation.

Aspects économiques : l'installation après coup d'une barrière dans un parc de stockage existant est une solution onéreuse ; les coûts d'une telle installation prévue dans la conception de nouveaux réservoirs sont plus faibles.

Littérature de référence : [41, Concawe, 1999] [113, TETSP, 2001] [37, HSE, 1998] and UK Energy Institute: 'A risk-based framework for assessing secondary containment of hydrocarbon storage facilities, January 2005'.

4.1.6.1.12. Confinement en béton plaqué sous les réservoirs aériens

Description: pour les solvants d'hydrocarbure chloré (HCC), le confinement en béton nécessite l'application d'une protection de surface, permettant de couvrir les fissures capillaires, pour le rendre étanche. Pour les plaqués étanches aux HCC, la qualité du béton est essentielle. Les plaqués étanches aux HCC sont à base de :

- résines phénoliques ou
- résines furanniques

De plus, une forme de résine époxy (« Concrétine ») a réussi les tests rigoureux de plaqué étanche aux HCC.

Efficacité opérationnelle : les plaqués de résine furannique contiennent parfois des modificateurs chimiques qui protègent des fissures tout en améliorant la plasticité. En revanche, les modificateurs réduisent la résistance chimique ; c'est en particulier le cas pour le chlorure de méthylène. Les résines furanniques ne peuvent pas être utilisées comme matériaux de scellement dans les joints en raison de leur plasticité limité. Pour obtenir une résistance suffisante, les résines phénoliques ou furanniques doivent être combinées à des matelas en fibre de verre. Des couches intermédiaires élastiques sont nécessaires pour couvrir et remplir les fissures dans le béton, notamment :

- des couches d'élastomères (par exemple, du polyisobutylène et plusieurs produits de caoutchouc)
- des couches sur base bitumineuse
- des feuilles liquides qui sont versées sur le béton et, une fois durcies, forment une couche élastique (par exemple, le polyuréthane)

Le plaqué étanche aux HCC est ensuite appliqué sur le dessus de la couche intermédiaire élastique. Si ce plaqué doit présenter une très forte résistance à une usure mécanique, un couvercle peut être installé, par exemple des tuiles dans un bain de mortier.

Applicabilité : cette technique est généralement utilisée lorsque des HCC sont stockés dans des conteneurs ou de réservoirs à paroi unique.

Littérature de référence : [156, ECSA, 2000]

4.1.6.1.13. Réservoirs aériens à double paroi

Description : il existe différents modèles de réservoir à double paroi. La figure 4.9 présente une double paroi à l'extérieur distante de 100 à 150 mm de la paroi interne, une double paroi adjacente à la paroi interne et une double paroi placée à l'intérieur du réservoir. La double paroi est normalement utilisée avec un double fond et une détection des fuites pour le stockage de substances inflammables et non inflammables non nocives à très novices pour les eaux de surface.

Avec la double paroi à l'extérieur, il faut que la construction puisse supporter la pression d'un confinement complet. Une double paroi à l'intérieur soutient la paroi du réservoir et accroît la résistance globale du réservoir.

Figure 4. 9 : Réservoirs JPM à double paroi, système breveté
[122, JPM Ingenieurstechnik GMBH, 2002]

Double wall	Double paroi
Tank wall	Paroi du réservoir
Double wall on outside	Double paroi à l'extérieur
Adjacent	Adjacent
Double wall on inside	Double paroi à l'intérieur

Efficacité opérationnelle : un réservoir à double paroi prend moins d'espace qu'un réservoir d'égouttage, par exemple. Le système breveté respecte les règles allemandes relatives au confinement des produits extincteurs. La double paroi isole, par exemple, le stockage sous pression grâce à l'effet « bouteille isotherme ». L'inspection et la maintenance de l'espace entre la double paroi sont problématiques.

Applicabilité : ce type de réservoir est utilisé en Allemagne pour les substances inflammables et non inflammables, ainsi que les substances non nocives à très nocives pour les eaux de surface.

Sécurité : les réservoirs à double paroi présentent une résistance accrue au feu par rapport aux réservoirs à paroi unique. En revanche, en cas d'incendie, il peut être difficile de lutter contre l'incendie dans l'espace entre la double paroi.

Énergie/déchets/réponse croisée : l'effet isolant permet d'économiser de l'énergie. Les eaux de pluie ne peuvent pas pénétrer dans l'espace entre la double paroi et la paroi du réservoir.

Aspects économiques : cette technique est plus coûteuse que l'amélioration d'installations de merlon existantes autour des réservoirs existants, mais les coûts dépendent du site.

Littérature de référence : [122, JPM Ingenieurstechnik GMBH, 2002] [175, TWG, 2003]

4.1.6.1.14. Réservoirs d'égouttage

Description : dans un réservoir d'égouttage, un deuxième réservoir est construit autour d'un réservoir à paroi unique à une distance d'environ 1,5 m. La coquille a la même résistance que le réservoir et est prévue pour contenir l'ensemble du liquide stocké. Les appareils, tels que les pompes et les soupapes, sont placés dans la coquille pour éviter toute pénétration dans le sol d'une fuite provenant du réservoir et des appareils. Les eaux de pluie qui pénètrent dans la coquille sont déversées dans un ou plusieurs écrémeurs à huile.

Ce type de réservoir est utilisé pour le stockage de produits comme le pétrole brut, l'essence et le fuel domestique. Le réservoir peut être équipé d'un double fond sous vide avec détection des fuites.

Figure 4. 10 : Exemple de réservoir d'égouttage
[125, Oiltanking, 2002]

Operation platform	Plate-forme d'exploitation
Spiral stairway	Escalier en colimaçon

Cup height = tank height	Hauteur coquille = hauteur réservoir
Bottom annular plate	Plaque annulaire de fond
Depend on size	Selon la taille
Top girder	Poutre longitudinale
Roof plate	Poutre sablière
Circumferential hand railing	Main courante circonférentielle
Air foam chamber	Chambre de mousse mécanique
Shell ladder with backing if required	Échelle de la robe avec appui, si nécessaire
Shell spray ring	Collier d'arrosage de la robe
Shell riser	Contremarche de robe
Foam/water	Mousse/eau
Gauge pole	Perche de jaugeage
Slope see tank foundation	Pente, voir fondations du réservoir
Sump	Cuvette d'assèchement
Tank diameter	Diamètre du réservoir
Cup diameter	Diamètre de la coquille
Stiffener	contrefort

Efficacité opérationnelle : les réservoirs d'égouttage sont souvent utilisés, notamment à Gera, en Allemagne, dans un terminal de stockage d'huile.

Sécurité : les calculs sur les rayonnements solaires montrent que les réservoirs d'égouttage ont une plus grande résistance à l'incendie que les réservoirs à paroi unique. Normalement, les réservoirs (essence) sont équipés d'extincteurs automatiques à eau pour empêcher les flammes d'un incendie à proximité de s'étendre au réservoir.

Chaque réservoir possède son propre confinement pour les fuites, ce qui rend superflue le problème du stockage de substances compatibles dans le même confinement, contrairement à la présence de plusieurs réservoirs à paroi unique dans un même confinement.

Énergie/déchets/réponse croisée : les eaux de pluie pénétrant dans la coquille sont contaminées et doivent être traitées avant leur évacuation.

Littérature de référence : [124, Oiltanking, 2002] [123, Provincie Zeeland, 2002]

4.1.6.1.15. Réservoir aérien à double paroi avec vidange contrôlée par le fond

Description : pour la réduction les émissions dans le sol et/ou les eaux de surface, on peut utiliser un « réservoir à paroi unique dans une fosse ou un merlon » ou un « réservoir à double paroi avec dispositif de détection des fuites ». En revanche, les réservoirs à double paroi ne doivent avoir aucune pénétration sous le niveau de remplissage autorisé afin d'éviter les fuites et sont donc normalement équipés d'une vidange par le haut.

Une fosse empêche la pollution des eaux en cas de fuites depuis le réservoir, mais en raison de sa surface étendue, la vaporisation, en particulier de liquides inflammables, est activée et les limites de mélange pour les explosions peut être dépassé. Ce problème ne concerne pas les réservoirs à double paroi.

Grâce aux techniques de mesure et d'analyse sophistiquées associées à un système à tolérance de pannes de robinets de sectionnement à disposition redondante, le réservoir horizontal et vertical à double paroi avec évacuations par le fond, un système breveté, a été approuvé par le Deutsches Institut für Bautechnik pour le stockage des liquides inflammables et non inflammables polluants pour l'eau.

Un réservoir en acier à double paroi avec vidange contrôlée par le fond par deux soupapes indépendantes à ouverture et à fermeture simultanées a également été approuvé par le Deutsches Institut für Bautechnik pour le stockage des liquides inflammables et non inflammables polluants pour l'eau. Voir figure 4.11 : les deux soupapes après l'ouverture représentent la paroi interne et externe du réservoir. L'étanchéité des deux soupapes dans une position fermée est surveillée en permanence par un dispositif de détection des fuites, qui complète le système de détection des fuites du confinement secondaire du réservoir lui-même. La soupape de la paroi double est brevetée et décrite de façon plus détaillée à la section 4.2.9.7.

Figure 4. 11 : Réservoir à double paroi avec sortie par le fond et soupape de double paroi brevetée [160, Sidoma Systeme GmbH, 2003]

Process control unit	Système de commande de procédé

Tank pipe and valve double-walled	Tuyau de réservoir et soupape à double paroi
Double-walled valve with actual or spring close, limit switch close	Soupape à double paroi avec fermeture réelle ou à ressort, interrupteur de fin de course fermé
Checkvalve	Clapet de non retour
2/2 way solen old valve M2	Ancienne électrovalve M2 2/2
Pressure reducing	Détenteur de pression
Dry compressed air 6 bar	Air comprimé sec 6 bar
Close	Fermé
3/2 way solen old valve Burker type 6211	Ancienne électrovalve 3/2 type Burker 6211
Pressure switch P1P	Pressostat P1P
Magnet spring contact as 2 change	Contact ressort magnétique si changement 2
Bell valve with pneumatic actuator spring close, limit switch close	Soupape tulipe avec actionneur pneumatique, interrupteur de fin de course fermé
Double-walled valve	Soupape à double paroi

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Applicabilité : utilisé en Allemagne pour le stockage des liquides inflammables et non inflammables polluants pour l'eau.

Aspects économiques : lorsque tous les coûts d'une fosse appropriée et d'autres mesures de protection d'un réservoir à paroi unique sont pris en compte, un réservoir à double paroi avec évacuation par le fond est souvent moins onéreux. Il en va de même pour la maintenance et l'entretien.

Pour la construction de nouveaux réservoirs, le système avec soupape double est moins cher qu'un réservoir vertical à paroi unique dans une fosse adaptée et plus cher qu'un réservoir vertical à double paroi avec évacuation par le haut.

Littérature de référence : [126, Walter Ludwig, 2001] [160, Sidoma Systeme GmbH, 2003]

4.1.6.1.16. Réservoirs enterrés à double paroi

Description : la figure 3.15 présente un réservoir à double paroi typique. Les réservoirs contenant de l'essence (avec MBTE) ou d'autres carburants sont normalement à double paroi (ou à paroi unique avec confinement, voir section 4.1.6.1.17) et dotés d'un détecteur de fuites.

Efficacité opérationnelle : il est impossible de transformer après coup un réservoir à paroi unique existant en réservoir à paroi double.

Applicabilité : la nécessité de l'installation d'un réservoir à double paroi dépend, bien sûr, de la substance stockée. Pour l'essence contenant du MBTE, substance très polluante pour les nappes phréatiques, un réservoir à double paroi (ou un réservoir à paroi unique avec confinement) est souvent utilisé, mais, pour le stockage du propane ou du butane, par exemple, des réservoirs de stockage à paroi unique sont utilisés.

Sécurité : néant

Énergie/déchets/réponse croisée : les fuites peuvent être recyclées ou doivent être correctement éliminées.

Littérature de référence : [18, UBA, 1999] [132, Arthur D. Little Limited, 2001]

4.1.6.1.17. Réservoirs enterrés à paroi unique avec confinement secondaire

Description : au lieu d'utiliser le réservoir à paroi double décrit à la section 4.1.6.1.16, on peut équiper le réservoir à paroi unique d'un confinement secondaire doté d'une détection supplémentaire des fuites pour surveiller la pénétration de liquide dans le confinement. Le confinement secondaire est revêtu d'un matériau imperméable pour prévenir les fuites. Le confinement secondaire a la même hauteur que le niveau maximum de liquide ; le confinement peut également avoir une capacité supérieure de 25 % à celle du réservoir associé.

Efficacité opérationnelle : l'installation après coup sur un réservoir existant à paroi unique n'est pas possible.

Applicabilité : la nécessité d'un confinement dépend, bien sûr, de la substance stockée. Pour l'essence contenant du MBTE, substance très polluante pour les nappes phréatiques, un réservoir à double paroi (ou un réservoir à paroi uniquement avec confinement) est souvent utilisé.

Sécurité : néant

Énergie/déchets/réponse croisée : les fuites peuvent être recyclées ou doivent être correctement éliminées.

Littérature de référence : [132, Arthur D. Little Limited, 2001] [114, UBA, 2001]

4.1.6.2. Protection contre l'incendie, équipement de lutte contre l'incendie et confinement

4.1.6.2.1. Zones inflammables et sources d'inflammation

Description : dans certaines zones, des atmosphères inflammables peuvent résulter de l'exploitation normale ou de déversements ou de fuites accidentels. Ces zones sont dites zones dangereuses et des mesures de protection ou, en cas d'impossibilité, de contrôle de l'introduction de sources d'inflammation sont nécessaires. La classification de ces zones permet d'identifier celles susceptibles de présenter des concentrations de gaz ou de vapeurs. On distingue trois catégories ; leur définition figure dans le tableau ci-dessous.

Zone	Définition
Zone 0	Zone contenant en permanence ou pendant de longues périodes un mélange de gaz explosifs
Zone 1	Zone pouvant contenir un mélange de gaz explosifs pendant l'exploitation normale
Zone 2	Zone ne contenant normalement pas de mélange de gaz explosifs ou, le cas échéant, de façon très rare ou pour des périodes très courtes

Tableau 4. 8 : Définition des zones
[37, HSE, 1998]

Pour plus de détails, voir la directive ATEX 1999/92/CE visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphères explosives.

Les mesures visant à prévenir les mélanges de gaz explosifs sont les suivantes :

- empêcher le mélange vapeur-air au-dessus du liquide stocké, en installant, par exemple, un toit flottant
- abaisser la quantité d'oxygène au-dessus du liquide stocké en le remplaçant par un gaz inerte (étouffement)
- stocker le liquide à une température de sécurité pour empêcher le mélange gaz-air d'atteindre la limite d'explosion

L'étape suivante consiste à enregistrer les localisations des zones sur un plan. Cette précaution permet d'éviter l'introduction de sources d'inflammation dans des zones dangereuses. Parmi les sources d'inflammation courantes, on peut citer :

- les appareils électriques non protégés
- les flammes nues provenant des appareils de soudage et de découpe
- les articles de fumeurs
- les véhicules (ou installations de traitement des vapeurs) avec moteurs à combustion interne
- les surfaces brûlantes
- l'échauffement par frottement ou la production d'étincelles
- l'électricité statique

En général, l'électricité statique peut être évitée ou réduite par les mesures suivantes :

- vitesse réduite du liquide dans le réservoir
- ajout d'additifs antistatiques pour augmenter les propriétés de conduction électrique du liquide

Littérature de référence : [3, CPR, 1984] [37, HSE, 1998]

4.1.6.2.2. Protection contre l'incendie

Description : pour empêcher toute interférence entre les réservoirs en cas d'incendie, il est conseillé d'éloigner suffisamment les réservoirs entre eux et le réservoir des barrières et bâtiments. Plusieurs codes nationaux donnent des directives en matière de distances de sécurité ; voir, par exemple, l'annexe 8.18.

Il peut être nécessaire de prévoir des mesures de protection contre l'incendie lorsque les conditions de stockage ne sont pas optimales, notamment lorsqu'il est difficile d'obtenir des distances de séparation adéquates. Ces mesures de protection contre l'incendie peuvent être les suivantes :

- parements ou revêtements résistant au feu
- murs coupe-feu (réservés aux petits réservoirs)
- refroidisseurs à eau

Pour empêcher l'effondrement d'un réservoir, il est important de prévenir la surchauffe des supports du réservoir, en les isolant et/ou en les équipant, par exemple, d'extincteurs à eau à jets multiples.

Littérature de référence : [3, CPR, 1984] [28, HMSO, 1990, 37, HSE, 1998]

4.1.6.2.3. Équipement de lutte contre l'incendie

Description : l'équipement de lutte contre l'incendie pour le stockage en vrac de liquides inflammables dépend de la quantité et du type de liquide, ainsi que des conditions de stockage. Les EM appliquent différentes directives très détaillées qui sortent de la portée du présent document. La présente section se limite à donner des principes généraux. Le choix du niveau de protection de l'équipement de lutte contre l'incendie doit être effectué au cas par cas en accord avec les sapeurs-pompiers locaux.

Les extincteurs à poudre sèche ou à mousse sont recommandés pour lutter contre les incendies dus à de petites fuites de liquide inflammable. Les extincteurs à neige carbonique sont réservés aux feux électriques. Les bonnes pratiques préconisent le regroupement des extincteurs par paires pour prévenir toute défaillance de matériel.

Les installations susceptibles d'être exposées à des incendies de grande envergure doivent disposer d'une alimentation en eau réservée aux sapeurs-pompiers et prévoir le refroidissement des réservoirs exposés à la chaleur d'un incendie à proximité.

Les installations à eau fixe pulvérisée ou les détecteurs portables sont des équipements utiles normalement réservés aux conditions de stockage problématiques, notamment lorsque des distances de séparation adéquates ne peuvent être envisagées.

Littérature de référence : [37, HSE, 1998] [3, CPR, 1984]

4.1.6.2.4. Confinement des produits extincteurs contaminés

Description : en raison de l'importance potentielle du ruissellement de l'eau d'incendie, des intercepteurs ou des systèmes d'évacuation spéciaux doivent être prévus pour réduire le risque de contamination des cours d'eau locaux. La capacité de confinement des produits extincteurs contaminés dépend des conditions locales, notamment des substances stockées et de la proximité entre le stockage et les cours d'eau et/ou de l'emplacement dans un captage d'eau. Les deux exemples tirés de la référence [28, HMSO, 1990] présentent l'application d'un confinement total au RU :

- un réservoir contenant du toluène-diisocyanate est situé dans des merlons à confinement total totalement isolés des écoulements d'eau
- un réservoir contenant du chlorure de vinyle monomère doit être protégé contre l'incendie pour éviter la surchauffe et l'effondrement ; il est donc isolé et/ou équipé d'extincteurs à eau à jets multiples. Le réservoir est situé dans une zone de confinement dotée de murs de moins d'1 m de hauteur pour éviter

l'accumulation des vapeurs et nivelés pour que la fuite de liquide ne reste pas sous le réservoir. La zone de confinement doit être capable de contenir l'eau d'incendie.

Un tel dispositif de collecte peut, le cas échéant, et si, par exemple, la récupération des vapeurs ne pose pas de problème, être un réservoir facilement différentiable des autres réservoirs utilisés pour le stockage des produits, comme c'est le cas au terminal Oiltanking à Kotka en Finlande.

Efficacité opérationnelle : le confinement correct des produits extincteurs contaminés nécessite une technique professionnelle.

Applicabilité : le confinement peut être appliqué aux usines nouvelles et existantes et est utilisé dans toute l'Europe. Les réglementations relatives à certains produits peuvent être différentes selon l'EM.

Sécurité : le confinement d'un produit libéré peut réduire le risque de propagation de l'incendie.

Énergie/déchets/réponse croisée : les produits extincteurs contaminés sont des déchets qui doivent être traités et/ou éliminés en fonction du degré de contamination. Le traitement biologique et l'incinération sont deux des options possibles.

Aspects économiques : impossible à préciser

Littérature de référence : [28, HMSO, 1990] [37, HSE, 1998] [175, TWG, 2003]

4.1.7. MLE des émissions dues à des incidents et accidents (majeurs) applicables aux réservoirs de stockage

Le stockage de matières dangereuses conditionnées ne génère pas d'émissions opérationnelles. Les seules émissions possibles sont dues aux incidents et aux accidents (majeurs). On distingue trois événements principaux pouvant individuellement ou conjointement être à l'origine de détériorations significatives. Le tableau 4.9 répertorie ces événements et en donne quelques exemples.

Événement	Exemples de l'origine de l'événement
Incendie	• inflammation après déversement ou dégagement • auto-inflammation • incendie volontaire • défaillances électriques : réchauffeurs, cuiseurs, moteurs, etc. • activités dangereuses : soudage, emballage par rétraction, fumeurs, charge de batterie, etc. • événements extérieurs : éclair, choc, incendie à proximité
Explosion	• incendie • déversements de produits chimiques incompatibles ou de substances inflammables
Dégagement de substances dangereuses	• défaillance du confinement • choc de véhicules ou autres objets • erreur de l'opérateur : remplissage, déchargement, etc.

Tableau 4. 9 : Principaux événements potentiels concernant le stockage de matières dangereuses conditionnées [35, HSE, 1998]

Les MLE envisageables ne concernent pas uniquement les normes d'installation et la conception de construction et technique, mais également les bonnes pratiques de gestion et les procédures opérationnelles ; les sections suivantes y sont consacrées.

4.1.7.1. Sécurité et gestion des risques

Description : le stockage de matières dangereuses conditionnées peut également être concerné par la directive Seveso II (directive du Conseil 96/82/CE du 9 décembre 1996 concernant la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses). La section 4.1.6.1 est également consacrée au stockage des substances dangereuses en conteneurs.

Normalement, une personne (par ex., un cadre supérieur) est chargé de la sécurité des activités d'entreposage, notamment de l'identification, de l'évaluation, de la manipulation et du stockage de toutes les matières dangereuses conservées sur le site. Une formation et des connaissances adéquates des propriétés des substances dangereuses sont essentielles à la sécurité du stockage. Les personnes chargées de l'activité de stockage doivent avoir suivi une formation spécifique aux procédures d'urgence ; des remises à niveau régulières doivent être prévues. D'autres employés du site doivent être informés des risque liés au stockage de substances dangereuses conditionnées, ainsi que des mesures de précaution nécessaires au stockage sécurisé des substances présentant différents dangers.

Normalement, des consignes d'utilisation écrites doivent être établies ; elles forment la base de la formation du personnel. Elles peuvent indiquer :

- les types de substances dangereuses stockées, leurs propriétés, les incompatibilités et les dangers, notamment l'identification des étiquettes indiquant un danger et la compréhension du contenu des fiches signalétiques de sécurité matérielle
- les procédures générales de manipulation sécurisée
- (utilisation de vêtement de protection) et des procédures de gestion des fuites et des déversements
- l'entretien des locaux et la tenue d'un registre des substances stockées
- la déclaration des anomalies et des incidents, y compris les fuites et déversements mineurs
- les procédures d'urgence, y compris le déclenchement de l'alarme et l'utilisation de l'équipement approprié de lutte contre l'incendie

Efficacité opérationnelle : le niveau et le détail des systèmes de gestion de la sécurité décrits ci-dessus dépendent de la quantité de substances stockées, des dangers spécifiques et de la localisation du stockage. Le stockage de matières présentant plusieurs dangers est une activité à haut risque requérant une de gestion de haut niveau et du personnel hautement qualifié..

Applicabilité : dans toute l'Europe.

Littérature de référence : [35, HSE, 1998]

4.1.7.2. Construction et aération

Description : la figure 4.12 présente un agencement général de conteneurs dans un lieu de stockage extérieur ; les figures 4.13 et 4.14 présentent l'agencement général de bâtiments de stockage. La conception correcte des bâtiments de stockage et des compartiments de stockage nécessite l'application de certaines normes. Les armoires ne sont pas concernées.

Building	Bâtiment
Fire wall	Mur de protection
Retaining sill	Mur de rétention
Truck ramp	Aire des camions
Fire-fighting equipment	Équipement de lutte contre l'incendie
Boundary fence	Clôture de bornage
Maximum stack capacity 300 000 litres	Capacité d'empilement maximale 300 000 litres

Figure 4. 12 : Agencement général des conteneurs dans une zone de stockage externe containers [36, HSE, 1998]

Lightweight roof	Toit léger
Boundary	Limite
1/2hr fire-resistant door, self-closing	Porte automatique coupe-feu résistant pendant ½ heure
Window of georgian wired glass – non-opening	Fenêtre en verre armé à mailles carrées soudées, non ouvrante
Brick, concrete of similar construction	Brique, béton ou similaire
Retention sill	Mur de rétention
Ventilation apertures	Ouvertures d'aération

Figure 4. 13 : Exemple de bâtiment de stockage extérieur résistant au feu [36, HSE, 1998]

Lightweight roof	Toit léger
Fire-resisting internal walls	Murs intérieurs résistant au feu

1/2hr self-closing fire door, with sill	Porte automatique coupe-feu résistant pendant ½ heure, avec rétention
Sill	Rétention
Ventilation apertures	Ouvertures de ventilation

Figure 4. 14 : Exemple de bâtiment de stockage intérieur
[36, HSE, 1998]

Bâtiments et zones de stockage

Le sol du bâtiment est en matériau non-combustible, étanche et résistant aux substances stockées. Il ne présente aucune ouverture ouvrant directement sur un réseau d'égout ou une eau de surface, à l'exception d'un dispositif pour la récupération ou l'élimination contrôlée des produits extincteurs ou des substances déversées. Les sols, murs et les seuils d'un bâtiment de stockage doivent être équipés de réservoirs étanches présentés à la section 4.1.7.5. Le sol d'un bâtiment (ou du lieu) de stockage de gaz ayant une densité supérieure à l'air doit être de même hauteur que les bâtiments avoisinants.

En général, le toit des bâtiments de stockage est en matériau léger. Le toit peut ainsi faire office de zone de décompression et préserver le reste de la structure du bâtiment de stockage [36, HSE, 1998]. Un évent d'explosion peut être prévu à un autre endroit, à la place du toit léger, mais son emplacement doit permettre de prévenir tout danger ou toute détérioration pour la zone avoisinante en cas d'explosion. La zone de décompression peut être remplacée par une ventilation mécanique aspirante qui doit être conçue au cas par cas.

Pour prévenir toute concentration dangereuse de vapeurs inflammables dans un bâtiment ou une zone de stockage résultant d'une fuite, l'espace doit être convenablement aéré. Les conteneurs stockés à l'air libre permettent une dispersion efficace des vapeurs par la ventilation naturelle ; toute fuite ou dégagement est également rapidement détecté. Dans un bâtiment de stockage, le nombre de renouvellements d'air dans la pièce dépend de la nature des substances stockées et de l'agencement de la pièce. Par exemple, si la pièce contient des substances sous forme de poudre, il faut au moins un renouvellement d'air par heure. En cas de liquides (facilement) inflammables et de substances toxiques très volatiles, le nombre minimum de renouvellements d'air passe à quatre, voire cinq par heure. Toutes les cloisons conçues pour résister au feu ne sont pas dotées d'ouvertures d'aération. Si ces ouvertures sont inévitables, elles doivent se fermer automatiquement en cas d'incendie. Plusieurs normes donnent des conseils d'aération et de conception pour la ventilation (naturelle) dans les bâtiments ; il est néanmoins recommandé de demander conseil à un ingénieur spécialisé dans les problèmes de ventilation.

Pour protéger le stockage extérieur des rayons directs du soleil et de la pluie, il est possible d'installer un toit, mais dans certains cas l'installation d'un toit peut poser des problèmes structurels ou gêner la lutte contre l'incendie. Contrairement au stockage intérieur, le stockage extérieur doit prévoir un conditionnement de toute substance dangereuse résistant à toutes les conditions climatiques possibles.

Pour assurer une aération adéquate d'une zone de stockage extérieure, le mur de protection n'est généralement installé que sur l'un des côtés de la pile de conteneurs.

Compartiments de stockage

Les sols, les murs et les cloisons de compartimentage sont en matériaux non inflammables et résistant aux substances stockées. Le compartiment de stockage doit être doté à un emplacement donné d'un évent d'explosion intentionnellement incorporé, prévu pour s'affaisser en cas d'explosion afin de préserver l'intégrité du reste de la structure du compartiment de stockage.

Pour empêcher l'accumulation de concentrations dangereuses de vapeurs inflammables dans un compartiment de stockage, ce dernier doit être doté d'une aération adéquate vers l'air libre grâce à des ouvertures d'aération diamétralement opposées dans une paroi proche du sol (mais au-dessus du réservoir étanche au liquide) et à proximité du couvercle supérieur ou dans celui-ci. Des mesures doivent être prises pour éviter l'inflammation des liquides inflammables depuis l'extérieur par les ouvertures de ventilation, notamment grâce à une fermeture automatique.

Efficacité opérationnelle : un stockage extérieur est plus facile à gérer car il est naturellement ventilé et que les fuites et les déversements sont facilement détectables ; sa construction est plus simple qu'un bâtiment de stockage.

Applicabilité : les bâtiments, compartiments et stockage extérieur sont utilisés dans toute l'Europe. Un stockage extérieur est plus facile à concevoir, mais demande plus de place qu'un bâtiment ou un compartiment de stockage.

Les compartiments de stockage sont normalement utilisés pour le stockage de petites quantités de substances dangereuses, jusqu'à 2 500 kilos ou litres.

Sécurité : une construction et une aération adéquates sont essentielles à la sécurité du stockage des substances dangereuses.

Énergie/déchets/réponse croisée : une installation naturellement ventilée nécessite moins d'énergie qu'une installation à ventilation forcée.

Aspects économiques : impossible à déterminer

Littérature de référence : [7, CPR, 1992, 8, CPR, 1991, 35, HSE, 1998, 36, HSE, 1998, 45, Vlaanderen,]

4.1.7.3. Mesures de séparation

Description relative aux installations de stockage extérieures : selon les bonnes pratiques, il est conseillé de stocker les liquides inflammables à bonne distance des autres zones de procédés et de stockage général. Un éloignement physique est plus efficace, mais une barrière physique, comme un mur ou une cloison, peut être utilisée. Les distances de séparation minimales recommandées dépendent de la quantité de liquide inflammable stocké. Les distances indiquées dans le tableau 4.10 sont basées sur les bonnes pratiques appliquées au RU et sont largement acceptées par l'industrie.

Quantité stockée à l'extérieur en litres	**Distance (en mètres) entre les bâtiments occupés, les limites, les zones de procédé, les réservoirs de stockage de liquide inflammable ou les sources d'inflammation fixes**
Jusqu'à 1 000	2
De 1 000 à 100 000	4
Supérieur à 100 000	7,5
Remarques : *1) La taille d'empilement maximale est de 300 000 litres, avec au moins 4 mètres entre les piles* *2) Les conteneurs ne sont pas stockés dans le merlon d'un réservoir de stockage de liquides inflammables fixe ou à moins d'1 mètre du mur du merlon du réservoir*	

Tableau 4. 10 : Distances de séparation minimales d'un stockage extérieur contenant des liquides inflammables [36, HSE, 1998]

Il existe d'autres mesures de protection passives, comme les murs coupe-feu, ou actives, comme les extincteurs à eau à jets multiples, par exemple les extincteurs automatiques à eau ou les moniteurs de flamme. Quand de telles installations sont prévues, les distances de séparation minimales indiquées ci-dessus peuvent être réduites.

Au RU, un mur coupe-feu doit être un mur non perforé, un grillage ou une cloison pouvant résister pendant au moins 30 minutes au feu. Il protège les conteneurs de liquides inflammables des effets de la chaleur radiante due à un incendie à proximité. Un mur coupe-feu permet également d'assurer une distance de dispersion adéquate depuis les bâtiments, les limites, les sources d'inflammation, etc. pour les liquides ou les vapeurs inflammables provenant de tout conteneur. Des constructions en béton, en maçonnerie ou en brique sont utilisées. Aux Pays-Bas, la résistance au feu des portes, des trappes et des fenêtres est déterminée par la norme néerlandaise NEN. Enfin, en Flandres, en Belgique, un mur coupe-feu doit être en maçonnerie, d'une épaisseur d'au moins 18 centimètres ou en béton d'une épaisseur minimale de 10 centimètres ou dans un matériau dont l'épaisseur permet d'obtenir la même résistance au feu.

Les distances de séparation pour les liquides inflammables stockés dans des fûts et des conteneurs portables similaires stockés à l'extérieur sont présentées sur la figure 4.15.

Line of boundary fence or building	Ligne de la clôture de bordage ou du bâtiment
Highly flammable liquids	Liquides facilement inflammables
Separation distance without fire wall	Distance de séparation sans mur coupe-feu
Fire wall	Mur coupe-feu
Separation distance with a fire wall	Distance de séparation avec mur coupe-feu

Separation distance with a fire wall – alternative arrangement	Distance de séparation avec mur coupe-feu : autre agencement

Figure 4. 15 : Distances de séparation pour les liquides (facilement) inflammables stockés dans des fûts et des conteneurs portables similaires stockés à l'extérieur (vue de dessus)
[36, HSE, 1998]

Aux Pays-Bas, une installation de stockage extérieure destinée aux matières dangereuses ou aux pesticides, d'une capacité supérieure à 10 tonnes, doit être éloignée d'au moins 10 mètres de toute végétation inflammable et du stockage de matières inflammables. Elle doit être éloignée d'au moins 3 mètres du stockage d'autres matières ; cette distance peut être portée à 2 mètres si le mur coupe-feu peut résister au feu pendant au moins 60 minutes.

Aux Pays-Bas, le stockage de moins de 10 tonnes de matières dangereuses conditionnées doit respecter les distances suivantes :

Quantité de matières dangereuses, de déchets chimiques ou de pesticides stockés en kilogrammes ou en litres	**Distance jusqu'à la limite de bordage (m)**	**Distance jusqu'à tout bâtiment faisant partie de l'établissement (m)**
Jusqu'à 1 000	3	5
Plus de 1 000	5	10
Remarque : les références [7, CPR, 1992] et [8, CPR, 1991] ne concernent que les catégories de substances suivantes : • *Comburants, à l'exception des peroxydes organiques et des engrais nitreux* • *Substances facilement inflammables, à l'exception des substances qui, à température ambiante et sans apport d'énergie, peuvent s'échauffer au point de s'enflammer, des substances qui, à l'état gazeux, sont inflammables à l'air à une pression normale ou des substances qui, au contact de l'eau ou de l'air humide, produisent des gaz facilement inflammables en quantités dangereuses* • *Substances inflammables* • *Substances très nocives* • *Substances nocives* • *Substances corrosives* • *Substances dangereuses* • *Substances irritantes*		

Tableau 4. 11 : Distances de séparation minimales d'un stockage extérieur contenant des substances dangereuses
[7, CPR, 1992, 8, CPR, 1991]

Les distances indiquées dans le tableau 4.11 peuvent être réduites en cas de construction d'un mur anti-feu ou d'une disposition similaire.

Une installation de stockage extérieure contenant plus de 1 000 kilogrammes ou litres de substances dangereuses facilement inflammables, de déchets chimiques ou de pesticides doit être normalement éloignée d'au moins 15 mètres de toute autre installation de stockage extérieure. Cette distance peut être également réduite en cas de construction d'un mur anti-feu ou d'une disposition similaire.

En Flandres, des directives relatives aux distances de sécurité et aux combinaisons de sécurité pour le stockage des gaz dans une zone de stockage extérieure ont été établies. Les distances dépendent du type de gaz et de la quantité stockée et varient entre 2 et 7,5 mètres. La construction d'un mur anti-feu, comme dans les deux exemples précédents, permet de réduire ces distances. Voir le tableau 8.32 de l'annexe 8.17.

Description relative aux bâtiments de stockage : au RU, pour un bâtiment de stockage externe contenant des liquides inflammables, les distances sont identiques à celles indiquées dans le tableau 4.10. L'installation d'un mur anti-feu peut être également envisagée pour toute partie d'un bâtiment située dans les limites des distances de séparation de la limite ou de tout autre bâtiment, à savoir :

- Le mur du bâtiment sur le côté du bornage est un mur anti-feu et
- Le mur du bâtiment à angles droits par rapport au bornage est un mur anti-feu pour au moins 4 mètres depuis le bornage ou le mur anti-feu s'étend le long du bornage sur au moins 4 mètres au-delà du stockage de chaque côté

Si le bâtiment de stockage et prévu pour résister au feu pendant 30 minutes, ces distances peuvent être réduites. Les figures 4.13 et 4.14 présentent respectivement des exemples d'un bâtiment de stockage externe et interne résistant au feu. Les murs du bâtiment de stockage faisant partie d'un autre établissement peut généralement résister au feu pendant 60 minutes.

En Flandres également, les mêmes distances s'appliquent pour une zone de stockage extérieure ou un bâtiment de stockage extérieur dans lequel des bouteilles de gaz sont stockées. La construction d'un mur anti-feu permet de réduire ces distances. Voir le tableau 8.31 de l'annexe 8.17.

Aux Pays-Bas, tout bâtiment doté d'un mur pouvant résister au feu pendant 60 minutes et stockant plus de 10 tonnes de substances dangereuses ou de pesticides doit être éloigné de 5 mètres de la végétation inflammable et/ou du stockage de substances inflammables.

Description relative aux compartiments de stockage : les sols, murs et cloisons de compartimentage des compartiments de stockage doivent être en matériaux non inflammables et résistant aux substances stockées. Les sols, les murs et le toit doivent présenter une résistance au feu d'au moins 60 minutes.

Applicabilité : les murs résistant au feu peuvent être utilisés dans des installations nouvelles et existantes. Le respect des distances de sécurité sans murs anti-feu peut être problématique sur les sites existants.

Sécurité : le respect des distances de sécurité et/ou l'installation de murs résistant au feu adaptés sont des mesures essentielles pour la sécurité du stockage des matières dangereuses.

Aspects économiques : impossible à déterminer

Littérature de référence : [7, CPR, 1992, 8, CPR, 1991, 35, HSE, 1998, 36, HSE, 1998, 45, Vlaanderen,] [6, CPR, 1992]

4.1.7.4. Mesures d'isolement et de séparation pour les matières incompatibles

Description : l'intensité d'un incendie, comme sa vitesse de propagation, peut être accrue lorsque des matières incompatibles sont stockées au même endroit. Par exemple, les comburants augmentent de façon considérable l'intensité d'un feu de liquide inflammable. De plus, un incendie peut se développer et toucher des substances dangereuses n'étant pas elles-mêmes combustibles. La mise en place de mesures d'isolement permet de prévenir ces types de progression. Selon la nature des substances stockées, certaines cloisons (sections) peuvent être mises en place comme suit :

- Passages d'au moins 3,5 mètres de large (3 mètres dans la référence [35, HSE, 1998])
- Cloison physique ayant une résistance au feu de 30 minutes basée uniquement sur le critères d'étanchéité aux flammes
- Mur ayant une résistance au feu d'au moins 30 minutes
- Utilisation d'un compartiment ou d'une armoire de stockage à l'intérieur de la zone, du bâtiment ou du compartiment de stockage

L'annexe 8.3 indique les recommandations en matière d'isolement des matières dangereuses en fonction de leur classification.

En Flandres, les distances dépendent du type de gaz et de la quantité stockée et varie de 2 à 7,5 mètres pour les gaz incompatibles et est nulle pour les gaz compatibles. La construction d'un mur anti-feu, comme dans les deux précédents exemples, permet de réduire ces distances. Les tableaux 8.31 et 8.32 de l'annexe 8.17 indiquent les distances pour le stockage des bouteilles de gaz.

Aux Pays-Bas, des valeurs maximales pour la section et l'aire au plancher d'une installation de stockage sont recommandées comme mesure préventive. La taille d'une section construite par l'un des moyens mentionnés précédemment, utilisée pour stocker des solides ou des liquides inflammables, ne doit pas être supérieure à 300 m² et l'aire au plancher de l'ensemble d'une installation de stockage ne doit pas dépasser 2 500 m². En revanche, si des substances dont le point d'éclair est inférieur à 100 ºC sont stockées, la section et l'aire au plancher doivent être inférieures. Pour les installations existantes, l'aire au plancher maximale peut être de 4 000 m².

Efficacité opérationnelle : un personnel compétent et correctement formé est nécessaire à la mise en œuvre de mesures d'isolement et de séparation.

Applicabilité : ces mesures peuvent être mise en œuvre dans des usines nouvelles et existantes et sont utilisées dans toute l'Europe.

Sécurité : la mise en œuvre de mesures d'isolement et de séparation est essentielle à la sécurité du stockage des matières dangereuses.

Aspects économiques : impossible à déterminer

Littérature de référence : [8, CPR, 1991, 45, Vlaanderen,] [35, HSE, 1998]

4.1.7.5. Confinement des fuites et des produits extincteurs contaminés

Description : les sols, les murs et les seuils d'un bâtiment de stockage contiennent des réservoirs étanches pouvant contenir tout ou partie (selon la substance) du liquide stocké au-dessus ou dans un tel réservoir. Ces réservoirs peuvent être des zones dotées d'un mur de protection interne, des merlons grillagés ou des gouttières sous chaque palette et raccordés à un système d'évacuation adapté. Une fois les contrôlés effectués, les déversements et l'eau de pluie accumulée ont pompés, puis évacués ou éliminés de façon appropriée. L'agencement des réservoirs de déversement doit prévoir l'isolement des matières pour éviter la propagation des déversements dans des zones stockant des matières incompatibles.

Les sols de chaque compartiment d'un compartiment de stockage sont dotés d'un réservoir étanche aux liquides pouvant contenir au moins 100 % des liquides dangereux stockés dans le compartiment de stockage.

Le franchissement d'un incendie dans une installation de stockage peut entraîner non seulement la libération d'une partie des substances stockées, mais également la génération de produits extincteurs pollués. Pour empêcher la pénétration de ces substances dans le sol, les systèmes d'évacuation publics ou les eaux de surface, des systèmes de récupération doivent être prévus. Si le même système de récupération est utilisé pour les produits extincteurs et les substances stockées, la capacité de récupération totale requise est déterminée par la somme de la capacité de récupération de produit et de la capacité de récupération des produits extincteurs. En raison de leur capacité de stockage, les compartiments de stockage ne sont généralement pas prévus pour récupérer les produits extincteurs.

Plusieurs normes et réglementations permettent de déterminer les capacités de récupération (voir l'annexe 8.1, Codes internationaux). La capacité dépend de plusieurs facteurs, notamment du matériau de conditionnement, de la toxicité et de la nocivité des substances stockées, de la présence de substances (facilement) inflammables et de l'équipement de lutte contre l'incendie disponible. Si, par exemple, des substances (hautement) toxiques ou nocives pour l'environnement sont stockées avec des substances (facilement) inflammables, la capacité de récupération dépend non seulement de la quantité de substances stockée, mais également, comme l'a montré l'accident de novembre 1986 à Bâle (Sandoz), des produits extincteurs à récupérer.

Pour le stockage extérieur, les règles de récupération généralement suivies pour les substances déversées et les éventuels produits extincteurs sont identiques à celles suivies pour le stockage. Lorsque le stockage n'est pas doté d'un toit, des dispositions relatives à l'élimination contrôlée de l'eau de pluie (éventuellement contaminée) doivent être prévues.

Le dispositif de récupération des produits extincteurs doit être doté d'une construction étanche à l'eau pour empêcher la pénétration de tout produit extincteur pollué dans le sol, les systèmes d'évacuation publics ou les eaux de surface. Les produits extincteurs pollués sont considérés comme des déchets et doivent être éliminés selon les règles en vigueur.

Les différents dispositifs adéquats de collecte des produits extincteurs sont les suivants :

- Confinement dans l'installation de stockage
- Cave sous l'installation de stockage
- Cave en sous-sol à l'extérieur de l'installation de stockage
- Réservoir complètement ou partiellement aérien

Une tel dispositif de récupération peut être un réservoir facilement différentiable des autres réservoirs utilisés pour le stockage des produits, comme dans la zone de stockage de Kotka en Finlande. Bien que ce site soit un terminal et pas un entrepôt de produits chimiques, le principe est identique. Une partie spécialement réservée de la station d'épuration des eaux usées peut être utilisée comme dispositif de récupération.

Efficacité opérationnelle : l'installation d'un confinement adéquat pour les fuites et les produits extincteurs contaminés requiert l'intervention d'ingénieurs spécialisés.

Applicabilité : le confinement peut être adapté à des usines nouvelles et existantes et est utilisé dans toute l'Europe.

Sécurité : l'utilisation du confinement est essentielle à la sécurité du stockage de matières dangereuses.

Littérature de référence : [8, CPR, 1991, 35, HSE, 1998, 117, Verband Chemiehandel, 1997]

4.1.7.6. Protection contre l'incendie et équipement de lutte contre l'incendie

Description : les niveaux de protection des mesures de prévention et de lutte contre l'incendie relatives au stockage de matières dangereuses conditionnées et de déchets chimiques de plus 10 tonnes ou au stockage de pesticides peuvent être classés comme suit :

1. Système d'extinction (semi-)automatique ou système d'extinction d'incendie avec sapeurs-pompiers, détection d'incendie, dispositif de récupération des produits extincteurs et mesures préventives
2. Détection d'incendie, dispositif de récupération des produits extincteurs et mesures préventives
3. Mesures préventives

Le niveau de protection 1 nécessite la détection rapide en cas de déploiement (semi-)automatique d'une section incendie opérationnelle en quelques minutes. Au niveau de protection 2, le contrôle et l'extinction de l'incendie doit être également possible par une action de lutte contre l'incendie fiable et bien préparée. Dans ce cas, néanmoins, l'action de lutte contre l'incendie peut débuter un peu plus tard et ne pas être déployée automatiquement. Le niveau 3 est basé sur l'absence virtuelle de scénario de lutte contre l'incendie ; dans ce cas, des mesures préventives, comme la séparation et l'isolement, des systèmes adaptés de récupération et les mesures de précaution mentionnées ci-après contre les allumages doivent être mises en place afin d'assurer une protection suffisante.

Les installations de stockage résistant au feu pour de petites quantités (< 10 tonnes) sont normalement équipées d'un ou plusieurs extincteurs.

Selon l'inflammabilité du produit stocké, l'inflammabilité du conditionnement, la quantité stockée et la catégorie de classification de la ou des substances stockées (par ex., toxiques ou dangereuses pour l'environnement), un certain niveau de protection doit être appliqué à chaque installation de stockage et doit être déterminé en concertation avec les sapeurs-pompiers locaux au cas par cas.

Littérature de référence : [8, CPR, 1991]

4.1.7.6.1. Prévention de l'inflammation

Description : parmi les sources potentielles d'inflammation, on peut citer : [35, HSE, 1998]

- Les fumeurs et les articles de fumeurs
- Le travail de maintenance, en particulier tout travail à haute température
- Les alimentations électriques
- Le stockage à proximité de tuyaux chauds ou d'éclairages
- L'incendie volontaire
- Les systèmes de chauffage avec flammes ouvertes
- Les véhicules en entrepôt et les installations de chargement de batterie
- Les emballeuses sous film rétractable alimentées au GPL

Fumeurs

Les fumeurs et les articles de fumeurs sont à l'origine de nombreux incendies. La seule mesure efficace est d'interdire de fumer dans les zones de stockage et de prévoir des zones où l'on peut fumer sans risque.

Travail à haute température

Les précautions d'usage sont les suivantes :

- Élimination, dans la mesure du possible, de toute substance inflammable ou combustible de la zone de travail
- Vérification des propriétés d'inflammabilité ou de combustion des matières placées sur un côté d'une cloison ou d'un mur séparant un travail à haute température
- Extincteurs adaptés à portée de main et surveillance étroite de tout départ de feu pendant le travail
- Protection des substances combustibles ne pouvant être éliminées en installant des boucliers ou des cloisons adaptées
- Examen scrupuleux de la zone quelques temps après la fin du travail pour s'assurer qu'aucun feu ne couve
- Interruption de tout travail à haute température pendant un délai de sécurité avant la fin de la journée de travail

Appareillage électrique
Les bonnes pratiques consistent à utiliser un interrupteur principal et un tableau de distribution dans une pièce séparée résistant au feu, située à l'entrée du stockage principal, ou de préférence accessible directement depuis l'extérieur. Si l'appareillage électrique est installé dans le dépôt, par exemple un éclairage, aucune substance inflammable ne doit être stockée à proximité. En général, tout appareillage électrique situé dans un environnement dangereux est construit ou protégé de façon à écarter tout danger ; pour ce faire, un appareillage conforme à une norme de protection contre les explosions doit être choisi (par ex., une norme britannique ou une norme NEN).

Véhicules
Tout véhicule devant intervenir dans des zones dangereuses doit être protégé selon une norme appropriée pour éviter l'inflammation de toute vapeur inflammable.

Systèmes de chauffage
Normalement, le chauffage indirect est utilisé car il ne s'agit pas d'une source d'inflammation, par exemple un radiateur alimenté à distance par des tuyaux d'eau chaude.

Opérations d'emballage sous film rétractable
Idéalement, les opérations d'emballage sous film rétractable ne doivent pas être effectuées dans la zone de stockage mais dans un bâtiment séparé ou dans une baie spécifiquement conçue dans le bâtiment. Le banderolage est une méthode beaucoup plus sûre que l'emballage sous film rétractable, mais dans certains cas le remplacement de la dernière méthode par la première n'est pas possible.

Efficacité opérationnelle : toutes les mesures de prévention de l'inflammation sont simples et faciles à mettre en œuvre.

Applicabilité : ces mesures de prévention peuvent être utilisées dans des usines nouvelles et existantes et sont appliquées dans toute l'Europe.

Sécurité : l'application de mesures de prévention est essentielle à la sécurité du stockage des matières dangereuses.

Aspects économiques : impossibles à déterminer, bien qu'aucune de ces mesures de prévention ne soit très onéreuse.

Littérature de référence : [8, CPR, 1991, 35, HSE, 1998]

4.1.7.6.2. Systèmes de lutte contre l'incendie

Description : le systèmes de lutte contre l'incendie suivants sont considérés comme réalistes et acceptables dans les installations de stockage de matières dangereuses et de stockage de déchets chimiques de plus de 10 tonnes ou de stockage de pesticides :

1. Extincteur automatique à eau
2. Extincteurs automatiques à jets multiples
3. Extincteur automatique à gaz
4. Sapeurs-pompiers locaux avec extincteurs à jets multiples
5. Système automatique à grande expansion
6. Sapeurs-pompiers de la société avec extincteurs manuels à jets multiples
7. Sapeurs-pompiers de la société avec extincteurs à sec à jets multiples
8. Sapeurs-pompiers de la société effectuant l'extinction *in situ* (assaut interne)

Les caractéristiques de ces systèmes sont décrites à l'annexe 8.16, Caractéristiques des systèmes de lutte contre l'incendie.

Efficacité opérationnelle : dépend du système utilisé.

Sécurité : la mise en place de mesures de prévention est essentielle à la sécurité du stockage des matières dangereuses.

Énergie/déchets/réponse croisée : l'utilisation d'un équipement de lutte contre l'incendie produit inévitablement des déchets (chimiques).

Littérature de référence : [8, CPR, 1991]

4.1.8. MLE applicables aux émissions de gaz opérationnelles dues aux bassin et aux fosses

4.1.8.1. Toits flottants

Description : les toits flottants peuvent être utilisés sur des réservoirs, des bassin et des fosses pour empêcher l'emission dans l'atmosphère de vapeurs et en particulier d'odeurs. La section 4.1.3.2 décrit l'utilisation des toits flottants sur des réservoirs à ciel ouvert.

Bénéfices environnementaux obtenus : pour le stockage du lisier, une baisse des émissions d'ammoniaque et des odeurs peut être obtenue. Une réduction des émissions d'ammoniaque d'au moins 95 % peut être obtenue. L'utilisation de LECA permet d'obtenir une réduction de 82 % des émissions d'ammoniaque.

Applicabilité : les toits flottants sont couramment utilisés.

Énergie/déchets/réponse croisée : le brassage des substances stockées, par exemple les boues, entraîne le mélange des boues avec sa couche de LECA, ce qui augmente temporairement les émissions (ammoniaque). On a observé que la couverture de LECA se reconstituait très rapidement après le brassage et que le niveau des émissions retrouvait le niveau réduit antérieur.

Pour le cas particulier du stockage du lisier, la recouvrement permet de réduire ou (en cas de toit en plastique) d'éliminer le transfert de l'oxygène entre l'air et les boues et augmente la température des boues d'environ 2 °C. Les conditions anaérobies ainsi créées entraînent la formation rapide de méthane. Le mélange et le brassage des boues augmente les émissions de méthane. L'absence d'oxygène réduit la nitrification (et par conséquent) la dénitrification ; les émissions d'oxyde nitreux peuvent être ainsi réduites de façon significative ou évitées. Avec le LECA, l'oxygène peut encore pénétrer ; le processus de (dé)nitrification et l'augmentation des émissions d'oxyde nitreux peuvent alors se produire.

Aspects économiques : les coûts des toits flottants sont généralement compris entre 15 et 25 euros/m² (année 1999) de surface de substance exposée. Les coûts du LECA sont compris entre 225 et 375 euros par tonne (année 1999). Il faut éventuellement prévoir d'autres coûts selon le site si des modifications structurelles sont

nécessaires ou pour les méthodes de vidage et de brassage. La gestion des eaux de pluie détermine le niveau des coûts d'exploitation, les fosses couvertes de LECA pouvant être la solution la plus coûteuses pour le stockage des boues. Avec un toit en plastique, les coûts nets dépendent des possibilités de recyclage de l'eau, par exemple pour l'irrigation.

Littérature de référence : [119, EIPPCB, 2001]

4.1.8.2. Toits en plastique ou rigides

Description : les toits pour fosses sont à base de feuilles de plastique souples avec stabilisant anti-UV fixées au niveau des rives et soutenus sur des flotteurs. Les toits en plastique permet d'accroître efficacement la capacité d'une fosse d'environ 30 %, tout en maintenant l'eau de pluie à l'extérieur.

Bénéfices environnementaux obtenus : pour le stockage du lisier, on peut obtenir une baisse des émissions d'ammoniaque et de l'odeur. La baisse des émissions d'ammoniaque peut être d'au moins 95 %. L'utilisation de toits permet également de récupérer et de traiter les émissions (voir section 4.1.3.15).

Efficacité opérationnelle : les toits rigides sont couramment utilisés sur de petits bassins en béton.

Applicabilité : des toits sur mesure peuvent être installés sur des fosses existantes (lisier), sauf dans les cas suivants :

- L'accès est très difficile
- La fosse est très grande (coût)
- Les rives sont inégales

Une fosse existante doit être vidée complètement pour permettre l'installation du toit. Le vent ne pose aucun problème si le toit est bien fixé aux bords et si de l'eau de pluie est conservée sur le dessus pour alourdir le toit.

Certains toits ont une durée de vie de 10 ans, mais la vulnérabilité à l'usure et aux détériorations (dues aux animaux de pâturage) est inconnue.

Énergie/déchets/réponse croisée : pour la couverture d'une fosse, la quantité de plastique nécessaire est supérieure d'au moins 70 % à la surface réelle de la fosse et dépend de la profondeur et de l'inclinaison des bords. Le toit peut être réutilisé.

Dans le cas particulier du stockage du lisier de porc, le recouvrement permet de réduire ou d'éliminer le transfert d'oxygène de l'air dans les boues et augmente la température des boues d'environ 2 °C. Les conditions anaérobies ainsi créées entraîne la formation rapide de méthane. L'absence d'oxygène réduit la nitrification (et par conséquent) la dénitrification ; les émissions d'oxyde nitreux peuvent être ainsi réduites de façon significative ou évitées.

Aspects économiques : des coûts supplémentaires propres au site peuvent être induits par les modifications structurelles nécessaires ou les méthodes de vidage et d'agitation. La gestion de l'eau de pluie détermine le niveau des coûts d'exploitation. Avec un toit en plastique, les coûts nets dépendent des possibilités de recyclage de l'eau, par exemple pour l'irrigation. L'utilisation de biogaz (méthane) pour le stockage de boues dépend de l'objectif (chauffage ou moteur) et des exigences de l'installation. Cette utilisation peut être profitable, mais le délai de récupération des coûts peut être assez long (plus de 20 ans).

Littérature de référence : [119, EIPPCB, 2001]

4.1.9. MLE applicables aux émissions opérationnelles dans le sol et l'eau dues aux bassins et aux fosses

4.1.9.1. Barrières étanches

Description: en cas de risque de pollution des nappes phréatiques, la fosse doit être sensiblement imperméable. On peut choisir entre une argile et un chemisage en membrane synthétique. Si le choix se porte sur l'argile, celle-ci soit contenir au moins 20 à 30 % d'argile pour être suffisamment imperméable.

L'argile doit être compactée au minimum sur une épaisseur d'un mètre et avoir une perméabilité maximale de $1*10^{-9}$ m/s. Les chemisages doivent être appliqués par un spécialiste pour éviter toute détérioration l'installation. On peut également choisir des bassins en béton.

Littérature de référence : [119, EIPPCB, 2001] [113, TETSP, 2001]

4.1.10. MLE applicables aux déchets opérationnels dus aux bassins et aux fosses

Aucune information n'a été transmise.

4.1.11. MLE applicables aux émissions dues aux incidents et accidents dans les bassins et les fosses

Les bassins et les fosses ne sont pas utilisés pour le stockage de matières dangereuses ; le risque d'accidents majeurs est donc peu probable. Le seul incident ou accident possible est dû au débordement dû à l'eau de pluie lorsque le bassin ou la fosse n'est pas recouvert.

4.1.11.1. Protection contre les débordements dus aux précipitations

Description : pour les fosses utilisées pour le stockage des boues, une revanche de 750 mm est généralement prévue (voir Figure 3.17).

Efficacité opérationnelle : couramment utilisé en agriculture.

Applicabilité : simple à mettre en place.

Sécurité : néant

Énergie/déchets/réponse croisée : diminue la capacité de stockage.

Aspects économiques : mesure bon marché.

Littérature de référence : [119, EIPPCB, 2001]

4.1.12. MLE applicables aux émissions opérationnelles de gaz dues aux cavités minées atmosphériques

4.1.12.1. Équilibrage de la vapeur

Description : l'équilibrage de la vapeur est utilisé sur les sites de cavité minée atmosphérique avec lit d'eau fixe pour le stockage des hydrocarbures liquides. Ces sites contiennent plusieurs cavités raccordées les unes aux autres. Lorsqu'une cavité est remplie, la vapeur déplacée est transférée vers les autres cavités afin d'éviter des augmentations brutales de pression dans la cavité remplie. Un programme rigoureux de contrôle du stock est nécessaire pour garantir la disponibilité permanente des cavités pour recevoir la vapeur déplacée.

Efficacité opérationnelle : utilisé principalement dans de grands sites dotés de plusieurs cavités.

Applicabilité : facile à utiliser sur de grands sites.

Sécurité : nécessite le respect strict des procédures d'exploitation et/ou un niveau élevé d'automatisation (alarmes de sécurité, systèmes de fermeture d'urgence, etc.)

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : peut éventuellement entraîner la déclassification du produit d'hydrocarbure (perte de valeur) en cas de mélange de produit.

Littérature de référence : [150, Geostock, 2002]

4.1.13. MLE applicables aux émissions dues aux incidents et accidents (majeurs) dans la cavités minées atmosphériques

4.1.13.1. Sécurité et gestion des risques

La section 4.1.6.1 est consacrée à la directive Seveso applicable au stockage en réservoirs de grandes quantités de matières dangereuses. Cette directive s'applique également au stockage en cavités ou dans toute autre type de stockage de grandes quantités de matières dangereuses.

4.1.13.2. Surveillance

Description : la surveillance continue d'une cavité pendant toute sa durée de vie est une pratique courante permettant de garantir la stabilité et l'efficacité du confinement hydraulique. Les différents éléments d'un programme typique de surveillance sont les suivants :

- Surveillance de la configuration d'écoulement hydraulique autour des cavités au moyen de mesures des nappes phréatiques, de piézomètres et/ou de capteurs de pression, de mesure du débit des eaux d'infiltration
- Évaluation de la stabilité de la cavité par surveillance sismique
- Procédures de suivi de la qualité de l'eau par échantillonnages et analyses régulières
- Surveillance de la corrosion, notamment évaluation périodique du cuvelage

La surveillance nécessite également une évaluation périodique régulière.

Efficacité opérationnelle : toutes les cavités minées sont surveillées.

Applicabilité : applicable à tous les types de cavités minées (atmosphériques et sous pression).

Sécurité : des procédures de sécurité et des programmes de surveillance doivent être établis et strictement respectés par du personnel qualifié.

Littérature de référence : [150, Geostock, 2002]

4.1.13.3. Caractéristiques de sécurité intrinsèques

Description : la première mesure de sécurité adoptée consiste à s'assurer en permanence que le produit d'hydrocarbure ne peut pas prendre feu sous le sol en raison de l'absence d'oxygène. C'est le cas, entre autres, des cavités atmosphériques dotées d'un lit.

Les cavités minées rocheuses ont une résistance intrinsèque aux tremblements de terre.

Applicabilité : l'utilisation de cavités minées rocheuses dépend principalement de la structure du substratum rocheux et des conditions des nappes phréatiques.

Sécurité : par nature, les cavités sont de loin le moyen le plus sûr de stocker de grandes quantités de produits d'hydrocarbure.

Énergie/déchets/réponse croisée : les nappes phréatiques (eaux d'infiltration) pompées dans la cavité doivent être traitées. Les cavités de type lit d'eau fixe nécessitent moins d'eau (et donc moins d'épuration des eaux usées) que les cavités de type lit d'eau fluctuant

Aspects économiques : le seuil de rentabilité économique d'utilisation d'une cavité minée rocheuse dépend du produit d'hydrocarbure stocké et de la géologie du site, mais commence généralement à une capacité de 50 000 m^3.

Littérature de référence : [150, Geostock, 2002]

4.1.13.4. Étouffement

Description : avec les huiles lourdes, comme le diésel, une croissance bactérienne peut se former sur l'interface huile/eau entraînant l'accumulation de méthane dans l'espace vide. Dans ce cas, pour des raisons de sécurité, on utilise généralement une mise sous azote.

Lors du vidage d'une cave contenant des produits facilement inflammables dont la pression de vapeur est élevée, comme le pétrole, le produit s'évapore et l'espace vide se remplit d'un mélange de gaz d'hydrocarbure jusqu'à atteindre un niveau dépassant la limite supérieure d'explosion. Lors du remplissage de la cave, la pression augmente et les hydrocarbures se condensent. L'utilisation dans ce cas d'une mise sous azote nécessite la ventilation des COV contenant de l'azote dans l'atmosphère lors du remplissage ultérieur de la cave. C'est pourquoi l'étouffement n'est pas souvent utilisé avec les produits facilement inflammables. En revanche, dans certaines cavités atmosphériques à lit fixe, selon le produit d'hydrocarbure stocké, la mise sous azote est utilisée pour écarter définitivement tout risque inflammation à l'intérieur de la cavité.

En revanche, pour des raisons de sécurité lors de la première mise en service d'une capacité, il est important de purger la cave avec de l'azote avant de la remplir du produit.

Le stockage de pétrole brut peut entraîner l'accumulation de méthane ou d'éthane dans l'espace libre à l'intérieur de la cavité. Lors du remplissage, ces vapeurs ne retournent pas (facilement) dans l'huile. Dans ce cas, la cavités sont généralement raccordées pour l'équilibrage (« respiration ») de ces vapeurs. Lors du remplissage de la cavité, les gaz passent dans d'autres cavités, utilisant tout l'espace libre disponible. Avec le temps, ces gaz retournent dans l'huile et tout étouffement et ventilation dans l'atmosphère deviennent inutiles.

Applicabilité : l'étouffement est souvent utilisé pour le stockage des huiles lourdes. Dans certaines cavités atmosphériques à lit fixe, la mise sous azote est souvent utilisée pour écarter définitivement tout risque d'inflammation.

Énergie/déchets/réponse croisée : pour des raisons de sécurité, l'étouffement peut être nécessaire pour les produits facilement inflammables, mais il faut, dans ce cas, prévoir la ventilation de l'azote dans l'atmosphère.

Littérature de référence : [176, EIPPCB, 2004]

4.1.13.5. Maintien de la pression hydrostatique

Description : pour empêcher le produit d'hydrocarbure stocké de s'échapper de la cavité, celle-ci peut être conçue de telle sorte qu'à la profondeur à laquelle elle se trouve, la pression hydrostatique des nappes phréatiques l'entourant soit toujours supérieure à celle du produit d'hydrocarbure stocké.

Efficacité opérationnelle : toutes les cavités minées nues sont ainsi conçues.

Applicabilité : cette technique nécessite une conception et une surveillance appropriées pendant toute la durée de vie de l'installation afin de garantir la stabilité et l'efficacité du confinement hydraulique de la cavité.

Sécurité : aucune, si la conception et la surveillance de la cavité sont adéquates.

Énergie/déchets/réponse croisée : les nappes phréatiques (eaux d'infiltration) sont, généralement, non miscibles au produit d'hydrocarbure stocké et s'accumulent au fond de la cavité avant d'être pompées. Si l'hydrocarbure est très léger (le propane, par exemple), il peut contenir des traces (ppm) d'eau et doit être séché pour répondre aux normes de qualité appropriées.

Littérature de référence : [150, Geostock, 2002]

4.1.13.6. Injection de ciment

Description : l'injection de ciment dans le toit et les murs des cavités permet de réduire la quantité d'eau d'infiltration.

L'eau d'infiltration pénétrant dans la cavité est pompée et traitée dans une station d'épuration des eaux usées. La raffinerie de Porvoo possède deux stations d'épuration des eaux usées : une usine de traitement des boues actives (traitement chimique et biologique) et une usine de traitement au charbon actif (sections d'adsorption/régénération), toutes deux adaptées aux eaux huileuses. À la raffinerie de Porvoo, la quantité d'eaux usées évacuées est d'environ 1 m^3/jour pour un volume de 5 000 m^3 d'huile, soit 6 à 8 litres d'eau d'infiltration/m^3 de volume de cavité/an. Le niveau d'émission de COV atteint dans les eaux usées épurées évacuées en mer est généralement inférieur à 1 mg/l.

Efficacité opérationnelle : la quantité de ciment nécessaire dépend de la géologie des roches à la profondeur de la cavité.

Applicabilité : facile à appliquer à toutes les cavités minées.

Sécurité : l'injection de ciment ne pose pas de problème de sécurité particulier, à l'exception du strict respect des normes et des procédures de sécurité requises pour tous les travaux de génie civil souterrains.

Aspects économiques : cette technique est d'un faible coût.

Littérature de référence : [150, Geostock, 2002] [81, Neste Engineering, 1996]

4.1.13.7. Système de verrouillage

Description : un système de verrouillage empêche les débordements ; ce système ferme la soupape du tube d'arrivée si le niveau dans la cavité est trop élevé.

Efficacité opérationnelle : l'installation d'un système de verrouillage est courante.

Applicabilité : un système de verrouillage est simple à installer dans toutes les cavités minées.

Sécurité : l'utilisation d'un système de verrouillage constitue une mesure de sécurité minimale. Il existe des mesures de protection contre les débordements plus sophistiquées.

Aspects économiques : les systèmes de verrouillage ont un coût limité.

Littérature de référence : [150, Geostock, 2002] [81, Neste Engineering, 1996]

4.1.13.8. Protection automatique contre les débordements

Description : les dispositifs de protection contre les débordements peuvent être raccordés à des systèmes de fermeture d'urgence automatisés qui ferment tous les appareils de remplissage des conduites (pompes, soupapes ,etc.).

Efficacité opérationnelle : les cavités minées récentes sont généralement dotées de dispositifs de protection sophistiqués contre les débordements qui sont intégrés au système de fermeture d'urgence.

Applicabilité : les dispositifs de protection contre les débordements raccordés à des systèmes de fermeture d'urgence automatisés sont simples à installer sur de nouvelles installations. Ils peuvent être parfois installés après coup sur des installations existantes. Ce système nécessite un respect scrupuleux des procédures d'exploitation et/ou un niveau élevé d'automatisation (alarmes de sécurité, systèmes de fermeture d'urgence, etc.). Applicable à toutes les cavités minées.

Sécurité: le norme de sécurité est stricte. En revanche, les soupapes automatiques sont associées à un risque de défaillance des systèmes en amont en raison de l'effet de « marteau d'eau ».

Aspects économiques : les systèmes de fermeture d'urgence sophistiqués sont coûteux pour les nouvelles installations, mais ce coût est généralement justifié pour des raisons de sécurité et a un effet environnemental positif. L'installation après coup, si elle est réalisable, est très onéreuse.

Littérature de référence : [150, Geostock, 2002]

4.1.14. MLE applicables aux émissions dues aux incidents et accidents (majeurs) dans les cavités minées (sous pression)

4.1.14.1. Sécurité et gestion risques

La section 4.1.6.1 est consacrée à la directive Seveso applicable au stockage en réservoirs de grandes quantités de matières dangereuses. Cette directive s'applique également au stockage en cavités ou dans toute autre type de stockage de grandes quantités de matières dangereuses.

4.1.14.2. Surveillance

La section 4.1.13.2 est également applicable aux cavités minées sous pression.

4.1.14.3. Caractéristiques de sécurité intrinsèques

Description : par nature, les cavités sous pression ne peuvent prendre feu sous le sol en raison de l'absence d'oxygène à cette profondeur.

Les cavités minées rocheuses présentent une résistance intrinsèque élevée aux tremblements de terre.

Applicabilité : l'utilisation de cavités minées rocheuses dépend principalement de la structure du substratum rocheux et des conditions des nappes phréatiques. La plupart des cavités minées sont sous pression.

Sécurité : par nature, les cavités sont de loin le moyen le plus sûr de stocker de grandes quantités de produits d'hydrocarbure.

Énergie/déchets/réponse croisée : les eaux souterraines (eaux d'infiltration) pompées dans la cavité doivent être traitées.

Aspects économiques : le seuil de rentabilité économique d'utilisation d'une cavité minée rocheuse dépend du produit d'hydrocarbure stocké et de la géologie du site, mais commence généralement à une capacité de 50 000 m^3. Pour le GPL dans les conditions européennes typiques, le chiffre est nettement plus bas (environ 10 000 m^3).

Littérature de référence : [150, Geostock, 2002]

4.1.14.4. Vannes automatiques de sécurité par « tout ou rien »

Description : les vannes automatiques de sécurité de fond par « tout ou rien », et autres mesures de sécurité, garantissent que le produit d'hydrocarbure ne pourra pas s'échapper en cas d'événement d'urgence en surface.

Efficacité opérationnelle : les nouvelles cavités sont équipées de ces dispositifs de sécurité.

Applicabilité : applicable aux nouvelles cavités minées, mais installation après coup également possible dans les cavités existantes.

Littérature de référence : [150, Geostock, 2002]

4.1.14.5. Maintien de la pression hydrostatique

La section 4.1.13.5 est également applicable aux cavités minées sous pression.

4.1.14.6. Injection de ciment

La section 4.1.13.6 est également applicable aux cavités minées sous pression.

4.1.14.7. Système de verrouillage

La section 4.1.13.7 est également applicable aux cavités minées sous pression.

4.1.14.8. Protection automatique contre les débordements

La section 4.1.13.8 est également applicable aux cavités minées sous pression.

4.1.15. MLE applicables aux émissions dues aux incidents et accidents (majeurs) dans les cavités salines

4.1.15.1. Sécurité et gestion des risques

La section 4.1.6.1 est consacrée à la directive Seveso applicable au stockage en réservoirs de grandes quantités de matières dangereuses. Cette directive s'applique également au stockage en cavités ou dans toute autre type de stockage de grandes quantités de matières dangereuses.

4.1.15.2. Surveillance

Description : la surveillance et l'inspection des cavités sont des éléments essentiels de la sécurité et des performances. Des contrôles réguliers sont recommandés, notamment le contrôle et la forme de la cavité, qui peut se modifier en cas d'utilisation de saumure basique, ainsi que les vérifications de l'intégrité du cuvelage (diagraphie et/ou test) pour prévenir tout risque de fuite due à la corrosion du cuvelage cimenté. Un programme de surveillance classique comprend les éléments suivants :

- Évaluation de la stabilité de la cavité par surveillance sismique
- Surveillance de la corrosion, notamment évaluation périodique du cuvelage

- Réalisation d'évaluations régulières par sonar pour détecter les éventuels changements de forme, en particulier si du saumure basique est utilisé

La surveillance nécessite également une évaluation périodique régulière.

Efficacité opérationnelle : toutes les cavités salines sont régulièrement surveillées et subissent des inspections périodiques tout au long de la durée de vie de l'installation.

Applicabilité : applicable à tous les types de cavités salines.

Sécurité : les procédures de sécurité et les programmes de surveillance doivent être établis et suivis scrupuleusement par un personnel qualifié.

Littérature de référence : [150, Geostock, 2002]

4.1.15.3. Caractéristiques de sécurité intrinsèques

Description : par nature, les cavités salines ne peuvent prendre feu sous terre en raison de l'absence d'oxygène en profondeur.

Applicabilité : l'utilisation de cavités salines dépend principalement des conditions géographiques.

Sécurité: par nature, les cavités sont de loin le moyen le plus sûr de stocker de grandes quantités de produit d'hydrocarbure.

Énergie/déchets/réponse croisée : les principaux consommateurs d'énergie sont les pompes utilisées pour le remplissage et le vidage des cavités. De petites traces d'hydrocarbure peuvent être présentes au niveau de l'interface saumure/hydrocarbure. Pour les hydrocarbures liquides, en particulier à la fin du processus de remplissage, une unité de traitement de la saumure permet de les séparer. La plupart des cavités salines étant isolées, ces produits doivent être récupérés et éliminés en conséquence.

Aspects économiques : si la géologie du site permet l'utilisation de ce mode de stockage, le coût relatif au mètre cube du stockage en cavité saine est faible par rapport aux autres modes.

Littérature de référence : [150, Geostock, 2002]

4.1.16. MLE applicables aux émissions opérationnelles de gaz dues au stockage flottant

4.1.16.1. Clapets de décharge et soupapes de décompression (PVRV)

La section 4.1.3.11 est également applicable au stockage flottant.

4.1.16.2. Couleur de réservoir

La section 4.1.3.6 est également applicable au stockage flottant.

4.1.16.3. Équilibrage, récupération ou traitement de la vapeur

Les sections 4.1.3.13, 4.1.3.14 et 4.1.3.15 sont également applicables au stockage flottant.

4.1.17. MLE applicables aux émissions opérationnelles dans l'eau dues au stockage flottant

Le nettoyage des réservoirs est la source la plus importante d'émissions dans l'eau. Normalement, les résidus provenant du nettoyage du réservoir sont refoulés à terre et traités comme ceux provenant de réservoirs à terre. On ne dispose cependant d'autre autre information à ce sujet.

4.1.18. MLE applicables aux émissions dues aux incidents et accidents (majeurs) du stockage flottant

4.1.18.1. Sécurité et gestion des risques

Description : la section 4.1.6.1 est consacrée à la directive Seveso applicable au stockage en réservoirs de grandes quantités de matières dangereuses. Cette directive s'applique également au stockage flottant.

Littérature de référence : [113, TETSP, 2001]

4.1.18.2. Inspection et entretien de la coque

Description : comme le bateau flotte sur l'eau, il convient de prêter une attention particulier à l'inspection et à l'entretien de la coque.

Littérature de référence : [113, TETSP, 2001]

4.1.18.3. Prévention contre les débordements

Description : la prévention contre débordements est possible grâce à l'utilisation de procédures sophistiquées d'arrêt des instruments et des pompes.

Littérature de référence : [113, TETSP, 2001]

4.2. Transport et manipulation des liquides et des gaz liquéfiés

La section 3.2 répertorie les émissions potentielles dues aux systèmes de transport et de manipulation dans différents tableaux : les tableaux 3.50 et 3.51 pour les réseaux de canalisations de transport aériennes fermées, les tableaux 3.52 et 3.53 pour les réseaux de canalisations de transport aériennes ouvertes, les tableaux 3.54 et 3.55 pour les réseaux de canalisations de transport enterrées fermées, les tableaux 3.56 et 3.57 pour les canalisations de déchargement et les tableaux 3.58 et 3.59 pour les techniques de manipulation.

Ces tableaux montrent que, par mode, les sources d'émissions potentielles les plus significatives sont le remplissage des réseaux de canalisations, le nettoyage des systèmes ouverts et les émissions fugaces de tous les modes.

Les cartes de cote de l'annexe 8.10 déterminent les mesures de limitation des émissions (MLE) applicables à ces différentes sources d'émissions potentielles.

Les sections 4.2.2 à 4.2.7 décrivent les techniques de MLE pour le transport des liquides et des gaz liquéfiés, à savoir les différents réseaux de canalisations ; la section 4.2.8 décrit les MLE applicables aux chargement et au déchargement des dispositifs de transport. Les MLE applicables aux techniques de manipulation du produit, comme les soupapes, les brides, les pompes et joints, sont décrites à la section 4.2.9. La section 4.2.1 détaille les différents outils de gestion applicables aux activités générales de transport et de manipulation.

4.2.1. Outils de gestion pour le transport et la manipulation

4.2.1.1. Procédures opérationnelles et formation

Description : les procédures et la formation permettent de réduire de façon significative les émissions au cours du remplissage de tous les systèmes de transport ; voir section 4.1.6.2.

Littérature de référence : [152, TETSP, 2002]

4.2.1.2. Inspection, maintenance et surveillance

Description : voir section 4.1.2.2.

4.2.1.3. Programme de détection des fuites et de réparation (LDAR)

Description : un programme LDAR comprend la vérification des fuites et la réparation des fuites identifiées. La vérification des fuites est effectuée conformément à la méthode de référence US EPA 21, à une fréquence d'échantillonnage prédéfinie. Les composants inaccessibles ne sont, en pratique, pas surveillés (par ex., pour des raisons d'isolation ou de hauteur).

Efficacité opérationnelle : LDAR est un outil souvent utilisé pour des situations susceptibles de donner lieu à des émissions, notamment lors de la manipulation de gaz et de liquides légers, de systèmes sous pression et d'utilisation de températures très élevées.

Littérature de référence : [158, EIPPCB, 2002]

4.2.1.4. Sécurité et gestion des risques

La section 4.1.6.1 est consacrée à la directive Seveso applicable au stockage en réservoirs de grandes quantités de matières dangereuses. Cette directive s'applique également au transport et à la manipulation des matières dangereuses.

4.2.2. MLE applicables aux émissions opérationnelles de gaz dues aux réseaux de canalisations aériennes fermées

4.2.2.1. Réduction du nombre de brides et de raccords

Description : on utilise des brides boulonnées et des joints à enduit d'étanchéité pour isoler ou retirer des canalisations, des pompes ou des soupapes.

La tension thermique est la principale cause de fuite au niveau d'une bride ; elle provoque la déformation du joint entre les faces de la bride. Les réseaux de canalisations en service thermique cyclique présentent donc plus de risques de fuite au niveau des brides.

Les fuites au niveau des brides peuvent être également dues à un défaut d'alignement qu'une meilleure exécution de la technique de boulonnage permet de réduire. La capacité de la bride et le type de matériau du joint doivent être adaptés au service. Les joints spiralés, par exemple, permettent de réduire le risque de défaillance des systèmes d'alimentation en gaz et des robinets de sectionnement du liquide principal.

Le remplacement du plus grand nombre possible de brides par des raccords soudés peut être envisagé s'il est compatible avec les exigences opérationnelles et de maintenance de l'usine.

Les raccords vissés peuvent fuir si les filetages sont endommagés ou corrodés ou si le lubrification ou le couple de serrage est insuffisant. Les normes relatives aux conduites doivent définir une taille minimale de branchement pouvant être raccordé à une conduite principale pour assurer une protection contre toute détérioration mécanique car il est très facile d'endommager une très petite conduite raccordée à une très grande conduite.

Bénéfices environnementaux obtenus : chaque bride ou ensemble de brides doit être conforme aux exigences du code de conception pour garantir la résistance de chaque ensemble de brides à la pression maximale à laquelle la conduite est soumise. La conformité aux exigences du code de conception garantit également le maintien des propriétés physico-chimiques de la bride à toutes les températures auxquelles elle peut être soumise pendant le fonctionnement.

Efficacité opérationnelle : des brides boulonnées et avec joints sont nécessaires pour toute opération d'isolation ou de retrait de conduites, de pompes ou de soupapes. Il n'est donc pas possible de retirer toutes les brides et raccords d'un système de transport et de manipulation.

Applicabilité : largement applicable, dans la limite des exigences d'exploitation pour la maintenance de l'équipement et la flexibilité du système de transport.

Sécurité : néant

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : le remplacement du nombre maximum de brides par des raccords soudés, compatibles avec les exigences d'exploitation et de maintenance de l'usine, est une solution bon marché pour les nouveaux systèmes. L'installation après coup est d'un coût modéré à élevé.

Littérature de référence : [152, TETSP, 2002]

4.2.2.2. Sélection et entretien des joints

Description : le choix du joint adapté et un entretien régulier (par ex., le contrôle du serrage de la bride) sont essentiels à la limitation des émissions. Le contrôle et le remplacement réguliers des joints sont également nécessaires, surtout pour les joints exposés à des variations de température ou à des vibrations (pouvant entraîner une perte de charge du joint).

Le choix doit prendre principalement en compte :

- La compatibilité avec le milieu d'exploitation (fluide du procédé)
- La température et la pression d'exploitation
- Les variations des conditions d'exploitation (par exemple, au cours du cycle)
- Le type de joint concerné

On peut définir trois catégories principales de joints :

- Doux (non métallique)
- Semi-métallique
- Métallique

Les caractéristiques mécaniques et les performances d'étanchéité de ces catégories varient de façon considérable selon le type de joint choisi et les matériaux de construction. Bien entendu, les propriétés mécaniques et d'étanchéité sont des facteurs importants à prendre en compte lors de la conception du joint, mais le choix d'un joint est surtout influencé par les éléments suivants :

- Température et pression du milieu à contenir
- Nature chimique du milieu
- Charge mécanique à laquelle est soumise le joint
- Caractéristiques d'étanchéité du joint

Joints doux (non métalliques)
Il s'agit souvent de matériaux de feuille composite, adaptés à une large gamme d'applications chimiques générales et corrosives. Réservé en général aux applications à pression faible à moyenne. Les différents types sont les suivants : feuille renforcée par des fibres, graphite exfolié, PTFE (polytétrafluoroéthylène) en feuille sous différentes formes (y compris formes résistantes à l'éruption basées sur l'orientation du PTFE) et matériaux en feuille haute température basés sur des formes de mica.

Joints semi-métalliques
Joints composites constitués de matériaux métalliques et non métalliques, le métal fournissant généralement la force et l'élasticité du joint. Adaptés aux applications à basses et hautes température et pression. Les différents types sont les suivants : noyau métallique à face striée avec couvercle, à double enveloppe métallique à couvercle, métal strié à couvercle, œillet métallique, à double enveloppe métallique, joints doux à renforcement métallique (y compris graphite à tenon et matériaux en fibre à armure métallique), joints métalliques striés et joints spiralés.

Joints métalliques
Peuvent être fabriqués à partir d'un seul métal ou d'une combinaison de matériaux métalliques dans différentes formes et tailles. Adaptés aux applications à hautes température et pression. Les différents types sont les suivants: anneaux de lentille, joints de type anneau et anneaux soudés.

Un joint performant doit résister à la détérioration due aux fluides contenus et être compatible chimiquement et physiquement. Pour les joints métalliques, il faut tenir compte de la corrosion électrochimique (ou « galvanique »), qui peut être réduite en choisissant des métaux de joint et de bride proches d'un point de vue électrochimique.

Les joints découpés dans des feuilles ont de meilleures performances si l'on utilise le matériau le plus fin acceptable pour la configuration de bride, mais suffisamment épais pour compenser l'irrégularité des surfaces de bride, leur parallélisme, la finition de surface, la rigidité, etc. Plus le joint est fin, plus la charge de tensionnement supportée par le joint est élevée, moins la perte de contrainte de tensionnement due au relâchement est réduite et plus la durée de vue du joint est longue. De même, plus la surface joint exposée aux attaques de la pression interne et des milieux agressifs est réduite.

Une fois assemblé, le joint est en mesure de surmonter les imperfections mineures d'alignement et de bride, notamment :

- Brides non parallèles
- Goulottes/rainures de distorsion
- Vagues superficielles
- Éraflures superficielles
- Autres imperfections superficielles

Une fois assemblé, un joint de bride est soumis à une pression de compression entre les faces des brides, obtenue généralement par les boulons sous tension. Afin d'assurer le maintien de l'étanchéité pendant toute la durée de vie de l'ensemble, une pression suffisamment élevée doit être maintenue à la surface du joint pour éviter les fuites. Dans les conditions d'exploitation, cette pression peut être libérée par la poussée axiale hydrostatique, la force produite par la pression interne pour séparer les brides. Le joint lui-même est également soumis à une charge latérale due à la pression du fluide interne tendant à l'extruder par le volume perdu de la bride. Pour préserver l'intégrité de l'étanchéité, la pression de compression efficace sur le joint (autrement dit la charge de l'ensemble moins la poussée axiale hydrostatique) dot être supérieure à la pression interne d'un multiple, selon le type de joint, le procédé de fabrication et le niveau de rigidité requise.

Pour les joints spiralés en particulier, la planéité et le parallélisme des brides sont des facteurs essentiels au maintien d'une bonne étanchéité.

Pour les joints doux, un frottement adéquat entre le joint et les faces des brides permet de prévenir l'extrusion (éruption) du joint de l'assemblage. Pour permettre le relâchement de la pression de compression du joint, normalement inévitable, un facteur d'au moins deux est généralement recommandé entre la pression de compression sur l'assemblage et celle requise pour maintenir l'étanchéité.

La procédure d'assemblage est essentielle aux performances de l'étanchéité ; la référence [149, ESA, 2004] donne des instructions détaillées.

Les joints ne sont généralement pas réutilisés car ils peuvent avoir subi des modifications considérables dans les conditions d'exploitation et risquent ne pas atteindre le niveau normal de performance d'étanchéité. Le prix des joints neufs est de toute façon très faible.

Parmi les joints à haute intégrité, on peut citer les joints spiralés, les joints kammprofile ou les joints annulaires.

Le graphite exfolié et les matériaux d'étanchéité en PTFE transformé ont prouvés leur efficacité pour une large gamme de styles de joint apportant à l'utilisateur une étanchéité d'une performance nettement supérieure à celle des joints à base d'amiante.

Littérature de référence : directives concernant une utilisation sûre des joints d'étanchéité, brides et joints (publication ESA n° 009/98), disponible en plusieurs langues. [149, ESA, 2004]

4.2.2.3. Brides améliorées

Description : dans les installations à haut risque de pollution environnementale, on utilise souvent des brides à languette et rainure ou avec projection et évidement ou des dispositifs d'étanchéité spéciaux, comme ceux avec joints métalliques ou à gorge.

Littérature de référence : [18, UBA, 1999]

4.2.2.4. Récupération des vapeurs

Description : les vapeurs déplacées pendant le remplissage de la canalisation de transport peuvent être récupérées et « renvoyées » vers le réservoir d'où provient le produit ou traitées dans un système de traitement des vapeurs.
Pour plus de détails, voir la section 4.2.8, MLE applicables au chargement et au déchargement des transporteurs.

Littérature de référence : [152, TETSP, 2002]

4.2.3. MLE applicables aux émissions dues aux incidents et accidents (majeurs) dans les réseaux de canalisations aériennes fermées

4.2.3.1. Corrosion interne et érosion

La corrosion interne peut être due à la nature corrosive du produit transféré. Le choix d'un matériau de construction correct permet de réduire la corrosion.

L'érosion est due à l'usure mécanique à l'intérieur de la conduite de transport en raison de débits très élevés, l'entraînement de gaz dans le liquide ou par contamination solide du liquide. L'érosion peut être contrôlée en combinant la gestion du débit, les inhibiteurs de corrosion, un revêtement interne et un raclage fréquent.

Tout écart des conditions de conception peut avoir un impact sur les vitesses de corrosion et/ou d'érosion et doit être normalement étudié par une procédure de gestion, comme la « procédure de gestion des changements », avant la réalisation de ces changements.

Un revêtement interne peut être appliqué selon une spécification de qualité stricte pour obtenir une protection de haute qualité. Si les canalisations de transport doivent être réunies par soudage donnant lieu à une exposition du métal, la surface de la soudure doit être également revêtue afin d'obtenir un niveau élevé de protection. En cas d'impossibilité, des inhibiteurs de corrosion peuvent être envisagés.

Si des conduites à revêtement interne doivent être raclées, le choix du racleur doit être effectué avec précaution afin d'éviter la détérioration du revêtement.

Littérature de référence : [152, TETSP, 2002]

4.2.3.2. Corrosion externe : canalisation de transport aérienne

Description : pour protéger la canalisation de transport de la corrosion atmosphérique, le système est généralement revêtu d'une, deux ou trois couches de peinture. Le système de revêtement doit prendre en compte les conditions propres au site (par ex., proximité de la mer, etc.). Aucun revêtement n'est normalement appliqué sur les conduites de transport en plastique ou en acier inoxydable.

Littérature de référence : [152, TETSP, 2002]

4.2.4. MLE applicables aux émissions opérationnelles dues aux canalisations de transport aériennes ouvertes

4.2.4.1. Remplacement par des réseaux de canalisations de transport fermées

Description : la section 3.2.1.1 donne la description générale du réseau de canalisations de transport fermées. Les sections 4.2.2 et 4.2.3 décrivent les mesures de limitation des émissions applicables aux réseaux de canalisations de transport fermées.

Efficacité opérationnelle : les réseaux de canalisations de transport fermées sont normalement utilisés pour le transport de liquides volatiles et de gaz liquéfiés pouvant être à l'origine d'émissions gazeuses. Les réseaux ouverts ne sont adaptés qu'aux produits non dangereux et faiblement volatiles.

Applicabilité : applicable à tous les liquides et gaz liquéfiés.

Sécurité : néant

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : les réseaux de canalisations de transport fermés ont un faible coût pour les nouveaux systèmes, un coût modéré à élevé pour une installation après coup, selon la conception du réseau actuel.

Littérature de référence : [152, TETSP, 2002]

4.2.4.2. Réduction de longueur

Description : la réduction de la longueur des réseaux de canalisations de transport aériennes ouvertes, comme l'utilisation de gouttières, permet de réduire les émissions potentielles.

Efficacité opérationnelle : le longueur doit être la plus courte possible.

Applicabilité : applicable à tous les nouveaux systèmes. L'applicabilité aux installations après coup dépend de la situation locale.

Sécurité : néant

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : pour les nouvelles installations, le coût est faible ; pour les installations après coup, le coût dépend de la conception du réseau actuel.

Littérature de référence : [152, TETSP, 2002]

4.2.5. MLE applicables aux émissions dues aux incidents et accidents (majeurs) dans les réseaux de canalisations de transport aériennes ouvertes

Mêmes MLE que pour les réseaux de canalisations de transport aériennes fermées ; voir section 4.2.3.

4.2.6. MLE applicables aux émissions gazeuses opérationnelles dans les réseaux de canalisations de transport enterrées fermées

Mêmes MLE que pour les réseaux de canalisations de transport aériennes fermées (voir section 4.2.2).

4.2.7. MLE applicables émissions dues aux incidents et accidents (majeurs) dans la réseaux de canalisations de transport enterrées fermées

Mêmes MLE que pour les réseaux de canalisations de transport aériennes fermées ; voir section 4.2.3, sauf pour la corrosion externe, décrite ci-dessous.

4.2.7.1. Corrosion externe : canalisation de transport enterrée

Technique couramment utilisée pour la protection des réseaux de canalisations de transport enterrées utilisant à la fois un revêtement externe et une protection cathodique.

Revêtement externe

Les revêtements externes des canalisations de transport enterrés doivent présenter des propriétés mécaniques et électriques leur conférant une grande résistance aux sols corrosifs locaux et des bonnes caractéristiques d'adhésion. Il est préférable d'utiliser des revêtements externes appliqués en usine. Le goudron de houille ou le bitume sont des revêtements souvent appliqués aux canalisations de transport avec des fibres renforcées pour faciliter le collage. Le polyéthylène, la poudre d'époxy et d'autres résines peuvent être également utilisés.

Chaque canalisation enterrée doit avoir des revêtements appliqués sur le terrain sur les sections soudées et sur les raccords aux canalisations de transport principales. La protection sur le terrain de ces sections exposées peut être effectuée sous surveillance pour sécuriser le collage et assurer la compatibilité avec le revêtement de la canalisation de transport principale et le système de protection cathodique. Les revêtement externes sont normalement conçus et appliqués en conformité avec des normes internationales reconnues, notamment NACE RP-02-75, RP-01-69-92 et ASME B31.1, B31.3, B31.4, B31.8.

Protection cathodique
Cette technique permet de protéger les canalisations de transport enterrées. Elle est souvent utilisée pour les canalisations de transport de grand diamètre pour lesquelles aucun autre moyen de protection ne peut être utilisé.

Un défaut non détecté dans le revêtement d'une canalisation de transport peut poser de graves problèmes car tout courant corrosif dans le sol se concentre en ce point. Ce problème potentiel peut être résolu par l'utilisation d'un système de protection cathodique. Les systèmes de protection cathodique sont des techniques très spécialisées dont la conception doit être effectuée par un ingénieur corrosionniste pour un résultat optimal.

Littérature de référence : [113, TETSP, 2001]

4.2.8. MLE applicables au chargement et au déchargement des transporteurs

Description : les vapeurs déplacées pendant le chargement des camions-citernes, des wagons-citernes et des bateaux peuvent être libérées librement dans l'atmosphère ou, si les vapeurs des produits ont un effet négatif significatif sur l'environnement, peuvent être « renvoyées » dans le réservoir d'où provient le produit ou traitées dans un système de traitement des vapeurs. L'équilibrage et le traitement des vapeurs sont des MLE applicables

au remplissage des réservoirs (voir sections 4.1.3.13 et 4.1.3.15). Le déchargement des transporteurs ne donnent lieu à aucune émission, car le produit est remplacé par de l'air ou de la vapeur (si un système d'équilibrage de la vapeur est utilisé).

4.2.8.1. Équilibrage de la vapeur pour le chargement et le déchargement des transporteurs

Description : l'équilibrage de la vapeur peut être utilisé pour le chargement et le déchargement des transporteurs. Pendant le chargement, les vapeurs déplacées depuis le transporteur sont récupérées dans les canalisations installées sur le transporteur (ou dans des bras de chargement spécialement conçus) et renvoyées par l'intermédiaire de canalisations d'équilibrage de la vapeur dans le réservoir de stockage à partir duquel les produits ont été pompés. Pendant le déchargement, les vapeurs suivent un cheminement inverse, depuis le réservoir de stockage, par l'augmentation du niveau de produit dans le réservoir, vers le transporteur à partir duquel le produit est déchargé. Pour l'équilibrage pendant le déchargement, le transporteur doit être équipé d'une canalisation de vapeur pour raccorder la cheminée entre le réservoir de stockage et le réservoir du transporteur (ou « compartiment » sur le camion-citerne). Avec un système d'équilibrage de la vapeur, les réservoirs de stockage doivent être dotés d'un toit fixe.

Pour mettre en œuvre le principe d'équilibrage, il faut que la canalisation entre le réservoir de stockage et le transporteur soit étanche à la vapeur. Un système de raccordement de vapeur est nécessaire au niveau du point de chargement pour raccorder l'installation et le transporteur. Le système doit être conçu de telle sorte qu'au débit de vapeur maximum (c'est-à-dire au remplissage maximum de liquide plus toute respiration du réservoir intervenant pendant le remplissage du réservoir), l'augmentation de pression dans le réservoir en cours de remplissage (le réservoir de stockage ou le réservoir du transporteur) n'entraîne aucune émission depuis les clapets de décharge du réservoir. À l'inverse, les deux réservoirs doivent être conçus pour que le vide induit dans le réservoir à partir duquel le produit est pompé n'entraîne pas l'ouverture des soupapes de décompression sur le réservoir, ce qui provoquerait l'aspiration d'air dans le réservoir et empêcherait un équilibrage efficace de la vapeur. Parmi les problèmes de conception à prendre en compte, on peut citer la réduction du risque de blocage du système de vapeur par du liquide en raison de la récupération de condensation liquide au niveaux des points bas dans la conduite.

Si des transporteurs non dédiés sont utilisés (en particulier, lors du chargement sur bateau et train où les transporteurs sont utilisés pour les échanges internationaux), il peut être difficile de garantir l'installation de conduites de récupération des vapeurs sur les transporteurs. De plus, si la conduite est installée, il peut y avoir des problèmes de compatibilité entre la taille et l'emplacement des raccords de vapeur sur le transporteur et ceux installés sur l'installation de chargement. Comme la maintenance de la canalisation de transport, les soupapes et les raccords installés à bord du transporteur ne sont généralement pas sous le contrôle de l'opérateur de l'installation de stockage, leur efficacité risque d'être inférieure à celles de l'installation elle-même.

Le système doit être protégé contre les dangers liés à la manipulation de mélanges air/hydrocarbure potentiellement explosifs, au mélange de composants incompatibles et aux pressions différentielles excessives entre le réservoir de stockage et le transporteur.

Lorsque plusieurs réservoirs sont raccordés à un système commun de récupération des vapeurs, il faut s'assurer que les raccords liquide/vapeur sont toujours établis vers le même réservoir et pour réduire au maximum le risque d'implication de plusieurs réservoirs en cas d'incident.

Bénéfices environnementaux obtenus : la réduction des émissions potentielles est limitée par les fuites dans les systèmes de raccordement de vapeur, à bord du transporteur et dans l'installation. Des rendements de plus de 95 % ont été obtenus. Le rendement baisse si des bras de récupération des vapeurs à chargement par le haut, essentiellement scellés par une trappe ouverte, sont utilisés en raison de risque potentiel accru de fuites autour du joint de la trappe et en raison des émissions depuis la trappe ouverte avant et après le chargement.

Efficacité opérationnelle : la technique est relativement facile à mettre en œuvre, mais nécessite une augmentation des inspections des capteurs de détonation et des PVRV, ainsi que des tests pour les fuites de vapeur. Les condensats peuvent être récupérés à des points bas dans le réseau de canalisations des vapeurs et dans les corps des capteurs de détonation et présentent un problème potentiel de retrait.

Applicabilité : l'équilibrage de la vapeur des réservoirs de stockage et des transporteurs non pressurisés n'est applicable qu'aux réservoirs à toit fixe (RTF). Les transporteurs doivent être dotés de systèmes de récupération

des vapeurs installés à bord, sauf en cas de chargement modifié par le haut. Seul un nombre limité de pétroliers de mer universels sont dotés de canalisations de récupération des vapeurs.

La pression nominale du réservoir de stockage et du réservoir du transporteur doit être à un niveau adéquat pour que le système d'équilibrage fonctionne et ne donne pas lieu à des émissions par les PVRV en raison de pressions ou de vides excessifs. En cas d'équilibrage de la vapeur pendant le chargement d'un transporteur, la contamination croisée possible entre le liquide stocké et la vapeur due au chargement précédemment effectué, déplacée depuis le transporteur, doit être prise en compte. En cas d'équilibrage de la vapeur pendant le déchargement, le propriétaire du transporteur doit prendre en compte l'effet sur le chargement suivant à charger dans le transporteur. Une purge du transporteur peut être nécessaire (parfois hors contrôle comme, par exemple, lors de purge en mer de réservoirs flottants) avant le prochain chargement.

Sécurité : l'équilibrage de la vapeur est associé à des dangers potentiels importants, en particulier le risque d'incendie et d'explosion. Il y a un risque de blocage dû aux particules de rouille, etc. ou de détériorations dues à une mauvaise maintenance des capteurs de détonation. La conception est essentielle ; les réservoirs de stockage et du transporteur doivent être dotés de PVRV. Des incidents liés au vide ont donné lieu à des effondrements graves de réservoirs et de transporteurs en raison d'un blocage ou d'une ouverture incorrecte des conduites d'équilibrage de vapeur. Un dysfonctionnement des systèmes d'équilibrage de vapeur ou une maintenance inadéquate des systèmes de détection de détonation ont provoqué des incendies et des explosions.

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : l'installation d'un équilibrage de la vapeur est une option d'un coût modéré à élevé. L'agencement des réservoirs de stockage existants et la distance entre les réservoirs et l'installation de chargement peut donner lieu à des coûts élevés propres au site. Les coûts ne sont pas seulement induits par l'installation. Les transporteurs doivent être également dotés de systèmes de récupération des vapeurs. Leurs coûts d'installation, en particulier pour les bateaux n'étant pas dotés d'installations fixes à gaz inerte, sont élevés.

4.2.8.2. Traitement des vapeurs pendant le chargement des transporteurs

Description : pour traiter les vapeurs, il faut d'abord les récupérer pendant le chargement d'un transporteur et les transférer vers un système de traitement des vapeurs par l'intermédiaire de conduites.

Les systèmes de traitement des vapeurs applicables au chargement des transporteurs sont identiques à ceux utilisés pour le remplissage des réservoirs, décrits à la section 4.1.3.15.

Les éléments à prendre en compte pour la récupération des vapeurs depuis le transporteur faisant l'objet du chargement sont identiques à ceux de l'équilibrage de la vapeur décrits à la section 4.2.8.1.

Bénéfices environnementaux obtenus : la réduction des émissions potentielles est limitée par les éléments suivants :

- L'efficacité du système de récupération des vapeurs
- L'efficacité du système de traitement des vapeurs

Des fuites peuvent se produire dans le système de raccord de la vapeur, à bord du transporteur et dans l'installation. L'efficacité de la récupération de la vapeur baisse si des bras de récupération des vapeurs par chargement par le haut sont utilisés en raison du risque accru de fuite autour du joint de la vanne d'écluse et en raison des émissions depuis la vanne d'écluse qui doit être ouverte avant et après le chargement.

L'efficacité du système de traitement des vapeurs dépend de la technologie utilisée et de la vapeur traitée. Bien qu'une réduction plus importante des émissions globales puisse être obtenue par la mise en série de deux systèmes, la réduction supplémentaire des émissions est très limitée par rapport à l'utilisation d'un procédé à une seule étape. Par exemple, les installations de récupération des vapeurs (IRV) d'essence à une seule étape permettent d'obtenir un rendement moyen de 99 %. L'ajout d'une seconde étape permet d'accroître la réduction de 0,9 %. Les dépenses d'infrastructure et les frais d'exploitation engendrés par cette seconde étape sont associés à un coût très faible par tonne d'émission supprimée. De plus, les installations à deux étapes produisent des émissions supplémentaires dans l'air, par exemple du CO_2 indirect dû à la consommation d'électricité ou de NO_x

dû au système d'oxydation thermique, dont l'impact doit être comparé à l'importance de la baisse des émissions de COV pouvant être obtenue.

Efficacité opérationnelle : l'efficacité opérationnelle dépend de la technique de traitement utilisée (voir sections 4.1.3.15.1 à 4.1.3.15.5). Les procédés sont généralement non accompagnés et contrôlés automatiquement, mais nécessitent une maintenance importante. L'exploitation et les opérations de maintenance doivent être réalisées par un personnel spécialement formé.

Applicabilité : les émissions dues au chargement et au déchargement sont irrégulières et l'importance de ces émissions dépend de la substance et du volume émis. Aux Pays-Bas, par exemple, une émission de méthanol est jugée significative et nécessite donc une réduction lorsqu'elle dépasse 500 kg/an. En revanche, le groupe de travail technique (TWG) n'a transmis aucune autre information sur le mode de qualification d'une émission dite significative.

L'équilibrage de la vapeur ou le traitement des vapeurs déplacées pendant les opérations de chargement sont des techniques souvent utilisées pour une large gamme de produits, qui peuvent être sensibles aux variations de débit ou de concentration ou aux contaminants (par ex., empoisonnement au H_2S des lits de carbone). La vapeur d'eau pose des problèmes aux systèmes fonctionnant à basse température.

Sécurité : chaque élément de sécurité doit être étudié pour chaque technique, par ex., le risque de réactions exothermiques non contrôlées dans les systèmes d'adsorption.

Énergie/déchets/réponse croisée : la plupart des systèmes de traitement consomment beaucoup d'énergie, ce qui génère des émissions de CO_2. De nombreux systèmes génèrent des déchets (carbone épuisé par les systèmes d'adsorption, cours d'eau drainant contaminés, etc.). L'oxydation thermique génère des produits de combustion. Les systèmes de réfrigération utilisent parfois des substances pouvant contribuer à l'appauvrissement de la couche d'ozone.

Aspects économiques : la récupération des vapeurs est une technique onéreuse en matière d'investissement et d'exploitation. Une récente étude réalisée pour la Commission européenne, DG Environnement (AEAT, Rudd and Hill, Measures to Reduce Emissions of VOCs during Loading and Unloading of Ships in the EU (Mesures visant à réduire les émissions de COV pendant les opérations de chargement et de déchargement de bateaux dans l'UE, août 2001) a conclu que « les coûts par tonne supprimée des mesures destinées au chargement des bateaux sont plus élevés que les mesures les plus onéreuses susceptibles d'être mises en œuvre par les États membres pour se conformer aux plafonds des émissions nationales… ».

Littérature de référence : [176, EIPPCB Ineke Jansen, 2004, 180, Netherlands, 2004] [184, TETSP, 2004]

4.2.9. MLE applicables aux émissions opérationnelles de gaz dues aux systèmes de manipulation de produit

Les principales sources d'émission fugaces lors du transport et de la manipulation des matières stockées sont les tiges de soupape, les brides, les raccords et les bouts ouverts, les points d'échantillonnage et les dispositifs d'étanchéité de pompe.

Les MLE techniques applicables à chacune de ces sources potentielles sont décrites ci-après.

4.2.9.1. Équipement de haute qualité

Description : en général l'utilisation d'appareils de bonne qualité permet de réduire les émissions. Pour les nouveaux systèmes, ce choix n'est pas associé à une augmentation significative des coûts d'investissement. En revanche, pour les systèmes existants, le remplacement d'un appareil existant par un appareil de meilleure qualité n'est pas toujours économiquement justifiable.

Il existe, par exemple, des soupapes conditionnées de haute qualité associées à un niveau très faibles d'émissions fugaces. Cette réduction des émissions est obtenue grâce à l'utilisation de systèmes de conditionnement sophistiqués, conçus selon des normes de tolérance très strictes, et minutieusement assemblés.

Efficacité opérationnelle : l'utilisation d'appareils de meilleure qualité permet de réduire la durée d'indisponibilité et les besoins en maintenance.

Applicabilité : nombreuses applications

Sécurité : néant

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : coût limité pour les nouveaux systèmes. Coût élevé pour une installation après coup.

Littérature de référence : [152, TETSP, 2002]

4.2.9.2. Élimination des conduites et des soupapes à bout ouvert

Description : les conduites à bout ouvert se situent souvent au niveau des sorties de drains ou de points d'échantillonnage. Elles sont généralement dotées d'une soupape, normalement fermée.

Tous les drains utilisés occasionnellement sont normalement dotés d'un obturateur, d'une bride pleine ou d'un bouchon. S'ils sont régulièrement utilisés, il sont dotés d'une deuxième soupape.

Efficacité opérationnelle : délai supplémentaire à prévoir pour le retrait des obturateurs, des brides pleines, etc.

Applicabilité : nombreuses applications.

Sécurité : réduit les risques de déversement accidentel.

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : technique bon marché.

Littérature de référence : [152, TETSP, 2002]

4.2.9.3. Soupapes à soufflet

Description : les soupapes à soufflet ne produisent pas d'émissions au niveau de la tige, ce type de dispositif d'étanchéité étant doté de soufflets métalliques formant une barrière entre la tête et le corps de la soupape.

En revanche, la baisse des émissions obtenue par rapport à celle des robinets à tige montante ne justifie pas, d'un point de vue environnemental, le coût supplémentaire important. Ces soupapes sont utilisées pour des raisons sanitaires et sécuritaires avec les substances très toxiques (afin de réduire le risque d'exposition des opérateurs aux vapeurs toxiques) ou très corrosives (afin de prévenir tout risque de corrosion des éléments de la soupape pouvant potentiellement entraîner une perte du confinement).

Efficacité opérationnelle : les soufflets sont le point faible de ce type de système et la durée de vie peut être très variable. Ce type de dispositif d'étanchéité est généralement doublé d'un presse-étoupe conventionnel et peut être doté d'un détecteur de fuite en cas de défaillance.

Applicabilité : les soupapes à soufflet sont utilisées pour les produits toxiques ou corrosifs car le coût supplémentaire induit par ces soupapes ne justifie pas leur utilisation avec des produits moins nocifs.

Sécurité : néant

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : les soupapes à soufflet sont très chères par rapport aux soupapes conditionnées.

Littérature de référence : [152, TETSP, 2002]

4.2.9.4. Soupapes avec membrane

Description : dans ce type de soupape, une membrane est utilisée pour isoler les pièces actives de la soupape du liquide dans le corps principal. La membrane peut être également utilisée pour contrôler le débit. En revanche, des émissions peuvent se produire en cas de défaillance de la membrane.

Efficacité opérationnelle : ce type de soupape présente l'avantage de ne pas poser de problème de siège de soupape, ni d'exigences en matière de scellement du fouloir. Le matériau de la membrane est généralement le facteur limitant de la pression et de la température de service maximales. Toute défaillance de la membrane provoque une rapide perte d'intégrité.

Applicabilité : en raison de l'absence de pièces mobiles dans le liquide, les soupapes sont utilisées avec des liquides agressifs pouvant contenir des matières solides. Le corps peut être également protégé contre la corrosion.

Sécurité : le risque de rupture de la membrane nécessite la prise en compte des conséquences d'une défaillance, en particulier en cas de manipulation de produits toxiques ou inflammables.

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : pour les nouvelles installations, le coût est limité ; pour les installations après coup, les coûts dépendent de la conception du système actuel.

Littérature de référence : [152, TETSP, 2002]

4.2.9.5. Vannes de régulation mobiles

Description : les vannes de régulation s'ouvrent et se ferment fréquemment et sont donc plus sujettes aux fuites que les robinets de sectionnement. Les vannes de régulation mobiles, contrairement aux vannes de régulation à tige montante, réduisent les émissions dans l'air.

Efficacité opérationnelle : similaire aux vannes de régulation à tige montante.

Applicabilité : les vannes de régulation mobiles peuvent ne pas présenter les caractéristiques de débit requises par certaines applications de contrôle, contrairement aux vannes de régulation à tige montante.

Sécurité : néant

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : pour les nouvelles installations, le coût est limité ; pour les installations après coup, le coût dépend de la conception du système actuel.
Littérature de référence : [152, TETSP, 2002]

4.2.9.6. Pompes à vitesse variable

Description : les vannes de régulation s'ouvrent et se ferment fréquemment et sont donc plus sujettes aux fuites que les robinets de sectionnement. L'utilisation de pompes à vitesse variable à la place de vannes de régulation à tige montante permet de réduire les émissions dans l'air.

Efficacité opérationnelle : l'efficacité opérationnelle dépend de la conception du système ; la complexité du contrôle est identique à celle d'une vanne automatisée.

Applicabilité : l'applicabilité dépend de la conception globale du système.

Sécurité : néant

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : l'installation d'une pompe à vitesse variable sur un nouveau système est peu coûteuse. Le coût est plus élevé si l'équipement est installé après coût en dehors du programme de remplacement normal.

Littérature de référence : [152, TETSP, 2002]

4.2.9.7. Soupapes à double paroi

Description : les soupapes à double paroi sont des soupapes standard dotées d'un confinement secondaire extérieur qui enrobe hermétiquement toutes les pièces critiques pouvant devenir des points potentiels de fuite ou d'émission. Ces soupapes sont nécessaires pour tous les systèmes surveillés à double paroi et peuvent être fixées à des conduites ou à des réservoirs par des raccords soudés ou à bride.

Figure 4. 16 : Schéma d'une soupape à double paroi brevetée
[160, Sidoma Systeme GmbH, 2003]

Bénéfices environnementaux obtenus : le niveau zéro d'émission peut normalement être atteint.

Efficacité opérationnelle : la pression maximale admissible est de 40 bars ; la température maximale admissible est de 450 ºC.

Applicabilité : nombreuses applications, en particulier pour l'essence, le benzène et les liquides fugaces.

Sécurité : néant

Aspects économiques : voir le paragraphe consacré à l'utilisation conjointe d'un réservoir à double paroi avec évacuation par le fond et d'une soupape à double paroi (section 4.1.6.1.15).

Littérature de référence : [160, Sidoma Systeme GmbH, 2003]

4.2.9.8. Clapets de décharge de pression et thermiques

Description : on installe des clapets de décharge sur les transporteurs pour éviter l'accumulation de pression due à l'absorption de la chaleur solaire ou dans des situations d'urgence.

Les orifices d'évacuation des clapets de décharge peuvent être canalisés vers un point sécurisé adapté dans le transporteur ou le système de stockage de l'autre côté de l'équipement bloqué.

Les clapets de décharge, qui évacuent dans l'atmosphère, doivent respecter une distance de sécurité par rapport au personnel pour prévenir les accidents.

Les clapets de décharge thermiques sont conçus pour les incendies, ainsi que pour l'expansion thermique due aux effets ambiants.

Des systèmes de décharge similaires sont utilisés pour les liquides pouvant être sujets à la décomposition et ne pouvant être bloqués entre deux soupapes fermés.

Dans les situations d'urgence, en cas, par exemple, de fermeture brutale d'une soupape de la conduite de transport, un saut de pression dépassant la pression maximale de service admissible de la conduite de transport peut se produire. Dans ce cas, les systèmes de décharge du saut de pression permettent de protéger l'intégrité de la conduite de transport. Le saut de la conduite de transport peut être évité ou réduit par l'utilisation de systèmes contrôlant la vitesse de fermeture des soupapes, généralement en synchronisant une vanne de régulation ou en installant un train d'engrenage sur une soupape manuelle. Le risque de saut dans la conduite de transport

augmente avec la longueur de la conduite ; dans les situations à risque, une modélisation mathématique doit déterminer les vitesses de fermeture des soupapes.

Efficacité opérationnelle : les clapets de décharge doivent être régulièrement inspectés et entretenus.

Applicabilité : nombreuses applications.

Sécurité : réduit de façon significative le risque de fuite dû à une pression excessive.

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : coût faible à modéré.

Littérature de référence : [152, TETSP, 2002]

4.2.9.9. Pompes étanches

Description : pour isoler l'intérieur de la pompe de l'atmosphère, toutes les pompes, à l'exception des électropompes à stator chemisé et des pompes à membrane (avec entraînement magnétique), doivent être étanches au niveau du point de pénétration de l'arbre dans le carter.

Dans les électropompes à stator chemisé étanches, le carter de la cavité, le rotor du moteur et le corps de pompe sont interconnectés. Les roulements du moteur fonctionnement dans le produit pompé et aucun dispositif d'étanchéité au niveau de l'arbre n'est nécessaire. Ces pompes ne sont donc pas adaptées au transport de substances contenant des particules.

Efficacité opérationnelle : la maintenance des composants électriques du moteur nécessitent l'élimination complète des fluides de l'unité.

Applicabilité : les électropompes à stator chemisé ne peuvent pas être utilisées avec des produits pouvant contenir des particules. Une pompe centrifuge avec transmission magnétique est généralement utilisée pour la manipulation de solvants chlorés.

Sécurité : les électropompes à stator chemisé peuvent être à l'origine d'incendie lors du transport de substances inflammables.

Énergie/déchets/réponse croisée : selon la conception du système, le nettoyage de l'unité peut générer des déchets supplémentaires par rapport aux moteurs des pompes traditionnelles. Les pompes étanches consomment plus d'énergie que les pompes conventionnelles.

Aspects économiques : coût modéré pour les nouveaux systèmes et élevé pour les installations après coût.

Littérature de référence : [152, TETSP, 2002] [156, ECSA, 2000]

4.2.9.10. Garnitures mécaniques simples améliorées pour pompes

Description : parmi les technologies utilisées, on peut citer les éléments finis très sophistiqués et autres techniques de modélisation visant à optimiser les formes des composants, la dynamique informatique des fluides, les développements de matériau spécialisé, l'amélioration des propriétés tribologiques, les réglages du profil de surface flottante et les ensembles conditionnés prédéfinis pour éliminer les erreurs d'ajustage. L'autre facteur, dans le domaine de l'amélioration des performances et de la fiabilité des nouvelles technologies d'étanchéité, est le capacité de test des performances des fabricants de dispositifs d'étanchéité.

De plus, pour les applications nécessitant un confinement en raison de l'utilisation d'une garniture mécanique simple, on ajoute fréquemment un type de confinement externe pour permettre la récupération de tout niveau anormal de fuite de vapeur et, le cas échéant, avertir les opérateurs par un système d'alarme déclenché par la pression. Parmi les différents types de confinement secondaire, on peut citer les bagues fixes ou libres et les joints à lèvre (alimentés par ressort ou pression). L'espace entre le joint mécanique et certains types de

confinement secondaire peut être rempli d'un liquide créant ainsi un environnement évitant la dégradation ou la cristallisation des fuites.

Pour éviter les émissions, il est important que les dispositifs d'étanchéité des pompes (ainsi que le scellement des accessoires et des conduites) soient montés et installés de façon à être techniquement étanches pendant le fonctionnement à l'atmosphère avoisinante et que les dispositifs d'étanchéité ne soient pas sortis de force de leur emplacement dans des conditions de fonctionnement normales.

Pour choisir la technique d'étanchéité et les matières premières appropriées, les éléments suivants doivent être pris en compte :

- Caractéristiques de la substance
- Demandes mécaniques, thermiques et du produit
- Stabilité par rapport au milieu à transporter

Bénéfices environnementaux obtenus : avec des garnitures mécaniques simples améliorées, des taux de fuite compris entre 0,42 et 1,25 g/h ont été obtenus par une usine pétrochimique aux Pays-Bas et entre 0,63 et 1,67 g/h par une usine chimique en Allemagne.

Cette expérience et ces données ont été consolidées dans la directive allemande VDI 2440 qui recommande l'utilisation par les opérateurs de fuites moyennes d'1 g/h pour les garnitures mécaniques simples sur des pompes de procédé.

La valeur des émissions est généralement inférieure à 1 g/h dans les conditions normales de fonctionnement sur le terrain.

Efficacité opérationnelle : les garnitures mécaniques simples offrent un scellement rentable et fiable pour la plupart des COV, conforme aux spécifications de la norme API 682, dans la mesure du respect des conditions suivantes :

- Densité du fluide de procédé > 0,4
- Marge de pression de vapeur dans le boîtier d'étanchéité suffisante pour la lubrification des faces
- Le fluide de procédé ou de rinçage fournit une lubrification et un refroidissement adéquats des faces du joint d'étanchéité

Des dispositifs d'étanchéité spéciaux peuvent être nécessaires pour les produits agressifs ou gélifiants.

Applicabilité : les dispositifs d'étanchéité améliorés sont adaptés à la majorité des cas en dépit de la nécessité de compétences élevées pour l'installation et la maintenance par rapport aux pompes presse-étoupe.

Sécurité : néant

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : le presse-étoupe est la forme la plus économique de scellement. Une garniture mécanique simple est d'un coût modéré en cas de remplacement sur un nouvel équipement, mais élevé en cas d'installation après coup en raison des modifications importantes pouvant être nécessaires sur l'arbre de la pompe.

Littérature de référence : [152, TETSP, 2002, 157, VDI, 2001] [18, UBA, 1999] [149, ESA, 2004] [175, TWG, 2003]

4.2.9.11. Dispositifs d'étanchéité doubles sans pressurisation pour pompes

Description : un dispositif d'étanchéité simple (qui contient le fluide de procédé) doit comprendre un deuxième dispositif d'étanchéité mécanique à l'extérieur du premier dispositif d'étanchéité. Les fuites de vapeur entrant dans la chambre de confinement entre les deux scellements peuvent être efficacement canalisées vers un réseau-torche de l'usine ou un système de récupération des vapeurs.

Bénéfices environnementaux obtenus : les configurations à double dispositif d'étanchéité avec liquide tampon sans pressurisation donnent lieu à des émissions généralement inférieures à 0,01 g/h, soit un niveau d'émission inférieur à 10 ppm (<1 g/jour) lorsque les émissions sont renvoyées vers un réseau-torche ou un système de récupération des vapeurs.

Pour obtenir une élimination presque complète des émissions dans l'atmosphère, un flux de gaz de purge d'azote peut être utilisé pour purger le dispositif d'étanchéité de confinement mécanique lubrifié au gaz afin de canaliser ces émissions vers le système de récupération/élimination.

Efficacité opérationnelle : en général, le haut du réservoir est raccordé à un réseau-torche ou un système de récupération des vapeurs et on prévoit un orifice et une alarme permettant de prévenir en cas de détérioration des performances de l'étanchéité du dispositif d'étanchéité principal.

Applicabilité : couramment utilisé si le liquide manipulé est un COV. La purge à l'azote est utilisée par certains opérateurs.

Littérature de référence : [149, ESA, 2004]

4.2.9.12. Dispositifs d'étanchéité doubles sous pression pour pompes

Description : cette technique comprend deux dispositif d'étanchéité avec une barrière liquide (liquide ou gaz) entre les deux à une pression supérieure au courant du procédé. Toute fuite (sortant dans l'atmosphère ou entrant dans le courant du procédé) est due à la barrière liquide ; il est donc impératif que le liquide de barrière soit compatible avec le courant du procédé.

Les dispositifs d'étanchéité mécaniques à lubrification liquide utilisent généralement de l'eau ou une huile de lubrification légère comme fluide barrière fourni par un système de support autonome ; des conceptions à lubrification au gaz utilisent une source de gaz dans l'usine, comme l'azote, gérée par un système de commande. La simplicité et la très faible consommation d'énergie des dispositifs d'étanchéité à gaz sous pression sont les deux facteurs ayant entraîné le développement de cette technologie au cours des dernières années.

Bénéfices environnementaux obtenus : les systèmes doubles sous pression éliminent presque toute fuite de fluide de procédé dans l'environnement et ont un niveau d'émission presque nul, généralement considéré comme « non mesurable avec les technologies de mesure actuelles ».

Efficacité opérationnelle : le risque de défaillance du système de barrière à maintenir une pression supérieure au courant du procédé, bien que faible, est un scénario qui doit être envisagé. Le système peut être configuré de façon à avertir l'opérateur en cas de problème. De plus, les dispositifs d'étanchéité mécaniques doubles sous pression modernes peuvent être dotés d'un accessoire pouvant supporter une défaillance du système de barrière et continuer à contenir efficacement le procédé pendant un délai donné ; la plupart des normes internationales relatives aux pompes exigent des fonctionnalités intégrant ce potentiel.

Applicabilité : ce type de configuration de dispositif d'étanchéité est applicable pour le scellement des fluides de procédé ayant de faibles propriétés de lubrification, pour des applications où les dispositifs d'étanchéité simples ne sont pas fiables ou lorsque les fluides de procédé changent souvent (comme dans une conduite de transport) ; il est généralement choisi lorsque le liquide manipulé est particulièrement dangereux.

Aspects économiques : les systèmes d'étanchéité mécanique doubles sont chers.

Littérature de référence : [113, TETSP, 2001, 149, ESA, 2004]

4.2.9.13. Dispositifs d'étanchéité pour compresseurs

Description : les problèmes d'étanchéité des compresseurs sont identiques à ceux des pompes (voir sections 4.2.9.10, 4.2.9.11 et 4.2.9.12).

Les compresseurs volumétriques à vitesse lente sont généralement dotés d'un seul dispositif d'étanchéité mécanique lubrifié à l'huile qui s'écoule en commun dans le montage à roulement amont. L'huile est séparée et

recyclée. On utilise généralement un joint à lèvre sous tension à l'extérieur du dispositif d'étanchéité principal afin de contenir toute fuite d'huile. Il est ainsi possible de traiter l'huile contaminé par le procédé dans une chambre de récupération adaptée.

Ce concept peut être amélioré par l'ajout d'un dispositif d'étanchéité de confinement mécanique à lubrification par gaz. Cette technique ne nécessite aucun tampon liquide ; le gaz transporté, sous des conditions atmosphériques dans la chambre de confinement, effectue la lubrification du dispositif d'étanchéité de confinement. La chambre de confinement présente également l'avantage d'être directement raccordée à un réseau torche ou à un système de récupération des vapeurs avec un orifice et une alarme de pression se déclenchant en cas de baisse des performances du dispositif d'étanchéité principal.

Un gaz de purge azoté est parfois utilisé pour purger le dispositif d'étanchéité de confinement externe et faciliter la récupération et la séparation de l'huile de lubrification et du gaz transporté.

Si la gaz transporté est contaminé par une impureté toxique (par ex., H_2S dans un hydrocarbure gazeux sulfureux), l'azote peut être utilisé pour purger le côté procédé du dispositif d'étanchéité de confinement. En cas d'impossibilité, un rinçage au gaz inerte peut être ajouté.

Dans des fonctionnements à très haute pression, la pression s'effondre sur les deux dispositifs d'étanchéité principaux et un dispositif d'étanchéité de confinement. Ce triple dispositif d'étanchéité en tandem a été utilisé avec succès pour le scellement de compresseurs de recyclage d'hydrogène.

Aspects économiques : les dispositifs d'étanchéité mécaniques lubrifiés à l'huile nécessitent un investissement élevé. Ceux lubrifiés par gaz sont associés à des coûts d'investissement et d'exploitation plus faibles.

Littérature de référence : [149, ESA, 2004]

4.2.9.14. Raccords d'échantillonnage améliorés

Description : les points d'échantillonnage peuvent être dotés d'un robinet d'échantillonnage de type piston hydraulique ou d'un robinet à aiguille et d'un robinet-vanne de sectionnement pour réduire au maximum les émissions. La conception doit toujours prendre en compte la sécurité du fonctionnement.

Lorsque les conduites d'échantillonnage doivent être purgées pour obtenir des échantillons représentatifs, des conduites d'échantillonnage en circuit fermé peuvent être installées. Ce dispositif permet de contrôler les émissions dues au liquide purgé en le renvoyant directement vers la conduite du procédé, en le récupérant et en le recyclant ou en le transférant vers un dispositif de commande.

Efficacité opérationnelle : formation et procédures d'exploitation requises.

Applicabilité : applicable à tous les produits volatiles.

Sécurité : la sécurité des opérations doit toujours être prise en compte lors de la conception.

Énergie/déchets/réponse croisée : néant

Aspects économiques : selon la complexité des systèmes d'échantillonnage, le coût peut être faible à modéré.

Littérature de référence : [152, TETSP, 2002]

4.2.10. MLE applicables aux émissions dues aux incidents et accidents (majeurs) dans les systèmes de manipulation de produit :

4.2.10.1. Raccordements à brides dans les fosses étanches

On installe souvent dans les réseaux de canalisations de transport enterrés souvent des raccordements à brides dans des fosses étanches pour les rendre accessibles depuis la surface.

4.3. Stockage des solides

4.3.1. Généralités sur les mesures de limitation des émissions (MLE)

Cette section donne une description générale des différentes mesures de limitation des émissions applicables au stockage de différents solides en vrac. Le tableau 8.3, en annexe, indique les méthodes de stockage utilisées, ainsi que les matières solides en vrac concernées. Le tableau 8.29 indique, pour les mêmes matières solides en vrac, les techniques à prendre en considération pour la détermination des MTD. Le même tableau indique les critères d'évaluation de la technique sélectionnée :

- Potentiel de réduction des poussières
- Consommation d'énergie
- Effets de réponse croisés
- Investissement requis
- Coûts d'exploitation

Les sections qui suivent décrivent chaque technique en détail. Néanmoins, d'autres MLE, ne figurant pas dans le tableau 8.29, sont également identifiées et étudiées dans les sections suivantes. Enfin, toutes les techniques ont été évaluées par le groupe de travail technique (TWG) qui a déterminé les MTD.

La section 4.3.2 indique les approches générales permettant de réduire au maximum les émissions de poussières dues au stockage ; la section 4.3.3 décrit les approches primaires d'organisation, tandis que la section 4.3.4 décrit les techniques primaires de construction. La section 4.3.5 est légèrement différente des autres sections, car toutes les approches, primaires et secondaires, permettant de prévenir/réduire les émissions de poussières sur les buttes sont regroupées dans le tableau 4.13. La section 4.3.6 décrit les techniques primaires permettant de réduire les émissions de poussières provenant du stockage et la section 4.3.7 décrit les techniques secondaires possibles. La section 4.3.8 est consacrée à la prévention et au contrôle des explosions.

4.3.2. Approches générales pour réduire au maximum les émissions de poussières provenant du stockage

On distingue trois approches :

1. **Les approches préprimaires** font partie du processus de production ou d'extraction et réduisent la tendance des matières solides à produire des poussières avant leur sortie de l'usine de production. Les approches préprimaires font partie du processus de production et sortent par conséquent du cadre du présent document. À l'exception des exemples de la section 4.4.2, ces approches ne sont pas décrites.

2. **Les approches primaires** sont celles qui visent à empêcher la formation des poussières ; elles se subdivisent en :

    - Approches primaires fondées sur l'organisation : comportement des opérateurs
    - Approches primaires fondées sur la construction : constructions visant à empêcher la formation des poussières
    - Approches techniques fondées sur les techniques : techniques qui empêchent la formation des poussières

3. **Les approches secondaires** sont des techniques de réduction de la pollution qui visent à limiter la dispersion des poussières.

Le tableau 4.12 présente les approches et techniques permettant de réduire les émissions de poussières provenant du stockage en indiquant les sections correspondantes, le cas échéant.

Littérature de référence : [17, UBA, 2001]

Approches et techniques permettant de réduire les émissions de poussières			Section
Primaires	Organisation	• surveillance	4.3.3.1
		• agencement et exploitation des lieux de stockage (par le personnel chargé de la planification et de l'exploitation)	
		• maintenance (techniques de prévention/réduction)	
		• réduction des zones de prise au vent	
	Construction	• silos de grand volume	4.3.4.1
		• abris ou toits	4.3.4.2
		• dômes	4.3.4.3
		• toits autodépliants	4.3.4.4
		• silos et trémies	4.3.4.5
		• buttes, clôtures et/ou plantations anti-vent	4.3.5
	Techniques	• utilisation de systèmes de protection contre le vent	4.3.5 ; 4.3.6.2
		• couverture des stockages à l'air libre	4.3.5 ; 4.3.6.3
		• humidification des stockages à l'air libre	4.3.6.1
Secondaires	• pulvérisation d'eau/rideaux d'eau et diffuseurs d'eau		4.4.6.8 ; 4.4.6.9
	• extraction des hangars et silos		4.3.7
Remarque : la limite entre les approches primaires et secondaires n'est pas toujours nette ; par exemple, un rideau d'eau limite la dispersion des émissions de poussières et sert également à agglomérer les poussières.			

Tableau 4. 12 : approches et techniques permettant de réduire les émissions de poussières provenant du stockage et des réponses croisées
[17, UBA, 2001]

Il est important de noter que le choix du type de stockage et des MLE permettant de réduire les émissions de poussières dépend des propriétés du produit. Pour les produits finis, où les spécifications du client sont essentielles, le choix de l'équipement de stockage et des MLE doit être basé sur plusieurs facteurs, notamment la résistance du produit à l'attribution, la capacité à fragmenter, concasser, couler et à s'agglomérer sous forme de « gâteau », la stabilité chimique et la sensibilité à l'humidité.

4.3.3. Approches d'organisation primaires permettant de réduire au maximum les émissions de poussières provenant du stockage

4.3.3.1. Surveillance des émissions de poussières provenant des stockages à ciel ouvert

Description: il nécessaire d'effectuer des inspections visuelles régulières ou continues pour détecter toute émission de poussières provenant d'un stockage à ciel ouvert et vérifier l'efficacité des mesures préventives afin de pouvoir réagir rapidement et mettre en place les mesures adéquates. La mesure des concentrations de poussières dans l'air sur et autour des sites étendus est utilisée pour le contrôle et la surveillance et peut être effectuée de façon continue ou intermittente. La mesure des niveaux de poussières permet également de vérifier le respect des niveaux de qualité de l'air.

Pour plus d'informations sur la surveillance, consultez le document de référence sur les principes généraux de surveillance [158, EIPPCB, 2002].

Efficacité opérationnelle : aux Pays-Bas, sur les trois plus grands sites de stockage et de manipulation de charbon et de minerai, des systèmes de surveillance continue ont été mis en place. À Corus, IJmuiden, un

producteur d'acier, qui produit plus de six millions de tonnes d'acier par an, a mis en place depuis 1990 la surveillance continue des concentrations de poussières autour du site. Sur deux autres grands sites de stockage dans la zone Rotterdam-Rijnmond, un réseau sophistiqué de mesure pour la surveillance continue est utilisé avec des points de mesure sur le site dans le sens du vent à l'extérieur du site. Sur ces deux sites des niveaux différents d'émissions de poussières peuvent être détectés entre deux mesures. L'un des sites possède sept dispositifs de surveillance.

Pour pouvoir anticiper les conditions météorologiques, et en particulier l'augmentation de la vitesse du vent ou une direction du vent perturbante, la personne responsable de la pulvérisation des buttes sur le site de Corus est également chargée du suivi des prévisions météorologiques. Le suivi des prévisions météorologiques en utilisant, par exemple, des instruments météorologiques sur le site, permet de déterminer si et quand il est nécessaire d'humidifier les buttes et d'utiliser à bon escient les ressources d'humidification des stockages à ciel ouvert.

Aspects économiques : un dispositif de surveillance continue coûte 7 000 euros. Les coûts d'exploitation, comme le traitement des donnés et la maintenance, sont plus élevés.

Littérature de référence : [134, Corus, 1995] [176, EIPPCB Ineke Jansen, 2004]

4.3.4. Techniques de construction primaires permettant de réduire au maximum l'émission de poussières provenant du stockage

4.3.4.1. Silos de grand volume

Description : un silo de grand volume est doté d'un toit plat et d'une installation de déchargement central dans laquelle le contenu du silo est empilé en couches horizontales. À l'intérieur du silo se trouve un épandeur, une conduite télescopique et un système de vis. Le système de vis comprend une vis de distribution et une vis de barrière anti-poussières. Le système de vis est fixé à l'épandeur par des fils et des guides afin de maintenir en permanence le système de vis à la surface des matières stockées.

L'utilisation d'installations de filtrage dans la conduite télescopique et au niveau des points de transport permet de générer une sous-pression et d'empêcher les poussières de sortir du silo.

On distingue trois types de construction :

Écoulement central
Avec l'écoulement central, le déchargement s'effectue par le fond ; les solides forment leur propre canal d'écoulement central par gravité. La surface des solides forme une trémie. Pour amener les solides au centre du silo, les vis tournent en opposition. La vitesse des vis détermine la quantité de matières déplacée.

Écoulement central avec colonne centrale
Une colonne centrale soutient le toit du silo. Le principe est similaire à celui de l'écoulement central. Ce modèle est utilisé pour les stockages de grande capacité.

Colonne à disque
La colonne à disque crée une colonne d'écoulement centrale artificielle. La colonne centrale comprend plusieurs disques. Le système convient aux solides en vrac qui ne s'écoulent pas librement, ainsi qu'à ceux dotés de caractéristiques d'écoulement variables.

Applicabilité : les silos sont généralement utilisés pour protéger le produit de toute pénétration extérieure (la pluie, par ex.) ou pour éviter la perte d'un produit de valeur. Ils sont également fréquemment utilisés lorsque les solides se présentent sous forme de poudre ou contiennent une quantité suffisante de poussières pouvant avoir un impact significatif sur l'environnement. Parmi les solides en vrac stockés en silos sous forme de poudre ou pulvérisée, on peut citer : le gypse DGC, la fécule de pomme de terre, le calcaire finement écrasé, la cendre volante, les engrais et le charbon pulvérisé.

Aspects économiques : les coûts varient selon l'installation. Outre les facteurs coûts comme l'investissement et la maintenance, les pertes de qualité et de quantité des solides stockés doivent être prises en compte.

Élément moteur de la mise en œuvre : l'utilisation de silos est surtout adaptée aux installations ne disposant que de petites zones de stockage, possédant des capacités de stockage limitées et soumises à des exigences très strictes en matière de prévention des émissions.

Usines de référence : centrale électrique Tiefstack (HEW) pour les produits dérivés de la houille et le gypse DGP, Deuben (MIBRAG), Chemnitz et Lippendorf (VEAG) pour le gypse DGP.

Littérature de référence : [17, UBA, 2001] [175, TWG, 2003]

4.3.4.2. Abris ou toits

Description : l'installation d'un abri ou d'un toit au-dessus d'une butte permet de réduire les émissions dans l'air. Les processus de formation des poussières sont identiques à ceux des stockages à l'air libre, mais les ouvertures dans l'abri constituent la seule voie de sortie. Les ouvertures dans l'abri sont des portes pour les machines de chargement mobiles et des ouvertures pour les systèmes de ventilation. Les émissions de poussières provenant des ouvertures des abris sont relativement faibles si la ventilation est correctement dimensionnée. L'air poussiéreux extrait par des ventilateurs peut être canalisé vers des systèmes de filtrage adaptés. Le diamètre d'un abri peut être compris entre 70 et 90 m et sa capacité peut atteindre 100 000 m^3. La figure suivante présente quelques exemples :

Stockage longitudinal avec convoyeur de déchargement et gratteurs en portique

Stockage longitudinal avec convoyeur de déchargement et gratteur latéral

Stockage circulaire avec épandeur et gratteur rotatif

Stockage longitudinal avec convoyeur de déchargement et gratteur en pont

Figure 4. 17 : Exemples d'abris
[17, UBA, 2001] with reference to Schade, Maschinenbau GmbH

Il existe également des abris de type hangar avec grues à portique dotées de godets. Ces structures en béton sont dotées d'un toit et d'ouvertures de ventilation et d'éclairage dans les murs hauts. Ces ouvertures sont généralement protégées contre le vent. Ce type de stockage est très compact et très polyvalent car il peut être divisé en plusieurs compartiments de différentes capacités. Il est relativement simple de modifier l'affectation des différents compartiments. La grue à portique est généralement actionnée par un opérateur, mais la commande automatisée à distance de la grue est actuellement très utilisée.

Le dépôt automatisé peut atteindre des capacités maximales de plusieurs dizaines de milliers de tonnes et convient non seulement au stockage, mais également au mélange de lots d'une ou plusieurs substances. Ces dépôts ont dotés de machines automatiques pour la construction et la récupération des buttes. Les buttes sont linéaires ou circulaires et se forment par le dépôt successif des couches de matières. La récupération depuis le devant de la butte est effectuée par des machines à godets rotatifs ; pour le côté de la butte, des gratteurs sont utilisés. Les dépôts automatisés utilisent généralement des courroies de transport en caoutchouc pour la construction et la récupération. Les points de transfert des différentes matières sont protégés par des filtres à tissu classiques.

Le toit est généralement complet et dépourvu d'ouvertures ; les parois latérales sont dotées de portes pour l'accès des ouvriers et des machines.

Efficacité opérationnelle : les dépôts automatisés et les dépôts avec grues à portique sont utilisés dans la production de liants hydrauliques pour le stockage de mâchefer et de combustibles solides.

Applicabilité : les abris sont souvent utilisés, notamment pour l'homogénéisation et le stockage des matières sensibles à l'humidité ou très poussiéreuses. Les dépôts avec grues à portique sont adaptés à la manipulation de très petites ou de très grandes quantités de tout type de matière, notamment le mâchefer et les combustibles solides.

Effets de réponse croisés : en raison de la structure fermée, tout bruit est confiné à l'intérieur où aucun personnel n'est présent en permanence s'il s'agit d'un dépôt automatisé.

Littérature de référence : [89, Associazione Italiana Technico Economica del Cemento, 2000] [17, UBA, 2001]

4.3.4.3. Dômes

Description : la figure 4.18 présente un exemple de dôme. Des techniques spéciales ont été mises au point pour la construction des dômes ; dans la plupart des cas, un moule (forme ronde gonflable spéciale) est utilisé sur lequel du béton est pulvérisé. Leur construction peut être assez rapide et posséder une capacité raisonnable (par ex., 4 000 tonnes). L'avantage de cette technique est l'absence de piliers et la possibilité de contrôler les conditions climatiques.

High incline elevating conveyor	Transporteur de relèvement à forte inclinaison
y-diverter valve	Inverseur en Y
Air slide conveyor	Transporteur de distribution
Discharge	Déchargement
Grade	Niveau
Head house	Calotte de silo
Enclosed feed conveyor and dome inlet	Distributeur à courroie enfermé et cône d'entrée du dôme
Articulating screw reclaimer	Appareil de reprise à vis articulé
Typical automated reclaiming system	Système de reprise automatisé typique
Inlet	Cône d'entrée
Controlled rotary feeder	Dispositif d'alimentation rotatif contrôlé
Reclaim conveyor	Transporteur de reprise
Belt scale	Bande doseuse

Figure 4. 18 : Exemple de dôme
[78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

Applicabilité : les dômes sont assez souvent utilisés pour différents types de produits, comme le charbon et les engrais.

Littérature de référence : [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

4.3.4.4. Toits autodépliants

Description : le toit autodépliant peut être utilisé pour le stockage des céréales à l'air libre, comme aux États-Unis. Cette technique permet d'empiler le produit depuis le haut sous un toit fermé (bâche) ; la butte s'élève sous le toit. Pour empêcher la bâche de gonfler, une sous-pression est créée en permanence sous la bâche par des ventilateurs (deux ventilateurs de 40 kW chacun). Le toit autodépliant a été mis au point pour :

- prévenir la perte de produit due au vent
- réduire au maximum le coût du stockage des céréales
- obtenir une bonne aération des céréales

Le toit doit être retiré pour la récupération de la butte. Il ne peut pas être remis en place ; autrement dit, la totalité de la butte doit être récupérée rapidement pour éviter que les intempéries n'endommagent le produit.

La durée de vie du toit/bâche est relativement courte ; le fournisseur assure une garantie de 5 ans.

Bénéfices environnementaux obtenus : moins de perte de produit qu'avec le stockage des céréales à l'air libre dans lequel la couche supérieure de la butte de céréales doit être traitée pour éviter sa dispersion par le vent, ce qui la rend impropre à la consommation.

Applicabilité : cette technique a été mise au point pour le stockage des céréales jusqu'à une capacité maximale de 50 000 m^3 et sur une longue durée. À ce jour, elle n'a été utilisée que pour le stockage des céréales, mais peut être applicable à d'autres produits si ceux-ci présentent de bonnes propriétés d'écoulement et sont perméables à l'air (comme les céréales).

Effets de réponse croisés : le maintien de la sous-pression implique une consommation énergétique.

Littérature de référence : [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

4.3.4.5. Silos et trémies

Description : les silos sont généralement des conteneurs cylindriques dotés d'une partie de déchargement conique. Les trémies plus petites (intermédiaires) sont souvent rectangulaires avec une section de déchargement en forme de pyramide. Le temps de séjour de solides en vrac dans ces conteneurs peut être très court, parfois de quelques minutes seulement comme dans les trémies de dosage. En revanche, dans les silos de stockage, il peut être compris entre quelques jours et quelques semaines.

En matière de protection de l'environnement, de la santé et de la sécurité, cinq points critiques peuvent être identifiés :

- conception du silo ou de la trémie du point de vue de la stabilité
- conception du silo ou de la trémie du point de vue de la facilité de déchargement des solides en vrac
- élimination du risque d'explosion des poussières
- élimination des poussières lorsque le silo ou la trémie est rempli
- élimination des poussières lorsque le silo ou la trémie est vide

En matière de stabilité, les silos sont généralement conçus conformément à la norme DIN 1055 part 6. La particularité des silos est que la tension maximale dans les matières stockées dans le silo se situe au niveau de la transition entre la partie conique et la partie cylindrique. Des tensions élevées apparaissent si le silo est rempli ou vide. L'épaisseur de la paroi du silo doit être prise en compte pour éviter l'effondrement du silo. La norme DIN 1055 indique que la conception du silo est principalement déterminée par les propriétés physiques des solides en vrac stockés, à savoir :

- densité des solides en vrac
- angle de frottement à la paroi
- angle de frottement interne réel
- valeur de la charge horizontale
- facteur de charge inférieure
- facteur de déchargement

Les vibrations sont les plus grands dangers auxquels sont exposés les silos car elles peuvent provoquer la fissuration des joints de soudure. Les vibrations sont dues à l'effet de frottement-glissement qui provoque un écoulement irrégulier des solides. Cet effet peut être détecté par une étude minutieuse du comportement d'écoulement dans un testeur de cisaillement.

Normalement, une fois placées dans un silo, les matières en vrac peuvent être facilement déchargées. Si les substances en vrac se solidifient ou ne peuvent être déchargées en raison d'un problème de conception, il faut les retirer à la main, ce qui peut présenter des risques en raison de l'explosion des poussières ou de la nocivité des matières.

La facilité de déchargement des matières en vrac dépend de la géométrie du cône et du diamètre de la buse de décharge, qui doit être conçue en fonction de l'angle de frottement à la paroi des matières en vrac sur le matériau du cône, et de la cohésion (contrainte d'écoulement libre) des matières en vrac. Ces propriétés sont mesurées dans un Jenike ou le testeur de cisaillement circulaire par torsion conforme aux recommandations de l'ICE (Institution of Chemical Engineers).

En général, des filtres anti-poussière sont installés pour empêcher les émissions pendant le remplissage et le vidage ; voir section 4.3.7.

Bénéfices environnementaux obtenus : par rapport au stockage en buttes, le niveau des émissions est très faible, en particulier si des filtres anti-poussière sont utilisés.

Applicabilité : les silos et les trémies ont de nombreuses applications.

Sécurité : il existe des silos résistant à l'explosion ; voir section 4.3.8.3.

Effets de réponse croisés : néant

Littérature de référence : [163, Cefic, 2002] et :
DIN 1055 : Lastannahmen für Bauten, part 6 : Lasten in Silozellen. Beuth Verlag, Berlin, 1987.
Jenike, A.W. : Storage and flow of solids Bull. No. 123, Engng. Exp. St., Univ. of Utah, SaltLake City, 1964.
Schwedes, J. : Fließverhalten von Schüttgütern in Bunkern, Verlag Chemie, Weinheim, 1968.
Standard Shear Testing Technique for Particulate Solids Using the Jenike Shear Cell, TheInstitution of Chemical Engineers, Rugby, 1989.

4.3.5. Techniques et mesures de prévention/réduction appliquées aux stockage à l'air libre

En général, l'approche la plus efficace pour prévenir ou réduire les émissions de poussières provenant des stockages à l'air libre consiste à enfermer le stockage dans des abris, des soutes ou des silos, mais ces solutions ne sont pas toujours applicables pour des raisons économiques, techniques et/ou logistiques. Cette section décrit les différentes techniques de prévention et de réduction adaptées au stockage à l'air libre et commence par le tableau 4.13 : approches permettant de réduire les émissions de poussières applicables au stockage à l'air libre et leurs limitations. Les sections 4.3.6.1, 4.4.6.8 et 4.4.6.9 décrivent les différentes techniques de pulvérisation d'eau.

Approche de réduction	Commentaire	Type de butte correspondant
Axe longitudinal de la butte parallèle au vent dominant	Possibles limitations lors de la mise en œuvre : • situation géographique défavorable (vallées/cours d'eau) • infrastructure défavorable (déviation de routes et de voies ferrées impossible) • propriété (taille et forme du site disponible)	Stockage de longue et de courte durée
Plantations, clôtures anti-vent (soir section 4.3.6.2) ou buttes anti-vent pour réduire la vitesse du vent	• les plantations anti-vent sont moins efficaces en hiver en raison de la chute des feuilles, alors qu'à cette période les vitesses du vent sont particulièrement élevées	Stockage de longue et de courte durée
Humidification de la surface de la butte par un système d'arrosage (voir section 4.3.6)	Restrictions possibles : • sensibilité de la substance à l'humidité • absence de ressources en eau • frais liés aux nappes phréatiques • inutile par cas d'orage • inutile en période de gel • risque d'endommager la production (perte de qualité)	Stockage de longue et de courte durée
Une seule butte au lieu de plusieurs buttes dans la mesure du possible ; avec deux buttes stockant la même quantité qu'une seule, la surface libre augmente de 26 % [91, Meyer and Eickelpasch, 1999]	• inadapté pour le stockage combiné de différentes matières en vrac • la forme et la taille du site doivent être prises en considération • des dispositifs adaptés de construction de butte sont nécessaires	Stockage de longue et de courte durée
Si la butte est en forme de cône, la pente optimale $\alpha \approx 55°$	• les pentes dépendent des propriétés des matières en vrac et sont difficiles à modifier. La pente optimale indiquée est la situation idéale. Les pentes obtenues en pratique sont comprises entre 20 et 45°.	Stockage de longue et de courte durée
Si la butte est en forme de cône tronqué, le rapport optimal du rayon de la partie plate supérieure par rapport à la longueur du côté du cône tronqué est de 0,55.	• Avec ce rapport, une réduction maximale optimale de la surface libre peut être obtenue	Stockage de longue et de courte durée
En ce qui concerne la surface libre des buttes, une surface circulaire en coupe est préférable à des buttes en anneau ou longitudinales Les buttes ouvertes en forme d'anneau sont moins favorables que les buttes fermées en forme d'anneau	• Les buttes circulaires nécessitent des transporteurs spéciaux (à longue portée, par exemple) • Les buttes fermées en forme d'anneau ne peuvent être utilisées que pour le stockage à long terme ; les buttes dont la formation et la récupération sont permanentes sont toujours ouvertes	Stockage de longue durée
Le stockage avec murs de retenue réduit la surface libre, ce qui entraîne une réduction des émissions diffuses de poussières. Cette réduction est accrue si le mur est placé contre le vent par rapport au stockage ouvert	• Utile pour les buttes de taille petite et moyenne, mais pas pour les grandes buttes • Les murs peuvent limiter l'accès à la butte • Les murs de retenue nécessitent un investissement supplémentaire	Stockage de longue et de courte durée
Placement de murs de retenue les uns à côté des autres	• Augmente la hauteur de la butte	Stockage de longue et de courte durée
Couverture de la surface avec des bâches (4.3.4.4) ou solidification de la surface ou enherbage	• Ne concerne que le stockage de longue durée	Stockage de longue durée
Utilisation de substances durables d'agglomération des poussières (4.3.6.1)	• La substance d'agglomération peut détériorer les matières	Stockage de longue durée (ou de courte durée)

	• Adapté surtout au stockage de longue durée	
Ne pas effectuer de formation ou de récupération par conditions météorologiques défavorables (par ex., longues périodes de sécheresse, périodes de gel, vents violents)	• Risque élevé de rupture pendant les opérations	Stockage de courte durée

Tableau 4. 13 : Approches permettant de réduire les émissions de poussières provenant des stockages ouverts et leurs limitations [17, UBA, 2001]

4.3.6. Techniques primaires permettant de réduire au maximum les émissions de poussières provenant du stockage

4.3.6.1. Pulvérisation d'eau avec ou sans additifs

Description : système de pulvérisation qui utilise de l'eau généralement additionnée d'additifs. Plusieurs additifs sont commercialisés, notamment des produits facilement biodégradables (ce qui signifie qu'au bout de 20 jours, 80 % de la substance nocive pour l'écologie ont été biodégradés).

Les additifs peuvent présenter les fonctions suivantes :

Fonction d'humidification
La fonction d'humidification donne à la solution ou à l'émulsion pulvérisée la propriété de pénétrer en profondeur dans le produit stocké. L'additif peut abaisser la tension de surface de l'émulsion ou de la solution. L'avantage de l'humidification au moyen d'un additif est que les émissions de poussières sont également réduites lors de la manipulation ultérieure du produit.

Fonction de moussage
Les poussières sont formées par les petites particules des solides en vrac. L'ajout d'un additif moussant, qui forme de très petites bulles (0,1 – 50 µm), permet d'enfermer ces petites particules dans les bulles. La qualité de la mousse et la réduction potentielle des émissions de poussières dépend de la taille des bulles et de la stabilité de la mousse.

Fonction d'agglomération
La fonction d'agglomération combine la capacité à agglomérer l'humidité et une fonction d'adhésion. L'ajout d'oxyde de calcium ou d'oxyde de magnésium à l'additif permet d'améliorer l'agglomération de l'humidité. Des huiles végétales ou minérales améliorent l'adhésion entre les petites particules.

Les substances formant une croûte sont des adhésifs spéciaux ; on peut citer, par exemple, les polymères au latex à base d'eau sur des buttes de charbon à l'air libre. La croûte est formée par polymérisation du produit à la surface de la pile de stockage pour que le vent ne puisse pas perturber chaque particule, voir Figure 4.19.

Certaines matières, comme le gypse, forment une croûte juste avec de l'eau sans autre additif. Dans ce cas, l'eau seule peut être utilisée comme agent de formation de croûte.

Figure 4. 19 : Formation d'une croûte à la surface d'une butte de stockage
[134, Corus, 1995]

Bénéfices environnementaux obtenus : faible quantité d'eau nécessaire. L'effet anti-poussière de la formation d'une croûte est plus efficace que l'utilisation d'eau seule.

L'efficacité de la pulvérisation d'eau mélangée à des additifs dépend largement de la technique utilisée, ainsi que de la méthode, de la fréquence et de la maintenance du traitement. L'efficacité est estimée entre 90 et 99 % (contre une efficacité comprise entre 80 et 98 % avec la pulvérisation d'eau seule).

L'un des inconvénients des additifs est qu'ils peuvent modifier la qualité de la matière et que des dispositifs supplémentaires pour le mélange de l'eau et des additifs sont nécessaires.

Efficacité opérationnelle : l'additif utilisé à Port Nordenham est l'ECS 89 ; il est utilisé selon un rapport constant de 1:3750. À Corus, une émulsion contenant 3 à 5 % de latex est utilisée sur les buttes de charbon.

À Corus, des recherches ont été également menées pour déterminer la méthode la mieux adaptée à l'application de la solution de latex. Elles ont abouti à la construction d'un chariot spécial de pulvérisation doté d'un bras de pulvérisation à commande hydraulique de 20 mètres de longueur (voir Figure 4.20). Il s'est avéré que la pulvérisation uniforme de la surface de la butte de stockage était très importante pour la formation d'une croûte de bonne qualité. En revanche, l'utilisation d'un canon de pulvérisation n'a pas été satisfaisante. Pour la

préparation de la solution de pulvérisation, une station de mélange a été construite avec des réservoirs pour le stockage du concentré apporté par les véhicules-citernes. Le mélange a été ensuite pompé dans le réservoir de pulvérisation du chariot. Les conditions météorologiques pendant la pulvérisation sont essentielles à l'obtention d'une croûte de bonne qualité. La pulvérisation n'est pas effectuée par temps de pluie, lorsqu'il gèle ou lorsque la vitesse du vent dépasse 6 m/s. Après une période longue de fortes chaleurs, on pulvérise d'abord de l'eau sur la butte avant d'appliquer l'agent de formation de croûte. La pulvérisation de l'agent de formation de croûte est effectuée dès qu'une butte de stockage ou d'inclinaison a été formée. Si la butte a été partiellement creusée, un revêtement de formation de croûte doit être appliqué sur le nouveau front. Tant que la butte de stockage reste intacte, il n'est pas nécessaire de renouveler la pulvérisation. Les agents de formation de croûte sont utilisés à Corus depuis 1990.

Figure 4. 20 : La pulvérisation uniforme est essentielle à la formation d'une croûte de bonne qualité [134, Corus, 1995]

Applicabilité : ce système est utilisé sur les pierres, les minerais, la houille et le lignite, la bauxite, le mâchefer et les accumulations de déchets, sous forme de butte, le déchargement des wagons et des camions et le chargement des bateaux. Il est parfois intégré à un chargeur frontal, à des dispositifs de chargement mobiles ou à des transporteurs à raclettes. En revanche, la formation de croûte ne peut être utilisée que sur des buttes.

Aspects économiques : les frais d'exploitation pour Port Nordenham (énergie, eau et additifs) s'élèvent à 0,02 euros par tonne de substance pulvérisée (année de référence 2000).

Usines de référence : Port Nordenham, Allemagne ; Corus, Pays-Bas.

Littérature de référence : [17, UBA, 2001] [134, Corus, 1995] [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995] [175, TWG, 2003]

4.3.6.2. Méthodes anti-vent

Description : une barrière anti-vent peut être une barrière ou un filet placé à la limite du site de stockage. L'objectif de la barrière anti-vent est de limiter la vitesse du vent et de réduire ainsi les émissions de poussières. L'agencement des barrières anti-vent dépend du site ; des recherches en soufflerie peuvent être utiles.

Le concept de stockage avec remblai a été mis au point aux Pays-Bas dans les années quatre-vingt en association avec les appareils de reprise de type pont et palier. L'appareil de reprise repose sur le dessus du remblai, ce qui permet de maintenir le haut de la butte de stockage sous le niveau du pont ou du palier. La principale différence entre un remblai protégeant uniquement la butte de stockage et un remblai doté d'une protection anti-vent autour des bords de l'ensemble du site de stockage est que le dernier protège également la manipulation et le transport sur le site.

Avantages pour l'environnent : les recherches effectuées au Japon sur l'impact des filets utilisés comme protection anti-vent d'un stockage de charbon ont donné lieu à une réduction de 50 % de la vitesse du vent. La même réduction est obtenue avec un remblai ou une butte rectangulaire associé à un appareil de reprise de pont.

Le rendement net estimé d'un remblai pour buttes de stockage (sans dispositif de reprise de pont) est compris entre 20 et 40 %. Il s'agit d'un chiffre net car, bien que l'érosion des buttes soit réduite de plus de 50 %, les émissions dues à la manutention et au transport (par des transporteurs à courroie) augmente par rapport au stockage sans technique de réduction.

Efficacité opérationnelle : la technique de remblai est utilisée dans un terminal pour charbons importés (17 qualités différentes) d'une capacité de 8 millions de tonnes par an. Les charbons sont importés par mer dans des bateaux de capacités comprises entre 40 000 et 150 000 tonnes. Dans ce terminal, les charbons ont été chargés dans des wagons et/ou d'autres bateaux.

Applicabilité : ces techniques peuvent être utilisées pour toute quantité et tout type de produit.

Effets de réponse croisés : risque de prises d'oiseaux dans les filets.

Élément moteur de la mise en œuvre : ce système a été mis au point pour obtenir :

- Une réduction des émissions de poussières
- Une réduction des coûts d'exploitation par l'automatisation du procédé
- Une réduction des pertes dues au chauffage
- Une optimisation de l'installation pour mélanger les différentes qualités de charbon

Littérature de référence : [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

4.3.6.3. Bâches ou filets

Description : les bâches ou les filets à maille fine sont utilisés sur les stockages ouverts pour :

- Réduire les émissions de poussières
- Réduire les nuisances dues aux oiseaux
- (bâches) éviter que les matières ne soient mouillées

Les inconvénients des filets ou des bâches sont les suivants :

- Aucune réduction des émissions de poussières pendant le montage en butte ou la récupération
- L'installation et le retrait sont à forte intensité de main d'œuvre
- Leur durée de vie est très courte

Applicabilité : utilisés pour le stockage ouvert de longue durée de substances très facilement dispersables lorsque l'humidification ne suffit pas à prévenir les émissions de poussières. Cette technique est rarement utilisée.

Littérature de référence : [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

4.3.7. Techniques secondaires permettant de réduire les émissions de poussières provenant du stockage : filtres à poussière sur les silos et les trémies

Description : les stockages fermés, comme les silos et les abris, sont normalement équipés de systèmes de filtrage qui filtrent l'air déplacé pendant le chargement à l'aide, par exemple, d'un filtre en tissu. Pour empêcher l'extraction de la totalité de l'air d'un abri, l'extraction n'est effectuée que dans les zones ayant des activités de chargement et/ou de déchargement.

Le BREF relatif aux eaux usées et aux gaz résiduaires [147, EIPPCB, 2002] décrit et compare les différents systèmes de filtrage.

Filtres anti-poussière sur les silos et les trémies
Les silos et les trémies sont normalement équipés d'un filtre anti-poussière car une quantité significative de poussières, provenant généralement de produits pulvérulents fins, est générée lors du remplissage du silo ou de la trémie. Des filtres à bougie ou à cartouche placés sur le haut du silo sont généralement utilisés pour éliminer ces poussières.

Les filtres à cartouche décrits dans le présent document sont des filtres jetables, comprenant un matériau de filtre, souvent du papier, et un support, par exemple de l'acier ou du plastique. Les filtres à cartouche doivent être changés lorsqu'ils sont saturés.

Au contraire, le corps des filtres à bougie est couvert d'un tissu comme milieu de filtrage. Ce tissu peut être tissé ; des tissus mono ou multifilaments peuvent être utilisés. Le polypropylène ou le polyester est un matériau souvent utilisé. Les filtres à bougie sont nettoyés par vibration ou par une rétro-impulsion. Le nettoyage commence après un cycle de filtrage ou à la limite de diminution de pression autorisée sur le filtre.

Le vidage du silo ou de la trémie peut également générer des poussières. En général, on décharge les produits pulvérulents à l'aide d'un dispositif d'alimentation rotatif dans une conduite de transport pneumatique ou

directement dans un extracteur à vis. Les poussières générées au moment du déchargement peuvent être séparées par des filtres à cartouche ou à bougie, comme décrit précédemment.

Il arrive que le fournisseur applique des mesures au produit en vrac pour éviter la génération de poussières :

- Criblage ou classification des matières en vrac. En général, la taille des fractions fines à séparer est de 100 µm
- Recouvrement des solides en vrac d'une fine couche adhésive pour coller les très fines particules aux particules plus grosses

Très souvent, la distribution des tailles de particules fait partie des spécifications. Si des particules < 10 µm doivent être réduites, la quantité de ces particules dans les produits en vrac est normalement indiquée séparément.

Bénéfices environnementaux obtenus : l'installation de filtres anti-poussière sur les silos et les trémies permet généralement d'obtenir un niveau d'émission de particules compris entre 1 et 10 mg/m^3, selon la nature/type de la substance stockée.

Efficacité opérationnelle pour les silos et les trémies : la surface de filtre requise dépend du volume de gaz déplacé ou du volume de gaz nécessaire au transport pneumatique des solides en vrac dans le silo. En général, on maintient une vitesse comprise entre 1 et 2 m/min. La baisse de pression maximale courante, avant le nettoyage, est comprise entre 4 et 10 kPa.

Applicabilité pour les silos et les trémies : le choix entre les filtres à cartouche et à bougie dépend de la quantité de poussières à éliminer. Si les matières sont plus grosses et si les cycles de remplissage du silo sont courts, les filtres à cartouche sont conseillés. Les filtres à bougies sont plus adaptés au remplissage et au déchargement continu de poudres fines dans une trémie. Le type de technique de réduction ne peut être choisi qu'au cas par cas.

Sécurité pour les silos et les trémies : en général, la manipulation et le stockage de poudres fines de substance organique est associée à un risque d'explosion des poussières. Les silos contenant des substances organiques fines sont purgés à l'azote. Les mesures destinées à éviter l'explosion des poussières sont décrites, notamment dans le document « VDI Richtlinie 2263, Staubbrände und Staubexplosionen ».

Littérature de référence : [148, VDI-Verlag, 1994] [147, EIPPCB, 2002, 163, Cefic, 2002] et : Löffler,F: Staubabscheiden, Stuttgart, Thieme Verlag, New York, 1988.
VDI 2263, Staubbrände und Staubexplosionen', in VDI Richtlinie zur Reinhaltung der Luft, vol.6, VDI Verlag, Düsseldorf.

4.3.8. Mesures de prévention des incidents et des accidents (majeurs)

Dans de nombreux secteurs, des solides organiques en vrac sont stockés et manipulés. Ces solides organiques sont inflammables en présence d'oxygène et d'une source d'inflammation ; les poussières provenant des solides organiques peuvent même être explosives.

Les sources d'inflammation sont décrites à la section 4.1.6.2.1, Zones inflammables et sources d'inflammation.

La section 4.3.8.2 détaille les conclusions d'une enquête effectuée au RU sur des incendies étendus dans des entrepôts et autres zones de stockage ne concernant que des solides. Les sections 4.3.8.3 et 4.3.8.4 décrivent certaines techniques destinées à prévenir et à contrôler les explosions.

4.3.8.1. Sécurité et gestion des risques

La section 4.1.6.1 est consacrée à la directive Seveso concernant la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des liquides ou des gaz liquéfiés dangereux. Cette directive s'applique également au stockage et à la manipulation de solides dangereux, quel que soit le type de stockage.

4.3.8.2. Incendies d'entrepôt concernant des matières solides

Description : au RU, une analyse a été effectuée sur 290 incendies concernant des matières solides stockées dans des entrepôts. Les résultats ont identifié des catégories spécifiques de substances (voir tableau 4.14), les sources courantes d'inflammation (voir tableau 4.15), la présence d'extincteurs automatiques à eau et la part d'incendies volontaires dans les statistiques.

Les solides concernés ont été classés par type et utilisation finale. On constate qu'une large gamme de substances est concernée.

Comme le montre le tableau 4.14, les matériaux de conditionnement sont les éléments les plus souvent impliqués dans les incendies de stockage. En général, le foyer se trouve surtout sur les matières stockées dans ceux-ci.

Matériau	Nombre d'implications du matériau dans les incidents*)	Pourcentage du total
Papier (hors matériaux de conditionnement)	53	11,0
Textiles	64	13,2
Denrées alimentaires	28	5,8
Meubles	51	10,6
Plastiques	60	12,4
Produits chimiques	27	5,6
Biens domestiques	42	8,7
Bois	25	5,2
Conditionnement général	133	27,5
*) Plusieurs matériaux étaient présents dans plusieurs incendies		

Tableau 4. 14 : Matériaux impliqués dans les 290 incendies
[135, C.M. Bidgood and P.F. Nolan, 1995]

L'origine de chaque incendie (s'il était connu) a été consigné afin d'identifier les types de sources d'inflammation responsables des incendies d'entrepôt et reporté dans le tableau 4.15.

Source d'inflammation	Nombre d'incidents	Pourcentage du total
Malveillance	84	29,0
Défaut d'origine électrique	27	9,3
Articles de fumeurs	26	9,0
Radiateurs à gaz	12	4,1
Enfants manipulant des allumettes	4	1,4
Travail à haute température	11	3,8
Écrouissage	4	1,4
Lampes fluorescentes	5	1,7
Combustion de déchets	9	3,1
Combustion spontanée	7	2,4
Autre	19	6,5
Inconnue	82	28,3

Tableau 4. 15 : Sources d'inflammation
[135, C.M. Bidgood and P.F. Nolan, 1995]

L'enquête montre que 86 % des bâtiments de stockage n'étaient pas dotés de réseaux d'eau d'incendie actifs et qu'environ 3 % possédaient des extincteurs automatiques à eau désactivés au moment de l'incendie.

L'incidence des incendies volontaires dans des installations industrielles et commerciales a augmenté de façon significative au cours des 20 dernières années et représente aujourd'hui un problème majeur auquel les entrepôts sont particulièrement exposés. L'incendie volontaire est la cause unique la plus importante d'incendie d'entrepôt, responsable de 29 % de l'ensemble des incidents.

Littérature de référence : [135, C.M. Bidgood and P.F. Nolan, 1995]

4.3.8.3. Silos résistant à l'explosion

Description : un exemple de silo résistant à l'explosion est installé à Firma Bissinger GmbH, Zaberfeld, pour le stockage, ainsi que le chargement et le déchargement, de farine de maïs ; il présente les caractéristiques suivantes :

- Réduction maximale tout en maintenant la viabilité économique, du risque d'explosion grâce à la mise en place de mesures constructives
- Protection du véhicule attenant pendant le chargement/déchargement et de tout autre équipement attenant en cas d'explosion et protection de l'environnement concerné de l'énergie dégagée par l'explosion
- Mise en place d'un système de détection des explosions
- Étouffement automatiquement par une substance inerte à tous les niveaux de substance possibles

La construction du silo est prévue pour absorber l'énergie de l'explosion, sans atteindre le véhicule attenant pendant le chargement ou le déchargement. Tout l'équipement du silo résiste à la pression et est constitué de matériau antistatique, notamment le filtre.

Littérature de référence : [143, suppliers information, 2001]

4.3.8.4. Clapets de décharge

Description : les explosions se caractérisent par une très rapide augmentation de la pression et de la température ; un clapet de décharge efficace doit pouvoir résister à ces deux événements. Le clapet de décharge s'ouvre lorsque la pression, due à l'explosion, augmente avec une surpression de 0,05 bar, ou, dans des cas spéciaux, avec une surpression de
0,01 bar. Les gaz résiduaires se dégagent radialement par l'évent, également doté d'un absorbeur de flamme pour empêcher la sortie des flammes du réservoir ou du silo. Contrairement aux clapets de décharge conventionnels, l'évent présenté sur la figure 4.21 (concept breveté) se ferme rapidement après l'explosion pour empêcher la pénétration d'oxygène dans le silo ou le réservoir, ce qui pourrait provoquer un incendie secondaire.

Closure spring	Ressort de fermeture
Flame absorber	Absorbeur de flamme
Vent plate	Plaque d'évent

Figure 4. 21 : Exemple de clapet de décharge (concept breveté)
[145, Hoerbicher, 2001]

Efficacité opérationnelle : le clapet a prouvé son efficacité dans les cas d'explosion suivants :

- Explosion des poussières pendant le stockage de céréales dans des réservoirs et des silos
- Solides inflammables stockés dans des réservoirs et des silos
- Equipement d'extraction utilisé dans l'industrie
- Zones d'extraction de charbon
- Installations de séchage

Ce type de clapet de décharge ne nécessite aucune maintenance après l'explosion.

Applicabilité : le clapet de décharge présenté sur la figure 4.21 peut être utilisé sur des silos et des réservoirs nouveaux et existants. Plus de 150 000 clapets de ce modèle équipent des installations exposées au risque d'explosion de poussières ou d'explosion de brouillard d'huile.

Effets de réponse croisés : néant

Sécurité : néant. Les clapets de décharge empêchent le réservoir ou le silo d'exploser.

Littérature de référence : [145, Hoerbicher, 2001]

4.3.9. Lessivage dans le sol ou les eaux de surface

Aucune information n'a été communiquée.

4.4. Manipulation de solides

4.4.1. Généralités pour les mesures de limitation des émissions (MLE)

Cette section donne une description générale des différentes mesures de limitation des émissions applicables à la manipulation de différents solides en vrac. Le tableau 8.4, en annexe, indique les techniques de manipulation utilisées, ainsi que les matières en vrac concernées. Le tableau 8.30 indique, pour les mêmes matières en vrac, les techniques à prendre en considération pour la détermination de la MTD. Le même tableau indique les critères d'évaluation de la technique sélectionnée :

- Potentiel de réduction des poussières
- Consommation d'énergie
- Effets de réponse croisés
- Investissement requis
- Coûts d'exploitation

Les sections qui suivent décrivent chaque technique en détail. Néanmoins, d'autres MLE ne figurant pas dans le tableau 8.30 sont également identifiées et étudiées dans les sections suivantes. Enfin, toutes les techniques sont évaluées par le groupe de travail technique (TWG) qui a déterminé les MTD.

La section 4.4.2 indique les approches générales permettant de réduire au maximum les émissions de poussières ; la section 4.4.3 décrit les approches primaires d'organisation. La section 4.4.5 décrit, quant à elle, les techniques primaires applicables ; la section 4.4.6 détaille plusieurs techniques secondaires applicables. La section 4.4.7 est consacrée à la manipulation des solides conditionnés et la section 4.4.8 à la prévention et au contrôle des explosions.

4.4.2. Approches générales permettant de réduire au maximum les émissions de poussières provenant de la manipulation

On distingue plusieurs approches :

1. **Les approches préprimaires** font partie du processus de production ou d'extraction et réduisent la tendance des matières solides à produire des poussières avant leur sortie de l'usine de production. Les approches préprimaires font partie du processus de production et sortent par conséquent du cadre du présent document. À l'exception des exemples suivants, ces approches ne sont pas décrites :

Production de boulettes ou de briquettes

- Des petites boules de fines contenant des particules d'une taille inférieure ou égale à 100 µm sont formées (avec des additifs) et durcies au feu
- Des boulettes peuvent être produites, par exemple pour certains engrais, ou des briquettes pour des matières humides, l'objectif étant de réduire la surface et la tendance de la matière en vrac à produire de la poussière pendant les processus de chargement et de déchargement

Pulvérisation

- La pulvérisation du calcaire avec de l'eau et des additifs permet d'obtenir une agglomération durable entre les particules de poussière et le calcaire. La pulvérisation est effectuée sur le site même de la carrière de calcaire afin de réduire la formation de poussières pendant les opérations locales de concassage, de classification, de transport et de remplissage
- Les sels minéraux de carrière sont traités par concassage et broyage directement dans la carrière. La « poudre collée » (=particules de sel les plus fines d'une taille < 0,2 mm) est séparée par tamisage ou

classification pneumatique. On obtient un produit peu poussiéreux pendant le chargement et le déchargement

Les moyens préprimaires sont limités par leur impact éventuel sur les propriétés des produits requises par l'acheteur. Par exemple, certains procédés de réduction de la pulvérulescence des céréales utilisent de l'huile de colza ou des conservateurs chimiques (de l'urée et de l'acide propionique). Ces traitements réduisent de façon considérable les possibilités de commercialisation et d'utilisation car la farine issue de ces céréales traitée à l'huile de colza ne peut plus être utilisée pour la cuisson au four.

2. Les **approches primaires** regroupent tous les moyens permettant de réduire les émissions pendant la manipulation et peuvent être divisées dans les catégories suivantes :

- Approches primaires d'organisation : comportement des opérateurs
- Approches primaires techniques : techniques permettant de réduire la formation de poussière

3. Les **approches secondaires** sont des techniques de réduction pour limiter la dispersion des poussières.

Le tableau 4.16 présente les approches et techniques permettant de réduire les émissions de poussières provenant du chargement et du déchargement ; ces approches et techniques sont détaillées dans les sections indiquées dans le tableau, dans la limite des informations disponibles.

Il est important de noter que le choix du type de système de manipulation et des MLE permettant de réduire les émissions de poussières dépend des propriétés du produit. Pour les produits finis, où les spécifications du client sont essentielles, le choix de l'équipement de stockage et de la MLE doit être basé sur plusieurs facteurs, notamment la résistance du produit à l'attribution, la capacité à fragmenter, concasser, couler et s'agglomérer sous forme de « gâteau », la stabilité chimique et la sensibilité à l'humidité.

Littérature de référence : [17, UBA, 2001, 175, TWG, 2003]

		Approches et techniques permettant de réduire les émissions de poussières	Section
	Organisation	Conditions météorologiques	4.4.3.1
		Mesures (applicables par le grutier) lors de l'utilisation d'une benne: • Réduction de la hauteur de chute lors du déchargement • Fermeture totale de la benne/des mâchoires après ramassage des matières • Temps de repos suffisant de la benne dans les trémies après déchargement • Arrêts des bennes par vent fort	4.4.3.2
		Mesures (applicables par l'opérateur) lors de l'utilisation d'un transporteur à courroie : • Vitesse convenable du transporteur • Eviter de charger la bande sur toute sa largeur	4.4.3.3
		Mesures (applicables par l'opérateur) lors de l'utilisation d'une pelle mécanique : • Réduction de la hauteur de chute lors du déchargement • Choix de la position adéquate lors du déchargement dans un camion	4.4.3.4
		Agencement et exploitation des lieux de stockage (par le personnel chargé de la planification et de l'exploitation) : • Réduction des distances de transport • Réglage de la vitesse des véhicules • Routes revêtues d'une surface dure • Réduction des zones de prise au vent	4.4.3.5
	Technique	Bennes optimisées	4.4.5.1
		Utilisation de transporteurs fermés (ex. tubes transporteurs, transporteurs à vis)	4.4.5.2
		Courroie de transport sans poulies de support	4.4.5.3
		Mesures primaires sur courroies de transport classiques	4.4.5.4
		Mesures primaires sur goulottes	4.4.5.5.
		Réduction maximale de la vitesse de descente	4.4.5.6
		Réduction maximale de la hauteur de chute libre (par ex. trémies en cascade)	4.4.5.7
		Utilisation de dispositifs anti-poussière sur les tranchées de dépôt et les trémies	4.4.5.8
		Soutes à faible émission de poussières	4.4.5.9

		Châssis des véhicules à angles arrondis	4.4.5.10
Secondaires	Écrans pour courroies de transport ouvertes		4.4.6.1
	Enfermement ou couverture des sources d'émission		4.4.6.2
	Mise en place de couvercles, de tabliers ou de cônes sur les tuyaux de remplissage		4.4.6.3
	Systèmes d'extraction		4.4.6.4
	Systèmes de filtres pour les transporteurs pneumatiques		4.4.6.5
	Tranchées de dépôt avec équipement d'aspiration, local de protection et dispositifs anti-poussières		4.4.6.6
	Trémies de déchargement optimisées (dans les ports)		4.4.6.7
	Techniques de pulvérisation d'eau/rideaux d'eau et diffuseurs d'eau		4.4.6.8 4.4.6.9
	Nettoyage des courroies de transport		4.4.6.10
	Adaptation des volets mécaniques/hydrauliques sur les camions		4.4.6.11
	Nettoyage des routes		4.4.6.12
	Nettoyage des pneus des véhicules		4.4.6.13
Remarque : la limite entre les approches primaires et secondaires n'est pas toujours nette ; par exemple, un rideau d'eau limite la dispersion des émissions de poussières et sert également à agglomérer les poussières.			

Tableau 4. 16 : Approches et techniques permettant de réduire les émissions de poussières provenant du chargement et du déchargement
[17, UBA, 2001, 134, Corus, 1995] [91, Meyer and Eickelpasch, 1999]

4.4.3. Approches primaires d'organisation permettant de réduire au maximum les émissions de poussières provenant de la manipulation

4.4.3.1. Conditions météorologiques

Description : prévention de la dispersion des poussières provenant du chargement et du déchargement à l'air libre en interrompant les activités de transfert par grand vent, selon la situation locale et le sens du vent. Aux Pays-Bas, par exemple, les activités de transfert sont interrompues si, selon la classe de dispersivité, la vitesse du vent dépasse les valeurs suivantes :

- Classes S1 et S2, 8 m/s (force du vent 4 ; brise modérée)
- Classe S3 14 m/s (force du vent 6 ; forte brise)
- Classes S4 et S5 20 m/s (force du vent 8 ; coup de vent)

Pour une explication des classes de dispersivité, consultez également l'annexe 8.4 :

S1 : hautement dispersible, non mouillable
S2 : hautement dispersible, mouillable
S3 : modérément dispersible, non mouillable
S4 : modérément dispersible, mouillable
S5 : pas ou très légèrement dispersible

Efficacité opérationnelle : cette mesure a un impact sur les activités de l'usine en raison des interruptions en cas de mauvaises conditions météorologiques.

Applicabilité : cette mesure peut être plus facilement utilisée lors de la constitution de buttes que lors du chargement ou du déchargement de transporteurs. En revanche, l'utilisation est plus difficile si la constitution de la butte s'effectue dans le cadre d'un processus continu.

Sécurité : néant

Effets de réponse croisés : néant

Aspects économiques : l'interruption des activités de transfert peut être extrêmement coûteuse lorsque des bateaux doivent être bloqués, ce qui donne lieu à des frais de surestaries, qui s'appliquent également aux camions, trains, inactivité du personnel, etc.

Littérature de référence : [15, InfoMil, 2001, 175, TWG, 2003]

4.4.3.2. Mesures applicables par le grutier lors de l'utilisation d'une benne

Description : voir figure 4.22, page suivante.

Continuous unloading movement	Activité de déchargement continue
Dust accumulation	Accumulation de poussières
No	Non
Continue unloading	Poursuivre le déchargement
Yes	Oui
Adding of water	Ajout d'eau
Grab hovering	Fermeture de la benne
Lower the grab	Abaissement de la benne
Slowly open the grab	Ouverture lente de la benne
Unload into trough with wetting down the moving equipment	Déchargement avec noircissement de l'équipement mobile
Stop unloading	Arrêt du déchargement

Figure 4. 22 : Schéma décisionnel destiné au grutier pour éviter l'accumulation de poussières [134, Corus, 1995]

Outre le schéma ci-dessus, le chargement et le déchargement de matières des classes de dispersivité S1, S2, S3, et éventuellement S4, doivent s'effectuer si les bennes sont en bon état et couvertes sur le dessus. La benne ne doit être ouverte que pendant le déchargement après avoir été abaissée à un niveau inférieur au bord de la trémie ou bien à un niveau inférieur au bord des écrans anti-vent.

Parmi les autres mesures importantes, on peut citer la fermeture totale de la benne/des mâchoires après ramassage des matières et un temps de repos suffisant de la benne dans les trémies après déchargement.

Applicabilité : toujours applicable. L'utilisation de la grue avec précaution peut prendre plus de temps.

Sécurité : néant

Aspects économiques : mesure d'un coût très faible.

Usines de référence : Corus, Pays-Bas

Littérature de référence : [17, UBA, 2001] [15, InfoMil, 2001]

4.4.3.3. Mesures (applicables par l'opérateur) lors de l'utilisation d'un transporteur à courroie

Aucune information n'a été communiquée.

4.4.3.4. Mesures (destinées à l'opérateur) lors de l'utilisation d'une pelle mécanique

Description : la réduction de la hauteur de chute et le choix de la position adéquate lors du déchargement dans un camion à l'aide d'une pelle mécanique permettent de prévenir l'accumulation de poussières.

CORRECT	CORRECT
Continue	Continuer
ACCEPTABLE	ACCEPTABLE
Be careful !	Attention !
WRONG	INCORRECT
Stop !	Arrêter !

Figure 4. 23 : Illustration de la méthode de prévention de l'accumulation de poussières pendant l'utilisation d'une pelle mécanique [134, Corus, 1995]

Applicabilité : toujours applicable. L'utilisation de la pelle mécanique avec précaution peut prendre plus de temps.

Sécurité : néant

Aspects économiques : mesure d'un coût très faible.

Installation type : Corus, Pays-Bas.

Littérature de référence : [134, Corus, 1995]

4.4.3.5. Agencement et exploitation des lieux de stockage (par le personnel chargé de la planification et de l'exploitation)

4.4.3.5.1. Réduction du transport discontinu et des distances de transport

Description : lors du choix de l'agencement d'un lieu stockant des matières poussiéreuses, il est important de réduire au maximum les distances de transport afin de minimiser le nombre de déplacements.

Les substances non dispersibles en raison de leur humidité peuvent néanmoins contribuer aux émissions de poussières ; en effet, la circulation des véhicules peut écraser ces matières et en disperser les morceaux.

Le transport discontinu (pelle, camion) génère en général plus d'émissions de poussières que le transport continu, comme les transporteurs. Les transporteurs sont relativement faciles à recouvrir, alors que les mesures de limitation des émissions applicables aux camions et aux pelles sont moins efficaces.

Applicabilité : un agencement réduisant au maximum le nombre de mouvements de circulation peut être appliqué aux usines à construire, mais pour les usines existantes, la mise en œuvre peut être difficile.

Sécurité : néant

Aspects économiques : les modes de transport continu peuvent être utilisés sur des nouveaux sites, mais le passage de modes de transport discontinu à des modes de transport continu sur des sites existants peut coûter relativement cher.

Littérature de référence : [15, InfoMil, 2001] [148, VDI-Verlag, 1994] [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

4.4.3.5.2. Réglage de la vitesse des véhicules

Description : pour réduire la quantité de poussières soulevées, les véhicules doivent rouler au pas. L'installation de ralentisseurs peut faciliter le respect de cette mesure.

Efficacité opérationnelle : mesure plus facile à accepter par le personnel travaillant sur le site que par les sous-traitants.

Applicabilité : applicable partout.

Sécurité : néant

Effets de réponse croisés : néant

Aspects économiques : néant

Installation type : plusieurs usines à Duisburg, Allemagne.

Littérature de référence : [15, InfoMil, 2001, 52, Staatliches Umweltamt Duisburg, 2000]

4.4.3.5.3. Routes revêtues d'une surface dure

Description : pour faciliter le ramassage des poussières sur les véhicules roulant sur des routes sablonneuses et en terre, on peut recouvrir ces routes d'une surface dure, comme le béton ou l'asphalte. Ces routes présentent l'avantage d'être faciles à nettoyer (voir section 4.4.6.12). Il peut être nécessaire de border ces routes pour éviter que les véhicules ne roulent sur des surfaces sablonneuses ou de mettre des matelas d'azobé sur les accotements.

Les routes revêtues d'une surface dure permettent également de limiter la pollution du sol.

Applicabilité : les routes revêtues d'une surface dure sont couramment utilisées pour la circulation des camions et des voitures ; en revanche, si des grosses pelles mécaniques sont utilisées ou si les routes sont provisoires, on ne prend pas la peine de les revêtir d'une surface dure.

Sécurité : néant

Installation type : Corus, Pays-Bas et plusieurs usines à Duisburg, Allemagne

Littérature de référence : [52, Staatliches Umweltamt Duisburg, 2000, 134, Corus, 1995, 148, VDI-Verlag, 1994] [15, InfoMil, 2001] [183, EIPPCB, 2004]

4.4.4. Techniques primaires de construction permettant de réduire au maximum les émissions de poussières provenant du chargement et du déchargement

4.4.4.1. Chargement et déchargement dans un bâtiment fermé

Description : le chargement et le déchargement peuvent être effectués dans des bâtiments fermés, dans un abri par exemple. Pour prévenir tout échappement de poussières, l'abri peut être équipé de portes ou de rideaux à ouverture et à fermeture automatiques. Cette méthode peut être utilisée pour les activités de chargement/déchargement à partir de camions, de trains et de (petits) bateaux.

Applicabilité : applicable aux installations nouvelles et existantes et à tout type de matière. En revanche, cette technique est généralement utilisée pour les substances sensibles aux conditions météorologiques afin d'éviter toute perte de qualité, par exemple dans l'industrie agro-alimentaire.

Sécurité : des mélanges poussière/air explosifs peuvent se créer en cas d'absence de système d'extraction ou d'utilisation incorrecte d'un tel système.

Aspects économiques : alternative coûteuse.

Littérature de référence : [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

4.4.5. Techniques primaires permettant de réduire au maximum les émissions de poussières dues à la manipulation

4.4.5.1. Bennes optimisées

Description : les principales propriétés d'une benne optimisée pour la réduction des émissions de poussières sont les suivantes :

- Fermée sur le dessus pour éviter l'impact du vent
- Forme géométrique et capacité de charge optimale permettant d'éviter toute surcharge
- Le volume de la benne doit toujours être supérieur au volume donné par la courbe de la benne (la courbe de la benne est la courbe décrite par les mâchoires de la benne lorsqu'elle s'enfonce dans le produit)
- La surface doit être lisse pour éviter toute adhérence des substances
- La capacité de fermeture de la benne en cas de fonctionnement permanent

La configuration à mâchoires fermées avec une ouverture en forme de trémie possède toutes les caractéristiques susmentionnées.

Front sight	Vue avant
Side sight	Vue latérale

Figure 4. 24 : Configuration avec mâchoires fermées et ouverture en forme de trémie (vue avant et vue latérale) [17, UBA, 2001] with reference to MB Kröger Greifertechnik GmbH

Bénéfices environnementaux obtenus : une configuration fermée permet de réduire au maximum la formation des émissions de poussières, mais les émissions de poussières et les débordements peuvent toutefois provoquer des pertes importantes de substance, comprises entre 2 et 5 %.

Aspects économiques: une benne d'une capacité de 13 m^3 coûte environ 42 000 euros. D'autres coûts, par exemple l'installation de la grue, doivent être pris en compte.

Usines de référence : ces types de bennes sont utilisés dans plusieurs ports maritimes et fluviaux, comme Neuss ou Orsoy.

Littérature de référence : [17, UBA, 2001]

4.4.5.2. Transporteurs fermés

Description : les transporteurs fermés suivants sont décrits au chapitre 3 :

- Transporteurs pneumatiques ; voir section 3.4.2.18
- Transporteurs à chaîne ; voir section 3.4.2.16.1
- Transporteurs à vis sans fin ; voir section 3.4.2.17

La section 3.4.2.14 décrit un type spécial de transporteur à chaîne fermé dans lequel la chaîne ou une seconde chaîne verrouille les produits.

- Boucles transporteuses
- Tubes transporteurs
- Transporteurs à double courroie
- Transporteurs à courroie démontable
- Transporteurs de fermeture à tirer

Pour plus de détails sur ces transporteurs, à l'exception du transporteur de fermeture à tirer, consultez le tableau 4.17.

	Boucle	Tube	Double courroie	Courroie démontable
Mis au point pour une situation spécifique Voir remarque 1)	Oui	Oui	Oui	Oui
Inconvénients	Voir note 2)	Longueur < 5 000 m	Voir note 2)	Voir note 2)
Applicabilité	Utilisé	Souvent utilisé	Utilisé	Rarement utilisé
Capacité	400 t/h	Jusqu'à 3 000 t/h	Jusqu'à 4 000 t/h ; théoriquement 15 000 t/h	Utilisé à 1 500 t/h ; théoriquement inconnue
Matières transportées	Articles < 100 mm	Articles de taille moyenne	Articles de taille moyenne	Articles de taille moyenne

Tableau 4. 17 : Comparaison des différents transporteurs à chaîne fermés
[78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

Remarque 1) : les transporteurs de ce type ont été mis au moins pour les raisons suivantes :

- Moins de débordements et de poussières
- La qualité du produit n'est pas affectée par les conditions météorologiques
- Pentes fortes à très fortes possibles
- Courbes très serrées possibles (sauf pour la double courroie)

Remarque 2) : avec les tubes transporteurs et les transporteurs à suspension, des inclinaisons comprises entre 20 et 40 degrés (jusqu'à 60 degrés) sont possibles. Avec le transporteur à double courroie et le transporteur à courroie démontable, les inclinaisons de 90 degrés sont possibles. En revanche, les capacités dépendent toujours du produit transporté.

Tous les transporteurs, à l'exception du transporteur à double courroie, sont capables de suivre des courbes rendant inutiles les points de transfert et limitant ainsi les sources potentielles d'émissions. L'étroitesse des courbes varie selon le type ; avec des tubes transporteurs, le rayon de la courbe peut atteindre plusieurs centaines de mètres, tandis qu'avec les transporteurs à courroie pliable et à courroie suspendue, seuls quelques mètres sont nécessaires (et même 0,4 mètres pour les boucles transporteuses).

Bénéfices environnementaux obtenus : la comparaison doit être faite avec une courroie de transporteur conventionnel encapsulée pour le transport de céréales. Pour un transporteur à courroie fermé, avec le même nombre de points de transfert, on obtient en général une réduction des émissions de poussières comprise entre 80 et 90 %. Si deux points de transfert peuvent être supprimés, le rendement estimé est compris entre 95 et 98 %.

En comparant avec la même technique de référence, pour le transport du charbon ou de minerai, et avec le même nombre de points de transfert, la réduction possible des émissions de poussières est estimée à 95 – 98 %. En supprimant deux points de transfert, le rendement estimé passe à 98 – 99 %.

Les points de transfert sont une source importante d'émissions de poussières et la réduction potentielle des émissions dépend de la possibilité de supprimer des points de transfert en utilisant des transporteurs à courroie fermés en raison de leur capacité à suivre des courbes. L'émission des points de transfert dépend du type de matière et de la conception du point de transfert, mais on peut dire que l'émission d'un point de transfert simple et fermé pour le charbon et le minerai est d'environ 0,3 à 2 grammes par tonne. Pour les céréales, elle peut être inférieure.

Une étude sur le rendement énergétique d'une courroie de transport conventionnelle sur une distance de 10 km à BHP Gregory/Crinum, Australie, a montré que l'on pouvait effectuer des économies importantes d'énergie en combinant :

- Une bonne conception de transporteur, avec des rouleaux et un espacement de rouleau
- Une tolérance d'installation précise et
- Une courroie avec un revêtement spécial côté tambour présentant une faible résistance au roulement

Applicabilité : les tubes transporteurs sont très souvent utilisés. Les transporteurs à double courroie et à courroie suspendue sont souvent utilisés. Les transporteurs à courroie pliable sont moins souvent utilisés.

Sécurité : néant

Littérature de référence : [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995] [17, UBA, 2001] [140, suppliers information, 2001]

4.4.5.3. Courroie de transport sans poulies de support

L'une des principales sources d'émission de poussières dues aux courroies provient de la mise en contact de la partie retour de la courroie avec les poulies de support. La suppression des poulies de support permet de prévenir ces émissions. Les techniques n'utilisant pas de poulies de support sont les suivantes :

- Courroie aérienne
- Transporteur à frottement réduit
- Transporteur avec diabolos

Les courroies sans poulies de support présentent l'avantage d'être mieux adaptées pour les enfermer. L'argument est qu'elles nécessitent moins de maintenance que les courroies de transport conventionnelles ; ainsi, l'inconvénient de leur faible accessibilité à la maintenance est annulé par la faible maintenance nécessaire.

4.4.5.3.1. Courroie aérienne

Description : la courroie transportant les matières se déplace sur une feuille dotée de petits trous dans lequel de l'air est insufflé. Un film d'air est créé entre la feuille et la courroie qui transporte la courroie (feuille) ?).

Bénéfices environnementaux obtenus: par rapport à un transporteur à courroie fermé conventionnel, la réduction des émissions est estimée à 60 – 90 %.

Efficacité opérationnelle : la longueur maximale d'une courroie aérienne est de 300 mètres. La largeur varie entre 300 et 1 800 mm. La capacité est d'environ 3 400 m^3 par heure.

Applicabilité : la technique est souvent utilisée, en particulier avec des produits très poussiéreux qui ne peuvent être mouillés, car ce type de transporteur peut être facilement fermé. Elle peut être utilisée pour le transport de tout type de matière.

Sécurité : néant

Littérature de référence : [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

4.4.5.3.2. Transporteur à frottement réduit

Description : avec un transporteur à frottement réduit, la courroie est en auge et glisse sur une bande de glissement avec une faible résistance (voir figure 4.25).

Top cover	Couvercle supérieur
Low-friction strip	Bande à frottement réduit
Return idler	Rouleau de retour
Centre support roller	Rouleau de support central
Belt-return strand	Brin inférieur de la courroie
Belt carrying strand	Brin de transport de la courroie

Figure 4. 25 : Transporteur à frottement réduit
[78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

Bénéfices environnementaux obtenus : la réduction des émissions estimée, par rapport à un transport à courroie fermé conventionnel, est comprise entre 60 et 90 %.

Efficacité opérationnelle : avec le transporteur à frottement réduit, la courroie glisse en partie sur une plaque ou une feuille. La résistance est donc plus importante qu'avec les transporteurs conventionnels ; c'est pourquoi cette technique est uniquement utilisée pour de courtes distances et des capacités réduites. La longueur maximale de

cette courroie est de 300 mètres. La largeur peut être comprise entre 300 et 1 800 mm. La capacité est d'environ 3 400 m^3 par heure.

Applicabilité : la technique est souvent utilisée, en particulier avec les produits très poussiéreux qui ne peuvent être mouillés, car ce type de transporteur peut être facilement enfermé. Elle peut être utilisée pour le transport de tout type de matières.

Sécurité : néant

Littérature de référence : [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

4.4.5.3.3. Transporteur avec diabolos

Description : avec ce type de transporteur, la courroie s'adapte à la forme de diabolo du rouleau (voir figure 4.26).

Deeply troughed belt provided high capacity. Hi roller idler will not pinch belt	Courroie à auge profonde de grande capacité. Le rouleau supérieur ne peut pas pincer la courroie.
Long life, regreasable flange bearing mounted in the standard position	Palier applique résistant regraissable monté dans la position standard
Trunking enclosure	Gaine de jonction
Weather and dust cover	Couvert de protection météorologique et anti-poussière
Spring cover clamp	Collier de la gaine de ressort
Optional outboard bearing mount	Support de palier externe en option
Offset spacer block	Bloc-espaceur de décalage
UHMV seal	Joint UHMV
Return belt continuously sweeps the conveyor bottom and carries all spillage to the tail section where it is reloaded	La courroie retour balaye en continu le fond du transporteur et transporte tout déversement vers la partie arrière où elle est rechargée
Bottom of conveyor UHMW lined	Fond du transporteur avec revêtement UHMW

Figure 4. 26 : Transporteur à courroie avec diabolos
[78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

Bénéfices environnementaux obtenus : la réduction estimée des émissions par rapport à un transporteur à courroie fermé conventionnel est comprise entre 60 et 90 %.

Efficacité opérationnelle : la vitesse de la surface des diabolos ne correspond pas partout à la vitesse de la courroie en raison de la forme du diabolo. Ce décalage peut provoquer une usure importante de la courroie. Pour remédier à ce problème, on peut augmenter la tension de la courroie pour éviter tout contact avec le diabolo dans la partie centrale. L'usure est proportionnelle à la capacité et à la longueur de la courroie. La longueur maximale de cette courroie est de 300 mètres. La largeur varie entre 300 et 1 800 mm ; sa capacité est d'environ 3 400 m^3 par heure.

Applicabilité : la technique est souvent utilisée, en particulier avec les produits très poussiéreux qui ne peuvent être mouillés, car ce type de transporteur peut être facilement enfermé. Elle peut être utilisée pour le transport de tout type de matières.

Sécurité : néant

Littérature de référence : [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

4.4.5.4. Mesures primaires relatives aux courroies de transport conventionnelles

Description : pour éviter la sortie des poussières par le haut de la courroie de transport, les mesures suivantes peuvent être mises en place :

- Augmenter la tension de la courroie
- Rapprocher les poulies de support
- Placer une plaque ou une feuille sous la courroie au point de chargement

- Réduire la vitesse de la courroie
- Augmenter la largeur de la courroie
- Rendre la courroie plus concave

Pour éviter la pénétration de poussières par le dessous de la courroie de transport, on peut appliquer les mesures suivantes :

- Type de courroie (pour éviter l'agglomération des matières sous forme de « gâteau »)
- Placer un additif sur la courroie pour la prévention de l'agglomération sous forme de « gâteau » (par ex., un film d'eau sur la courroie pour le transport de sucre « brut »)

Sécurité : néant

Littérature de référence : [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

4.4.5.5. Mesures principales relatives aux goulottes (par ex., sur les transporteurs à courroie)

Description : la conception des goulottes est déterminante pour la réalisation des objectifs suivants :

- Le transfert ne doit générer aucun déversement
- La goulotte charge au centre du transporteur de réception et sans biais pour que le suivi du transporteur de réception ne soit pas affecté
- Avec la goulotte, le flux de matières sur la courroie de réception doit s'effectuer à la même vitesse ou à une vitesse proche de celle du transporteur de réception
- Les problèmes dues aux contraintes, comme une hauteur de chute trop ou pas assez importante, la largeur et la hauteur de chute existante, la largeur d'extension de chute, la longueur, etc., sont gérés de façon efficace
- La dégradation matérielle due au transfert doit être minimisée de façon à réduire au maximum la création de poussières

Ces objectifs peuvent être atteints en calculant avec précision la trajectoire des matières hors du convoyeur-livreur et en aiguillant les matières lors du transfert à des angles d'incidence réduits de façon à induire un « écoulement libre » des matières lors du transfert. Un procédé de modélisation permet de créer des concepts détaillés.

Une entreprise américaine a adapté les principes des goulottes à chargement doux (utilisant la technologie « d'écoulement libre » mentionnée plus haut) pour mettre au point des stations de transfert contrôlant/confinant toutes les poussières inhérentes à la plupart des applications de goulotte. Cette technologie permet d'éviter l'utilisation de filtres à sac ou de dispositifs similaires ; le système est un système « passif » de contrôle des poussières. Cette technologie brevetée gère le flux d'air par une série de chambres pour créer une pression d'aspiration et un procédé unique de dissipateur d'air pour agglomérer la poussière et la renvoyer vers le flux principal des matières.

Efficacité opérationnelle : la base du procédé est la conception paramétrique et pour la plupart des applications de transfert, l'ensemble du procédé, après spécification de 20 à 25 paramètres par le client (et dans le cas d'un transfert existant, les détails de la structure de l'installation actuelle), peut être mis en place en 6 à 8 heures.

Applicabilité : le procédé de calcul peut être appliqué à des transferts nouveaux ou existants nécessitant une amélioration.

Sécurité : néant

Effets de réponse croisés : néant

Aspects économiques : par rapport au concept traditionnel de goulotte, aucun coût supplémentaire n'est à prévoir.

Littérature de référence : [142, Martin Engineering, 2001]

4.4.5.6. Réduction maximale de la vitesse de descente des matières chargées

Description : lorsque la vitesse des matières descendantes est trop élevée, des particules se séparent et de petites particules de poussière sont libérées. En outre, l'air est poussé vers le bas avec les matières qui tombent, transporte les poussières vers la sortie du déchargeur. L'impact des solides en vrac peut également donner lieu à des émissions de poussières. L'émission de poussières dépend de la hauteur de chute.

Pour réduire la vitesse de descente des matières, on peut :

- Installer des déflecteurs à l'intérieur de conduites longues (par exemple, dans de longs tuyaux de remplissage)
- Installer une tête de chargement à l'extrémité du tuyau pour réguler le volume de sortie
- utiliser une cascade (par ex., de tuyaux et de trémies)
- utiliser une pente minimale (par ex. avec les goulottes)

La cascade permet de réduire la hauteur de chute et la vitesse car les matières glissent et tombent alternativement (voir Figure 3.38).

Sécurité : néant

Effets de réponse croisés : néant

Littérature de référence : [17, UBA, 2001]

4.4.5.7. Réduction maximale de la hauteur de chute libre

Description : pour réduire au maximum les émissions de poussières dues aux camions, aux trains ou aux unités de chargement ou à la construction d'une butte, la sortie du déchargeur (par ex., un tuyau de remplissage) doit aller jusqu'au fond de l'espace utile ou sur les matières déjà empilées. Le réglage automatique de la hauteur reste le moyen le plus précis.

Applicabilité : les trémies, (voir section 3.4.2.3), les tuyaux de remplissage (voir section 3.4.2.9), les tubes de remplissage (voir section 3.4.2.10) et les tuyaux en cascade (voir section 3.4.2.11) permettent d'obtenir de très faibles hauteurs de chute s'ils sont correctement utilisés.

Pour les substances ayant une dispersivité de classe S5, la hauteur de chute n'est pas essentielle.

Sécurité : néant

Effets de réponse croisés : néant

Littérature de référence : [15, InfoMil, 2001, 133, OSPAR, 1998]

4.4.5.8. Dispositifs anti-poussière sur les tranchées de dépôt

Description : la section 3.4.2.8 et la figure 3.35 décrivent et illustrent une tranchée de dépôt équipée de dispositifs anti-poussière. La section 4.4.6.6 décrit une tranchée de dépôt équipée de dispositifs anti-poussière, d'un appareil d'aspiration et d'un revêtement (partiel) sur la zone de réception.

Efficacité opérationnelle : il faut tenir compte du fait que les dispositifs anti-poussière réduisent le pouvoir d'écoulement, ce qui peut entraîner des émissions de poussières si celui-ci est inférieur à la capacité de déchargement du camion ou du wagon.

Applicabilité : les tranchées de dépôt ont été mises au point pour le déchargement des céréales, mais sont en principe applicables à tous les solides en vrac à haute fluidité.

Littérature de référence: [17, UBA, 2001]

4.4.5.9. Soute à faible émission de poussières

Description : la référence [91, Meyer and Eickelpasch, 1999] montre que pour limiter les émissions de poussières provenant du déchargement de matières avec une benne dans une soute, la construction de la soute de réception est essentielle. La figure 4.27 présente quatre constructions différentes pouvant être comparées. Les soutes numéro 3 et 4 présentent les émissions les plus faibles.

Figure 4. 27 : Émissions de poussières provenant de soutes de différentes constructions [91, Meyer and Eickelpasch, 1999]

Si l'on compare de façon de façon plus détaillée les soutes numéro 3 et 4 (c'est-à-dire avec un nombre plus élevé de points d'émission), on voit que la soute numéro 4, équipée de l'ouverture réduite améliorée, présente le taux d'émission le plus élevé. La figure 4.28 illustre en détail les émissions de poussières des soutes numéro 4 à 1, 3, 5 et 7 points ; le tableau 4.18 indique les résultats des soutes numéro 3 et 4.

Figure 4. 28 : Détail des émissions de poussières de la soute numéro 4 [91, Meyer and Eickelpasch, 1999]

	Nombre de point d'émission pris en compte			
	1	3	5	7
Réduction (%) dans la soute 3	84	86	85	85
Réduction (%) dans la soute 4	84	92	91	90

Tableau 4. 18 : Réduction des émissions dans les soutes numéro 3 et 4

Efficacité opérationnelle : aucune donnée disponible.

Applicabilité : aucune donnée disponible.

Littérature de référence : [91, Meyer and Eickelpasch, 1999]

4.4.5.10. Châssis des véhicules à angles arrondis

Description : le châssis des camions transportant des solides en vrac peuvent être équipés d'angles arrondis pour éviter l'accumulation des matières.

Applicabilité : facilement applicable aux véhicules appartenant à la même société, mais plus difficilement aux véhicules de tiers.

Littérature de référence : [134, Corus, 1995]

4.4.6. Techniques secondaires permettant de réduire au maximum les émissions de poussières provenant de la manipulation

Outre les techniques de manipulation qui génèrent moins de poussières, les techniques primaires, des techniques secondaires permettent de réduire les émissions de poussières, notamment :

- Enfermement de la source d'émission, pouvant être associé à un système d'aspiration
- Utilisation de dépoussiéreurs
- Utilisation d'installations d'aspersion

Pour les transporteurs ouverts à l'air libre, l'installation d'écrans ou d'un toit peut être également envisagée. Pour le transport de produits en poudre, la couverture de la charge est une technique secondaire permettant d'éviter les émissions de poussières.

Les sections ci-dessous décrivent en détail ces différentes mesures de limitation des émissions de poussières.

Littérature de référence : [17, UBA, 2001] [15, InfoMil, 2001] [52, Staatliches Umweltamt Duisburg, 2000, 134, Corus, 1995]

4.4.6.1. Écrans pour courroies de transport ouvertes

Description : les transporteurs ouverts à l'air libre peuvent être protégés des effets du vent au moyen de :

- Écrans longitudinaux
- Écrans transversaux

Les côtés d'introduction et de déchargement du transporteur peuvent être également dotés de barrières sous forme d'écrans anti-vent (ou d'asperseurs).

Sécurité : néant

Littérature de référence : [15, InfoMil, 2001]

4.4.6.2. Enfermement ou couverture de la source d'émission

Description : les points de transfert, les trémies, les élévateurs à godets et autres sources potentielles d'émissions de poussières sont enfermés afin de limiter la diffusion des poussières et/ou de protéger les matières des intempéries. L'enfermement est un pré-requis à l'installation d'un système d'aspiration. On distingue deux types d'enfermements : un type fermé et un type semi-ouvert, dans lequel la source d'émission est ouverte d'un côté. Le type et la qualité de l'enfermement choisi détermine l'efficacité de la mesure de limitation des émissions de poussières et influence l'efficacité des dépoussiéreurs utilisés.

Il est également possible de couvrir totalement ou partiellement l'ensemble de la trajectoire du transporteur par des couvercles (demi-ronds) en tôle ou en plastique.

Housing	Enfermement
Suction point	Point d'aspiration
Holding-back at a gyroscope	Régulation au niveau d'un gyroscope
Bonnet cover	Capot protecteur

Figure 4. 29 : Types de construction d'enfermements
[17, UBA, 2001] avec référence à VDI 3929 et VDI 3606 (avant-projet)

Applicabilité : l'utilisation de couvertures n'est pas toujours possible, notamment lorsque l'écoulement des matières doit être visible. La conception doit prendre en considération la hauteur de chute, la largeur de la courroie et la vitesse de la courroie.

Littérature de référence : [17, UBA, 2001]

4.4.6.3. Mise en place de couvercles, de tabliers ou de cônes sur les tuyaux de remplissage

Description : la section 4.4.5.6, Réduction maximale de la vitesse de descente des matières chargées, décrit les techniques primaires permettant la réduction maximale des émissions de poussières provenant notamment des tuyaux de remplissage. Outre ces techniques, des couvercles ou tabliers peuvent être fixés à l'extrémité du tuyau pour réduire au maximum la dispersion des poussières.

Pour le chargement fermé en camions ou conteneurs individuels, un cône doté d'une alarme de remplissage peut être fixé à l'extrémité du tuyau pour empêcher toute émission de poussières.

Littérature de référence : [17, UBA, 2001]

4.4.6.4. Systèmes d'extraction

Description : l'utilisation de systèmes d'extraction est courante, qu'il s'agisse d'installation de dépoussiérage central ou de plusieurs dépoussiéreurs. Quelle que soit la technique utilisée, le réglage du système d'extraction doit permettre d'empêcher toute aspiration des matières dans le courant d'air ; les extracteurs doivent donc être installés à proximité de la source d'émission de poussières, mais pas directement au niveau de celle-ci. Des vitesses d'aspiration comprises entre 1 et 2 m/s sont généralement suffisantes. Si le courant de poussières/d'air contient trop de particules, un séparateur à force centrifuge peut être installé.

Figure 4. 30 : Enfermement et extraction au niveau d'un point de transfert de courroie [17, UBA, 2001] avec référence à VDI 3929

On utilise généralement des séparateurs de filtrage, comme des filtres en tissu, pour séparer les poussières du courant d'air ; ces dispositifs présentent les avantages suivants :

- Large spectre d'applications
- Performance de séparation élevée
- Très grande disponibilité
- Durée de vie élevée du filtre
- Construction simple
- Bon marché (investissement et coûts d'exploitation)

Différents types de filtres sont disponibles, notamment les filtres de gaine, les filtres à poche et les filtres à cartouche. Les différents types de procédés de nettoyage sont : nettoyage par secouage mécanique, décapage au jet d'abrasif et nettoyage par flux d'éjection.

Applicabilité : des dispositifs uniques sont souvent utilisés lorsque les distances entre les sources d'émission de poussières sont trop importantes ou lorsque les poussières contiennent des substances abrasives ou explosives.

Aspects économiques : une installation de dépoussiérage central est en générale moins chère que plusieurs dépoussiéreurs en matière d'investissement et de coûts d'exploitation et de maintenance. Les coûts d'investissement d'une installation de dépoussiérage central varient entre
30 000 et 200 000 euros (référence année 2000).

Littérature de référence : [17, UBA, 2001]

4.4.6.5. Filtres à lamelles pour transporteurs pneumatiques

Description : les systèmes de filtrage pour transporteurs pneumatiques doivent fonctionner dans des situations difficiles. Ils sont généralement raccordés directement au système de transport et doivent donc fonctionner à une sous-pression pouvant atteindre 0,5 bar. Le courant d'air peut atteindre 700 m^3/h, selon l'agencement du système et le type de matière transportée. Un filtre à lamelles en alliage fritté convient dans ce genre de situations.

Bénéfices environnementaux obtenus : on peut atteindre un niveau d'émission < 1 mg/Nm^3.

Applicabilité : ce type de filtre est souvent utilisé.

Sécurité : les filtres à lamelles en alliage fritté sont également disponibles en versions antistatiques.

Effets de réponse croisés : le filtre est lavable, il peut être recyclé et régénéré. En revanche, les techniques d'extrémité de tuyau sont toujours associées à une consommation énergétique.

Littérature de référence : [146, suppliers information, 2001] [147, EIPPCB, 2002]

4.4.6.6. Tranchées de dépôt avec équipement d'aspiration, local de protection et dispositifs anti-poussières

Description : les tranchées de dépôt peuvent être équipées de dispositifs anti-poussières. Ces soupapes ou lamelles s'ouvrent lors de l'introduction des substances. Les poussières générées sont retenues par les substances suivantes ou, lorsque l'écoulement des matières s'arrête, par la fermeture des dispositifs anti-poussières. Les tranchées de dépôt peuvent être également dotées d'un système d'aspiration. En plus des dispositifs anti-poussières et/ou du système d'aspiration, la zone de réception peut être également enfermée. On peut protéger le véhicule et la zone de tranchée par un système de rideau déplaçable. Les tranchées de dépôt sont parfois uniquement équipées d'un équipement d'aspiration. L'inconvénient de cette approche est qu'elle génère une consommation d'énergie importante et un faible rendement en matière de réduction des émissions.

Bénéfices environnementaux obtenus: en combinant un système d'aspiration et des dispositifs anti-poussières, la performance d'aspiration nécessaire est nettement moins élevée ; une réduction de 60 % est observée.

Le paragraphe ci-après compare deux combinaisons possibles de mesures de limitation des émissions de poussières utilisées en matière de rendement, de sécurité et de coût.

Combinaison 1 : aspiration de la tranchée de dépôt, installation de dispositifs anti-poussières et enfermement de la totalité de la zone de réception : on obtient une prévention presque totale des émissions de poussières diffuses.

Combinaison 2 : aspiration de la tranchée de dépôt, installation de dispositifs anti-poussières et enfermement du véhicule et de la zone de tranchée à l'aide d'un système de rideau déplaçable : on n'observe aucune sortie de poussière du local.

Efficacité opérationnelle : il faut prévoir le réglage précis de l'équipement d'aspiration de l'appareil d'aspiration pour éviter l'aspiration des matières.

L'utilisation de dispositifs anti-poussières risque de réduire le pouvoir d'écoulement, pouvant entraîner des émissions de poussières si celui-ci est inférieur à la capacité de déchargement du camion ou du wagon.

En pratique, les tranchées de dépôt fermées (ou enfermées) ne sont pas très efficaces car les portes ne restent pas fermées.

Sécurité : l'inconvénient des tranchées de dépôt fermées est que le véhicule, source d'inflammation, reste dans la zone enfermée où la formation de mélanges explosifs poussières/air est possible. Ce n'est pas le cas avec la combinaison 2.

Effets de réponse croisés : les systèmes d'aspiration sont bruyants et consomment beaucoup d'énergie.

Aspects économiques : Exemple 1 : une nouvelle tranchée de dépôt d'une capacité de 7 500 kg, avec un local de protection fixe et une aspiration, sans dispositifs anti-poussières, nécessite un investissement d'environ 225 000 euros (référence année 2000).

Exemple 2 : l'installation après coup sur un point de réception de céréales existant, d'une capacité comparable à celle de l'exemple 1, de dispositifs anti-poussières, d'une aspiration et d'un enfermement déplaçable nécessite un investissement d'environ 100 000 euros (référence année 2000).

La consommation d'énergie plus faible des tranchées de dépôt équipées de dispositifs anti-poussières est un avantage économique.

Usines de référence :

- Combinaison 1 : plusieurs en Allemagne
- Combinaison 2 : Raiffeisen Bezugsverein e. G., Süderbrarup ; ATR Landhandel, Leezen (Allemagne) (cette combinaison n'est pas autorisée dans certains Länder allemands).

Littérature de référence : [17, UBA, 2001]

4.4.6.7. Trémies de déchargement optimisées (dans les ports)

Description : la prévention des émissions de poussières provenant des trémies doit prendre en considération les éléments suivants (qui peuvent être combinés) :

- Trémies d'aspiration ; les mélanges poussières/air sont aspirés dans un filtre anti-poussières
- Trémies fermées ; les trémies sont dotées de hautes parois latérales, ayant les effets suivants :
    - Prévention de toute dispersion due au vent grâce à la paroi
    - Limitation locale de la répartition des poussières grâce à la paroi de la trémie et à la benne (lorsque la benne reste suffisamment longtemps dans la zone close)
    - Tout système d'aspiration installé est plus efficace (capacité d'aspiration réduite de 40 % requise par rapport aux trémies ouvertes)
- Trémies équipées de techniques (primaires), comme des déflecteurs ou une fermeture par grille de type persienne, les mélanges poussières-air étant retenus ; ces installations ne peuvent être utilisées qu'avec des solides en vrac relativement fluides

Efficacité opérationnelle : les trémies dotées de hauts murs latéraux gênent la visibilité du grutier. De plus, l'effet anti-poussières des murs latéraux hauts dépend essentiellement de la technique du grutier.

Aspects économiques : pour une trémie de silo, l'investissement peut être d'environ 46 000 euros avec les caractéristiques suivantes :

- Pente de trémie de 55°
- Porte de déchargement de 400 mm
- Tête de cylindre de 3 m
- Diamètre de 5 m
- Soupapes anti-poussières (comme dispositifs anti-poussières) avec aspiration (7 500 m^3/h)
- Filtre antistatique
- Equipement de contrôle

Usines de référence: la fermeture par grille de type persienne avec aspiration est utilisée dans le port de Neuss, Norddeutsche Affinerie Hambourg et dans le port de Hambourg. La grille de type persienne sans aspiration est utilisée à Raiffeisen Hauptgenossenschaft Nord, Uelzen (uniquement pour les engrais).

Littérature de référence : [17, UBA, 2001]

4.4.6.8. Techniques de pulvérisation d'eau/rideaux d'eau

Description : l'humidification des solides en vrac par épandage par aspersion est une technique dont l'efficacité a été prouvée pour la prévention des émissions de poussières provenant des activités de chargement/déchargement. La pulvérisation peut être effectuée par une installation permanente ou des conteneurs mobiles (par ex., des citernes).

Les rideaux d'eau sont, par exemple, utilisés pour maintenir les poussières dans la trémie lorsque les bennes sont ouvertes au-dessus du rideau d'eau. Le rognage des stocks de réserve effectué par des goulottes de descente équipées de systèmes de suppression d'humidité est une autre technique.

Les efforts consentis pour réduire la taille des gouttes facilitent l'agglomération des fines particules de poussière. Cette nouvelle configuration a nécessité la création de buses spéciales permettant l'utilisation d'air comprimé et d'additifs.

Les sections 4.3.6.1, Pulvérisation d'eau avec ou sans additifs, et 4.4.6.9, Diffusion d'eau, décrivent des techniques applicables aux activités de chargement et de déchargement à l'air libre.

Bénéfices environnementaux obtenus : si la pulvérisation s'effectue uniquement avec de l'eau, le rendement estimé est compris entre 80 et 98 %.

Applicabilité : la technique de pulvérisation d'eau est simple, mais son utilisation est limitée aux solides en vrac ne présentant aucune sensibilité à l'humidité. La pulvérisation convient tout particulièrement aux établissements ne disposant ni d'un espace suffisant pour l'installation d'un système d'extraction, ni de ressources en eau.

Effets de réponse croisés : la consommation d'eau est relativement élevée et l'aspersion peut rendre les substances trop mouillées pour être manipulées. Parfois, les substances doivent être ensuite séchées, ce qui peut entraîner une augmentation de la consommation d'énergie. Les eaux de ruissellement récupérées peuvent nécessiter un traitement.

Aspects économiques : globalement, les installations de pulvérisation d'eau nécessitent, selon le nombre de points de transfert, un investissement compris entre 5 000 et 7 500 euros (année de référence 2000).

Installation type : Weser Engineering GmbH, Allemagne.

Littérature de référence : [17, UBA, 2001] [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995] [133, OSPAR, 1998] [74, Corus, 2002]

4.4.6.9. Diffusion d'eau

Description : de l'air à une pression constante de 2 bars et de l'eau à une pression variable comprise entre 0,5 et 1,5 bars sont utilisés pour générer une fine brume d'eau. L'utilisateur peut sélectionner une eau pulvérisée en forme de cône ou en éventail. La taille des gouttes d'eau est comprise entre 1 et 50 µm (le plus souvent entre 1 et 10 µm), selon la taille de la buse et la pression de l'eau et de l'air. Il existe des installations ayant différentes consommations, par exemple 10 l/h, 25 l/h et 55 l/h. En pratique, 1 litre est nécessaire par tonne de matière traitée.

L'utilisation de cette technique nécessite la couverture complète pour garantir une réduction optimale des poussières. Si seule une capsulation latérale est effectuée, l'effet est réduit de 50 %. Les tailles de capsulation sont de 600 mm de haut et de 2 500 mm à 4 000 mm de long. On calcule par buse un espace capsulé compris entre 0,5 et 1 m^3.

La technique de diffusion d'une fine brume d'eau empêcher les substances d'être trop mouillées. Aucun additif, ni aucun antigel n'est nécessaire. En revanche, il faut une couverture complète et un compresseur.

Applicabilité : la diffusion d'eau, qui permet de supprimer la formation de poussières, peut être utilisée sur des buttes, pour le chargement/déchargement de buttes et de soutes, le chargement de bateaux avec des trémies télescopiques et le chargement de camions depuis des silos.

Effets de réponse croisés : de l'eau et de l'énergie sont nécessaires ; par ailleurs, le compresseur est bruyant.

Aspects économiques : par rapport aux mesures traditionnelles de limitation des émissions de poussières, l'investissement est moins lourd, en particulier si les raccordements d'eau, d'air et d'air comprimé existent déjà. Les coûts associés à une buse varient entre 760 et 2 000 euros, commandes et tuyaux compris, et entre 400 et 460 euros, commandes et tuyaux exclus. Le coût d'investissement de l'ensemble de l'équipement nécessaire est d'environ 10 000 euros.

Usines de référence : Centrale électrique de Mannheim, bassins charbonniers Braunschweigische AG – centrale électrique d'Offleben, centrale au lignite VEAG à Jänschwalde, HKW Pforzheim, centrale électrique Nordthüringen – HKW Erfurt, centrale électrique Schwaben – Heilbronn.

Littérature de référence : [17, UBA, 2001]

4.4.6.10. Nettoyage des courroies de transport

Description : pour éviter les émissions de poussières provenant des courroies de transport, les techniques de nettoyage suivantes peuvent être utilisées :

- Abrasion, éventuellement avec un élévateur rotatif pour récupérer les matières raclées (voir figure 4.31)
- Lavage à l'eau
- Soufflage d'air
- Choc ou tremblement

- Aspiration sous la courroie
- Rotation de la courroie pendant son retour
- Tiroir d'auto-nettoyage sous la courroie

L'élévateur rotatif présenté ci-dessous est installé sur les éléments de la courroie d'où tombent des matières. L'élévateur qui pivote lentement récupère les matières et les ramène sur la courroie. Cette technique est principalement mise au point pour les transporteurs à courroie d'où tombent une grande quantité de matières.

Figure 4. 31 : Élévateur rotatif pour récupérer les substances grattées sur la courroie de transport [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

Dans la mine Martha Hill dans l'île nordique de la Nouvelle Zélande, du minerai et des déchets sont transportés sur des courroies de transport classiques. Le minerai et les déchets sont constitués d'un mélange d'argiles fines et de cendres volcaniques et de roche dure. Les argiles ont une teneur en humidité de 41 % et sont extrêmement collantes. Un système de nettoyage sophistiqué a été installé pour le nettoyage de la courroie. Il comprend une raclette de courroie principale et une raclette de courroie secondaire dans la poulie de tête, une paire de diffuseurs d'eau en éventail à haute pression installés légèrement en arrière de la poulie de tête et une série de rouleaux prévus pour bocarder les dernières boues eau/déchets de la courroie. L'approvisionnement en eau est suffisant pour mettre en suspension toute substance ramenée et l'eau de ce système est récupérée dans des retenues où les solides sont précipités et l'eau est ensuite recyclée.

Bénéfices environnementaux obtenus : le rendement estimé est compris entre 20 et 40 %, mais dépend en grande partie de la matière et du nombre d'élévateurs.

Efficacité opérationnelle : à Corus, certaines de ces techniques ne se sont pas montrées très efficaces. Les racleurs de courroie au niveau du tambour de tête s'usent et nécessitent une maintenance continue. Les installations de rotation de la courroie et de lavage de la courroie n'ont qu'une utilisation limitée et les installations de lavage de la courroie nécessitent une maintenance fréquente.

La mise en service de l'installation de transport à la mine Martha Hill Mine a nécessité plusieurs modifications de détail, surtout dues à la manipulation de déchets collants pouvant bloquer les goulottes. Après plusieurs modifications mineures, le système a atteint un bon niveau de performance. En revanche, on ne dispose d'aucune information de la part du client pour confirmer le niveau d'efficacité opérationnelle et de performance de l'équipement.

Applicabilité : les sites de transport de minerai associent la pulvérisation d'eau, le grattage et la rotation automatique de la courroie.

L'élévateur rotatif n'est pas adapté aux substances très poussiéreuses.

Sécurité : néant

Usines de référence : Corus et Ertsoverslagbedrijf Europoort c.v. (une société de transbordement de minerai), Pays-Bas.

Littérature de référence : [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995, 134, Corus, 1995, 141, suppliers information, 2001]

4.4.6.11. Adaptation de volets mécaniques/hydrauliques sur les camions

Description : les camions transportant des produits en poudre sont dotés de volets mécaniques/hydrauliques qui couvrent le chargement.

Sécurité : néant

Installation type : Corus, Pays-Bas.

Littérature de référence : [52, Staatliches Umweltamt Duisburg, 2000, 134, Corus, 1995]

4.4.6.12. Nettoyage des routes

Description : les routes revêtues d'une surface dure, du béton ou de l'asphalte, peuvent être nettoyées pour éviter le tourbillonnement des poussières dû au passage des véhicules, en utilisant différents types de balayeurs, notamment :

Technique 1. Camions balayeurs-arroseurs équipés d'un système de mouillage, d'une brosse rotative et d'une buse d'aspiration de 0,5 m

Technique 2. Camions balayeurs à sec équipés d'une brosse rotative, d'un système d'aspiration enfermé avec une buse d'aspiration de 0,5 m

Technique 3. Camions balayeurs à sec équipés d'un système d'aspiration fermé avec brosse rotative, d'une vitesse d'aspiration élevée et d'une buse de 2,4 m avec une machine de séchage

Technique 4. Camions balayeurs-arroseurs sans brosse rotative, avec une pression d'eau de 120 bars, une vitesse d'aspiration élevée et une buse de 2,4 m.

Bénéfices environnementaux obtenus : toutes ces techniques ont été testées à Corus, Pays-Bas (producteur d'acier) ; la technique 1 est très peu performante car la quantité de poussières n'a été réduite que de 12 %. La technique 2 est plus performante avec une réduction de la quantité de poussières de 38 %. La technique 3 a permis de réduire la quantité de poussières de 93 % et la technique 4 a été la plus performante, avec une réduction de la quantité de poussières de 98 %.

Numéro de technique	**1**	**2**	**3**	**4**
Réduction totale des poussières (%)	12	38	93	98

Tableau 4. 19 : Efficacité des différents balayeurs
[134, Corus, 1995]

La fréquence du nettoyage des routes dépend de plusieurs facteurs et ne peut être établie qu'au cas par cas.

Efficacité opérationnelle : l'inconvénient de la technique numéro 4 est que les eaux sales doivent être déchargées dans une station d'épuration (réservoir de décantation). Cette installation nécessite un investissement supplémentaire si aucune station d'épuration adaptée n'est disponible.

Sécurité : néant

Installation type : Corus, Pays-Bas.

Littérature de référence: [52, Staatliches Umweltamt Duisburg, 2000, 134, Corus, 1995]

4.4.6.13. Nettoyage des pneus des véhicles

Description : pour éviter le ramassage des poussières par les pneus des véhicules motorisés, différentes techniques de nettoyage peuvent être utilisées. Un simple matelas d'eau dans lequel le véhicule est obligé de passer peut suffire.

Il existe une technique plus sophistiquée qui consiste à nettoyer la surface de roulement des pneus avec de l'eau propre, puis de retirer les poussières de l'eau sale dans un réservoir de décantation et de réutiliser l'eau comme eau de lavage (voir Figure 4.32). Lorsqu'un véhicule s'approche de l'installation, de l'eau projetée à grande vitesse arrose automatiquement afin de réduire la quantité d'eau et d'énergie utilisée.

Si l'eau de lavage doit être évacuée, on procède généralement au traitement de l'eau avant son évacuation et au recyclage des matières récupérées, en particulier dans l'industrie des métaux non ferreux primaires pour éviter le dégagement de métaux.

Figure 4. 32 : Matelas d'eau avec arrosage de la surface de roulement des pneus

[134, Corus, 1995]

Outre les techniques de nettoyage à l'eau, des techniques de nettoyage à sec peuvent être également utilisées, mais aucune information complémentaire n'a été communiquée sur ces techniques.

Efficacité opérationnelle : pour assurer le nettoyage des véhicules par l'installation de lavage avant la sortie du site, des clôtures sont placées pour forcer les conducteurs à prendre la route où se trouve l'installation de nettoyage.

Applicabilité : le nettoyage des pneus des véhicules est souvent utilisé. Le choix de la technique, un simple matelas d'eau ou un équipement très sophistiqué, dépend de plusieurs facteurs, notamment :

- L'aspect des poussières fines sur le site (l'arrosage des poussières fines dans les rues entraîne la formation d'une boue fine, mais le nettoyage par le passage dans un simple matelas d'eau suffit)
- La présence de sols collants (l'installation de lavage doit prendre en charge des cas plus délicats car les sols collants sont plus difficiles à retirer du pneu)
- Les poussières contenant des substances dangereuses
- L'éloignement des maisons voisines et autres objets sensibles
- Le nombre de véhicules n'est pas déterminant pour la décision d'installer un système de nettoyage

Sécurité : néant

Installation type : Corus aux Pays-Bas et plusieurs autres usines à Duisburg, en Allemagne.

Littérature de référence : [52, Staatliches Umweltamt Duisburg, 2000] [134, Corus, 1995] [133, OSPAR, 1998]

4.4.7. Mesures permettant de réduire les émissions dues aux matières emballées

Voir section 4.1.7.

4.4.8. Sécurité et gestion des risques pour la manipulation des solides

La section 4.1.6.1 est consacrée à la directive Seveso concernant le stockage en réservoirs de grandes quantités de liquides ou de gaz liquéfiés dangereux. Cette directive concerne également le stockage et la manipulation des solides dangereux.

5. MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES

Pour la compréhension de ce chapitre et de son contenu, nous conseillons au lecteur de consulter la préface du présent document et, en particulier, la cinquième section de la préface : « Comment comprendre et utiliser le présent document ». Les techniques et les niveaux d'émission et/ou de consommation associés, présentés dans le présent chapitre ont été évalués selon un procédé itératif comprenant les étapes suivantes :

- Identification des problèmes d'environnement les plus importants, à savoir les émissions dans l'air et dans le sol résultant du stockage, du transport et de la manipulation des liquides et des gaz liquéfiés et les émissions de poussières dues au stockage et à la manipulation des solides. Les problèmes de sécurité sont également évoqués.
- Examen des techniques les mieux adaptées pour répondre à ces problèmes
- Identification des meilleurs niveaux de performance environnementale, sur la base des données disponibles dans l'Union européenne et dans le monde
- Examen des conditions dans lesquelles ces niveaux de performance ont été atteints, notamment les coûts, les effets de réponse croisés, les principaux éléments moteurs impliqués dans la mise en œuvre de ces techniques
- Sélection des meilleures techniques disponibles (MTD) et des niveaux d'émission et/ou de consommation associés en règle générale, conformément à l'article 2(11) et l'annexe IV de la directive

L'avis des experts du bureau européen de l'IPPC et du groupe de travail technique (TWG : Technical Working Group) sur le stockage a joué un rôle essentiel à chaque étape dans la présentation des informations dans le présent document.

Sur la base de cette évaluation, le présent chapitre décrit les techniques, et dans la mesure du possible les niveaux d'émission et de consommation associés à l'utilisation des MTD considérées comme appropriées aux systèmes de stockage, de transport et de manipulation correspondants ; elles reflètent, le plus souvent, les performances réelles de certaines installations utilisées. Les niveaux d'émission et de consommation « associés aux meilleures techniques disponibles » indiqués représentent la performance environnementale pouvant être envisagée du fait de l'utilisation des techniques décrites, en tenant compte de l'équilibre entre les coûts et les avantages inhérents à la MTD. Il ne s'agit en aucun cas de valeurs limite d'émission et de consommation. Dans certains cas, de meilleurs niveaux d'émission et de consommation peuvent être obtenus, mais en raison des coûts ou des problèmes de réponse croisés, ces niveaux ne sont pas considérés comme une MTD pour le système de stockage, de transport ou de manipulation correspondant. En revanche, de tels niveaux peuvent être justifiés dans des cas précis si les éléments moteurs nécessaires existent.

Les niveaux d'émission et de consommation associés à l'utilisation de la MTD ne peuvent être atteints que dans les conditions de référence spécifiées (par ex., périodes d'intégration).

Le concept de "niveaux associés à la MTD" décrit ci-dessus ne doit pas être confondu avec le terme « niveau réalisable » utilisé dans d'autres parties du présent document. Un niveau est dit « réalisable » grâce à l'utilisation d'une ou plusieurs techniques spécifiques s'il est possible d'atteindre ce niveau dans un délai raisonnable et dans une installation bien entretenue et exploitée où ces techniques sont appliquées.

Le cas échéant, des données relatives aux coûts ont été ajoutées à la description des techniques présentées dans le précédent chapitre. Il ne s'agit que d'une indication approximative de l'amplitude des coûts prévus. Le coût réel de l'utilisation d'une technique est propre à chaque situation (taxes, droits et caractéristiques techniques de l'installation concernée). Il est impossible d'évaluer de tels facteurs propres au site dans le présent document. En l'absence de données relatives aux coûts, des conclusions relatives à la viabilité économique des techniques sont tirées des observations effectuées sur des installations existantes.

Les MTD générales présentées dans le présent chapitre doivent servir de point de référence permettant d'estimer les performances actuelles d'une installation existante ou d'évaluer une proposition de nouvelle installation. Elles facilitent ainsi l'identification des critères de base de la « MTD » pour l'installation ou la mise en place de règles générales obligatoires selon l'article 9(8). La conception des nouvelles installations peut permettre d'atteindre ou de dépasser les niveaux des MTD présentées dans le présent document. La modification

d'installations existantes peut également permettre d'atteindre ou de dépasser les niveaux des MTD, selon l'applicabilité technique et économique des techniques dans chaque cas.

Les documents de référence des MTD ne définissent pas de normes obligatoires, mais sont conçus pour servir de base aux industriels, aux États membres et au public quant aux niveaux d'émission et de consommation réalisables grâce à l'utilisation des techniques indiquées. Les valeurs limites appropriées pour chaque cas doivent être déterminées en tenant compte des objectifs de la directive IPPC et des conditions locales.

Selon une approche horizontale, on suppose que les aspects environnementaux des techniques utilisées et des mesures de limitation associées peuvent être évaluées et que des MTD génériques peuvent être identifiées indépendamment du secteur industriel dans lequel ces techniques sont utilisées.

En revanche, comme tous les réservoirs sont différents du fait de leur conception, du produit stocké, de la localisation, etc., une méthodologie a donc été définie pour évaluer les mesures de limitation des émissions (MLE) décrites au chapitre 4. Cette méthodologie, décrite à la section 4.1.1, peut être utilisée par le rédacteur de permis et l'opérateur pour définir la ou les MLE répondant ou dépassant les critères de la MTD la mieux adaptée au stockage des liquides et des gaz liquéfiés pour une situation donnée.

Certains États membres estiment qua la méthodologie des MLE n'est ni pratique, ni adaptée à la détermination des MTD (voir section 4.1.1). Plus précisément, la méthodologie :

- N'est pas une MTD, ce qui a été reconnu par le TWG. En outre, la méthodologie ne répond pas aux critères d'une MTD selon le BREF « Outline and Guide »
- N'a pas été testée dans la pratique par les autorités d'accréditation
- Ne permet aucune conclusion européenne ou sectorielle sur les MTD pour les substances présentant certaines propriétés
- N'offre pas de possibilité d'harmonisation des techniques de MTD en Europe

Quelques États membres contestent les conclusions relatives aux MTD du chapitre 5 car, selon eux, la détermination des MTD au cas par cas à un niveau local est trop privilégiée. Le BREF ne contient pas des conclusions européennes claires relatives aux MTD pouvant contribuer à l'harmonisation des normes au niveau européen. Ils préfèreraient, en particulier, que de telles normes soient basées sur le danger potentiel associé aux substances manipulées, ainsi qu'à leur quantité.

5.1. Stockage des liquides et des gaz liquéfiés

5.1.1. Réservoirs

5.1.1.1. Principes généraux pour éviter et réduire les émissions

<u>Conception du réservoir</u>

La MTD spécifique à la conception des réservoirs doit prendre en considération au moins les éléments suivants :

- Les propriétés physico-chimiques de la substance stockée
- Le mode d'exploitation du stockage, le niveau d'instrument nécessaire, le nombre d'opérateurs requis et la charge de travail de chacun
- Le mode d'information des opérateurs de toute déviation des conditions normales d'utilisation (alarmes)
- Le mode de protection du stockage contre toute déviation des conditions normales d'utilisation (instructions de sécurité, systèmes de verrouillage, clapets de décharge, détection des fuites et confinement, etc.)
- L'équipement à installer, en prenant en considération les expériences passées du produit (matériaux de construction, qualité des soupapes, etc.)
- Le plan de maintenance et d'inspection à mettre en œuvre, ainsi que le mode de simplification du travail de maintenance et d'inspection (accès, agencement, etc.)

- Le mode de gestion des situations d'urgence (éloignement par rapport aux autres réservoirs, installations et limite, protection anti-incendie, accès aux services d'urgence, notamment les sapeurs-pompiers, etc.)

L'annexe 8.19 donne un exemple de liste de contrôle.

Inspection and entretien

La MTD consiste à utiliser un outil permettant de déterminer les plans d'entretien proactif et de mettre en place des plans d'inspection centrés sur l'évaluation des risques, comme l'approche de maintenance centrée sur le risque et sur la fiabilité (voir section 4.1.2.2.1).

Le travail d'inspection peut être divisé en inspections de routine, en inspections externes en service et en inspections internes hors service ; ces différentes inspections sont décrites en détail à la section 4.1.2.2.2.

Localisation et agencement

La localisation et l'agencement des nouveaux réservoirs doivent être déterminés avec soin, les zones de protection de l'eau et de captage d'eau doivent être notamment évitées dans la mesure du possible (voir section 4.1.2.3).

La MTD consiste à localiser un réservoir fonctionnant à la pression atmosphérique aérienne ou à une pression proche. En revanche, un site stockant des liquides inflammables et disposant d'un espace limité peut utiliser des réservoirs enterrés. Les gaz liquéfiés peuvent être stockés dans des réservoirs enterrés, partiellement enterrés ou des sphères, selon le volume de stockage.

Couleur du réservoir

La MTD consiste à appliquer une couleur de réservoir ayant une réflectivité du rayonnement thermique ou lumineux d'au moins 70 %, ou un bouclier solaire sur des réservoirs aériens contenant des substances volatiles (voir respectivement les sections 4.1.3.6 et 4.1.3.7).

Principe de réduction maximale des émissions lors du stockage en réservoirs

La MTD consiste à réduire les émissions dues au stockage en réservoirs, au transport et à la manipulation ayant un impact négatif sur l'environnement, comme décrit à la section 4.1.3.1.

Cette technique est applicable aux grandes installations de stockage dans lesquelles un délai de mise en œuvre est autorisé.

Surveillance des COV

Lorsque des émissions de COV significatives sont prévues, la MTD prévoit le calcul régulier des émissions de COV. Le modèle de calcul peut parfois nécessiter une validation par l'utilisation d'une méthode de mesure (voir section 4.1.2.2.3).

Trois États membres ont un avis divergent car ils pensent que sur les sites où sont prévues des émissions importantes de COV (par ex., la raffineries, les usines pétrochimiques et les terminaux pétroliers), la MTD doit prévoir le calcul régulier des émissions de COV avec des méthodes de calcul validées et qu'en raison des incertitudes des méthodes de calcul, les émissions des usines doivent être surveillées périodiquement afin de quantifier les émissions et de fournir des données de base pour affiner les méthodes de calcul. Les techniques DIAL permettent ce genre de surveillance. La nécessité et la fréquence de la surveillance des émissions doivent être décidées au cas par cas.

Systèmes spécialisés

La MTD consiste à utiliser des systèmes spécialisés (voir section 4.1.4.4).

Les systèmes spécialisés ne sont généralement pas applicables aux sites où des réservoirs sont utilisés pour un stockage de courte à moyenne durée de différents produits.

5.1.1.2. Considérations spécifiques aux réservoirs

Réservoirs à ciel ouvert

Les réservoirs à ciel ouvert sont utilisés pour le stockage du lisier dans des exploitations agricoles ou de l'eau et d'autres liquides non inflammables ou des liquides non volatiles dans des installations industrielles (voir section 3.1.1).

En cas d'émissions dans l'air, la MTD consiste à recouvrir le réservoir en utilisant :

- Un toit flottant (voir section 4.1.3.2)
- Un toit souple ou flexible (voir section 4.1.3.3)
- Un toit rigide (voir section 4.1.3.2)

De plus, avec un réservoir à ciel ouvert couvert d'un toit souple, flexible ou rigide, un système de traitement de la vapeur doit être installé pour obtenir une réduction supplémentaire des émissions (voir section 4.1.3.15). Le type de couverture et l'installation éventuelle d'un système de traitement de la vapeur dépendent des substances stockées et doivent être déterminés au cas par cas.

Pour prévenir tout dépôt nécessitant une étape supplémentaire de nettoyage, la MTD doit prévoir le mélange de la substance stockée (par exemple, le lisier) (voir section 4.1.5.1).

Réservoir à toit flottant externe

Les réservoirs à toit flottant externe sont utilisés, par exemple, pour le stockage du pétrole brut (voir section 3.1.2).

Le niveau de réduction des émissions associé à la MTD pour un grand réservoir est d'au moins 97 % (par rapport à réservoir à toit fixe sur lequel aucune mesure n'est prévue) ; pour ce faire, au moins 95 % de la circonférence de l'espace entre le toit et la paroi doit faire moins de 3,2 mm et les joints d'étanchéité doivent être de type hydraulique ou sabot. L'installation de joints d'étanchéité primaires hydrauliques et de joints de bordure secondaires permet d'obtenir une réduction des émissions dans l'air pouvant atteindre 99,5 % (par rapport à un réservoir à toit fixe sur lequel aucune mesure n'est prévue). En revanche, le choix du joint d'étanchéité doit tenir compte de la fiabilité, les joints sabots étant préférés pour leur longévité et donc pour les renouvellements élevés (voir section 4.1.3.9).

La MTD consiste à utiliser des toits flottant à contact direct (double ponts) ; néanmoins, les toits flottant existants sans contact (ponton) sont également une MTD. Voir section 3.1.2.

D'autres mesures permettent de réduire les émissions (voir section 4.1.3.9.2) :

- Installation d'un toit flottant dans le pôle de guidage à rainure
- Installation d'un manchon sur le pôle de guidage à rainure
- Installation de « chaussettes » sur les jambes du toit

Un dôme peut être une MTD contre les mauvaises conditions météorologiques, notamment les vents forts, la pluie ou les chutes de neige (voir section 4.1.3.5).

Pour les liquides contenant un taux élevé de particules (par ex., le pétrole brut), la MTD consiste à mélanger la substance stockée pour éviter le dépôt qui nécessiterait la réalisation d'une étape supplémentaire de nettoyage (voir section 4.1.5.1).

Réservoirs à toit fixe

Les réservoirs à toit fixe sont utilisés pour le stockage des liquides inflammables et autres liquides, comme les produits pétroliers et chimiques quel que soit le niveau de toxicité (voir section 3.1.3).

Pour le stockage des substances volatiles toxiques (T), très toxiques (T+) ou cancérogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction (CMR) des catégories 1 et 2 dans un réservoir à toit fixe, la MTD consiste à installer un dispositif de traitement de la vapeur.

Cette MTD ne fait pas l'unanimité parmi les professionnels pour les raisons suivantes :

a) Le présent BREF ne donne pas de définition du terme « volatile »
b) aucun test ne permet de déterminer l'impact environnemental
c) Les produits potentiellement nocifs pour l'environnement, mais considérés comme non toxiques, ne sont pas récupérés
d) D'autres mesures de limitation des émissions permettent d'atteindre un niveau plus élevé de protection environnementale en tenant compte des coûts et des avantages des différentes techniques
e) Il n'existe aucun critère de performance reconnu pour une installation de traitement de la vapeur
f) Cette technique ne tient pas compte du coût ou des avantages d'autres techniques
g) Elle ne permet pas de tenir compte des caractéristiques techniques de l'installation concernée, de son emplacement géographique et des conditions environnementales locales
h) Cette conclusion n'apporte aucune proportionnalité

Pour d'autres substances, la MTD consiste à utiliser une installation de traitement de la vapeur ou à installer un toit flottant interne (voir respectivement les sections 4.1.3.15 et 4.1.3.10). Les toits flottants avec contact et les toits flottants sans contact sont des MTD. Aux Pays-Bas, cette technique est une MTD si la substance a une pression de vapeur (à 20 ºC) de 1 kPa et si le réservoir a un volume ≥ à 50 m^3. En Allemagne, ces MTD ne doivent être utilises que si la substance a une pression de vapeur (à 20 ºC) de 1,3 kPa et si le volume du réservoir est ≥ 300 m^3.

Pour les réservoirs < 50 m^3, la MTD consiste à utiliser un clapet de décharge à la valeur la plus élevée possible en accord avec les critères de conception du réservoir.

Le choix de la technologie de traitement de la vapeur doit être basé sur des critères comme le coût, la toxicité du produit, l'efficacité de la réduction, les quantités d'émissions au repos et les possibilités de récupération du produit ou de l'énergie et effectué au cas par cas. La réduction des émissions associée à la MTD est d'au moins 98 % (par rapport à un réservoir à toit fixe sur lequel aucune mesure n'est prévue) (voir section 4.1.3.15).

La réduction des émissions réalisable pour un grand réservoir utilisant un toit flottant interne est d'au moins 97 % (par rapport à un réservoir à toit fixe sur lequel aucune mesure n'est prévue) ; pour ce faire, au moins 95 % de la circonférence de l'espace entre le toit et la paroi doit faire moins de 3,2 mm et les joints d'étanchéité doivent être de type hydraulique ou mécanique. L'installation de joints primaires hydrauliques et de joints de bordure secondaires permet d'obtenir des réductions d'émissions supérieures. En revanche, plus le réservoir est petit, plus le nombre de renouvellements est limité et moins le toit flottant est efficace (voir respectivement les annexes 8.22 et 8.23).

Les études de cas de l'annexe 8.13 montrent que les réductions d'émission réalisables dépendent de plusieurs éléments, notamment de la substance stockée, des conditions météorologiques, du nombre de renouvellements et du diamètre du réservoir. Les calculs montrent qu'avec un réservoir à toit flottant interne, une réduction des émissions comprise entre 62,9 et 97,6 % peut être obtenue (par rapport à un réservoir à toit fixe sur lequel aucune mesure n'est prévue) ; 62,9 % correspond à un réservoir de 100 m^3 équipé uniquement de joints primaires et 97,6 % à un réservoir de 10 263 m^3 équipé de joints primaires et secondaires.

Pour les liquides contenant un taux élevé de particules (par ex., du pétrole brut), la MTD consiste à mélanger la substance stockée pour éviter le dépôt qui nécessiterait la réalisation d'une étape supplémentaire de nettoyage supplémentaire (voir section 4.1.5.1).

Réservoirs horizontaux atmosphériques

Les réservoirs horizontaux atmosphériques sont utilisés pour le stockage de liquides inflammables et autres liquides, comme les produits pétroliers et chimiques facilement inflammables et très toxiques (voir section 3.1.4).
Contrairement aux réservoirs verticaux, les réservoirs horizontaux peuvent, grâce à leurs propriétés inhérentes, fonctionner à des pressions plus élevées.

Pour le stockage des substances volatiles toxiques (T), très toxiques (T+) ou des catégories CMR 1 et 2 dans un réservoir horizontal atmosphérique, la MTD consiste à installer un système de traitement de la vapeur.

Cette MTD ne fait pas l'unanimité parmi les professionnels pour les raisons suivantes :

a) *Le présent BREF ne donne pas de définition du terme « volatile »*
b) *aucun test ne permet de déterminer l'impact environnemental*
c) *Les produits potentiellement nocifs pour l'environnement, mais considérés comme non toxiques, ne sont pas récupérés*
d) *D'autres mesures de limitation des émissions permettent d'atteindre un niveau plus élevé de protection environnementale en tenant compte des coûts et des avantages des différentes techniques*
e) *Il n'existe aucun critère de performance reconnu pour une installation de traitement de la vapeur*
f) *Cette technique ne tient pas compte du coût ou des avantages d'autres techniques*
g) *Elle ne permet pas de tenir compte des caractéristiques techniques de l'installation concernée, de son emplacement géographique et des conditions environnementales locales*
h) *Cette conclusion n'apporte aucune proportionnalité*

Pour les autres substances, la MTD consiste à utiliser tout ou partie des techniques suivantes, selon les substances stockées :

- Utilisation de clapets de décharge et de soupapes de décompression (voir section 4.1.3.11)
- Pousser jusqu'à 56 mbars (voir section 4.1.3.11)
- Utiliser l'équilibrage de la vapeur (voir section 4.1.3.13)
- Utiliser un réservoir à espace variable pour la vapeur (voir section 4.1.3.14)
- Utiliser le traitement de la vapeur (voir section 4.1.3.15)

Le choix de la technologie du traitement de la vapeur doit être effectué au cas par cas.

Stockage sous pression

Le stockage sous pression est utilisé pour le stockage de toutes les catégories de gaz liquéfiés, depuis les gaz ininflammables jusqu'aux gaz très toxiques. Les seules émissions importantes dans l'air dans les conditions normales d'utilisation sont dues au drainage.

La MTD applicable au drainage dépend du type de réservoir ; il peut s'agit d'un dispositif de vidange fermé raccordé à une installation de traitement de la vapeur (voir section 4.1.4).

Le choix de la technologie du traitement de la vapeur doit être effectué au cas par cas.

Réservoirs à toit respirant

Pour les émissions dans l'air, la MTD consiste à (voir sections 3.1.9 et 4.1.3.14) :

- Utiliser un réservoir à membrane flexible équipé de clapets de décharge/soupapes de décompression ou
- Utiliser un réservoir à toit respirant équipé de clapets de décharge/soupapes de décompression et raccordé à un système de traitement de la vapeur

Le choix de la technologie du traitement de la vapeur doit être effectué au cas par cas.

Réservoirs cryogéniques

Dans des conditions normales d'utilisation, ce type de réservoir n'est associé à aucune émission significative (voir section 3.1.10).

Réservoirs enterrés et partiellement enterrés

Les réservoirs enterrés et partiellement enterrés sont spécialement conçus pour les produits inflammables (voir respectivement les sections 3.1.11 et 3.1.8).

Pour le stockage des substances volatiles toxiques (T), très toxiques (T+) ou cancérogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction (CMR) des catégories 1 et 2 dans un réservoir à toit fixe, la MTD consiste à installer un dispositif de traitement de la vapeur.

Cette MTD ne fait pas l'unanimité parmi les professionnels pour les raisons suivantes :

a) Le présent BREF ne donne pas de définition du terme « volatile »
b) aucun test ne permet de déterminer l'impact environnemental
c) Les produits potentiellement nocifs pour l'environnement, mais considérés comme non toxiques, ne sont pas récupérés
d) D'autres mesures de limitation des émissions permettent d'atteindre un niveau plus élevé de protection environnementale en tenant compte des coûts et des avantages des différentes techniques
e) Il n'existe aucun critère de performance reconnu pour une installation de traitement de la vapeur
f) Cette technique ne tient pas compte du coût ou des avantages d'autres techniques
g) Elle ne permet pas de tenir compte des caractéristiques techniques de l'installation concernée, de son emplacement géographique et des conditions environnementales locales
h) Cette conclusion n'apporte aucune proportionnalité

Pour les autres substances, la MTD consiste à utiliser tout ou partie des techniques suivantes selon les substances stockées :

- Utilisation de clapets de décharge et de soupapes de décompression (voir section 4.1.3.11)
- Pousser jusqu'à 56 mbars (voir section 4.1.3.11)
- Utiliser l'équilibrage de la vapeur (voir section 4.1.3.13)
- Utiliser un réservoir à espace variable pour la vapeur (voir section 4.1.3.14)
- Utiliser le traitement de la vapeur (voir section 4.1.3.15)

Le choix de la technologie du traitement de la vapeur doit être effectué au cas par cas.

5.1.1.3. Prévention des incidents et des accidents (majeurs)

Sécurité et gestion des risques

La directive Seveso II (directive du Conseil 96/82/CE du 9 décembre 1996 concernant la maîtrise des accidents majeurs liés à des substances dangereuses) exige que les sociétés prennent toutes les mesures nécessaires pour prévenir et limiter les conséquences des accidents majeurs. Elles doivent, dans tous les cas, posséder une politique de prévention des accidents majeurs (PPAM) et un système de gestion de la sécurité pour la mise en œuvre de la PPAM. Les sociétés manipulant de grandes quantités de substances dangereuses, dites de premier niveau, doivent également rédiger un rapport de sécurité et un plan d'urgence sur site et conserver une liste à jour des substances. Néanmoins, les usines n'entrant pas dans le cadre de la directive Seveso II peuvent également être à l'origine d'émissions dues à des incidents et à des accidents. L'utilisation d'un système de gestion de la sécurité similaire, mais peut-être moins détaillé, constitue la première étape d'un programme de prévention et de limitation de ces incidents/accidents.

La MTD pour la prévention des incidents et des accidents consiste à utiliser le système de gestion de la sécurité décrit à la section 4.1.6.1.

Procédures opérationnelles et formation

La MTD consiste à mettre en œuvre et à suivre des mesures d'organisation adéquates et à organiser la formation et l'instruction des employés pour un fonctionnement sûr et responsable de l'installation, comme décrit à la section 4.1.6.1.1.

Fuites dues à la corrosion et/ou à l'érosion

La corrosion est l'une des principales causes de défaillance matérielle ; elle peut concerner toute surface métallique interne ou externe (voir section 4.1.6.1.4). La MTD consiste à prévenir la corrosion en :

- Choisissant des matériaux de construction résistant au produit stocké
- Utilisant des méthodes de construction adaptées
- Empêchant la pénétration de l'eau de pluie ou des eaux souterraines dans le réservoir et, si nécessaire, en évacuant l'eau accumulée dans le réservoir
- Appliquant une gestion des eaux de pluies grâce à un mur de protection
- Appliquant une maintenance préventive
- Le cas échéant, en ajoutant des inhibiteurs de corrosion ou en appliquant une protection cathodique à l'intérieur du réservoir

De plus, pour un réservoir enterré, la MTD consiste à appliquer à l'extérieur du réservoir :

- Un revêtement résistant à la corrosion
- Un plaquage et/ou
- Un système de protection cathodique

La corrosion fissurante sous tension (CFS) est un problème propre aux sphères, aux réservoirs semi-cryogéniques et aux réservoirs cryogéniques contenant de l'ammoniaque. La MTD consiste à prévenir la CFS en :

- Relâchant la tension par un traitement de réchauffage après soudage (voir section 4.1.6.1.4) et
- Effectuant une inspection centrée sur le risque comme décrit à la section 4.1.2.2.1

Procédures opérationnelles et instrumentation pour éviter les débordements

La MTD consiste à mettre en œuvre et à appliquer des procédures opérationnelles au moyen, par exemple, d'un système de gestion, comme décrit à la section 4.1.6.1.5, pour garantir :

- L'installation d'instruments de niveau élevée ou à haute pression dotés de réglages d'alarme et/ou d'une fermeture automatique des soupapes
- L'application d'instructions d'utilisation correctes pour empêcher tout débordement pendant une opération de remplissage du réservoir et
- La disponibilité d'un creux suffisant pour recevoir un remplissage de lot

Une alarme autonome nécessite une intervention manuelle et des procédures appropriées ; des soupapes automatiques doivent être intégrées en amont de la conception du procédé pour éviter tout effet indirect de la fermeture. Le type d'alarme à utiliser doit être déterminé pour chaque réservoir (voir section 4.1.6.1.6).

Instrumentation et automatisation pour éviter les fuites

Les quatre techniques de base pouvant être utilisées pour détecter les fuites sont les suivantes :

- Système de barrière pour prévenir les déversements
- Vérifications des stocks
- Méthode d'émission acoustique
- Surveillance de la vapeur dans le sol

La MTD consiste à utiliser une détection des fuites sur les réservoirs de stockage contenant des liquides pouvant potentiellement provoquer une pollution du sol. L'applicabilité des différentes techniques dépend du type de réservoir et est détaillée à la section 4.1.6.1.7.

Approche fondée sur l'analyse des risques en ce qui concerne les émissions dans le sol sous les réservoirs

L'approche fondée sur l'analyse des risques en ce qui concerne les émissions dans le sol depuis un réservoir de stockage aérien à fond plat et vertical contenant des liquides risquant de polluer le sol, consiste à appliquer des mesures de protection du sol à un niveau tel que le risque de pollution du sol due à des fuites depuis le fond du réservoir ou depuis un joint d'étanchéité au niveau de la jonction entre le fond et la paroi est « négligeable ». La section 4.1.6.1.8 explique cette approche et les niveaux de risque.

La MTD consiste à atteindre un « niveau de risque négligeable » de pollution du sol depuis le fond et les raccords fond-paroi des réservoirs de stockage aériens. En revanche, dans certains cas, un niveau de risque « acceptable » peut être suffisant.

Protection du sol autour des réservoirs (confinement)

La MTD pour les réservoirs aériens contenant des liquides inflammables ou des liquides pouvant potentiellement provoquer une pollution du sol ou une pollution significative des cours d'eau adjacents consiste à prévoir un confinement secondaire, notamment :

- Des merlons autour des réservoirs à paroi unique (voir section 4.1.6.1.11)
- Des réservoirs à double paroi (voir section 4.1.6.1.13)
- Des réservoirs coquilles ;(voir section 4.1.6.1.14)
- Des réservoirs à double paroi avec évacuation par le bas surveillée (voir section 4.1.6.1.15)

Pour les nouveaux réservoirs à paroi unique contenant des liquides pouvant être à l'origine d'une pollution significative du sol ou d'une pollution significative des cours d'eau adjacents, la MTD consiste à mettre en place une barrière étanche complète dans le merlon (voir section 4.1.6.1.10).

Pour les réservoirs existants dotés d'un merlon, la MTD consiste à appliquer une approche fondée sur l'analyse des risques, prenant en considération l'importance du risque de déversement du produit dans le sol, afin de déterminer si une barrière doit être installée et de choisir la barrière la mieux adaptée. Cette approche fondée sur l'évaluation des risques peut être également appliquée pour déterminer si une barrière étanche partielle dans un merlon suffit ou si l'ensemble du merlon doit être équipé d'une barrière étanche (voir section 4.1.6.1.11).

Parmi les barrières étanches, on peut citer :

- Une membrane flexible, comme du PEHD
- Un matelas d'argile
- Une surface en asphalte
- Une surface en béton

Pour les solvants d'hydrocarbure chloré(HCC) dans des réservoirs à paroi unique, la MTD consiste à appliquer sur les barrières en béton (ou les confinements) des plaqués étanches aux HCC, à base de résines phénoliques ou furanniques. Une forme de résine époxyde est également étanche aux HCC (voir section 4.1.6.1.12).

La MTD pour les réservoirs enterrés et partiellement enterrés contenant des produits pouvant potentiellement provoquer une pollution du sol consiste à :

- Utiliser un réservoir à double paroi avec détection des fuites (voir section 4.1.6.1.16)
- Utiliser un réservoir à paroi unique avec confinement secondaire et détection des fuites (voir section 4.1.6.1.17)

Zones d'explosivité et sources d'inflammation

Voir la section 4.1.6.2.1 et la directive ATEX 1999/92/EC.

Protection contre l'incendie

La mise en place éventuelle de mesures de protection contre l'incendie doit être déterminée au cas par cas. Ces mesures de protection contre l'incendie peuvent prévoir, par exemple (voir section 4.1.6.2.2) :

- Des parements ou des revêtements résistant au feu
- Des murs coupe-feu
- Des refroidisseurs à eau

Équipements de lutte contre l'incendie

La mise en place éventuelle d'équipements de lutte contre l'incendie et le choix de ces équipements doivent être effectués au cas par cas en accord avec les sapeurs-pompiers locaux. La section 4.1.6.2.3 donnent quelques exemples.

Confinement des produits extincteurs contaminés

La capacité de confinement des produits extincteurs contaminés dépend de la situation locale, notamment des substances stockées et de la distance entre le stockage et les cours d'eaux et/ou son emplacement dans un captage d'eau (voir section 4.1.6.2.4).

Pour les substances toxiques, cancérigènes ou toute autre substance dangereuse, la MTD consiste à appliquer un confinement total.

5.1.2. Stockage des substances dangereuses conditionnées

Sécurité et gestion des risques

Le stockage de substances dangereuses conditionnées n'est associé à aucune perte opérationnelle. Les seules émissions possibles sont dues à des incidents et à des accidents (majeurs). Les sociétés qui entrent dans le cadre de la directive Seveso II doivent prendre toutes les mesures nécessaires pour prévenir et limiter les conséquences des accidents majeurs. Elles doivent, dans tous les cas, mettre en place une politique de prévention des accidents majeurs (PPAM), ainsi qu'un système de gestion de la sécurité pour la mise en œuvre de la PPAM. Les sociétés de la catégorie à haut risque (annexe I de la directive) doivent également rédiger un rapport de sécurité et un plan d'urgence sur site et tenir à jour une liste des substances. Néanmoins, les sociétés stockant des substances dangereuses n'entrant pas dans le cadre de la directive Seveso II peuvent également provoquer des émissions dues à des incidents et à des accidents. L'application d'un système de gestion de la sécurité similaire, mais peut-être moins détaillé, constitue la première étape d'un programme de prévention et de limitation des incidents et des accidents.

La MTD pour la prévention des incidents et des accidents consiste à appliquer un système de gestion de la sécurité, selon la description de la section 4.1.6.1.
Le niveau de détail du système dépend de différents facteurs et notamment : des quantités de substances stockées, des dangers spécifiques associés aux substances et de la localisation du stockage. En revanche, la MTD doit au minimum prévoir l'évaluation des risques d'accidents et d'incidents sur le site à l'aide des cinq étapes décrites à la section 4.1.6.1

Formation et responsabilité

La MTD consiste à nommer la ou les personnes responsables du fonctionnement du stockage.

La MTD consiste à apporter à la personne responsable ou aux personnes responsables la formation spécifique et la formation de reclassement pour les procédures d'urgence, selon la description de la section 4.1.7.1 et à informer les autres employés du site des risques associés au stockage de substances dangereuses conditionnées et des précautions nécessaires pour le stockage sécurisé des substances présentant différents dangers.

Zone de stockage

La MTD consiste à utiliser un bâtiment de stockage et/ou une zone de stockage extérieure couverte d'un toit, comme décrit à la section 4.1.7.2. Pour le stockage de quantités inférieures à 2 500 litres ou kilogrammes de substances dangereuses, l'utilisation d'un compartiment de stockage, tel que décrit à la section 4.1.7.2, est également une MTD.

Séparation et isolement

La MTD consiste à séparer la zone ou le bâtiment de stockage de substances dangereuses conditionnées des autres stockages, des sources d'inflammation et des autres bâtiments du site et extérieurs au site en respectant un éloignement suffisant et en ajoutant, parfois, des murs anti-feu. Les EM n'utilisent pas tous les mêmes distances entre le stockage (extérieur) de substances dangereuses conditionnées et d'autres objets sur le site et extérieur au site ; la section 4.1.7.3 donne quelques exemples.

La MTD consiste à séparer et/ou à isoler les substances incompatibles. L'annexe 8.3 donne la liste des combinaisons compatibles et incompatibles. Les EM n'utilisent pas tous les mêmes distances et/ou cloisonnement pour le stockage des substances incompatibles ; la section 4.1.7.4 donne quelques exemples.

Confinement des fuites et des produits extincteurs contaminés

La MTD consiste à installer un réservoir étanche aux liquides selon la section 4.1.7.5, pouvant contenir tout ou partie des liquides dangereux stockés au-dessus d'un tel réservoir. La nécessité de contenir tout ou partie des fuites dépend des substances stockées et de la localisation du stockage (par ex., dans un captage d'eau) et ne peut être décidée qu'au cas par cas.

La MTD consiste à installer un dispositif de récupération des produits extincteurs étanche aux liquides dans les bâtiments de stockage et les zones de stockage selon la section 4.1.7.5. La capacité de récupération dépend des substances stockées, de la quantité de substances stockées, du type de conditionnement utilisé et du système de lutte contre l'incendie utilisé ; elle ne peut être décidée qu'au cas par cas.

Équipement de lutte contre l'incendie

La MTD consiste à utiliser un niveau de protection adapté aux mesures de prévention de l'incendie et de lutte contre l'incendie décrites à la section 4.1.7.6. Le niveau de protection approprié doit être déterminé au cas par car en accord avec les sapeurs-pompiers locaux.

Prévention de l'inflammation

La MTD consiste à prévenir l'inflammation à la source, comme décrit à la section 4.1.7.6.1.

5.1.3. Bassins et fosses

Les bassins et les fosses sont utilisés, par exemple, pour le stockage du lisier dans des exploitations agricoles ou de l'eau et autres liquides non inflammables ou volatiles dans des installations industrielles.

Lorsque les émissions dans l'air dues aux conditions normales d'utilisation sont significatives, par exemple avec le stockage du lisier, la MTD consiste à couvrir les bassins et les fosses à l'aide de l'une des options suivantes :

- Un toit en plastique (voir section 4.1.8.2)
- Un toit flottant (voir section 4.1.8.1)
- Sur les petits bassins uniquement, un toit rigide (voir section 4.1.8.2)

De plus, lorsqu'un toit rigide est utilisé, un système de traitement de la vapeur doit être utilisé pour obtenir une réduction supplémentaire des émissions (voir section 4.1.3.15). La nécessité d'un traitement de la vapeur et le type de traitement doivent être déterminés au cas par cas.

Pour prévenir les débordements dus à la pluie lorsque les bassins et les fosses ne sont pas couverts, la MTD consiste à prévoir une revanche suffisante ; voir section 4.1.11.1.

Lorsque les substances stockées dans un bassin ou une fosse risquent de contaminer le sol, la MTD consiste à installer une barrière étanche. Il peut s'agir d'une membrane flexible, d'une couche d'argile ou de béton suffisante (voir section 4.1.9.1).

5.1.4. Cavités minées atmosphériques

Émissions dans l'air résultant d'une utilisation normale

En présence de plusieurs cavités à lit fixe stockant des hydrocarbures liquides, la MTD consiste à utiliser l'équilibrage de la vapeur (voir section 4.1.12.1).

Émissions résultant d'incidents et d'accidents (majeurs)

Par nature, les cavités sont de loin le moyen le plus sûr de stocker de grandes quantités de produits d'hydrocarbure. La MTD pour le stockage de grandes quantités d'hydrocarbures consiste donc à utiliser des cavités lorsque la géologie du site le permet (voir sections 3.1.15 et 4.1.13.3).

La MTD applicable à la prévention des incidents et des accidents consiste à utiliser un système de gestion de la sécurité, comme décrit à la section 4.1.6.1.
La MTD consiste à mettre en place, puis à évaluer régulièrement, un programme de surveillance qui comprend au moins les éléments suivants (voir section 4.1.13.2) :

- Surveillance du diagramme de débit hydraulique autour des cavités au moyen de mesures des eaux souterraines, de piézomètres et/ou de capteurs de pression, de mesure du débit des eaux d'infiltration
- Évaluation de la stabilité de la cavité par surveillance sismique
- Procédures de suivi de la qualité de l'eau par analyses et échantillonnages réguliers
- Surveillance de la corrosion, notamment évaluation périodique du cuvelage

Pour empêcher le produit stocké de s'échapper de la cavité, la MTD doit prévoir une profondeur de cavité à laquelle la pression hydrostatique des eaux souterraines entourant la cavité est toujours supérieure à celle du produit stocké (voir section 4.1.13.5).

Pour empêcher la pénétration des eaux d'infiltration dans la cavité, la MTD consiste à effectuer une injection de ciment et de prévoir, en outre, une conception adéquate (voir section 4.1.13.6).

Si les eaux d'infiltration qui pénètrent dans la cavité sont pompées, la MTD consiste à effectuer un traitement des eaux usées avant l'évacuation (voir section 4.1.13.3).

La MTD consiste à installer une protection automatisée des débordements (voir section 4.1.13.8).

5.1.5. Cavités minées sous pression

Émissions résultant d'incidents et d'accidents (majeurs)

Par nature, les cavités sont de loin le moyen le plus sûr de stocker de grandes quantités de produits d'hydrocarbure. La MTD pour le stockage de grandes quantités d'hydrocarbures consiste donc à utiliser des cavités lorsque la géologie du site le permet (voir sections 3.1.16 et 4.1.14.3).

Pour la prévention des incidents et des accidents, la MTD consiste à mettre en place un système de gestion de la sécurité, comme décrit à la section 4.1.6.1.

La MTD consiste à mettre en place, puis à évaluer régulièrement, un programme de surveillance qui comprend au moins les éléments suivants (voir section 4.1.14.2) :

- Surveillance du diagramme de débit hydraulique autour des cavités au moyen de mesures des eaux souterraines, de piézomètres et/ou de capteurs de pression, de mesure du débit des eaux d'infiltration
- Évaluation de la stabilité de la cavité par surveillance sismique
- Procédures de suivi de la qualité de l'eau par analyses et échantillonnages réguliers
- Surveillance de la corrosion, notamment évaluation périodique du cuvelage

Pour empêcher le produit stocké de s'échapper de la cavité, la MTD doit prévoir une profondeur de cavité à laquelle la pression hydrostatique des eaux souterraines entourant la cavité est toujours supérieure à celle du produit stocké (voir section 4.1.14.5).

Pour empêcher la pénétration des eaux d'infiltration dans la cavité, la MTD consiste à effectuer une injection de ciment et de prévoir, en outre, une conception adéquate (voir section 4.1.14.6).

Si les eaux d'infiltration qui pénètrent dans la cavité sont pompées, la MTD consiste à effectuer un traitement des eaux usées avant l'évacuation (voir section 4.1.14.3).

La MTD consiste à installer une protection automatisée des débordements (voir section 4.1.14.8).

La MTD consiste à utiliser des vannes automatiques de sécurité par « tout ou rien » en cas d'événement d'urgence en surface (voir section 4.1.14.4).

5.1.6. Cavités salines

Émissions résultant d'incidents et d'accidents (majeurs)

Par nature, les cavités sont de loin le moyen le plus sûr de stocker de grandes quantités de produits d'hydrocarbure. La MTD pour le stockage de grandes quantités d'hydrocarbures consiste donc à utiliser des cavités lorsque la géologie du site le permet (voir sections 3.1.17 et 4.1.15.3).

Pour la prévention des incidents et des accidents, la MTD consiste à mettre en place un système de gestion de la sécurité, comme décrit à la section 4.1.6.1.

La MTD consiste à mettre en place, puis à évaluer régulièrement, un programme de surveillance qui comprend au moins les éléments suivants (voir section 4.1.15.2) :

- Évaluation de la stabilité de la cavité par surveillance sismique
- Surveillance de la corrosion, notamment évaluation périodique du cuvelage
- Réalisation d'évaluations régulières par sonar pour détecter les éventuels changements de forme, en particulier si du saumure basique est utilisé

De petites traces d'hydrocarbures peuvent être présentes au niveau de l'interface saumure/hydrocarbure du fait du remplissage et du vidage des cavités. Dans ce cas, la MTD consiste à séparer ces produits d'hydrocarbure dans une unité de traitement de la saumure et à les récupérer, puis les éliminer en toute sécurité.

5.1.7. Stockage flottant

Le stockage flottant n'est pas une MTD (voir section 3.1.18).

5.2. Transfert et manipulation de liquides et de gaz liquéfiés

5.2.1. Principes généraux pour prévenir et réduire les émissions

Inspection et entretien

La MTD consiste à utiliser un outil permettant d'établir des plans d'entretien proactif et de mettre en place des plans d'inspection fondés sur l'évaluation des risques, comme l'approche d'entretien centrée sur le risque et sur la fiabilité (voir section 4.1.2.2.1).

Programme de détection et de réparation des fuites

Sur les grandes installations de stockage, la MTD consiste à mettre en place un programme de détection des fuites et de réparation adapté aux propriétés des produits stockés. L'accent doit être mis sur les situations les plus susceptibles de provoquer des émissions (comme les gaz/liquides légers, systèmes sous pression et/ou fonctionnement à des températures très élevées) (voir section 4.2.1.3).

Principe de réduction maximale des émissions lors du stockage en réservoirs

La MTD consiste à réduire les émissions dues au stockage en réservoirs, au transfert et à la manipulation ayant un impact environnemental négatif significatif, comme décrit à la section 4.1.3.1.

Cette MTD s'applique aux grandes installations de stockage sur lesquelles un délai de mise en œuvre est autorisé.

Sécurité et gestion des risques

La MTD pour la prévention des incidents et des accidents consiste à utiliser un système de gestion de la sécurité décrit à la section 4.1.6.1.

Procédures opérationnelles et formation

La MTD consiste à mettre en œuvre et à suivre des mesures d'organisation adéquates et de favoriser la formation et l'instruction des employés pour un fonctionnement sûr et responsable de l'installation, comme décrit à la section 4.1.6.1.1.

5.2.2. Considérations relatives aux techniques de transport et de manipulation

5.2.2.1. Canalisations

La MTD consiste à utiliser des canalisations aériennes fermées dans les nouvelles installations (voir section 4.2.4.1). Pour les canalisations enterrées existantes, la MTD consiste à utiliser une approche d'entretien fondée sur l'évaluation des risques et de la fiabilité, comme décrit à la section 4.1.2.2.1.

Les brides boulonnées et les assemblages à joint sont des sources importantes d'émission fugaces. La MTD consiste à réduire au maximum le nombre de brides en les remplaçant par des raccords soudés, dans la limite des exigences opérationnelles pour l'entretien de l'équipement ou la flexibilité du système de transport (voir section 4.2.2.1).

La MTD pour les raccords avec bride boulonnée (voir section 4.2.2.2.) prévoit :

- L'installation de brides pleines sur des accessoires rarement utilisés pour prévenir toute ouverture accidentelle
- Le remplacement des soupapes par des bouchons ou des tampons sur les conduites ouvertes
- La vérification de l'utilisation de joints appropriés à l'application du procédé
- La vérification de l'installation correcte du joint
- La vérification de l'assemblage et du chargement corrects du joint de bride
- L'installation, en cas de transport de substances toxiques, cancérogènes ou autre substance dangereuse, de joints très fiables, comme les joints spiralés, les joints kammprofile ou les joints annulaires

La corrosion interne peut être due à la nature corrosive du produit transporté (voir section 4.2.3.1). La MTD consiste à prévenir la corrosion en :

- Choisissant des matériaux de construction résistant au produit
- Utilisant des méthodes de construction adaptées
- Utilisant la maintenance préventive
- Le cas échéant, appliquant un revêtement interne ou ajoutant des inhibiteurs de corrosion

Pour protéger la conduite de toute corrosion externe, la MTD consiste à appliquer un système de revêtement à une, deux ou trois couches selon les conditions spécifiques du site (par ex., à proximité de la mer). Le revêtement n'est généralement pas appliquer sur des conduites en plastique ou en acier inoxydable (voir section 4.2.3.2).

5.2.2.2. Traitement de la vapeur

La MTD consiste à utiliser l'équilibrage ou le traitement de la vapeur en cas d'émissions significatives lors du chargement et du déchargement de substances volatiles dans (ou depuis) des camions, des barges et des bateaux. L'importance de ces émissions dépend de la substance et du volume émis et doit être déterminée au cas par cas. Pour plus de détails, consultez la section 4.2.8.

Selon les réglementations hollandaises, l'émission de méthanol est significative lorsqu'elle dépasse 500 kg/an.

5.2.2.3. Soupapes

La MTD pour les soupapes comprend les éléments suivants :

- Sélection du matériau de conditionnement et de la construction adaptée à l'application du procédé
- Surveillance centrée sur les soupapes présentant le plus grand risque (par exemple les vannes de régulation à tige montante utilisées en continu)
- Utilisation de vannes de régulation rotatives ou de pompes à vitesse variable à la place des vannes de régulation à tige montante
- En présence de substances toxiques, cancérogènes ou d'autres substances dangereuses, installation de soupapes à diaphragme, à soufflet ou à double paroi
- Acheminement des clapets de décharge vers le système de transport ou de stockage ou vers le système de traitement de la vapeur

Voir sections 3.2.2.6 et 4.2.9.

5.2.2.4. Pompes et compresseurs

Installation et entretien des pompes et compresseurs

La conception, l'installation et le fonctionnement d'une pompe ou d'un compresseur ont un impact important sur la durée de vie et la fiabilité du dispositif d'étanchéité. Parmi les principaux éléments d'une MTD, on peut citer :

- La fixation correcte de la pompe ou de l'unité de compression à sa plaque de base ou au châssis
- Forces du tuyau de raccordement conformes aux recommandations du fabricant
- Conception adéquate des canalisations d'aspiration pour réduire au maximum le déséquilibre hydraulique
- Alignement de l'arbre et du boîtier conforme aux recommandations du fabricant
- Alignement de l'entraînement/pompe ou du couplage du compresseur conforme aux recommandations du fabricant, le cas échéant
- Niveau correct d'équilibre des pièces rotatives
- Amorçage efficace des pompes et des compresseurs avant le démarrage
- Fonctionnement de la pompe et du compresseur conforme à la plage de performances recommandée par le fabricant (les performances optimales sont atteintes au niveau de son meilleur point de rendement)
- Le niveau de la NPSH (net positive suction head : valeur de la pression mesurée à l'entrée de la pompe) disponible doit toujours être en supplément de la pompe ou du compresseur
- Surveillance et entretien réguliers de l'équipement rotatif et des dispositifs d'étanchéité, associés à un programme de réparation et de remplacement

Dispositif d'étanchéité dans les pompes

La MTD consiste à choisir la pompe et les types de dispositif d'étanchéité adaptés à l'application du procédé, de préférence des pompes technologiquement conçues pour être étanches, comme les électropompes à stator chemisé, les pompes à couplage magnétique, les pompes à garnitures mécaniques multiples et système d'arrosage ou de butée, les pompes avec garnitures mécaniques multiples et joints étanches à l'atmosphère, des pompes à diaphragme ou les pompes à soufflet. Pour plus de détails, voir les sections 3.2.2.2, 3.2.4.1 et 4.2.9.

Dispositifs d'étanchéité dans les compresseurs

La MTD pour les compresseurs transportant des gaz non toxiques consiste à utiliser des joints mécaniques à lubrification par gaz. La MTD pour les compresseurs transportant des taz toxiques consiste à utiliser des joints doubles avec barrière liquide ou gazeuse et à purger le côté procédé du joint de confinement avec un gaz tampon inerte.
En cas de fonctionnement à très haute pression, la MTD consiste à utiliser un système de joint tandem triple.

Pour plus de détails, voir les sections 3.2.3 et 4.2.9.13.

5.2.2.5. Raccords d'échantillonnage

La MTD pour les points d'échantillonnage de produits volatiles consiste à utiliser un robinet d'échantillonnage de type piston hydraulique ou un robinet à aiguille et un robinet-vanne de sectionnement. Si les conduites d'échantillonnage doivent être purgées, la MTD consiste à utiliser des conduites d'échantillonnage en circuit fermé (voir section 4.2.9.14).

5.3. Stockage des solides

5.3.1. Stockage à l'air libre

La MTD consiste à utiliser un stockage fermé, par exemple des silos, des soutes, des trémies et des conteneurs, afin d'éliminer l'impact du vent et d'empêcher la formation de poussières due au vent dans la mesure du possible par la mise en place de mesures primaires. Le tableau 4.12 indique les mesures primaires, ainsi que les références aux sections correspondantes.

En revanche, bien qu'il existe des silos et des hangars de grand volume, pour de (très) grandes quantités de substances insensibles ou modérément sensibles à la dérive et de substances mouillables, le stockage à l'air libre est parfois la seule solution. On peut citer, par exemple, le stockage stratégique de longue durée de charbon et le stockage de minerais et de gypse.

La MTD pour le stockage à l'air libre consiste à effectuer des inspections visuelles régulières ou permanentes pour détecter les éventuelles émissions de poussières et contrôler l'efficacité des mesures préventives. Le suivi des prévisions météorologiques, à l'aide, par exemple, d'instruments météorologiques, permet de déterminer si l'humidification des buttes est nécessaire et d'éviter l'utilisation inutile des ressources pour l'humidification du stockage à l'air libre (voir section 4.3.3.1).

La MTD pour le stockage à l'air libre de longue durée comprend une ou plusieurs des techniques suivantes :

- Humidification de la surface à l'aide de substances durables d'agglomération des poussières (voir section 4.3.6.1)
- Couverture de la surface, avec des bâches, par exemple (voir section 4.3.4.4)
- Solidification de la surface (voir tableau 4.13)
- Enherbage de la surface (voir tableau 4.13)

La MTD pour le stockage à l'air libre de courte durée comprend une ou plusieurs des techniques suivantes :

- Humidification de la surface à l'aide de substances durables d'agglomération des poussières (voir section 4.3.6.1)
- Humidification de la surface à l'eau (voir section 4.3.6.1)
- Couverture de la surface, avec des bâches, par exemple (voir section 4.3.4.4)

Parmi les autres mesures de réduction des émissions de poussières pour le stockage à l'air libre de longue et de courte durée, on peut citer :

- Orientation de l'axe longitudinal de la butte parallèlement au vent dominant
- Installation de plantations, de clôtures ou de buttes anti-vent pour réduire la vitesse du vent
- Installation d'une seule butte plutôt que plusieurs buttes dans la mesure du possible ; le stockage de la même quantité de matières dans deux buttes augmente de 26 % la surface libre
- Installation de murs de soutènement sur le stockage pour réduire la surface libre, ce qui permet d'obtenir une réduction des émissions de poussières diffuses ; cette réduction est encore accrue si le mur est placé au vent de la butte

- Rapprochement des murs de soutènement

Pour plus de détails, voir le tableau 4.13.

5.3.2. Stockage fermé

La MTD consiste à utiliser un stockage fermé dans des silos, des soutes, des trémies et des conteneurs. Si l'utilisation de silos est impossible, le stockage en abris est envisageable. C'est le cas, par exemple, lorsque le mélange de lots doit être effectué en plus du stockage.

La MTD pour les silos consiste à choisir la conception la plus stable et à prévenir l'effondrement du silo (voir sections 4.3.4.1 et 4.3.4.5).

La MTD pour les abris consiste à prévoir une aération et des systèmes de filtrage adaptés et à maintenir les portes fermées (voir section 4.3.4.2).

La MTD consiste à prévoir la réduction des poussières et un niveau d'émissions associée à la MTD compris entre 1 et 10 mg/m^3, selon la nature/type des substances stockées. Le type de technique de réduction doit être déterminé au cas par cas (voir section 4.3.7).

Pour un silo contenant des solides organiques, la MTD consiste à utiliser un silo résistant à l'explosion (voir section 4.3.8.3), équipé d'un clapet de décharge qui se ferme rapidement après l'explosion pour empêcher la pénétration d'oxygène dans le silo (voir section 4.3.8.4).

5.3.3. Stockage de solides dangereux conditionnés

Pour plus de détails sur la MTD à appliquer au stockage des solides dangereux conditionnés, voir la section 5.1.2.

5.3.4. Prévention des incidents et des accidents (majeurs)

Sécurité et gestion des risques

La directive Seveso II (directive du Conseil 96/82/CE du 9 décembre 1996 concernant la maîtrise des accidents majeurs liés à des substances dangereuses) exige que les sociétés prennent toutes les mesures nécessaires pour prévenir et limiter les conséquences des accidents majeurs. Elles doivent, dans tous les cas, posséder une politique de prévention des accidents majeurs (PPAM) et un système de gestion de la sécurité pour la mise en œuvre de la PPAM. Les sociétés manipulant de grandes quantités de substances dangereuses, dites de premier niveau, doivent également rédiger un rapport de sécurité et un plan d'urgence sur site et conserver une liste à jour des substances. Néanmoins, les usines n'entrant pas dans le cadre de la directive Seveso II peuvent également être à l'origine d'émissions dues à des incidents et à des accidents. L'utilisation d'un système de gestion de la sécurité similaire, mais peut-être moins détaillé, constitue la première étape d'un programme de prévention et de limitation de ces incidents/accidents.

La MTD pour la prévention des incidents et des accidents consiste à utiliser le système de gestion de la sécurité décrit à la section 4.1.7.1.

5.4. Transport et manipulation des solides

5.4.1. Approches générales pour limiter au maximum les poussières dues au transport et à la manipulation

La MTD consiste à empêcher la dispersion des poussières dues aux activités de chargement et de déchargement à l'air libre en évitant, dans la mesure du possible, d'effectuer le transport des matières par vent fort. Néanmoins, et compte tenu de la situation locale, ce type de mesure ne peut être généralisée à l'ensemble de l'UE et à tout situation, indépendamment des coûts élevés possibles (voir section 4.4.3.1).

Le transport discontinu (par ex., par pelle ou camion) génère généralement plus d'émissions de poussières que le transport continu, comme les transporteurs. La MTD consiste à réduire au maximum les distances de transport et à utiliser, dans la mesure du possible, des modes de transport continu. Pour les usines existantes, cette mesure peut s'avérer très onéreuse (voir section 4.4.3.5.1).

Avec une pelle mécanique, la MTD consiste à réduire la hauteur de chute et à choisir la position adéquate lors du déchargement dans un camion (voir section 4.4.3.4).

La circulation des véhicules peut faire tourbillonner des poussières de solides répartis sur le sol. La MTD consiste alors à adapter la vitesse des véhicules sur le site ou à réduire au maximum les poussières pouvant être dispersées (voir section 4.4.3.5.2).

Pour les routes utilisées uniquement par des camions et des voitures, la MTD consiste à recouvrir ces routes d'une surface dure, par exemple du béton ou de l'asphalte, car ce type de revêtement est facile à nettoyer et permet d'éviter la dispersion des poussières par les véhicules (voir section 4.4.3.5.3). En revanche, l'application de surfaces dures ne se justifie pas si les routes ne sont utilisées par de grosses pelles mécaniques ou si les routes sont provisoires.

La MTD consiste à nettoyer les routes dotées de surfaces dures (voir section 4.4.6.12).

Le nettoyage des pneus des véhicules est une MTD. La fréquence de nettoyage et le type de dispositif de nettoyage utilisé (voir section 4.4.6.13) doivent être déterminés au cas par cas.

Lorsque ni la qualité du produit, ni la sécurité de l'usine, ni les ressources en eau ne sont compromises, la MTD pour le chargement/déchargement de produits mouillables sensibles à la dérive consiste à humidifier le produit, comme indiqué aux sections 4.4.6.8, 4.4.6.9 et 4.3.6.1. Le risque de gel du produit, le risque de conditions glissantes en raison de la formation de glace ou de présence de produit mouillé sur la route et le manque d'eau sont des exemples dans lesquels cette MTD ne doit pas être utilisée.

Pour les activités de chargement/déchargement, la MTD consiste à réduire au maximum la vitesse de descente et la hauteur de chute libre du produit (voir respectivement les sections 4.4.5.6 et 4.4.5.7). La réduction maximale de la vitesse de descente peut être obtenue par les techniques suivantes, qui sont des MTD :

- Installation de déflecteurs à l'intérieur des tuyaux de remplissage
- Utilisation d'une tête de chargement à l'extrémité du tuyau ou du tube pour réguler la vitesse de sortie
- Installation d'une cascade (par exemple, tube ou trémie en cascade)
- Utilisation d'une pente minimale avec, par exemple, des goulottes

Pour réduire au maximum la hauteur de chute libre du produit, la sortie du déchargeur doit se terminer au fond de l'espace de chargement ou sur les substances déjà empilées. Les techniques de chargement permettant d'y parvenir, qui sont des MTD, sont les suivantes :

- Tuyaux de remplissage à hauteur réglable
- Tubes de remplissage à hauteur réglable
- Tubes en cascade à hauteur réglable

Ces techniques sont des MTD, sauf pour le chargement/déchargement de produits insensibles à la dérive, pour lesquels la hauteur de chute libre n'est pas essentielle.

Les trémies de déchargement optimisées sont décrites à la section 4.4.6.7

5.4.2. Considérations relatives aux techniques de transport

Bennes

Lors de l'utilisation d'une benne, la MTD consiste à suivre le schéma décisionnel présenté à la section 4.4.3.2 et à prévoir un temps de repos suffisant de la benne dans la trémie après le ramassage des matières.

La MTD pour les nouvelles bennes consiste à utiliser des bennes ayant les caractéristiques suivantes (voir section 4.4.5.1) :

- Forme géométrique et capacité de charge optimale
- Volume de benne toujours supérieur au volume donné par la courbe de la benne
- Surface lisse pour éviter toute adhérence des substances
- Bonne capacité de fermeture pendant un fonctionnement permanent

Transporteurs et goulottes de transfert

Quel que soit le type de matière, la MTD consiste à prévoir des goulottes sur le transporteur de façon à réduire au maximum les déversements. Un procédé de modélisation permet de générer des modèles détaillés pour de nouveaux points de transfert et des points de transfert existants. Pour plus de détails, voir la section 4.4.5.5.

Pour les produits insensibles ou très peu sensibles à la dérive (S5) et les produits mouillables modérément sensibles à la dérive (S4), la MTD consiste à utiliser un transporteur à courroie ouverte et, selon la situation locale, une ou plusieurs des techniques suivantes :

- Protection latérale contre le vent (voir section 4.4.6.1)
- Pulvérisation d'eau et diffusion aux points de transfert (voir sections 4.4.6.8 et 4.4.6.9)
- Nettoyage des courroies (voir section 4.4.6.10)

Pour les produits très sensibles à la dérive (S1 et S2) et les produits non mouillables modérément sensibles à la dérive (S3), la MTD consiste, pour les nouvelles installations, à :

Utiliser des transporteurs fermés ou des types de transporteur dans lesquels la courroie ou une seconde courroie bloque les substances (voir section 4.4.5.2), par exemple :

- Transporteurs pneumatiques
- Transporteurs à chaîne
- Transporteurs à vis sans fin
- Tubes transporteurs
- Boucles transporteuses
- Transporteurs à double courroie

Ou utilise des courroies de transport fermées sans poulies de support (voir section 4.4.5.3), notamment :

- Transporteur à courroie aérienne
- Transporteur à frottement réduit
- Transporteur avec diabolos

Le type de transporteur dépend de la substance à transporter et de l'emplacement et doit être déterminé au cas par cas.

Pour les transporteurs conventionnels existants, transportant des produits très sensibles à la dérive (S1 et S2) et des produits non mouillables modérément sensibles à la dérive (S3), la MTD consiste à installer un capot de protection (voir section 4.4.6.2). En cas d'utilisation d'un système d'extraction, la MTD consiste à filtrer le flux d'air sortant (voir section 4.4.6.4).

Pour réduire la consommation d'énergie des courroies de transport (voir section 4.4.5.2), la MTD consiste à utiliser :

- Une bonne conception de transporteur, avec des rouleaux et un espacement de rouleau
- Une tolérance d'installation précise

- Une courroie avec une faible résistance au roulement

L'annexe 8.4 répertorie les catégories de dispersivité (S1 – S4) des solides en vrac.

6. TECHNIQUES ÉMERGENTES

6.1. Manipulation des solides

6.1.1. Transporteur à vis

Description : le transporteur à vis décrit dans cette section est un déchargeur de bateau continu doté d'un dispositif de ramassage à vis et d'un arbre de transport. Le déchargement s'effectue horizontalement ou en inclinant le faisceau. Le déchargement s'effectue couche par couche. Les matières sont ramassées par une vis d'excavation, transportées dans une vis à tuyau et déposées en haut de l'arbre de transport. La vis mesure 4 m de long, ce qui rend inutile tout stockage intermédiaire. Les têtes d'excavation plongent dans les matières pour éviter toute émission de poussières.

L'arbre de transport est constitué de quatre courroies de transport (courroie d'entrée, courroie de couvercle et deux courroies supérieures latérales) qui forment un arbre fermé. La courroie d'entrée et la courroie de couvercle sont actionnées séparément à la même vitesse (1 m/s). Les portes sont métalliques, mais du plastique à haut molécularité peut être également utilisé. Les matières en vrac glissent sur les portes inclinées sur la courroie de membrane. Les points de transfert sont dotés d'extracteurs d'air ou de lèvres en caoutchouc afin de réduire au maximum les émissions de poussières.

Afin d'émonder les matières restantes, un équipement supplémentaire peut être fixé à la vis ramasseuse ou une benne peut être utilisée.

La capacité maximale est comprise entre 1 000 et 1 200 tonnes par heure, mais des capacités de 2 000 tonnes par heure seront sûrement atteintes dans le futur. La capacité minimale est de 300 tonnes par heure.

Avantages :

- silencieux, non poussiéreux, léger
- consommation d'énergie spécifique relativement faible (utilisation d'un transporteur à courroie d'entrée comme transporteur vertical)
- construction compacte grâce à l'association d'un transporteur à vis et d'une courroie d'entrée
- déchargement simple par gravité
- aucun stockage intermédiaire nécessaire
- peut être également utilisé pour le chargement de navires

Inconvénients :

- utilisé uniquement sous forme de prototype dans le port de Nuremberg
- équipement supplémentaire requis pour l'émondage des matières restantes
- adapté uniquement aux navires dotés de larges écoutilles

Applicabilité : cette technique est particulièrement adaptée au déchargement des péniches transportant du charbon vers une centrale électrique faisant escale dans un port. Les options suivantes sont envisageables sur des usines existantes :

- remplacer un appareil de déchargement à benne preneuse par un transporteur à vis afin d'obtenir une augmentation de la capacité de déchargement sans augmentation de la charge sur le quai
- équiper une usine de transbordement existante d'un transporteur à vis, ce qui permet d'accélérer le déchargement des navires et de réduire les émissions de poussières

Cette technique est adaptée aux matières en vrac composées de particules sèches et fines, en particulier le charbon, mais également les céréales et les engrais.

Installation type : jusqu'à présent cette technique n'a été utilisée (avec succès) que dans le port de Nuremberg pour le déchargement du charbon.

Aspects économiques : l'investissement dépend de la taille du navire, de la hauteur de l'eau, de la hauteur de levée du dispositif et des dimensions du quai.

Les coûts d'exploitation représentent 2 à 3 %, mais doivent être déterminés au cas par cas.

Effet de réponse croisé : la consommation d'énergie pour le transport vertical n'est que de 0,0088 kWh par tonne à une hauteur de levée donnée de 1 mètre. Pour l'ensemble de l'équipement actionné, la consommation d'énergie pour le charbon est d'environ 0,02 kWh par tonne sur 1 mètre, de 0,037 kWh par tonne de zinc sur 1 mètre pour le concentré de calamine et de 0,047 kWh par tonne pour le concentré de minerai de plomb sur 1 mètre.

Littérature de référence : [17, UBA, 2001].

6.1.2. Conteneurs de transbordement à quai à faibles émissions de poussière sans extraction par pression négative

Description : l'ouverture d'admission du conteneur est dotée de lamelles. Lorsque la benne chargée pénètre dans l'ouverture, l'air ainsi déplacé est renvoyé vers la benne vidée. Une pression négative est donc automatiquement générée dans le conteneur par les matières en vrac lors de leur déchargement dans un camion. La sous-pression évite la dispersion de poussières par les espaces dans le joint entre la benne et l'ouverture d'admission. Les matières peuvent ainsi être transférées de la benne dans le conteneur sans qu'aucune poussière ne soit émise et sans utilisation d'énergie supplémentaire.

Il est prévu de doter le conteneur de transbordement d'un tuyau de déchargement à hauteur réglable pour que la hauteur de l'empilage soit en permanence ajustée à la hauteur variable du tas de matières sur le lit de chargement du camion. Le tuyau de déchargement doit être doté d'une paroi double pour que l'air déplacé, en particulier lors du remplissage de navires-citernes, puisse être renvoyé dans un tuyau de recirculation. L'air déplacé est ainsi canalisé et renvoyé dans le conteneur de transbordement. En raison des propriétés des matières (des engrais, dans ce cas), toutes les parties en contact direct avec les matières sont en acier inoxydable.

Les conteneurs de transbordement à faibles émissions (par ex., les trémies) actuellement commercialisés sont très chers. Ils sont équipés de systèmes d'extraction d'air et de filtrage et consomment beaucoup d'énergie. C'est pourquoi il est indispensable de mettre au point un conteneur de transbordement technologiquement fiable mais dont le prix est abordable pour les PME, peu ou pas consommateurs d'énergie et dont les émissions de poussières sont minimes. C'est à cet effet que le conteneur de transbordement à quai (vraquier) décrit ci-dessus a été mis au point pour les engrais, conçu pour réduire au maximum les émissions fugaces sans consommation d'énergie supplémentaire. Le développement est sponsorisé par le Bundesstiftung Umwelt (Fondation nationale pour l'environnement).

Avantages : on prévoit de réduire au maximum les émissions fugaces par l'optimisation des meilleurs technologies actuellement disponibles (conteneurs de transbordement avec panneaux latéraux hauts, extraction par pression négative et pièges anti-poussières). Le principal avantage est une réduction de 100 % du besoin énergétique par rapport aux techniques actuellement disponibles.

Les coûts d'investissement et d'exploitation prévus sont inférieurs à ceux des trémies de manutention disponibles (pour une réduction des émissions de poussières comparable), en raison de l'inutilité d'un dépoussiéreur et de l'absence de coûts énergétiques supplémentaires.

Applicabilité : ce système est actuellement mis au point pour la manipulation des engrais dans les entreprises de taille moyenne. Cette technologie devrait pouvoir être adaptée à la manipulation d'autres matières en vrac non agglomérants.

Littérature de référence : [17, UBA, 2001]

6.1.3. Transporteur à vis pour minerais et concentrés non ferreux

Description : les minerais et les concentrés de cuivre, comme les autres minerais et concentrés non ferreux, en particulier le plomb et le zinc, sont actuellement manipulés par des bennes. En raison de leurs propriétés (composants toxiques, comme le cadmium), le procédé de manipulation doit être optimisé par la mise au point de dispositifs de ramassage.

Les études ont montré que les chargeurs fermés continus (marche/arrêt), comme les transporteurs à vis, représentaient une option possible. Des essais sur des concentrés de zinc et de plomb ont déjà été effectués avec un transporteur de ramassage à vis combiné et un arbre de transport à courroie vertical.

La tendance des concentrés à s'agglomérer sous forme de gâteau est problématique. Cette caractéristique peut entraîner des dépôts, puis des blocages du transporteur à vis. Les recherches doivent donc être poursuivies pour identifier un matériau mieux adapté pour la structure ou le revêtement de la vis.

Littérature de référence : [17, UBA, 2001]

7. CONCLUSIONS

7.1. Calendrier des travaux

Les travaux de ce document BREF ont débuté lors de la première réunion plénière du groupe de travail technique (TWG) au mois de décembre 1999. Un premier avant-projet partiel sur le stockage, le transport et la manipulation des liquides et des gaz liquéfiés a été adressé au TWG pour consultation au mois de mai 2001. La partie concernant le stockage et la manipulation des solides a été adressée au TWG pour consultation au mois de septembre 2001. Les commentaires ont été évalués et intégrés au document, un deuxième avant-projet complet, incluant les propositions concernant les conclusions relatives aux MTD, a été adressé en juillet 2003. La réunion plénière finale du TWG s'est tenue au mois de mai 2004. Au terme de cette réunion, des consultations rapides sur le chapitre révisé des MTD, le chapitres 1 à 4 révisés, le paragraphe d'introduction sur la méthodologie du chapitre 5, le chapitre des conclusion et le résumé ont été effectuées. Au terme de ces consultations, la rédaction finale a été effectuée.

7.2. Sources d'informations

Plusieurs rapports de l'industrie et des autorités des EM ont été utilisés comme sources d'informations pour la rédaction du présent document BREF. Les rapports remis par le TETSP [84, TETSP, 2001, 113, TETSP, 2001] et l'Allemagne [18, UBA, 1999] ont été les pierres angulaires des sections relatives aux réservoirs de stockage. Le TETSP a mis au point et fourni une méthodologie permettant l'évaluation des mesures de limitation des émissions. Pour le stockage des matières dangereuses conditionnées, les directives existantes provenaient des Pays-Bas [3, CPR, 1984, 8, CPR, 1991] et du RU [35, HSE, 1998, 36, HSE, 1998] ; pour le stockage en cavités, l'industrie a été la principale source d'information, notamment Neste [81, Neste Engineering, 1996] et Geostock [150, Geostock, 2002]. Le rapport remis par l'Allemagne [17, UBA, 2001] a servi de base aux sections sur le stockage et la manipulation des solides, complétée par des informations en provenance des Pays-Bas [15, InfoMil, 2001, 164, DCMR, 2003], de l'industrie [74, Corus, 2002] et de fournisseurs. Ces rapports, directives et autres informations ont été complétés par des informations communiquées au cours des réunions, généralement accompagnées de visites de sites en Espagne, en Finlande, aux Pays-Bas, en Allemagne, en Belgique, au RU et en France. Les consultations officielles de l'avant-projet du document ont donné également lieu à la communication d'informations nouvelles et complémentaires et ont permis au TWG de vérifier les informations déjà communiquées.

7.3. Niveau de consensus obtenu

Les conclusions des travaux ont été validées lors de la réunion plénière du mois de mai 2004 ; un consensus a été obtenu pour la plupart des sujets abordés. Les principaux sujets abordés au cours de cette réunion finale étaient :

- la méthode d'évaluation (méthode de détermination des MLE) par rapport aux conclusions concrètes relatives aux MTD
- la surveillance des COV
- les toits flottants internes et externes et les dispositifs d'étanchéité
- le traitement et l'équilibrage de la vapeur pour les émissions dues aux réservoirs
- le traitement et l'équilibrage de la vapeur pour les émissions dues au chargement et au déchargement
- l'approche centrée sur le risque pour les émissions dans le sol dues aux réservoirs
- la prévention des émissions de poussières lors du stockage extérieur de courte et longue durée
- la pulvérisation des routes et la pulvérisation pendant le chargement/déchargement
- la hauteur de chute et la vitesse des matières solides pendant le chargement/déchargement

Lors de la discussion sur la méthode d'évaluation, le TETSP a proposé de remplacer les conclusions détaillées relatives aux MTD par une déclaration indiquant que les MTD pouvaient être déterminées par l'application de la méthode d'évaluation et ce en raison des différences entre les réservoirs du fait de leur conception, du produit stocké, de la localisation, etc. D'autres membres du groupe de travail technique ont estimé que l'application de la méthode d'évaluation ne permettait pas de définir des MTD générales et que le document BREF devait fournir

des descriptions claires des MTD. Lors de la réunion finale, le groupe de travail technique a estimé que les conclusions relatives aux MTD fournies dans ce document BREF devaient faire l'objet de descriptions claires des techniques ou approches et que la méthode d'évaluation devait être décrite au chapitre 4, avec un paragraphe d'introduction dans le chapitre 5. Il a été convenu que la méthode en tant que telle n'était pas une MTD. En revanche, cette méthode peut être utilisé comme outil par les rédacteurs d'autorisation et les exploitants lors de l'évaluation des mesures de limitation des émissions (MLE) décrites au chapitre 4 et pour lesquelles les principes généraux relatives aux MTD sont donnés au chapitre 5, afin dé définir la ou les MLE, qui répondent aux critères généraux de MTD ou les dépassent, les plus performantes pour le stockage des liquides et des gaz liquéfiés dans une situation donnée. Certains EM ont fait connaître leur désaccord par écrit ou oralement avant et pendant la réunion finale du groupe de travail technique ; des avis divergents ont ainsi été identifiés pour la méthode décrite dans le chapitre 5.

Au terme de la deuxième réunion, la nouvelle section du chapitre 4 relative à la méthode d'évaluation, ainsi que les désaccords exprimés sur cette méthode et le paragraphe d'introduction du chapitre 5, ont été remis au groupe de travail technique afin de vérifier si ces changements reflétaient la discussion qui avait eu lieu au cours de la réunion finale. La majorité du groupe de travail technique a estimé que les changements apportés rendaient compte de la discussion ; en revanche, certains EM ont exprimé leur désaccord, estimant que leurs commentaires n'avaient pas été ni correctement, ni totalement pris en compte ; ces EM ont demandé la suppression du paragraphe d'introduction du chapitre 5 et la transcription littérale dans le chapitre 4 de leurs divergences relatives à la méthode. En revanche, l'EIPPCB a été chargé de valider les informations et les opinions et de les intégrer dans le document BREF en donnant des faits et des observations objectifs et de vérifier la cohérence du document BREF. C'est pourquoi, il est impossible de transcrire littéralement le texte fourni dans le document BREF, sauf s'il s'agit d'une opinion divergente. Le point de vue divergent concernant la méthode d'évaluation était le suivant :

« Certains États membres ont un point de vue divergent concernant la méthode de détermination des MLE qu'ils ne considèrent ni pratique, ni adaptée à la détermination des MTD. Plus précisément, la méthode :

- n'est pas une MTD, ce que confirme le groupe de travail technique. En outre, la méthode n'est pas conforme aux critère de MTD d'après le document BREF « Description et guide »
- n'a pas été testée en pratique par les organismes d'autorisation compétents
- ne permet pas d'élaborer des conclusions au niveau européen ou sectoriel sur les MTD pour les substances possédant certaines propriétés
- ne permet pas une harmonisation des techniques de détermination des MTD au niveau européen. »

Un autre avis divergent communiqué et soutenu par un petit nombre d'EM, concernait les conclusions relatives aux MTD pour la surveillance des émissions de COV ; selon eux, le DIAL peut être utilisé comme outil de mesure des émissions de COV, ce qui n'est pas spécifiquement mentionné dans les conclusions. La conclusion relative aux MTD dans le chapitre 5 stipule que : « Sur les sites concernés par des émissions significatives de COV, la MTD doit prévoir le calcul régulier des émissions de COV. Le modèle de calcul peut nécessiter à l'occasion une validation par l'application d'une méthode de mesure (voir section 4.1.2.2.3). ». Seule la section 4.1.2.2.3 fait référence à l'outil DIAL.

Les trois derniers points de vue divergents identiques proviennent de l'industrie et concernent trois conclusions relatives aux MTD similaires, selon lesquelles la MTD consiste à utiliser une installation de traitement de la vapeur pour le stockage des substances volatiles toxiques (T), très toxiques (T+) ou appartenant aux catégories CMR 1 et 2. Cette MTD est applicable à trois différents types de réservoir, à savoir le réservoir à toit fixe, le réservoir horizontal atmosphérique et les réservoirs enterrés et partiellement enterrés. Selon eux, cette technique ne peut être une MTD pour les raisons suivantes :

i) le présent BREF ne donne pas de définition du terme « volatile »
j) aucun test ne permet de déterminer l'impact environnemental
k) les produits potentiellement nocifs pour l'environnement, mais considérés comme non toxiques, ne sont pas récupérés
l) d'autres mesures de limitation des émissions permettent d'atteindre un niveau plus élevé de protection environnementale en tenant compte des coûts et des avantages des différentes techniques
m) il n'existe aucun critère de performance reconnu pour une installation de traitement de la vapeur
n) cette technique ne tient pas compte du coût ou des avantages d'autres techniques
o) elle ne permet pas de tenir compte des caractéristiques techniques de l'installation concernée, de son emplacement géographique et des conditions environnementales locales
p) cette conclusion n'apporte aucune proportionnalité

Les 110 autres conclusions relatives aux MTD ont fait l'unanimité au sein du groupe de travail technique et aucun autre avis divergent n'a été exprimé. Aucun désaccord n'a été exprimé en ce qui concerne les conclusions relatives aux MTD dans le domaine du stockage et de la manipulation des solides. On peut donc dire que globalement un degré de consensus élevé a été atteint.

En revanche, lors de la réunion du forum d'échange d'information (IEF) des 20 et 21 décembre 2004 à Bruxelles, l'ajout de l'opinion divergente suivante a été décidé : « Un petit nombre d'EM ne se rallient pas aux conclusions relatives aux MTD données dans le chapitre 5 car, selon eux, une place trop importante est accordée à la détermination des MTD au cas par cas au niveau local. Selon eux, le document BREF ne donne aucune conclusion européenne claire relative aux MTD pouvant contribuer à une plus large harmonisation des normes au niveau européen. Ils préfèreraient, notamment, que de telles normes soient basées sur le potentiel de dangerosité et la quantité des substances manipulées. ».

7.4. Recommandations pour les travaux ultérieurs

Dès le début de la rédaction de ce document BREF, il était clair que pour prendre en compte le stockage de toutes les substances dangereuses stockées dans un large éventail de secteurs industriels concernés par la directive IPPC, il serait nécessaire d'adopter et d'utiliser un système de classification pour l'élaboration de ce document BREF. L'Europe ne possède aucun système de classification des polluants atmosphériques. Bien que l'Allemagne et les Pays-Bas aient fourni en exemple leurs systèmes de classification, le groupe de travail technique n'a pas réussir à obtenir un consensus sur le mode d'utilisation de ces informations pour le stockage et la manipulation des liquides et des gaz liquéfiés. En revanche, le système de classification des classes de dispersivité des solides utilisé aux Pays-Bas a été adopté et utilisé dans ce document BREF, ce qui a grandement facilité les discussions et la rédaction des conclusions relatives aux MTD.

Bien qu'il n'entre pas dans le champ d'application d'un document BREF d'élaborer un système européen de classification des polluants atmosphériques, un tel système serait très utile pour la détermination des MTD relatives aux émissions dues au stockage. Un tel système serait très utile pour identifier le niveau d'une émission « significative », ce niveau dépendant du rapport entre la quantité émise et les propriétés de la substance. C'est notamment pour cette raison que ce groupe de travail technique n'a pas pu parvenir à un consensus sur les conclusions relatives aux MTD pour lesquelles l'utilisation d'un type de traitement de vapeur est une MTD. Même si ce travail est complexe et fastidieux, il est conseillé au DG environnement d'envisager une telle initiative.

Au cours de la mise au point de ce document BREF, il est apparu clairement que le stockage et la manipulation de liquides et des gaz liquéfiés et le stockage et la manipulation des solides constituaient deux domaines complètement différents nécessitant des compétences différentes. Lors de réexamen de ce document BREF, il est recommandé de séparer ces deux sujets afin d'encourager des réunions plus efficaces et un échange d'informations plus productif.

Dans ce groupe de travail technique, aucun consensus n'a pu être atteint sur le mode de surveillance des émissions de COV et le mode de validation de celle-ci. Normalement ces émissions sont calculées et le modèle de calcul peut être validé en utilisant une méthode de mesure, par ex., DIAL. DIAL est couramment utilisé en Suède pour la surveillance des émissions dues au stockage en réservoirs de produits d'hydrocarbure dans des raffineries et des terminaux pétroliers, mais les informations relatives à l'utilisation du DIAL sur d'autres sites et dans d'autres pays sont insuffisantes. Pour le réexamen de ce document BREF, il est recommandé de recueillir des informations complémentaires sur la surveillance des émissions de COV.

La section 4.1.6.1.8 est consacrée à l'approche centrée sur le risque pour les émissions dans le sol sous les réservoirs ; le groupe de travail technique a estimé que cette approche était une MTD. En revanche, lors de la réunion finale, il a été décidé qu'il serait hautement souhaitable de mettre à jour les techniques mentionnées dans le tableau 4.5 répertoriant les techniques visant à éviter ou à réduire les émissions. Il s'agit au départ d'une demande adressée aux Pays-Bas, cette approche et ce tableau ayant été fournis par ce pays.

Le texte actuel de la section 4.2.8 relative au chargement et au déchargement des transporteurs a été présenté au TETSP après la réunion finale, ce qui a donc limité les opportunités de réexamen collégial par l'ensemble du groupe de travail technique. Pendant et après la réunion, aucun consensus n'a pu être atteint sur les conclusions relatives aux MTD dans ce domaine ; en revanche, le chargement et le déchargement des transporteurs ont été

reconnus comme sources d'émissions potentielles nécessitant une évaluation. Il est donc recommandé lors du réexamen de ce document BREF de recueillir des informations supplémentaires sur cette activité, en particulier des données d'émissions, de coût et économiques, ainsi que sur les techniques utilisées.

Le groupe de travail technique reconnaît que la méthode d'évaluation décrite à la section 4.1.1 n'a pas été testée dans la pratique par les organismes d'autorisation. Il est donc recommandé lors du réexamen de ce document BREF d'obtenir des informations, en particulier de la part des organismes d'autorisation, sur l'utilisation de cette méthode.

7.5. Thèmes suggérés pour de futurs projets de R & D

Dans le cadre de ses programmes de RDT, la Communauté européenne mène et subventionne une série de projet concernant les technologies propres, les nouvelles techniques de recyclage et de traitement des effluents et les stratégies de gestion en la matière. Ces projets représentent potentiellement une contribution précieuse pour les futurs réexamens du BREF. Les lecteurs sont par conséquent invités à communiquer au Bureau européen de prévention et de réduction intégrées de la pollution (BEPRIP) tout résultat de recherche présentant de l'intérêt pour le présent document (voir également la préface du présent document).

Les thèmes suivants peuvent être envisagés pour de futurs projets de recherche et développement :

- Méthodes de mesure économiques pour les émissions de COV
- Systèmes de transport fermés

GLOSSAIRE

Définition des substances

Substance combustible :
Substance qui continue à présenter une réaction de combustion à l'air de composition normale et à la pression, même après le retrait de la source d'inflammation.

Substance cancérogène :
Substance connue pour provoquer un cancer chez l'homme.

Substance corrosive :
Substance qui, au contact de la peau, peut avoir un effet destructeur sur le tissu vivant.

Substance explosive :
Substance pouvant exploser au contact d'une flamme ou qui est plus sensible aux chocs ou aux frottements que nitrobenzène.

Substance irritante :
Substance pouvant provoquer une infection en cas de contact direct, prolongé ou répété avec la peau ou les muqueuses.

Substance facilement inflammable :
Substance :

• pouvant s'échauffer au point de s'enflammer à l'air à température ambiante sans apport d'énergie ;
• à l'état solide, qui peut s'enflammer facilement par une brève action d'une source d'inflammation et qui continue à brûler ou à se consumer après le retrait de la source d'inflammation ;
• à l'état liquide, dont le point d'éclair est inférieur à 21° C ;
• à l'état gazeux, est inflammable à l'air à une pression normale ;
• qui, au contact de l'eau ou de l'air humide, produit des gaz facilement inflammables en quantités dangereuses (substance qui, au contact de l'eau, produit des gaz facilement inflammables).

Substance nocive pour l'environnement :
Substance pouvant avoir des effets dramatiques ou chroniques sur les écosystèmes ; la classification des substances nocives pour l'environnement est définie par la directive 67/548/CEE.

Substance mutagène :
Substance connue pour affecter la structure de l'ADN.

Substance inflammable :
Substance dont le point d'éclair, à l'état liquide, est supérieur ou égal à 21 °C et inférieur ou égal à 55 °C.

Comburant :
Substance qui, au contact avec d'autres substances, notamment des substances inflammables, présente une réaction fortement exothermique.

Substance nocive :
Substance qui, en cas d'inhalation, d'ingestion ou de pénétration par voie cutanée, peut provoquer des troubles de nature limitée.

Substance tératogène :
Substance connue pour son effet tératogène sur l'homme.

Substance toxique :
Substance qui, en cas d'inhalation, d'ingestion ou de pénétration par voie cutanée, peut provoquer des troubles aigus ou chroniques dangereux graves, voire mortels.

Substance hautement toxique :
Substance qui, en cas d'inhalation, d'ingestion ou de pénétration par voie cutanée, peut provoquer des troubles aigus ou chroniques dangereux très graves, voire mortels.

Dérive (pour les substances à l'état solide) :
Capacité d'une substance à être dispersée par le vent.

Définitions relatives au stockage et à la manipulation des liquides et des gaz liquéfiés

Opérationnel :	Émissions dues à des activités opérationnelles normales. La fréquence, les volumes et les charges sont généralement connues à l'avance ou peuvent être estimées ; certaines peuvent être programmées. Ce qui précède peut être utilisé pour déterminer le meilleur rapport investissement/rendement lors de la hiérarchisation des investissements et la détermination de la meilleure technique applicable de limitation des émissions. Les émissions fugaces et les décompressions sont dites opérationnelles lorsqu'elles ont lieu dans le cadre de conditions d'exploitation normales.
Incidents :	Les émissions dues à des incidents sont celles résultant d'une défaillance des systèmes de protection et/ou d'une erreur humaine. Il n'est pas possible de prévoir leurs volumes et fréquences ; seules des mesures d'atténuation peuvent être mises en place.
Niveau :	Volume de produit en réservoir n'étant ni en circulation et/ou ni aspiré, ni pompé.
Respiration (expiration) :	Émission gazeuse due au changement de la température ambiante, en général l'échauffement diurne du contenu de réservoirs de stockage (expiration due à l'augmentation du volume de gaz et à l'évaporation du liquide). L'inspiration due au refroidissement du contenu (diminution nocturne du volume de gaz et condensation de vapeur) n'est pas considérée comme une source d'émission.
Remplissage :	Courant liquide remplaçant le contenu en vapeur d'un système.
Vidange (réservoir) :	Retrait d'une partie du contenu liquide d'un système (utile pour les EFRT).
Purge :	Remplacement du contenu gazeux d'un système par de l'air ou des gaz inertes.
Jaugeage manuel :	Méthode de mesure de la hauteur de liquide dans un réservoir qui consiste en général à faire descendre un mètre lesté par une ouverture dans le toit du réservoir.
Échantillonnage :	Prélèvement d'un petit volume représentatif de liquide dans le contenu du système à des fins de test. On procède en général en ouvrant des soupapes directement raccordées au système principal et en prélevant du liquide dans un système de prélèvement (semi)ouvert ou ouvert.
Trop-plein :	Débordement de liquide provoqué par un remplissage du système dépassant sa capacité maximale en raison de la défaillance des systèmes de prévention de trop-plein.
Fuite :	Débordements gazeux ou liquides de système/équipement dus à des défaillances du système/équipement.
Nettoyage :	Retrait du contenu en liquide et/ou en vapeur du système par drainage, rinçage, grattage, purge, etc. afin de préparer le système pour des activités de maintenance/inspection ou pour d'autres produits. Crée généralement un (petit) courant de déchets liquides.
Raclage :	Retrait du contenu des réseaux de canalisation au moyen d'un dispositif poussé par un milieu ou un produit inerte qui gratte et évacue le contenu du système. Risques d'écoulements liquides et gazeux au niveau de la sortie du système.
Raccordement (déconnexion) :	Raccordement d'un système de transfert à des réservoirs, à un système de (dé)chargement ou à tout autre système de transfert au moyen de raccordements amovibles (manchettes de raccordement, etc.). Risque d'émissions liquides et gazeuses lors de l'installation et du retrait du

	raccordement.
(Dé)couplage :	Raccordement d'un système de transfert à des réservoirs ou à tout autre système de (dé)chargement (systèmes de confinement de liquide ou de gaz, par exemple bacs, cuves, isoconteneurs, etc.) au moyen de bras et/ou de conduites de chargement adaptés. Risque d'émissions liquides et gazeuses lors de l'installation et du retrait du raccordement.
Émissions fugaces :	Émission gazeuse provenant des composants du système (dispositifs d'étanchéité de pompe, garnitures mécaniques d'étanchéité, joints, etc.) généralement par perméation de gaz au travers d'un assemblage boulonné.
Drainage :	Vidage du contenu liquide d'un système vers un système de collecte ou tout autre système de stockage pouvant donner lieu à un courant de déchets liquides.
Limiteur de pression :	Système qui protège un système liquide (ou gazeux) de la surpression due aux changements de température ambiante, déversant généralement une partie du contenu liquide du système dans un système de collecte en raison de la hausse diurne de la température ambiante.
Creux :	Espace situé au-dessus du produit dans un réservoir de stockage.
Marteau d'eau :	Le marteau d'eau (ou choc hydraulique) est l'augmentation passagère de pression qui se produit dans un système d'eau en cas de changement brusque de direction ou de vitesse de l'eau. Lorsqu'une soupape rapidement fermée arrête l'écoulement d'eau dans une conduite, l'énergie de pression est transférée dans la soupape et la paroi du tuyau. Des ondes de choc se créent dans le système. Les ondes de pression remontent jusqu'au premier obstacle solide, puis repartent en sens inverse, puis remontent de nouveau. La vitesse de l'onde de pression est égale à la vitesse du son ; elle émet donc un « bang » lors de son cheminement avant et arrière, jusqu'à dissipation par pertes de charge. Pour plus de détails, consulter la page : http://www.nesc.wvu.edu/ndwc/articles/OT/WI03/Water_Hammer.html

Définitions générales

Surestaries :	Non chargement ou déchargement d'un navire affrété dans les délais prévus par le propriétaire ; tarif ou montant à payer au propriétaire par l'affréteur dans un tel cas.

Abréviations

AP-42 : Publication de l'USEPA (Agence américaine de protection de l'environnement) : « Compilation of Air Pollutant Emission Factors », disponible sur le site de l'EPA : http://www/epa.gov/ttn/chief/index.html. Le chapitre 7 de l'AP-42 concerne le stockage et le logiciel EPA TANKS contient les algorithmes de ce chapitre
MTD : Meilleures techniques disponibles
BLEVE : Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (explosion des vapeurs en expansion du liquide en ébullition)
CAPEX : Capital Expenditure (dépense en immobilisation)
CEFIC : Conseil européen des industries chimiques
CONCAWE : Organisation européenne des compagnies pétrolières pour l'environnement, la santé et la sécurité
CMR : Cancérogène, mutagène, toxique pour la reproduction
CWW BREF : BREF sur les systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique
TFE : Toit flottant externe
RTFE : Réservoir à toit flottant externe
MLE : Mesures de limitation des émissions
EPA : Agence américaine de protection de l'environnement
FECC : Fédération européenne du commerce chimique
FETSA : Fédération européenne des associations de stockistes indépendants
DGC : Désulfuration des gaz de combustion
PRV : Polyester renforcé à la fibre de verre
RTF : Réservoir à toit fixe
PEHD : Polyéthylène haute densité
TFI : Toit flottant interne
RTFI : Réservoir à toit flottant interne
LECA : Light Expanded Clay Aggregate (agrégat léger expansé d'argile)
GPL : Gaz de pétrole liquéfiés
EMTB : Éther méthyl-tertiobutylique
OPEX : Operational Expenditure (charges d'exploitation)
PTFE : Polytétrafluoroéthylène
PVRV : Clapet de décharge/soupape de décompression
EQT : Équivalents toxiques
TETSP : Plate-forme technologique européenne sur le stockage en réservoir ; ses membres sont : CEFIC, CONCAWE, FETSA et FECC
VDI : Verein Deutscher Ingenieure (association des ingénieurs allemands)
COV : Composé organique volatile
URV : Unités de récupération des vapeurs

Unités, mesures et symboles

TERME	SIGNIFICATION
atm	atmosphère normale (1 atm = 101 325 N/m²)
bar	bar (1,013 bar = 1 atm)
barg	bar gauge = pression relative (bar + 1 atm)
°C	Degré Celsius
cm	centimètre
j	jour
g	gramme
GJ	gigajoule
h	heure
J	Joule
K	degré Kelvin (0°C = 273,15 K)
kcal	kilocalorie (1 kcal = 4,19 kJ)
kg	kilogramme (1 kg = 1 000 g)
kJ	kilojoule (1 kJ = 0,24 kcal)
kPa	kilo Pascal
kt	kilotonne
kWh	kilowatt-heure (1 kWh = 3 600 kJ = 3,6 MJ)
l	litre
m	mètre
m²	mètre carré
m^3	mètre cube
mbar	millibar (1 mbar = 10^{-3} bar)
mg	milligramme (1 mg = 10^{-3} gramme)
MJ	mégajoule (1 MJ = 1 000 kJ = 10^6 joule)
mm	millimètre (1 mm = 10^{-3} m)
m/min	mètres par minute
mmWG	millimètre de colonne d'eau
Mt	mégatonne (1 Mt = 10^6 tonne)
Mt/an	mégatonnes par an
MW_e	mégawatts électriques (énergie)
MW_{th}	mégawatts thermiques (énergie)
ng	nanogramme
Nm^3	Normaux mètre cube (101,325 kPa, 273 K)
Pa	pascal
ppb	partie par milliard
ppm	partie par million (en poids)
s	seconde
t	tonne métrique (1 000 kg ou 10^6 gramme)
t/j	tonnes par jour
t/an	tonne(s) par an
V	volt
vol-%	pourcentage en volume (voir aussi % v/v)
W	watt (1 W = 1 J/s)
wt-%	pourcentage en poids (voir aussi % w/w)
yr	an
~	environ ; plus ou moins
µm	micromètre (1 µm = 10^{-6} m)
µg	microgramme (1 µg = 10^{-6} g)
% v/v	pourcentage en volume (voir aussi vol-%)
% w/w	pourcentage en poids (voir aussi wt-%)

8. ANNEXES

8.1. Codes internationaux

STOCKAGE de PRODUITS LIQUIDES

PRÉSENTATION des NORMES, DIRECTIVES
et CODES INTERNATIONAUX
par mode de stockage principal (janvier 2001)

N°	**Élément**
	Introduction
	- Normes, directives et codes (et pays) considérés
	- Modes de stockage considérés
	- Applicabilité
	- Questions
1	Stockage aérien
2	Stockage enterré
3	Stockage sous pression
4	Stockage cryogénique
5	Conteneurs ISO ou IBC
6	Cavités pour stockage sous pression du GPL ou huile minérale
7	Exemple de distribution chimique : stockage de produit conditionné

INTRODUCTION

Normes, directives et codes (et pays) considérés

La présentation se limite aux normes, directives et codes publiés dans les pays suivants :

- États-Unis d'Amérique
- Allemagne
- Royaume Uni
- France
- Pays-Bas

Veuillez noter que certains des codes, normes et directives sont cités dans le paragraphe relatif à un pays donné dans la mesure où ce pays les ont adopté sous cette forme ; d'autres pays peuvent avoir utilisé ce code et un numéro unique.

Par ordre alphabétique, les codes, normes et directives suivants ont été inclus (entre autres) : ABS, AFNOR, AMCA, AMD, ANSI, API, ARI, AS, ASME, ASTM, AWMA, AWS, BS, CAS, CEN, CGA, CODAP, CODRES, CPR, DIN, EEMUA, EIA, EMC, EN, ENV, FED, GPA, IEC, IEEE, IP, ISO, NACE, NFPA, PD, PEI, UL.

Veuillez noter que cette annexe n'est qu'une présentation qui peut ne pas inclure toutes les références disponibles à ce jour. Les lecteurs sont invités à établir la liste des codes, normes et directives (inter)nationaux supplémentaires, qui pourront être intégrés par la suite dans cette liste de référence.

Modes de stockage considérés

Six modes de stockage sont pris en considération pour les liquides en vrac (ainsi qu'un exemple pour le stockage des produits conditionnés) :

1. Réservoirs de stockage aériens
2. Réservoirs de stockage enterrés
3. Stockage sous pression
4. Stockage cryogénique
5. Conteneurs ISO ou IBC
6. Cavités pour le stockage du GPL sous pression ou l'huile minérale
7. Un exemple type a été inclus pour : Distribution chimique : locaux de stockage pour les matières conditionnées (RU)

Applicabilité

La présentation préliminaire ci-après comprend la liste des codes, normes et directives concernant les domaines suivants :

- conception
- construction
- inspection et maintenance
- techniques de prévention environnementale des différents modes de stockage pour les produits liquides (dans la mesure du possible)

Plusieurs codes, normes et directives répertoriés sont applicables au même de stockage, ainsi qu'à d'autres modes de stockage. Aucune appréciation de l'adéquation et/ou de l'application n'est donnée.

1. STOCKAGE AÉRIEN

1.0 Général

EN 14015, 2004 Spécification pour la conception et la fabrication des réservoirs en acier, soudés, aériens, à fond plat, cylindriques, verticaux, construits sur site destinés au stockage des liquides à la température ambiante ou supérieure. Partie 1 : réservoirs en acier

Les références normatives suivantes sont citées dans la norme **EN 14015** :

EN 287-1 Qualification des soudeurs – Soudage par fusion. Partie 1 : Acier

EN 288-1 Description et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques. Partie 1 : Règles générales pour le soudage par fusion

EN 288-2 Description et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques. Partie 2 : Description d'un mode opératoire de soudage pour le soudage à l'arc

EN 288-3 Description et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques. Partie 3 : Épreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage à l'arc sur acier

EN 444 Essais non destructifs. Principes généraux de l'examen radiographique à l'aide de rayons X et gamma des matériaux métalliques

EN 462-1 Indicateurs de qualité d'image (à fils). Détermination de l'indice de qualité d'image

EN 462-2 Indicateurs de qualité d'image (à trous et à gradins). Détermination de l'indice de qualité d'image

EN 473 Qualité et certification du personnel END – Principes généraux

EN 571-1 Essais non destructifs – Examen par ressuage – Partie 1 : Principes généraux

EN 970 Contrôle non destructif des assemblages soudés par fusion – Contrôle visuel

EN 1092-1 Brides et leurs assemblages. Brides circulaires pour tubes, appareils de robinetterie, raccords et accessoires désignés PN. Partie 1 : Brides en acier

EN 1290 Contrôle non destructif des assemblages soudés. Contrôle par magnétoscopie des assemblages soudés

EN 1418 Personnel en soudage. Épreuve de qualification des opérateurs soudeurs pour le soudage par fusion et des régleurs en soudage par résistance pour le soudage totalement mécanisé et automatique des matériaux métallique.

EN 1435 Contrôle non destructif des assemblages soudés. Contrôle par radiographie des assemblages soudés

EN 1714 Contrôle non destructif des assemblages soudés. Contrôle par ultrasons des assemblages soudés

prEN 1759-1 Brides et leurs assemblages. Partie 1 : Brides en acier NPS ½ à 24 désignées Class

EN 10025 Produits laminés à chaud en aciers de construction non alliés. Conditions techniques de livraisons

EN 10028-2 Produits plats en acier pour appareils à pression. Partie 2 : Aciers non alliés et alliés avec caractéristiques spécifiées à la température élevée

EN 10028-3 Produits plats en aciers pour appareils à pression. Partie 3 : Aciers soudables à grains fins, normalisés

EN 10029 Tôles en acier laminées à chaud, d'épaisseur égale ou supérieure à 3 mm. Tolérances sur les dimensions, la forme et la masse

EN 10045-1 Matériaux métalliques. Essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy. Partie 1 : Méthode d'essai

EN 10088-1 Aciers inoxydables. Partie 1 : Liste des aciers inoxydables

EN 10088-2 Aciers inoxydables. Partie 2 : Conditions techniques de livraison de tôles et bandes en acier de résistance à la corrosion pour usage général

EN 10088-3 Aciers inoxydables. Partie 3 : Conditions techniques de livraison pour les demi-produits, barres, fils machines, fils tréfilés, profils et produits transformés à froid en acier résistant

EN 10113-2 Produits laminés à chaud en aciers de construction soudables à grains fins. Partie 2 : Conditions de livraison des aciers à l'état normalisé/laminage normalisant

EN-10113-3 Produits laminés à chaud en aciers de construction soudables à grains fins. Partie 3 : Conditions de livraison des aciers obtenus par laminage thermomécanique

EN 10204 Produits métalliques. Types de documents de contrôle

EN 10210-1 Profils creux pour la construction finis à chaud en aciers de construction normalisés et à grains fins. Partie 1 : Conditions techniques de livraison

prEN 10216-1 Tubes sans soudure en acier pour service sous pression – Conditions techniques de livraison. Partie 1 : Tubes en acier non allié avec caractéristiques spécifiées à température ambiante

prEN 10216-5 Tubes sans soudure en acier pour service sous pression – Conditions techniques de livraison. Partie 5 : Tubes en aciers inoxydables

prEN 10217-1 Tubes soudés en acier pour service sous pression – Conditions techniques de livraison. Partie 1 : Tubes en acier non alliés avec caractéristiques spécifiées à température ambiante

prEN 10217-7 Tubes soudés en acier pour service sous pression – Conditions techniques de livraison. Partie 7 : Tubes en aciers inoxydables

prEN 12874 Arrête-flammes. Exigences de performances, méthodes d'essai et limite d'utilisation

EN 26520 Classification des défauts dans les soudures par fusion des métaux, avec commentaires explicatifs

ENV 1991-2-1 Eurocode 1 : Bases de calcul et actions sur les structures et Document d'Application Nationale - Partie 2-1 : Actions sur les structures - Poids volumique, poids propres et charges d'exploitation

ENV 1991-2-3 Eurocode 1 : Bases de calcul et actions sur les structures et Document d'Application Nationale - Partie 2-3 : Actions sur les structures - Charges de neige

ENV 1993-1-1 Eurocode 3 : Calcul des structures en acier - Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments

prEN ISO 14122 Sécurité des machines. Moyens d'accès permanents aux machines et aux établissements industriels

EN 485 Aluminium et alliages d'aluminium. Tôles, bandes et tôles épaisses

EN 754 Aluminium et alliages d'aluminium. Barres et tubes étirés

EN 755 Aluminium et alliages d'aluminium. Barres, tubes et profilés filés

1.1 États-Unis d'Amérique

API 048 (RS) l-DEC-1989 The Net Social Cost of Mandating Out-of-Service Inspections of Aboveground Storage Tanks in the Petroleum industry

API 065 (RS) 1-SEP-1992 Estimated Costs and Benefits of Retrofitting Aboveground Petroleum Industry Storage Tanks with Release Prevention Barriers

ANSI/API 12B l-FEB-1995 Specification for Bolted Tanks for Storage of Production Liquids

ANSI/API 12D 1-NOV-1994 Specification for Field Welded Tanks for Storage of Production Liquids

ANSI/API 12F 1-NOV-1994 Specification for Shop Welded Tanks for Storage of Production Liquids

ANSI/API 2610 1-JUL-1994 Design, Construction, Operation, Maintenance, and Installation of Terminal and Tank Facilities

API 1629 10-OCT-1993 Guide for Assessing and Remediating Petroleum Hydrocarbons in Soils

API 2000 l-APR-1998 Venting Atmospheric and Low pressure Storage Tanks: Nonrefrigerated and Refrigerated

API 2015 l-MAY-1994 Safe Entry and Cleaning of Petroleum Storage Tanks, Planning and Managing Tank Entry From Decommissioning Through Recommissioning

API 2021A 1-JUN-1998 Interim Study Prevention and Suppression of Fires in Large Aboveground Atmospheric Storage Tanks

API 2202 1991 Dismantling and Disposing of Steel from Aboveground Leaded Gasoline Storage Tanks

API 2350 1996 Overfill Protection for Petroleum Storage Tanks

API 2517D 1-MAR-1993 Documentation File for API Publication 2517, Evaporation Loss from External Floating-Roof Tanks
API 2519D 1-MAR-1993 Documentation File for API Publication 2597, Evaporation Loss from Internal Floating-Roof Tanks

API 301 1991 Aboveground Tank Survey: 1989, 1991

API 306 1991 An Engineering Assessment of Volumetric Methods of Leak Detection in Aboveground Storage Tanks

API 307 1991 An Engineering Assessment of Acoustic Methods of Leak Detection in Aboveground Storage Tanks

API 322 1994 An Engineering Evaluation of Acoustic Methods of Leak Detection in Aboveground Storage Tanks

API 323 1994 An Engineering Evaluation of Volumetric Methods of Leak Detection in Aboveground Storage Tanks

API 325 l-MAY-1994 An Evaluation of a Methodology for the Detection of Leaks in Aboveground Storage Tanks

API 327 1-SEP-1994 Aboveground Storage Tank Standards: A Tutorial

API 334 1-SEP-1995 A Guide to Leak Detection for Aboveground Storage Tanks

API 340 1-OCT-1 997 Liquid Release Prevention and Detection Measures for Aboveground Storage Facilities

API 341 l-FEB-1998 A Survey of Diked-Area Liner Use at Aboveground Storage Tank Facilities

API 351 l-APR-1999 Overview of Soil Permeability Test Methods

API 579 2000 Recommended Practice for Fitness-for-Service

API 620 l-FEB-1996 Design and Construction of Large, Welded, Low pressure Storage Tanks, Ninth Edition

API 650 1-NOV-1998 Welded Steel Tanks for Oil Storage

ANSI/API 651 1-DEC-1 997 Cathodic Protection of Aboveground Petroleum Storage Tanks

ANSI/API 652 l -DEC-1997 Lining of Aboveground Petroleum Storage Tank Bottoms

API 653 1-DEC-1995 Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction

API 910 1-NOV-1997 Digest of State Boiler, Pressure Vessel, Piping, and Aboveground Petroleum Storage Tank Rules and Regulations

API MPMS Chapter 19.2 1-APR-1997 Evaporative Loss Measurement: Documentation File for API Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 19.2 – Evaporative Loss from Floating Roof Tanks

API MPMS Chapter 19.3C 1-JUL-1998 Evaporative Loss Measurement - Part C: Weight Loss Test Method for the Measurement of Rim-Seal Loss Factors for Internal Floating-Roof Tanks

API MPMS Chapter 7.4 1993 Static Temperature Determination Using Fixed Automatic Tank Thermometers

API RP 575 1-NOV-1995 Inspection of Low pressure Storage Tanks

AWMA 91.15.5 1-JUN-1991 Detection of Leaks in the Floor of Aboveground Storage Tanks by Means of a Passive Acoustic Sensing System

ANSI/AWWA Dl10-95 1995 Wire-wound Circular Prestressed Concrete Water Tanks
(includes addendum Dl10a-96)

UL 142 1992 Steel Aboveground Storage Tanks for Flammable and Combustible Liquids

NFPA 30A Code for Motor Fuel Dispensing Facilities and Repair Garages, 2000 Edition

NFPA 22 Standard for Water Tanks for Private Fire Protection, 1998 Edition

NFPA 395 Standard for the Storage of Flammable and Combustible Liquids at Farms and Isolated Sites, 1993 Edition

1.2 Allemagne

DIN 4119-1 1-JUN-1979 Aboveground Cylindrical Flat-Bottomed Tank Installations of Metallic Material – Fundamentals, Design, Tests, Standard

DIN 4119-2 1-FEB-1980 Aboveground Cylindrical Flat-Bottom Tank Installations of Metallic Material – Calculation

DIN 6600 1-SEP-1989 Steel Tanks for the Storage of Flammable and Non-Flammable Water Polluting Liquids; Concepts and Inspection

DIN 6601 -OCT-1990 Material resistance of steel tanks against liquids (positive list) (+ DIN 6601/A1 Revision)

DIN 6616 -SEP-1989 Horizontal steel tanks, single and double wall, for aboveground storage of flammabel and not flammable liquids and liquids hazardous to waters

DIN 6618-1 -SEP-1989 Vertical steel tanks, single wall, for aboveground storage of flammabel and not flammable liquids and liquids hazardous to waters

DIN 6618-2 -SEP-1989 Vertical steel tanks, double wall, without leak detection sytem for aboveground storage of flammabel and not flammable liquids and liquids hazardous to waters

DIN 6618-3 -SEP-1989 Vertical steel tanks, double wall, with leak detection sytem for aboveground storage of flammabel and not flammable liquids and liquids hazardous to waters

DIN 6618-4 -SEP-1989 Vertical steel tanks, double wall, without leak detection sytem, with external sucking pipe for aboveground storage of flammable and not flammable liquids and liquids hazardous to waters

DIN 6623-1 -SEP-1989 Vertical steel tanks, single wall, with less than a volume of 1000 litre for aboveground storage of flammabel and not flammable liquids and liquids hazardous to waters

DIN 6623-2 -SEP-1989 Vertical steel tanks, double wall, with less than a volume of 1000 litre for aboveground storage of flammabel and not flammable liquids and liquids hazardous to waters
DIN 6624-1 -SEP-1989 Horizontal steel tanks, single wall, with a volume of 1000 to 5000 litre for aboveground storage of flammable and not flammable liquids and liquids hazardous to waters

DIN 6624-2 -SEP-1989 Horizontal steel tanks, double wall, with a volume of 1000 to 5000 litre for aboveground storage of flammable and not flammable liquids and liquids hazardous to waters

DIN 11622 -JUL-1994 Silos for ferment feed and liquid manure tanks (6 parts)

DIN EN 617 -MAY-2002 Continuous handling equipment and systems – Safety and
EMC requirements for the equipment for the storage of bulk materials in silos, bunkers, bins and hoppers

DIN EN 12285-2 -FEB-2002 Workshop fabricated steel tanks – Part 2: Horizontal cylindrical single skin and double skin tanks for the aboveground storage of flammable and non-flammable water polluting liquids

DIN EN 12573-1 -DEC-2000 Welded static non-pressurised thermoplastic tanks. Part 1: General principles

DIN EN 12573-2 -DEC-2000 Welded static non-pressurised thermoplastic tanks. Part 2: Calculation of vertical cylindrical tanks

DIN EN 12573-3 -DEC-2000 Welded static non-pressurised thermoplastic tanks. Part 3: Design and calculation for single skin rectangular tanks

DIN EN 12573-4 -DEC-2000 Welded static non-pressurised thermoplastic tanks. Part 4: Design and calculation of flanged joints

DIN EN 13121-1 -AUG-1998 GRP tanks and vessels for use above ground. Part 1: Raw materials - Specification conditions and acceptance conditions

DIN EN 13121-2 -AUG-1998 GRP tanks and vessels for use above ground. Part 2: Composite materials, chemical resistance

DIN EN 13121-3 -AUG-1998 GRP tanks and vessels for use above ground. Part 3: Calculation, construction and design

DIN EN 13121-4 -AUG-1998 GRP tanks and vessels for use above ground. Part 4: Delivery, installation and maintenance

DIN EN 13352 -DEC-1998 Specification for the performance of automatic tank contents gauges

DIN EN 13530-1 -AUG-2002 Cryogenic Vessels – Large transportable vacuum insulated vessels. Part 1: Fundamental requirements

DIN EN 13530-2 -JUL-1999 Cryogenic Vessels – Large transportable vacuum insulated vessels. Part 2: Design, fabrication, inspection and testing

DIN EN 13575 -AUG-1999 Overfill Prevention Devices for tanks for liquid petroleum

DIN EN 13617-1 -SEP-1999 Petrol Filling Station. Part 1: Construction and performance of metering pumps, dispenser and remote pumping units

DIN EN 14015-1 -JAN-2001 Specifcation for the design and manufacture of site build,vertical, cylindrical, flat-bottemed, aboveground, welded, metallic tanks for the storage ofliquids at ambient temperature and above. Part 1: Steel tanks

DIN EN 14398-2 -APR-2002 Cryogenic vessels - Large transportable non-vacuum insulated vessels. Part 2: Design, fabrication, inspection and testing

DIN EN ISO 17654 -JUN-2000 Destructive tests on welds in metallic materials – Resistance welding – Pressure test on resistance seam welds

DIN EN ISO 17654 -JUN-2000 Petroleum and related products – Determination of the flammability characteristics of fluids in contact with hot surfaces – Manifold ignition test

1.3 Royaume Uni

BS 2654 1989 Specification for Manufacture of Vertical Steel Welded Non-Refrigerated Storage Tanks with Butt-Welded Shells for the Petroleum Industry

BS 2654 Amendment 1 1997 Amendment 1 – Specification for Manufacture of Vertical Steel Welded Non-Refrigerated Storage Tanks with Butt-Welded Shells for the Petroleum Industry

BS 8007 1987 Code of practice for design of concrete structures for retaining aqueous liquids

EEMUA 154 Guidance to Owners on Demolition of Vertical Cylindrical Steel Storage Tanks

EEMUA 159 1994 Users' Guide to the Maintenance and Inspection of Aboveground Vertical Cylindrical Steel Storage Tanks

EEMUA 180 1996 Guide for Designers and Users on Frangible Roof Joints for Fixed Roof Storage Tanks

EEMUA 183 1999 Guide for the Prevention of Bottom Leakage from Vertical, Cylindrical, Steel Storage Tanks

EMC 1980 European model code of safe practice in the storage and handling of petroleum products, part II, design, layout and construction

IP 34/99 Determination of Flashpoint – Pensky-Martens closed cup method IP-ASTM Joint Method ASTM D 93-97

IP 35/63 (86) Determination of open flash and fire point – Pensky-Martens method Equivalent Standards: BS 2000: Part 35: 1993

IP 36/84 (89) Determination of Open Flash and Fire Point – Cleveland Method IP-ASTM Joint Method ASTM D 92-97

IP 170/99 Petroleum products and other liquids – Determination of flashpoint – Abel closed cup method Equivalent Standards: BS 2000: Part 170: 1998; \BS EN ISO 13736: 1998; ISO 13736: 1997

IP 303/83 (88) Determination of closed flashpoint – mini equilibrium method IP-ASTM Joint Method ASTM D 3828-97

IP 304/80 Determination of Flashpoint Closed Cup Equilibrium Method

IP 378/87 Storage Stability at 43ºC of Distillate Fuel IP-ASTM Joint Method ASTM D 4625-92 (98)
IP 403/94 Petroleum products – Determination of flash and fire points – Cleveland open cup method Equivalent Standards: BS 2000: Part 403: 1994; BS EN 22592: 1994; ISO 2592: 1973

IP 404/94 Petroleum products and lubricants – Determination of flashpoint – Pensky-Martens closed cup method Equivalent Standards: BS 2000: Part 404: 1994; BS EN 22719: 1994; ISO 2719: 1988

IP PM CE/1996 Determination of flashpoint – transparent liquids – Pensky-Martens closed tester Obsolete; Proposed Method

IP PM CH/99 Determination of the hot storage stability of modified bituminous binder; Proposed Method

IP Model Code of Safe Practice, part 19 Fire precautions at petroleum refineries and bulk storage installations

IP Code of Practice, 1994 Internal floating roofs for oil storage tanks

1.4 France

CODRES 1991 Code français de construction des réservoirs cylindriques verticaux en acier avec tôles de robe soudées bout à bout, pour stockage de produits pétroliers liquides. – FRANÇAIS

1.5 Pays-Bas

Rules for Pressure Vessels Dutch Code for Construction of Unfired Pressure Vessels. Section G. Sections G801, G802 and G803

CPR 9-2 1985 Vloeibare aardolieprodukten. Bovengrondse opslag, kleine installaties – DUTCH

CPR 9-3 1984 Vloeibare aardolieprodukten. Bovengrondse opslag, grote installaties – DUTCH

CPR 9-6 25 mei 1998 Nr. 98/88 De opslag van vloeibare aardolieproducten

CPR 9-6 19 juli 1999 Nr. 99/135 Richtlijn voor opslag tot 150 m3 van brandbare vloeistoffen met een vlampunt van 55 tot 100 ºC in bovengrondse tanks

CPR 12E Nr. 98/11 3 februari 1998 Berekeningsmethoden voor opstellen risicoanalyse gevaarlijke stoffen

CPR-12 Nr. 97/13128 juli 1997 Methoden voor het bepalen en verwerken van kansen

CPR 12E 1 November 1999 Nr. 99/194 Methods for determining and processing probabilities

CPR 14E Nr. 97/13128 juli 1997 Methods for the calculation of physical effects

CPR 14E 1 November 1999 Nr. 99/194 Methods for the calculation of physical effects

CPR 15-1 1994 Richtlijn 15-1 van de CPR, getiteld 'Opslag gevaarlijke stoffen in emballage; Opslag van vloeistoffen en vaste stoffen (0 ton tot 10 ton)', tweede druk, uitgave 1994

CPR 15-2 1991 Richtlijn 15-2 van de CPR, getiteld 'Opslag gevaarlijke stoffen, chemische afval stoffen en bestrijdingsmiddelen in emballage; opslag van grote hoeveelheden', eerste druk, 1991

CPR-16 Nr. 97/13128 juli 1997 Methoden voor het bepalen van mogelijke schade aan mensen en goederen

CPR 16E 1 November 1999 Nr. 99/194 Methods for the determination of possible damage

CPR 18E 1 November 1999 Nr. 99/194 Guidelines for quantitative risk assessment

CPR 20 31 januari 2000 Nr. 2000/013 RIB, Rapport Informatie-eisen BRZO'99

NEN-EN 14015, 2000 (draft version only available) Specification for the design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat bottomed, aboveground, welded, metallic tanks for the storage of liquids at ambient temperature and above, Part 1: Steel Tanks (see also CEN/TC 265 under section General)

1.6 Autriche

OENORM C 2115: 1981 01 01 (Standard), Liegende Behälter aus Stahl; einwandig und doppelwandig für oberirdische Lagerung von Flüssigkeiten

OENORM C 2116-1: 1984 06 01 (Standard), Stehende zylindrische Behälter aus Stahleinwandig- für oberirdische Lagerung von Flüssigkeiten

OENORM C 2116-2: 1984 06 01 (Standard), Stehende zylindrische Behälter aus Stahldoppelwandig- mit Unterdruck-Leckanzeige für oberirdische Lagerung von Flüssigkeiten

OENORM C 2116-3: 1984 06 01 (Standard), Stehende zylindrische Behälter aus Stahldoppelwandig- mit Flüssigkeits-Leckanzeige für oberirdische Lagerung von Flüssigkeiten

OENORM C 2117-1: 1982 03 01 (Standard), Standortgefertigte prismatische Behälter aus Stahl für oberirdische Lagerung von Flüssigkeiten; Ausführung

OENORM C 2117-2: 1982 03 01 (Standard), Standortgefertigte prismatische Behälter aus Stahl für oberirdische Lagerung von Flüssigkeiten; Berechnung

OENORM C 2118: 1985 04 01 (Standard), Liegende Behälter aus Stahl; Nenninhalt 1m3 bis 5m3; einwandig und doppelwandig für oberirdische Lagerung von Flüssigkeiten

2. STOCKAGE ENTERRÉ

2.1 États-Unis d'Amérique

API 1604 l-MAR-1996 Closure of Underground Petroleum Storage Tanks

API 1615 l-MAR-1996 Installation of Underground Petroleum Storage Systems

API 1621 l-MAY-1993 Bulk Liquid Stock Control at Retail Outlets

API 1629 10-OCT-1993 Guide for Assessing and Remediating Petroleum Hydrocarbons in Soils

API 1631 l-OCT-1997 Interior Lining of Underground Storage Tanks

API 1632 l-MAY-1996 Cathodic Protection of Underground Petroleum Storage Tanks and Piping Systems

API 1650 1989 Set of Six API Recommended Practices on Underground Petroleum Storage Tank Management

API 1663A Underground Storage Tank Installation Training Module – SET – Includes API 1663B, 1663C, 1663D, and 1663E

API 1663B Underground Storage Tank Installation Training Module

API 1663C Underground Storage Tank Installation Workbook/Exhibit Book Set To accompany API 1663B

API 1663D Underground Storage Tank Removal Training Module

API 1663E Underground Storage Tank Removal Workbook/Exhibit Book Set To accompany API 1663D

API 2000 l-APR-1998 Venting Atmospheric and Low pressure Storage Tanks: Nonrefrigerated and Refrigerated

ASTM D4021-92 15-JUN-1992 Standard Specification for Glass-Fibre-Reinforced Polyester Underground Petroleum Storage Tanks

ASTM E1430-91 6-SEP-1991 Standard Guide for Using Release Detection Devices with Underground Storage Tanks

ASTM E1526-93 15-MAR-1993 Standard Practice for Evaluating the Performance of Release Detection Systems for Underground Storage Tank Systems

ASTM El 990-98 10-OCT-1998 Standard Guide for Performing Evaluations of Underground Storage Tank Systems for Operational Conformance with 40 CFR, Part 280 Regulations

ASTM G158-98 10-SEP-1998 Standard Guide for Three Methods of Assessing Buried Steel Tanks

NACE RP0285-95 1995 Standard Recommended Practice – Corrosion Control of Underground Storage Tank Systems by Cathodic Protection

NFPA (fire) 326 1999 Safe Entry of Underground Storage Tanks

PEI RP100 1997 Recommended Practices for Installation of Underground Liquid
Storage Systems

PEI RP 100-2000 Recommended Practices for Installation of Underground Liquid Storage Systems

UL 1316 1994 Glass Fibre Reinforced Plastic Underground Storage Tanks for Petroleum Products, Alcohols, and Alcohol -Gasoline Mixtures

UL 1746 1993 External Corrosion Protection Systems for Steel Underground Storage Tanks

UL 1746 Amendment 1 3-NOV-1997 External Corrosion Protection Systems for Steel Underground Storage Tanks

UL 1746 Amendment 2 24-SEP-2000 External Corrosion Protection Systems for Steel Underground Storage Tanks

UL 1746 Amendment 3 16-MAY-2000 External Corrosion Protection Systems for Steel Underground Storage Tanks

2.2 Allemagne

DIN 6600 1-SEP-1989 Steel Tanks for the Storage of Flammable and Non-Flammable Water Polluting Liquids; Concepts and Inspection

DIN EN 1918-5 JUL-1998 Gas supply systems – Underground gas storage. Part 5: Functional recommendations for surface facilities

DIN EN 976-1 1-SEP-1997 Underground Tanks of Glass-Reinforced Plastics (GRP)- Horizontal Cylindrical Tanks for the Non-Pressure Storage of Liquid Petroleum Based Fuels. Part 1: Requirements and Test Methods for Single Wall Tanks – GERMAN

DIN EN 976-2 1-SEP-1997 Underground Tanks of Glass-Reinforced Plastics (GRP) – Horizontal Cylindrical Tanks for the Non-Pressure Storage of Liquid Petroleum Based Fuels. Part 2: Transport, Handling, Storage and Installation of Single Wall Tanks – GERMAN

DIN EN 977 1-SEP-1997 Underground Tanks of Glass-Reinforced Plastics (GRP) – Method for One Side Exposure to Fluids – GERMAN

DIN EN 978 1-SEP-1997 Underground Tanks of Glass-Reinforced Plastics (GRP) – Determination of Creep Factor and Factor – GERMAN

DIN 6607 -JAN-1991 Corrosion protection – Coatings of underground tanks: requirements and testing

DIN 6608-2 -SEP-1989 Horizontal steel tanks, double wall, for underground storage of flammabel and not flammable liquids and liquids hazardous to waters

DIN 6619-2 -SEP-1989 Vertical steel tanks, double wall, for underground storage of flammabel and not flammable liquids and liquids hazardous to waters

DIN 6626 -SEP-1989 Domes of steel for tanks for underground storage of flammable and not flammable liquids and liquids hazardous to waters

DIN EN 976-3 -OCT-1997 Underground tanks of Glass-Reinforced Plastics (GRP) – Horizontal cylindrical tanks for the non-pressure storage of liquid petroleum based fuels. Part 3: Requirements and test methods of double walled tanks

DIN EN 976-4 -OCT-1997 Underground tanks of Glass-Reinforced Plastics (GRP) – Horizontal cylindrical tanks for the non-pressure storage of liquid petroleum based fuels. Part 4: Transport, handling, intermediate storage and installation of double walled tanks

DIN EN 12917 -OCT-1997 Underground tanks of Glass-Reinforced Plastics (GRP) – Horizontal cylindrical tanks for the non-pressure storage of liquid petroleum based fuels – conformity assessment according EN 976-1 and 976-3

DIN EN 13160-1 -MAY-1998 Leak detection systems. Part 1: General principles

DIN EN 13160-2 -MAY-1998 Leak detection systems. Part 2: Pressure and vacuum systems

DIN EN 13160-3 -MAY-1998 Leak detection systems. Part 3: liquid systems

DIN EN 13160-4 -MAY-1998 Leak detection systems. Part 4: Liquid and/or vapour sensor systems for use in leakage containments or interstitial spaces

DIN EN 13160-5 -MAY-1998 Leak detection systems. Part 5: Tank content sensor systems

DIN EN 13160-6 -MAY-1998 Leak detection systems. Part 6: Sensors in monitoring wells

DIN EN 13160-7 -MAY-1998 Leak detection systems. Part 7: General requirements and test methods for interstitial spaces, leak protecting linings and leak protecting jackets

DIN EN 13636 -OCT-1999 Cathodic corrosion protection of underground metallic tanks and their pipes

DIN EN 14125 -MAY-2001 Underground pipes for petrol filling stations

DIN EN 14129 -JUL-2001 Safety valves for tanks for liquified gases

2.3 Royaume Uni

BS 2594 1975 Specification for Carbon Steel Welded Horizontal Cylindrical Storage Tanks

BS EN 1918-1 1998 Gas Supply Systems – Underground Gas Storage – Functional Recommendations for Storage in Aquifers

BS EN 1918-2 10-JAN-1998 Gas Supply Systems – Underground Gas Storage –Functional Recommendations for Storage in Oil and Gas Fields

BS EN 1918-5 1998 Gas Supply Systems – Underground Gas Storage – Functional Recommendations for Surface Facilities

BS EN 976-1 1997 Underground Tanks of Glass-Reinforced Plastics (GRP) – Horizontal Cylindrical Tanks for the Non-Pressure Storage of Liquid Petroleum Based Fuels. Part 1: Requirements and Test Methods for Single Wall Tanks – ENGLISH

BS EN 976-2 1997 Underground Tanks of Glass-Reinforced Plastics (GRP) – Horizontal Cylindrical Tanks for the Non-Pressure Storage of Liquid Petroleum Based Fuels. Part 2: Transport, Handling, Storage and Installation of Single Wall Tanks – ENGLISH

BS EN 977 1-SEP-1997 Underground Tanks of Glass-Reinforced Plastics (GRP) – Method for One Side Exposure to Fluids – ENGLISH

BS EN 978 1-SEP-1997 Underground Tanks of Glass-Reinforced Plastics (GRP) – Determination of Creep Factor and Factor – ENGLISH
IP 34/99 Determination of Flashpoint – Pensky-Martens closed cup method IP-ASTM Joint Method ASTM D 93-97

IP 35/63(86) Determination of open flash and fire point – Pensky-Martens method Equivalent Standards: BS 2000: Part 35: 1993

IP 36/84 (89) Determination of Open Flash and Fire Point – Cleveland Method IP-ASTM Joint Method ASTM D 92-97

IP 170/99 Petroleum products and other liquids – Determination of flashpoint – Abel closed cup method Equivalent Standards: BS 2000: Part 170: 1998; \BS EN ISO 13736: 1998; ISO 13736: 1997

IP 303/83 (88) Determination of closed flashpoint – mini equilibrium method IP-ASTM Joint Method ASTM D 3828-97

IP 304/80 Determination of Flashpoint Closed Cup Equilibrium Method

IP 403/94 Petroleum products – Determination of flash and fire points – Cleveland open cup method Equivalent Standards: BS 2000: Part 403: 1994; BS EN 22592: 1994; ISO 2592: 1973

IP 404/94 Petroleum products and lubricants – Determination of flashpoint – Pensky-Martens closed cup method Equivalent Standards: BS 2000: Part 404: 1994; BS EN 22719: 1994; ISO 2719: 1988

2.4 France

AFNOR NF EN 976-1 1-SEP-1997 Réservoirs enterrés en plastiques renforcés de verre (PRV)-Réservoirs cylindriques horizontaux pour le stockage sans pression de carburants ou combustibles pétroliers liquides. Partie 1 : Prescriptions et méthodes d'essai pour réservoirs à simple paroi – FRANÇAIS

AFNOR NF EN 976-2 1-SEP-1997 Réservoirs enterrés en plastiques renforcés de verre (PRV)-Réservoirs cylindriques horizontaux pour le stockage sans pression de carburants ou combustibles pétroliers liquides. Partie 2 : Transport, manutention, stockage et installation de réservoirs à simple paroi – FRANÇAIS

AFNOR NF M 88-514 1-MAR-1980 Réservoirs mixtes pour stockage enterré de produits pétroliers liquides (2ème catégorie) - Réservoir extérieur métallique - Réservoir intérieur en matière plastique

AFNOR NF M 88-550 1979 Réservoirs de stockage en matières plastiques renforcées - Réservoir enterré pour produits pétroliers liquides.

2.5 Pays-Bas

CPR 9-1 1983 Vloeibare aardolieprodukten. Ondergrondse opslag – DUTCH

CPR 12E Nr. 98/11 3 februari 1998 Berekeningsmethoden voor opstellen risicoanalyse gevaarlijke stoffen

CPR-12 Nr. 97/13128 juli 1997 Methoden voor het bepalen en verwerken van kansen

CPR 12E 1 November 1999 Nr. 99/194 Methods for determining and processing probabilities

CPR 14E Nr. 97/13128 juli 1997 Methods for the calculation of physical effects

CPR 14E 1 November 1999 Nr. 99/194 Methods for the calculation of physical effects

CPR 15-1 1994 Richtlijn 15-1 van de CPR, getiteld 'Opslag gevaarlijke stoffen in emballage; Opslag van vloeistoffen en vaste stoffen (0 ton tot 10 ton)', tweede druk, uitgave 1994

CPR 15-2 1991 Richtlijn 15-2 van de CPR, getiteld 'Opslag gevaarlijke stoffen, chemische afval stoffen en bestrijdingsmiddelen in emballage; opslag van grote hoeveelheden', eerste druk, 1991

CPR-16 Nr. 97/13128 juli 1997 Methoden voor het bepalen van mogelijke schade aan mensen en goederen

CPR 16E 1 November 1999 Nr. 99/194 Methods for the determination of possible damage

CPR 18E 1 November 1999 Nr. 99/194 Guidelines for quantitative risk assessment

CPR 20 31 januari 2000 Nr. 2000/013 RIB, Rapport Informatie-eisen BRZO'99

2.6 Autriche

OENORM C 2110: 1990 07 01 (Standard), Liegende Behälter aus Stahl; einwandig und doppelwandig, für unterirdische Lagerung von Flüssigkeiten

OENORM C 2121: 1986 01 01 (Standard), Stehende Behälter aus Stahl; einwandig und doppelwandig für unterirdische Lagerung von Flüssigkeiten

OENORM C 2122: 1992 06 01 (Standard), Domschächte aus Stahl für Behälter zur unterirdischen Lagerung von Flüssigkeiten

OENORM C 2123: 1992 09 01 (Standard), Domschachtkragen aus Stahl bei Domschächten in Massivbauweise für Behälter zur unterirdischen Lagerung von
Flüssigkeiten

OENORM EN 12285: 1996 03 01 (Draft Standard), Werksfertige Tanks aus metallischen Werkstoffen – Liegende ein-und doppelwandige Tanks zur unterirdischen Lagerung v. brennbaren u. nichtbrennbaren wassergefährdenden Flüssigkeiten

OENORM EN 12917: 1997 09 01 (Draft Standard), Unterirdische Tanks aus textilglasverstärkten Kunststoffen (GFK) – Liegende, zylindrische Tanks für die drucklose Lagerung von flüssigen Kraftstoffen auf Erdölbasis – Konformitätsbewertung nach EN 976-1 und 976-3

OENORM EN 14075: 2001 02 01 (Draft Standard), Static welded steel cylindrical tanks, serially produced for the storage of Liquefied Petroleum Gas (LPG) having a volume not greater than 13 m³ and for installation underground – Design and manufacture

OENORM EN 976-1: 1998 04 01 (Standard), Unterirdische Tanks aus textilglasverstärkten Kunststoffen (GFK) – Liegende, zylindrische Tanks für die drucklose Lagerung von flüssigen Kraftstoffen auf Erdölbasis

OENORM EN 976-2: 1998 04 01 (Standard), Unterirdische Tanks aus textilglasverstärkten Kunststoffen (GFK) – Liegende, zylindrische Tanks für die drucklose Lagerung von flüssigen Kraftstoffen auf Erdölbasis

OENORM EN 976-3: 1997 09 01 (Draft Standard), Unterirdische Tanks aus textilglasverstärkten Kunststoffen (GFK) – Liegende, zylindrische Tanks für die drucklose Lagerung von flüssigen Kraftstoffen auf Erdölbasis. Teil 3: Anforderungen und Prüfverfahren für doppelwandige Tanks

OENORM EN 976-4: 1997 09 01 (Draft Standard), Unterirdische Tanks aus textilglasverstärkten Kunststoffen (GFK) – Liegende, zylindrische Tanks für die drucklose Lagerung von flüssigen Kraftstoffen auf Erdölbasis. Teil 4: Transport, Handhabung, Zwischenlagerung und Einbau doppelwandiger Tanks

OENORM EN 977: 1998 04 01 (Standard), Unterirdische Tanks aus textilglasverstärkten Kunststoffen (GFK) – Prüfanordnung zur einseitigen
Beaufschlagung mit Fluiden

OENORM EN 978: 1998 04 01 (Standard), Unterirdische Tanks aus textilglasverstärkten Kunststoffen (GFK) – Bestimmung des Faktors Alpha und des Faktors Beta

3. STOCKAGE SOUS PRESSION

3.1 États-Unis d'Amérique

API 520-1 2000 Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries. Part 1 – Sizing and Selection

AS 1210 Amendment 1 1-FEB-1998 Unfired Pressure Vessels – Advanced Design and Construction

AS 1210 Supplement 1 1990 Unfired Pressure Vessels – Advanced Design and Construction – Remains current as supplement for 1997 edition

AS 1210 Supplement 1 - Amd 1 5-SEP-1995 Unfired Pressure Vessels – Advanced Design and Construction (Amendment 1 to Supplement 1)

AS 1210 Supplement 1 - Amd 2 1-JUL-1997 Unfired Pressure Vessels – Advanced Design and Construction (Amendment 2 to Supplement 1)

ASME Section IIA 1-JAN-98 ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section 11: Materials. Part A: Ferrous Material Specifications

ASME Section IIB 1-JAN-98 ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section 11: Materials. Part B: Nonferrous Material Specifications

ASME Section IIC 1-JAN-98 ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section 11: Materials. Part C: Specifications for Welding Rods, Electrodes and Filler Metals

ASME Section IID 1-JAN-98 ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section 11: Materials. Part D: Properties

ASME Section V 1-JAN-98 ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section V: Nondestructive Examination

ASME Section VIII-DIV 1 1998 ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Division 1: Pressure Vessels

ASME Section VIII-DIV 2 1998 1998 ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Division 3: Alternative Rules

ASME Section VIII-DIV 3 1998 1998 ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Division 3: Alternative Rules for Construction of High Pressure Vessels
ASME Section X 1-JAN-98 ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section X: Fibre-Reinforced Plastic Pressure Vessels

ASME CodeCases: BPV 01-JUL-98 ASME Boiler and Pressure Vessel Code – Code Cases: Boilers and Pressure Vessels

NACE RP0285-95 1995 Standard Recommended Practice – Corrosion Control of Underground Storage Tank Systems by Cathodic Protection

NFPA (fire) 326 1999 Safe Entry of Underground Storage Tanks

PEI RP100 1997 Recommended Practices for Installation of Underground Liquid Storage Systems

UL 1746 1993 External Corrosion Protection Systems for Steel Underground Storage Tanks

UL 1746 Amendment 1 3-NOV-1997 External Corrosion Protection Systems for Steel Underground Storage Tanks

UL 1746 Amendment 2 24-SEP-2000 External Corrosion Protection Systems for Steel Underground Storage Tanks

UL 1746 Amendment 3 16-MAY-2000 External Corrosion Protection Systems for Steel Underground Storage Tanks

3.2 Royaume Uni

BS 5276-1-1984 Pressure vessel details (dimensions). Specification for davits for branch covers of steel vessels

BS EN 286-1 1998 Simple Unfired Pressure Vessels Designed to Contain Air or Nitrogen – Pressure Vessels for General Purposes

BS PD 5500 15-NOV-1999 Specification for unfired fusion welded pressure vessels

BS 7005-1988 Specification for design and manufacture of carbon steel unfired pressure vessels for use in vapour compression refrigeration systems

AMD 10830 Amendment to PD 5500:2000. Specification for unfired fusion welded pressure vessels

Enquiry Case 5500/33:2000 Enquiry case to PD 5500:2000. Specification for unfired fusion welded pressure vessels

Enquiry Case 5500/119:2000 Enquiry case to PD 5500:2000. Specification for unfired fusion welded pressure vessels

Enquiry Case 5500/127:2000 Enquiry case to PD 5500:2000. Specification for unfired fusion welded pressure vessels

PD 6497-1982 Stresses in horizontal cylindrical pressure vessels supported on twin saddles: a derivation of the basic equations and constants used in G.3.3 of BS 5500:1982

PD 6550-1-1989 Explanatory supplement to BS 5500:1988 Specification for unfired fusion welded pressure vessels, section three Design. Domed ends (heads)
PD 6550-2-1989 Explanatory supplement to BS 5500:1988 Specification for unfired fusion welded pressure vessels, section three Design. Openings and branch connections

PD 6550-3-1989 Explanatory supplement to BS 5500:1988 Specification for unfired fusion welded pressure vessels, section three Design. Vessels under external pressure

BS TH42069 1993 Pressure Vessels – Germany

BS TH42070 1993 Pressure Vessels – France

EEMUA 190 2000 Guide for the Design, Construction and Use of Mounded Horizontal Cylindrical Vessels for Pressurises Storage of LPG at Ambient Temperature

IP 34/99 Determination of Flashpoint – Pensky-Martens closed cup method IP-ASTM Joint Method ASTM D 93-97

IP 35/63(86) Determination of open flash and fire point – Pensky-Martens method Equivalent Standards: BS 2000: Part 35: 1993

IP 36/84 (89) Determination of Open Flash and Fire Point – Cleveland Method IP-ASTM Joint Method ASTM D 92-97

IP 170/99 Petroleum products and other liquids – Determination of flashpoint – Abel closed cup method Equivalent Standards: BS 2000: Part 170: 1998; \BS EN ISO 13736: 1998; ISO 13736: 1997

IP 303/83 (88) Determination of closed flashpoint – mini equilibrium method IP-ASTM Joint Method ASTM D 3828-97

IP 304/80 Determination of Flashpoint Closed Cup Equilibrium Method

IP 403/94 Petroleum products - Determination of flash and fire points – Cleveland open cup method Equivalent Standards: BS 2000: Part 403: 1994; BS EN 22592: 1994; ISO 2592: 1973

IP 404/94 Petroleum products and lubricants – Determination of flashpoint – Pensky-Martens closed cup method Equivalent Standards: BS 2000: Part 404: 1994; BS EN 22719: 1994; ISO 2719: 1988

IP 410/99 Liquefied petroleum products – Determination of gauge vapour pressure – LPG method

3.3 France

CODAP 95 Code français de construction des appareils à pression sans foyer

3.4 Pays-Bas

Rules for Pressure Vessels Dutch Code for Construction of Unfired Pressure Vessels. Section D.

CPR 12E Nr. 98/11 3 februari 1998 Berekeningsmethoden voor opstellen risicoanalyse gevaarlijke stoffen

CPR-12 Nr. 97/13128 juli 1997 Methoden voor het bepalen en verwerken van kansen

CPR 12E 1 November 1999 Nr. 99/194 Methods for determining and processing probabilities

CPR 13-1 Ammonia, Storage and Loading

CPR 14E Nr. 97/13128 juli 1997 Methods for the calculation of physical effects

CPR 14E 1 November 1999 Nr. 99/194 Methods for the calculation of physical effects

CPR 15-1 1994 Richtlijn 15-1 van de CPR, getiteld 'Opslag gevaarlijke stoffen in emballage; Opslag van vloeistoffen en vaste stoffen (0 ton tot 10 ton)', tweede druk, uitgave 1994

CPR 15-2 1991 Richtlijn 15-2 van de CPR, getiteld 'Opslag gevaarlijke stoffen, chemische afval stoffen en bestrijdingsmiddelen in emballage; opslag van grote hoeveelheden', eerste druk, 1991

CPR 16 Nr. 97/13128 juli 1997 Methoden voor het bepalen van mogelijke schade aan mensen en goederen

CPR 16E 1 November 1999 Nr. 99/194 Methods for the determination of possible damage

CPR 17-1 Nr. 98/88 25 mei 1998 De richtlijn aardgas-afleverstations voor motorvoertuigen

CPR 17-2 11 januari 1999 Nr. 99/001 Richtlijn voor het veilig stellen en repareren van motorvoertuigen

CPR 17-3 16 maart 1999 Nr. 99/038 Concept richtlijn voor installaties voor deinpandige aflevering van gecomprimeerd aardgas aan motorvoertuigen (Concept CPR 17-3)

CPR 18E 1 November 1999 Nr. 99/194 Guidelines for quantitative risk assessment

CPR 20 31 januari 2000 Nr. 2000/013 RIB, Rapport Informatie-eisen BRZO'99

4. STOCKAGE CRYOGÈNIQUE

4.1 États-Unis d'Amérique

API 620 l-FEB-1996 Design and Construction of Large, Welded, Low pressure Storage Tanks, Ninth Edition – Appendix Q Liquids down to -168 °C

API 620 l-FEB-1996 Design and Construction of Large, Welded, Low pressure Storage Tanks, Ninth Edition – Appendix R Liquids down to -51 °C

API 2000 l-APR-1998 Venting Atmospheric and Low pressure Storage Tanks: Nonrefrigerated and Refrigerated

NFPA 50 Standard for Bulk Oxygen Systems at Consumer Sites, 1996 Edition

NFPA 50A Standard for Gaseous Hydrogen Systems at Consumer Sites, 1999 Edition

NFPA 50B Standard for Liquefied Hydrogen Systems at Consumer Sites, 1999 Edition

NFPA 57 Liquefied Natural Gas (LNG) Fuel Systems Code, 1999 Edition
NFPA 59 Standard for the Storage and Handling of Liquefied Petroleum Gases at Utility Gas Plants, 1998 Edition

NFPA 59A Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas(LNG). 1996 Edition

UL 641 1994 Type L Low-Temperature Venting Systems

UL 873 1994 Temperature-Indicating and -Regulating Equipment

4.2 Royaume Uni

BS 5429-1976 Code of practice for safe operation of small-scale storage facilities for cryogenic liquids

BS 6364-1984 Specification for valves for cryogenic service

BS EN 1160-1997 Installations and equipment for liquefied natural gas. General characteristics of liquefied natural gas

BS 7777-1 1993 Flat-Bottomed, Vertical, Cylindrical Storage Tanks for Low Temperature Service. Part 1: Guide to the General Provisions Applying for Design, Construction, Installation, and Operation

BS 7777-2 1993 Flat-Bottomed, Vertical, Cylindrical Storage Tanks for Low Temperature Service. Part 2: Specification for the Design and Construction of Single, Double and Full Containment Metal Tanks for the Storage of Liquefied Gas at Temperatures Down to 165 ºC

BS 7777-3 1993 Flat-Bottomed, Vertical, Cylindrical Storage Tanks for Low Temperature Service. Part 3: Recommendations for the Design and Construction of Prestressed and Reinforced Concrete Tanks and Tank Foundations, and Design and Installation of Tank Insulation, Liners and Coatings

BS 7777-4 1993 Flat-Bottomed, Vertical, Cylindrical Storage Tanks for Low Temperature Service. Part 4: Specification for the Design and Construction of Single Containment Tanks for the Storage of Liquid Oxygen, Liquid Nitrogen and Liquid Argon

EEMUA 147 Recommendations for the Design and Construction of Refrigerated Liquefied Gas Storage Tanks

IP 34/99 Determination of Flashpoint – Pensky-Martens closed cup method IP-ASTM Joint Method ASTM D 93-97

IP 35/63(86) Determination of open flash and fire point - Pensky-Martens method Equivalent Standards: BS 2000: Part 35: 1993

IP 36/84 (89) Determination of Open Flash and Fire Point – Cleveland Method IP-ASTM Joint Method ASTM D 92-97

IP 170/99 Petroleum products and other liquids – Determination of flashpoint – Abel closed cup method Equivalent Standards: BS 2000: Part 170: 1998; \BS EN ISO 13736: 1998; ISO 13736: 1997

IP 251/76 Static Measurement of Refrigerated Hydrocarbon Liquids Published as Part XII Section 1 of the IP Petroleum Measurement Manual

IP 252/76 Static Measurement of Refrigerated Hydrocarbon Liquids Published as Part XIII Section 1 of the IP Petroleum Measurement Manual
IP 264/72 (85) Determination of Composition of LPG and Propylene Concentrates – Gas chromatography Method IP-ASTM Joint Method ASTM D 2163-91 (96)

IP 303/83 (88) Determination of closed flashpoint – mini equilibrium method IP-ASTM Joint Method ASTM D 3828-97

IP 304/80 Determination of Flashpoint Closed Cup Equilibrium Method

IP 317/95 Determination of residues in liquefied petroleum gases (LPG) – Low temperature evaporation method IP-ASTM Joint Method ASTM D 2158-92 Equivalent Standards: BS 2000: Part 317: 1995

IP 337/78 (95) Composition of Non-associated Natural Gas – Quantitative Gas Chromatography Method

IP 345/80 Composition of Associated Natural Gas – Gas Chromatography Method

IP 395/98 Liquefied petroleum gases – Assessment of the dryness of propane – Valve freeze method IP-ASTM Joint Method ASTM D 2713-91 (95) Equivalent Standards: BS 2000: Part 395: 1997; BS EN ISO 13758: 1997; ISO 13758: 1996

IP 403/94 Petroleum products – Determination of flash and fire points – Cleveland open cup method Equivalent Standards: BS 2000: Part 403: 1994; BS EN 22592: 1994; ISO 2592: 1973

IP 404/94 Petroleum products and lubricants – Determination of flashpoint – Pensky-Martens closed cup method Equivalent Standards: BS 2000: Part 404: 1994; BS EN 22719: 1994; ISO 2719: 1988

IP 405/94 Commercial propane and butane – Analysis by gas chromatography Equivalent Standards: BS 2000: Part 405: 1994; BS EN 27941: 1994; ISO 7941; 1988

IP 410/99 Liquefied petroleum products – Determination of gauge vapour pressure – LPG method Equivalent Standards: BS 2000: Part 410: 1998; BS EN ISO 4256: 1998; ISO 4256: 1996

IP 432/2000 Liquefied petroleum gases – Calculation method for density and vapour pressure Equivalent Standards: BS 2000: Part 432: 1999; BS EN ISO 8973: 1999; ISO 8973: 1997

IP PM CD/96 Determination of the composition of liquefied petroleum gases – gas chromatography method. Proposed Method

IP Model Code of Safe Practice LPG, Volume 1, Part 9 Large bulk pressure Storage and refrigerated LPG

4.3 Allemagne

EN 14620 Specification for the design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat bottomed, metallic tanks for the storage of liquefied gases at temperatures between -5 °C and -165 °C.

4.4 Pays-Bas

Rules for Pressure Vessels Dutch Code for Construction of Unfired Pressure Vessels. Section G. Sections G804 and G805

CPR 8-3 Distributiedepots voor LPG – Dutch.

CPR 11-6 Nr. 98/88 25 mei 1998 Propaan. Vulstations voor spuitbussen met propaan, butaan en demethyl-ether als drijfgas

CPR 12E Nr. 98/11 3 februari 1998 Berekeningsmethoden voor opstellen risicoanalyse gevaarlijke stoffen

CPR-12 Nr. 97/13128 juli 1997 Methoden voor het bepalen en verwerken van kansen

CPR 12E 1 November 1999 Nr. 99/194 Methods for determining and processing probabilities

CPR 13 Nr. 99/137 21 juli 1999 Richtlijnen voor opslag en verlading van ammoniak en voor de toepassing van ammoniak als koudemiddel in koelinstallaties en warmtepompen

CPR 13-1 Nr. 98/88 25 mei 1998 De opslag en verlading van ammoniak

CPR 13-1 Nr. 99/137 21 juli 1999 Ammoniak; opslag en verlading

CPR 13-2 Nr. 99/137 21 juli 1999 Ammoniak; toepassing als koudemiddel in koelinstallaties en warmtepompen

CPR 14E Nr. 97/13128 juli 1997 Methods for the calculation of physical effects

CPR 14E 1 November 1999 Nr. 99/194 Methods for the calculation of physical effects

CPR 15-1 1994 Richtlijn 15-1 van de CPR, getiteld 'Opslag gevaarlijke stoffen in emballage; Opslag van vloeistoffen en vaste stoffen (0 ton tot 10 ton)', tweede druk, uitgave 1994

CPR 15-2 1991 Richtlijn 15-2 van de CPR, getiteld 'Opslag gevaarlijke stoffen, chemische afval stoffen en bestrijdingsmiddelen in emballage; opslag van grote hoeveelheden', eerste druk, 1991

CPR-16 Nr. 97/13128 juli 1997 Methoden voor het bepalen van mogelijke schade aan mensen en goederen

CPR 16E 1 November 1999 Nr. 99/194 Methods for the determination of possible damage

CPR 18E 1 November 1999 Nr. 99/194 Guidelines for quantitative risk assessment

CPR 20 31 januari 2000 Nr. 2000/013 RIB, Rapport Informatie-eisen BRZO'99

5. CONTENEURS ISO OU IBC

5.1 États-Unis d'Amérique

AS/NZS 3833-1998 5-SEP-1998. The Storage and Handling of Mixed Classes of Dangerous Goods in Packages and Intermediate Bulk Containers

ABS 13-1998 1998 Rules for Certification of Cargo Containers

AMCA 99 1986 Standards Handbook

ANSI MH26.1-1998 1998 Specifications for Industrial Metal Containers
ANSI MH5.1.3M-1992 1992 Requirements for Tank Containers for Liquids and Gases

ANSI MH5.1.5-1990 1990 Road/Rail Closed Dry Van Containers

ANSI MH5.1.9-1990 1990 Freight Containers – Automatic Identification

ANSI PRD1-1998 1998 Pressure Relief Devices for Natural Gas Vehicle (NGV) Fuel Containers

ARI Guideline K (1997) 1997 Containers for Recovered Fluorocarbon Refrigerators

ARI Guideline N (1995) 1995 Assignment of Refrigerant Container Colours

AS 2278-1986 1986 Metal Aerosol Containers

AS 2278-1986 Amendment 1 1-JUN-1988 Metal Aerosol Containers

ASTM C148-00 2000 Standard Test Method for Polariscopic Examination of Glass Containers

ASTM C149-86(1995) 31-JAN-1986 Standard Test Method for Thermal Shock Resistance of Glass Containers

ASTM C224-78(R1999) 27-JAN-1978 Standard Practice for Sampling Glass Containers

ASTM C225-85(R1999) 26-JUL-1985 Standard Test Methods for Resistance of Glass Containers to Chemical Attack

ASTM D2463-95 10-NOV-1995 Standard Test Method for Drop Impact Resistance of Blow-Moulded Thermoplastic Containers

ASTM D2561-95 10-NOV-1995 Standard Test Method for Environmental Stress-Crack Resistance of Blow-Moulded Polyethylene Containers

ASTM D2659-95 10-NOV-1995 Standard Test Method for Column Crush Properties of Blown Thermoplastic Containers

ASTM D2684-95 10-NOV-1995 Standard Test Method for Permeability of Thermoplastic Containers to Packaged Reagents or Proprietary Products

ASTM D3074-94 15-NOV-1994 Standard Test Method for Pressure in Metal Aerosol Containers

ASTM D3694-95 15-FEB-1995 Standard Practices for Preparation of Sample Containers and for Preservation of Organic Constituents

ASTM D3844-96 10-JUN-1996 Standard Guide for Labelling Halogenated Hydrocarbon Solvent Containers

ASTM D4306-97 10-DEC-1997 Standard Practice for Aviation Fuel Sample Containers for Tests Affected by Trace Contamination

ASTM D4728-95 10-NOV-1995 Standard Test Method for Random Vibration Testing of Shipping Containers

ASTM D4991-94(R1999) 15-JUN-1994 Standard Test Method for Leakage Testing of Empty Rigid Containers by Vacuum Method

ASTM D6063-96 10-DEC-1996 Standard Guide for Sampling Drums and Similar Containers by Field Personnel

ASTM D997-80(R1986) 3-MAR-1980 Standard Test Method for Drop Test for Loaded Cylindrical Containers

ASTM D998-94 15-MAY-1994 Standard Test Method for Penetration of Liquids into Submerged Loaded Shipping Containers

ASTM D999-96 10-FEB-1996 Standard Methods for Vibration Testing of Shipping Containers

ASTM ES26-93 28-JUL-1993 Emergency Standard Specification for Cautionary Labelling for Plastic Five-Gallon Open-Head Containers (Buckets)

ASTM F1115-95 10-SEP-1995 Standard Test Method for Determining the Carbon Dioxide Loss of Beverage Containers

ASTM F1615-95 10-SEP-1995 Standard Specification for Cautionary Labelling for Five-Gallon Open-Head Plastic Containers

ASTM F302-78(R1989) 25-AUG-1978 Standard Practice for Field Sampling of Aerospace Fluids in Containers

ASTM F926-85 23-AUG-1985 Standard Specification for Cautionary Labelling of Portable Kerosene Containers for Consumer Use

EIA 556B 1-NOV-1999 Outer Shipping Container Bar Code Label Standard

EIA JEP130 1-AUG-1997 Guidelines for Packing and Labelling of Integrated Circuits in Unit Container Packing

IEC 60096-1 Amendment 2 25-JUN-1993 Amendment No. 2

IEC 60249-1 Amendment 4 13-MAY-1993 Amendment No. 4

IEC 60249-2-10 Amendment 3 18-MAY-1993 Amendment No. 3

IEC 60249-2-11 Amendment 2 18-MAY-1993 Amendment No. 2

IEC 60249-2-12 Amendment 2 18-MAY-1993 Amendment No. 2

IEC 60249-2-14 Amendment 3 18-MAY-1993 Amendment No. 3

IEC 60249-2-5 Amendment 3 13-MAY-1993 Amendment No. 3

IEC 60249-2-6 Amendment 2 13-MAY-1993 Amendment No. 2

IEC 60249-2-7 Amendment 2 13-MAY-1993 Amendment No. 2

IEC 60249-2-9 Amendment 3 18-MAY-1993 Amendment No. 3

IEC 60264-1 31-DEC-1969 Packaging of winding wires. Part 1: Containers for round winding wires

IEC 60344 Amendment 1 1985 Amendment No. 1

IEC 60390A 1976 First supplement

IEC 60708-1 Amendment 3 1988 Amendment No. 3

IEC 60804 Amendment 1 15-SEP-1989 Amendment No. 1

IEC 60804 Amendment 2 21-SEP-1993 Amendment No. 2

IEEE C135.1-1999 30-DEC-1999 Galvanized Steel, Bolts and Nuts for Overhead Line Construction

UL 147B Amendment 1 1-MAR-1999 Non-refillable (Disposable) Type Metal Container Assemblies for Butane

UL 2003 Outline 28-AUG-1992 Proposed Standard – Portable LP Gas Container Assemblies

CGA G-6.7 1996 Safe Handling of Liquid Carbon Dioxide Containers That Have Lost Pressure

FED A-A-1235A 6-DEC-1984 Containers, Plastic, Moulded (For Liquids, Pastes, and Powders)

FED A-A-2597A 25-JUL-1996 Dishpan (Food Container Pan)

FED A-A-30132A 18-MAY-1987 Disposable Container, Hypodermic Needle and Syringe

FED A-A-50019B 18-MAR-1988 Racks, Milk Container, Mobile and Racks, Egg Container, Mobile

FED A-A-50486A 23-NOV-1992 Container, Insulated, Shipping

FED A-A-51625B 24-NOV-1989 Disposal Container, Hypodermic Needle and Syringe (Non-Needle Removal)

FED A-A-51703(DM) 13-OCT-1986 Container and Pump, Dental (Mouth rinse)

FED A-A-52193A 18-JUL-1994 Food Container, Insulated, with Inserts

FED A-A-52486 13-DEC-1984 Mount, Shipping Container, Resilient: Shock and Vibration Damping

FED A-A-58041 15-MAR-1995 Trailer, LD-3 Container, Side Transfer, Turntable

FED A-A-59209 15-APR-1998 Paperboard, Ammunition Container

FED O-F-1044B 24-FEB-1975 Fuel, Engine Primer: Cold Starting, In Pressurised and Non-pressurised Containers

FED RR-C-550D 8-APR-1991 Containers, Fluid, for Paint Spray Equipment

FED RR-C-550D Amendment 19-FEB-1993 Amendment 1 – Containers, Fluid, for Paint Spray Equipment

5.2 Allemagne

DIN 30823 MAR 1999 (draft) Intermediate bulk containers – Rigid IBC – Metal, rigid plastics and composite intermediate bulk containers; dimension, design, requirements, marking

DIN 55461-1 FEB 1990 Large size packages; flexible IBC; concepts, forms, dimensions, testing of dimensions

DIN 55461-2 JUL 1991 Large size packages; flexible IBC; dimensions

DIN 10955 1-APR-1983 Sensory Analysis - Testing of Container Materials and Containers for Food Products

DIN 168-1 1-DEC-1979 External Screw Threads. Part 1: Especially for Glass Containers – Thread Sizes

DIN EN ISO 15867 NOV 1997 (draft) Intermediate bulk containers (IBC) for nondangerous goods – Terminology

ISO/DIS 11895 JAN 1996 (draft) Specification for flexible intermediate bulk containers for non-dangerous goods

98/714098 DC APR 2000 (draft) Pallet borne flexible intermediate bulk containers (PB FIBCs) for non-dangerous goods

ISO 10327 1-FEB-1995 Aircraft-Certified Aircraft Container for Air Cargo-Specification and Testing

ISO 10374 1-OCT-1991 Freight containers – Automatic identification

ISO 11242 1-JUN-1996 Aircraft-Pressure Equalization Requirements for Cargo Containers

ISO 11418-1 1-OCT-1996 Containers and accessories for pharmaceutical preparations. Part 1: Drop-dispensing bottles

ISO 11418-2 1-OCT-1996 Containers and accessories for pharmaceutical preparations. Part 2: Screw-neck bottles for syrups

ISO 11418-4 1-OCT-1996 Containers and accessories for pharmaceutical preparations. Part 4: Tablet bottles

ISO 11418-5 1-OCT-1997 Containers and accessories for pharmaceutical preparations. Part 5: Dropper assemblies

ISO 1161 1984 Series 1 Freight Containers – Corner Fittings – Specification

ISO 1496-1 1990 Series 1 Freight Containers – Specification and Testing. Part 1: General Cargo Containers for General Purposes – Includes Amendments 1(1993) and 2 (1998)

ISO 1496-1/AMD1 1-OCT-1993 Amendment 1 to ISO 1496-1:1990 1AAA and 1BBB containers

ISO 1496-2 1996 Series 1 Freight Containers – Specification and Testing. Part 2: Thermal Containers - Includes Technical Corrigendum 1:1997

ISO 1496-3 1995 Series 1 Freight Containers – Specification and Testing. Part 3: Tank Containers for Liquids, Gases and Pressurised Dry Bulk

ISO 1496-4 1991 Series 1 Freight Containers – Specification and Testing. Part 4: Non-Pressurised Containers for Non-Bulk

ISO 1496-4/AMD1 1-OCT-1994 AMENDMENT 1 to ISO 1496-4:1991 1AAA and 1BBB containers

ISO 1496-5 1991Series 1 Freight Containers – Specification and Testing. Part 5: Platform and Platform-Based Containers

ISO 1496-5/AMD1 1-OCT-1993 Amendment 1 to ISO 1496-5:1991 1AAA and 1BBB containers

ISO 2308 1972 Hooks for Lifting Freight Containers of Up To 30 Tonnes Capacity – Basic Requirements

ISO 3871 1-FEB-1980 (HISTORICAL ITEM) Labelling of Containers for Petroleum or Non-Petroleum Base Brake Fluid

ISO 3874 1988 (HISTORICAL ITEM) Series 1 Freight Containers – Handling and Securing

ISO 3874 1-OCT-1997 Series 1 freight containers – Handling and securing

ISO 4118 1-APR-1996 Non-Certified Lower Deck Containers for Air Transport-Specification and Testing

ISO 4128 1-SEP-1985 Air Mode Modular Containers

ISO 6346 1995 Freight Containers – Coding, Identification, and Marking

ISO 668 1995 Series 1 Freight Containers – Classification, Dimensions and Ratings

ISO 6967 1-SEP-1994 Wide Body Aircraft Main Deck Container/Pallet Loader-Functional Requirements

ISO 6968 1-SEP-1994 Wide Body Aircraft Lower Deck Container/Pallet Loader-Functional Requirements

ISO 7458 1984 Glass Containers - Internal Pressure Resistance - Test Methods

ISO 7459 1984 Glass Containers – Thermal Shock Resistance and Thermal Shock Endurance – Test Methods

ISO 8106 1985 Glass Containers – Determination of Capacity by Gravimetric Method – Test Method

ISO 8162 1985 Glass Containers – Tall Crown Finishes – Dimensions

ISO 8163 1985 Glass Containers – Shallow Crown Finishes – Dimensions

ISO 8164 1990 Glass Containers – 520 ml Euro-form Bottles – Dimensions

ISO 8167 1-OCT-1989 Projections for resistance welding

ISO 830 1981 (HISTORICAL ITEM) Freight Containers – Terminology

ISO 830 1-OCT-1999 Freight containers – Vocabulary

ISO 8323 1995 Freight Containers – Air/Surface (Intermodal) General Purpose Containers – Specification and Tests

ISO 90-2 1-OCT-1997 Light gauge metal containers – Definitions and determination of dimensions and capacities. Part 2: General use containers

ISO 9009 1991 Glass Containers – Height and Non-Parallelism of Finish with Reference to Container Base – Test Methods

ISO 9056 1990 Glass Containers – Series of Pilferproof Finish – Dimensions

ISO 9057 1991 Glass Containers – 28 mm Tamper-Evident Finish for Pressurised Liquids – Dimensions

ISO 9058 1992 Glass Containers – Tolerances

ISO 9100 1-OCT-1992 Wide-mouth glass containers – Vacuum lug finishes – Dimensions

ISO 9669 1990 Series 1 Freight Containers – I Interface Connections for Tank Containers

ISO 9711-1 1990 Freight Containers – Information Related to Containers on Board Vessels. Part 1: Bay Plan System

ISO 9711-2 1990 Freight Containers – Information Related to Containers on Board Vessels. Part 2: Telex Data Transmission

ISO 9897 1-OCT-1997 Freight containers – Container equipment data exchange (CEDEX) – General communication codes

ISO/IEC 2258 31-DEC-1976 Printing ribbons – Minimum markings to appear on containers

ISO/TR 15070 1996 Series 1 Freight Containers – Rationale for Structural Test Criteria

5.3 Royaume Uni

BS 1133-7.7 1990 Packaging Code – Paper and Board Wrappers, Bags and Containers – Composite Containers

BS 3951-2 Section 2.5 1992 Freight Containers. Specification and Testing of Series 1 Freight Containers. Platform and Platform-Based Containers

BS 5045-1 Amendment 1 1-AUG-1986 Amendment 1 – Transportable Gas Containers. Part 1: Specification for Seamless Steel Gas Containers above 0.5 Litre Water Capacity

BS 5045-1 Amendment 2 1991 Amendment 2 – Transportable Gas Containers. Part 1: Specification for Seamless Steel Gas Containers above 0.5 Litre Water Capacity

BS 5045-1 Amendment 3 1-NOV-1993 Amendment 3 – Transportable Gas Containers. Part 1: Specification for Seamless Steel Gas Containers above 0.5 Litre Water Capacity

BS 5045-1 Amendment 4 1997 Amendment 4 – Transportable Gas Containers. Part 1: Specification for Seamless Steel Gas Containers above 0.5 Litre Water Capacity

BS 5045-1 Amendment 5 15-SEP-1997 Amendment 5 – Transportable Gas Containers. Part 1: Specification for Seamless Steel Gas Containers above 0.5 Litre Water Capacity

BS 5045-5 1986 Transportable Gas Containers – Specification for Aluminium Alloy Containers Above 0.5 Litre up to 130 Litres Water Capacity with Welded Seams

BS 5045-6 1987 Transportable Gas Containers – Specification for Seamless Containers of Less than 0.5 Litre Water Capacity

BS 5430-1 31-MAY-1990 Periodic Inspection, Testing and Maintenance of Transportable Gas Containers (Excluding Dissolved Acetylene Containers). Specification for Seamless Steel Containers of Capacity 0.5 Litres and Above

BS 5430-2 31-DEC-1990 Periodic Inspection, Testing and Maintenance of Transportable Gas Containers (Excluding Dissolved Acetylene Containers). Specification for Welded Steel Containers of Water Capacity 0.5 L up to 150 L

BS 5430-3 31-DEC-1990 Periodic Inspection, Testing and Maintenance of Transportable Gas Containers (Excluding Dissolved Acetylene Containers). Specification for Seamless Aluminium Alloy Containers of Water Capacity 0.5 Litres and Above

BS 5430-6 15-JUL-1994Periodic Inspection, Testing and Maintenance of Transportable Gas Containers (Excluding Dissolved Acetylene Containers). Specification for Seamless Steel and Aluminium Alloy Containers Having a Water Capacity of Less Than 0.5 Litre

BS 7320 Amendment 1 15-MAY-1994 Specification for Sharps Containers

BS 7864 1997 Specification for Plastics Containers for Surface Coatings

BS EN 20090-2 1993 Light Gauge Metal Containers – Definitions and Determination Methods for Dimensions and Capacities. Part 2: General Use Containers

BS EN 20090-2 Amendment 1 1-MAR-1993 Amendment 1 – Light Gauge Metal Containers – Definitions and Determination Methods for Dimensions and Capacities. Part 2: General Use Containers

BS EN 28362-1 1993 Injection Containers for Injectables and Accessories. Part 1: Injection Vials Made of Glass Tubing

BS EN 28362-2 1993 Injection Containers for Injectables and Accessories. Part 2: Closures for Injection Vials

BS EN 28362-3 1993 Injection Containers for Injectables and Accessories. Part 3: Aluminium Caps for Injection Vials

BS EN 28362-4 1993 Injection Containers for Injectables and Accessories. Part 4: Injection Vials Made of Moulded Glass

5.4 France

AFNOR NF M 88-610 1970 Produits pétroliers. Plaques d'identification de jaugeage pour conteneur

6. CAVITÉS POUR LE STOCKAGE SOUS PRESSION DU GPL OU D'HUILE MINÉRALE

6.1 États-Unis d'Amérique

API 1114 1-JUN-1994 Design of Solution-Mined Underground Storage Facilities

API 1115 1-SEP-1994 Operation of Solution-Mined Underground Storage Facilities

6.2 Royaume Uni

BS EN 1918-3 1998 Gas Supply Systems – Underground Gas Storage – Functional Recommendations for Storage in Solution-mined Salt Cavities

BS EN 1918-4 1998 Gas Supply Systems – Underground Gas Storage – Functional

Recommendations for Storage in Rock Caverns

BS EN 1918-5 1998 Gas Supply Systems – Underground Gas Storage – Functional Recommendations for Surface Facilities

CAS Z341-98 1-DEC-1998 Storage of Hydrocarbons in Underground Formulations

7. Distribution chimique : normes, codes et réglementations ; un exemple au RU

N° référence	Titre	Date	ISBN
	Industrie chimique :		
HSG71	Entreposage de produits chimiques : stockage de matières dangereuses conditionnées (révision)	1998	0 7176 1484 0
	Autres rapports d'accident/incident :		
	Incendie et explosions à BandR Hauliers, Salford 25-9-82	1983	0 11 883702 8
	Incendie à Allied Colloids, Bradford le 21 juillet 1992	1994	0 7176 0707 0
	Incendie à Hickson and Welch	1994	0 7176 0702 X
	Rapport des recherches sur les incendies et explosions à BP Oil, Grangemouth et Dalmenty, les 13 et 22 mars et 11 juin 1987	1989	0 11 885493 3
	Rapport de l'enquête HSE sur le dégagement chimique et l'incendie à la Associated Octel Comp. Ltd.	1996	0 7176 0830 1
	L'explosion et les incendies à l'usine de Pembroke Cracking Company à la raffinerie Texaco, Milford Haven le 24 juillet 1994	1997	0 7176 1413 1
HSG51	Stockage des liquides inflammables en conteneurs	1998	0 7176 1471 9
HSG135	Stockage et manipulation de la nitrocellulose industrielle	1995	0 7176 0694 5
HSG71	Entreposage de produits chimiques – Stockage des matières dangereuses conditionnées (Révision)	1998	0 7176 1484 0
HSG158	Arrête-flammes – Prévention de la propagation des incendies et des explosions aux équipements contenant des gaz et vapeurs inflammables	1996	0 7176 1191 4
HSG176	Stockage de liquides inflammables en réservoirs	1998	0 7176 1470 0
HSG186	Transport en vrac de liquides et gaz dangereux entre le navire et la terre	1999	0 7176 1644 4
INDG230	Stockage et manipulation du nitrate d'ammonium	1996	Copie unique disponible
CS3	Stockage et utilisation de chlorate de sodium et autres comburants forts similaires	1998	0 7176 1500 6
CS15	Nettoyage et dégazage des réservoirs contenant des résidus inflammables	1985	0 7176 1365 8

CS18	Stockage et manipulation du nitrate d'ammonium	1986	0 11 883937 3
CS21	Stockage et manipulation des peroxydes organiques	1991	0 7176 2403 X

8.2. Substances dangereuses et classification

[84, TETSP, 2001]

Avertissement au lecteur : le contenu de cette annexe rend compte des réglementations au 1er avril 2001. Cette annexe fera l'objet d'une mise à jour en fonction des changements apportés à la réglementation sur la classification des substances dangereuses à compter de cette date.

1 Contexte

La classification des substances dangereuses consiste à identifier les propriétés dangereuses de ces substances en utilisant des méthodes de test appropriées et en les affectant à une ou plusieurs catégories de risques en comparant les résultats des tests aux critères de classification. Les préparations ou mélanges peuvent être classés par test ou application de méthodes de calcul basées sur la concentration de leurs composants dangereux.

Il est à noter que les systèmes de classification décrits dans le présent chapitre ne rendent pas forcément compte de tous les critères requis par la législation relative au stockage des matières dangereuses dans tous les États membres de l'Union européenne. Dans certaines régions de Belgique, par exemple, la législation relative au stockage englobe des points d'éclair jusqu'à 250 °C.

2 Systèmes de classification réglementaires

En Europe, deux grands systèmes de classification réglementaires donnent des informations relatives au stockage des matières dangereuses et à la nature de leurs risques.

2.1 Législation de l'Union européenne

Il existe deux directives principales :

- 67/548/CEE – Directive relative aux substances dangereuses, telle que modifiée
- 1999/45/CE – Directive relative aux substances dangereuses, telle que modifiée

La directive 91/155/CEE relative aux fiches de données de sécurité, telle que modifiée, est également applicable.

2.2 Législation relative aux transports

La législation internationale relative aux transports est fondée sur les Recommandations relatives au transport des marchandises dangereuses des Nations Unies (UN RTDG), également appelées le « livre orange ». S'agissant de recommandations, et non de réglementations, elles n'ont aucune force légale. Elles sont néanmoins mises en œuvre dans les réglementations internationales relatives aux modes de transport, comme suit :

- mer, global : code IMDG
- air, global : instructions techniques ICAO
- route, Europe : accord ADR
- rail, Europe : accord ADR

En Europe, les accords ADR et RID sont mis en œuvre au niveau national par l'intermédiaire des directives suivantes :

- route : 94/55 CE relative au rapprochement des législations des États membres concernant le transport des marchandises dangereuses par route (directive cadre)
- chemin de fer : 96/49/CE relative au rapprochement des législations des États membres concernant le transport des marchandises dangereuses par chemin de fer (directive cadre RID)

En raison des différences relatives au niveau de risque associé à chaque mode de transport, les réglementations internationales relatives aux modes de transport ne reproduisent pas intégralement les recommandations UN RTDG. Elles présentent donc de légères différences. Dans le présent chapitre, toutes les références relatives au transport concernent les UN RTDG, sauf indication contraire.

3 Domaine d'application des systèmes réglementaires de classification

Les systèmes de classification répartissent les matières dangereuses en trois groupes de risques :

- risques physico-chimiques
- risques pour la santé
- risques pour l'environnement

Chaque groupe de risques est subdivisé en catégories, puis en degrés. Le champ d'application des deux systèmes réglementaires n'est pas identique.

3.1 Système européen

Le système européen classe les matières dangereuses selon les catégories de risque suivantes :

Risques physico-chimiques :

- explosif
- comburant
- inflammable

Risques pour la santé :

- toxicité aiguë : effets létaux et irréversibles après une exposition unique
- toxicité subaiguë, subchronique ou chronique
- corrosif et irritant
- sensibilisant
- effets spécifiques sur la santé :
    - cancérogénicité
    - mutagénicité
    - toxicité pour la reproduction

Risques pour l'environnement :

- environnement aquatique
- environnement non aquatique

Les risques pour l'environnement non aquatique concernent les substances répertoriées à l'annexe I du règlement (CE) n° 2037/2000 du Conseil relatif aux substances qui appauvrissent la couche d'ozone et aux préparations qui les contiennent. Actuellement, il n'existe aucun critère de classification concernant les risques pour l'environnement non aquatique dans les principales directives.

L'annexe V de la directive 67/548/CEE relative aux matières dangereuses indique les tests et les procédures de classification.

Certaines catégories de risque sont subdivisées en degrés de danger.

3.2 Système de transport UN RTDG

Le système de transport UN RTDG s'applique aux substances, mélanges (préparations) et également aux éléments, comme les batteries (éléments non pris en compte par le système de l'UE). Il se rapporte aux risques immédiats résultant d'une exposition unique ; ce système ne prend pas en compte que les effets aigus. Toutes les matières dangereuses classées sont supposées dangereuses pour l'environnement, mais à ce jour il n'existe aucun critère spécifique pour ce risque. Les réglementations modales ADR et RID ne donnent aucun critère relatif à la toxicité aquatique et concernent des substances qui ne font pas l'objet d'une autre classification. Ils sont basés

sur un sous-ensemble des critères du système de l'UE. Le code IMDG possède son propre système qui classe toute substance dans l'un des deux groupes « polluant marin grave » ou « polluant marin », mais les mélanges ne peuvent faire partie que du groupe « polluant marin ». Le système de transport UN RTDG prend en compte d'autres risques omis par le système de l'UE, à savoir les gaz comprimés, liquéfiés, cryogéniques ou en solution, les risques biologiques et les matières radioactives. Le système UN RTDG est plus complet que le système de l'UE dans la description des risques physico-chimiques.

Le système de transport UN RTDG comprend les classes et les catégories de risque suivantes :

Classe 1 - Explosifs

Division 1.1 matières et objets présentant un risque d'explosion en masse
Division 1.2 matières et objets présentant un risque de projection sans risque d'explosion en masse
Division 1.3 matières et objets présentant un risque d'incendie avec un risque léger de souffle, ou de projection, ou des deux, sans risque d'explosion en masse. Cette division comprend les matières et objets :
(i) dont la combustion produit un rayonnement thermique intense ; ou
(ii) qui brûlent les uns après les autres avec de légers effets de souffle, ou de projection ou des deux ;
Division 1.4 matières et objets ne présentant pas de risques notables
Division 1.5 matières très peu sensibles présentant un risque d'explosion en masse
Division 1.6 objets extrêmement peu sensibles, ne présentant pas de risque d'explosion en masse

Classe 2 - Gaz

Division 2.1 gaz inflammables
Division 2.2 gaz non inflammables, non toxiques (notamment les gaz comburants)
Division 2.3 gaz toxiques (notamment les gaz corrosifs)

Classe 3 - Liquide inflammables

Classe 4 - Matières solides inflammables ; matières sujettes à l'inflammation spontanée ; matières qui, au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammables

Division 4.1 matières solides inflammables, qui s'enflamment facilement et matières associées et matières explosives désensibilisées
Division 4.2 matières sujettes à l'inflammation spontanée
Division 4.3 matières qui, au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammables

Classe 5 - Matières comburantes et peroxydes organiques

Division 5.1 matières comburantes
Division 5.2 peroxydes organiques

Classe 6 - Matières toxiques et infectieuses

Division 6.1 matières toxiques
Division 6.2 matières infectieuses

Classe 7 - Matières radioactives

Classe 8 - Matières corrosives

Classe 9 - Matières et objets dangereux divers (notamment les matières dangereuses pour l'environnement ne faisant pas partie des classes 1 à 8)

Le manuel UN RTDG des tests et critères indique les méthodes de test, les procédures et les critères de classification des matières dangereuses à transporter.

Dans la plupart des classes de danger, différents niveaux de risque, ou groupes de conditionnement, sont définis. Les groupes de conditionnement sont également utilisés pour déterminer la norme de conditionnement requise,

mais compte tenu des propriétés des explosifs, des matières qui s'enflamment facilement et des peroxydes organiques, le groupe de conditionnement ne reflète pas le niveau de risque de celles-ci.

4 Communication des risques au sein de systèmes de classification réglementaires

La communication des risques au sein des deux principaux systèmes réglementaires n'est pas identique.

Dans le système de l'UE, la communication immédiate du danger s'effectue à l'aide d'une étiquette ; les différents éléments de l'étiquette sont soumis à des règles spécifiques et comprennent :

le nom chimique d'une matière ou le nom commercial ou la désignation d'une préparation
le nom chimique des matières présentes dans une préparation
le symbole(s) du danger (pictogramme dans un carré sur fond orange)
l'indication(s) du danger
les phrases de risque (phrases R)
le conseil de sécurité (phrases S)
la quantité nominale (masse nominale ou volume nominal) en cas de mise en vente au grand public
le numéro CE des matières
les nom, adresse et numéro de téléphone à contacter en cas d'urgence

Dans le système de l'UE, la fiche de données de sécurité est plus détaillée. La fiche de données de sécurité doit toujours être considérée comme source principale d'informations du danger, quel que soit la finalité et, en particulier, s'il s'agit du stockage.

Dans le système UN RTDG, l'étiquette, le numéro UN et le nom d'expédition sur le conditionnement contenant les matières dangereuses donnent des informations immédiates. L'étiquette est en forme de diamant (un carré sur sa pointe) contenant un pictogramme dans la moitié supérieure. La couleur de l'étiquette dépend de la classe de danger. Le code IMDG possède une étiquette de polluant marin, un triangle (moitié supérieure du diamant de transport) sur une base horizontale. Le système UN RTDG répertorie les numéros UN et les règles pour établir le nom d'expédition correct. Le nom d'expédition correct correspond généralement au nom du produit chimique ou des principaux produits chimiques donnant lieu à la classification, mais les réglementations routières et ferroviaires européennes, ADR et RID, n'ont pas ces exigences. Pour le transport, il existe différents moyens de fournir des informations plus détaillées, mais les réglementations ADR et RID les communiquent généralement sous forme d'une TREMcard (TRansport EMergency card). Les services d'urgence utilisent l'étiquette de transport et le numéro UN comme principales sources d'informations immédiates.

5 Risques physico-chimiques

5.1 Risques d'explosion

5.1.1 Système UE

Les explosifs sont accompagnés du symbole ci-dessous danger et de l'indication de risque « explosif » :

L'une des phrases suivantes est obligatoire :

R2 Risque d'explosion par le choc, la friction, le feu ou d'autres sources d'ignition
R3 Grand risque d'explosion par le choc, la friction, le feu ou d'autres sources d'ignition

5.1.2 Système de transport UN RTDG

La partie I du manuel des tests et critères du système UN RTDG indique d'autres tests, regroupés en sept séries, qui permettent de déterminer la division correcte dans la classe 1 des explosifs.

Les explosifs sont définis comme suit :

(a) Matières solides ou liquides (ou mélanges de matières) qui peuvent, par réaction chimique, émettre des gaz à une température et une pression et à une vitesse telles qu'il en résulte des dégâts dans la zone environnante. Les matières pyrotechniques sont incluses, même lorsqu'elles n'émettent pas de gaz.

(b) On entend par matière pyrotechnique une matière (ou un mélange de matières) destinée à produire un effet calorifique, lumineux, sonore, gazeux ou fumigène ou une combinaison de ces effets, grâce a des réactions chimiques exothermiques auto-entretenues non détonantes.
(c) on appelle objet explosif un objet contenant une ou plusieurs matières explosives

Les matières faisant partie de la classe des explosifs des divisions 1 à 3 sont accompagnées d'une étiquette représentant une bombe ; les matières des divisions 4 à 6 sont associées à une étiquette sans symbole de bombe, mais indiquant le numéro de division comme dans les exemples d'étiquette ci-dessous :

5.2 Risques liés aux comburants et aux peroxydes organiques

5.2.1 Système de l'UE

Cette classification concerne les peroxydes organiques, les peroxydes inorganiques et les autres matières comburantes. Pour les peroxydes organiques, les épreuves et les critères de l'annexe V de la directive 67/548/CEE relatives aux matières dangereuses peuvent être utilisés pour déterminer leurs propriétés explosives, mais pas leurs propriétés comburantes. Les peroxydes organiques ne font pas partie de la classe des explosifs du fait de leur structure ; les préparations sont classées à l'aide d'une méthode de calcul basée sur le pourcentage d'oxygène actif. Tout peroxyde ou préparation organique est considéré comme comburant si le peroxyde ou sa formulation contient :

plus de 5 % de peroxydes organiques ou
plus de 0,5 % d'oxygène disponible dans les peroxydes organiques et plus de 5 % de peroxydes d'hydrogène

Ils sont associés au symbole de danger ci-dessous et de l'indication « comburant » :

L'une des phrases de risque suivantes est obligatoire :

R7 Peut provoquer un incendie
R8 Favorise l'inflammation des matières combustibles
R9 Peut exploser en mélange avec des matières combustibles

5.2.2 Système de transport UN RTDG

Le système UN RTDG classe séparément les matières comburantes et les peroxydes organiques.

(a) Division 5.1 *Matières comburantes*

Il s'agit de matières qui, sans être toujours combustibles elles-mêmes, peuvent, en général, en cédant de l'oxygène, provoquer ou favoriser la combustion d'autres matières.

La classification différencie les solides, les liquides et les gaz. Pour les solides et les liquides uniquement, trois niveaux de risque sont définis. La capacité comburante des gaz est déterminée par des épreuves ou par des méthodes de calcul adoptées par la norme ISO.

(b) Division 5.2 *Peroxydes organiques*

Les peroxydes organiques sont des matières organiques solides ou liquides contenant la structure bivalente -0-0- et pouvant être considérées comme des dérivés du peroxyde d'hydrogène, dans lesquels un ou les deux atomes d'hydrogène sont remplacés par des radicaux organiques.

Les peroxydes organiques sont des matières thermiquement instables susceptibles de subir une forte décomposition exothermique. De plus, ils peuvent présenter une ou plusieurs des propriétés suivantes :

susceptibles de décomposition explosive
se consument rapidement
sont sensibles au choc ou à la friction
ont des réactions dangereuses avec d'autres matières
peuvent provoquer des lésions oculaires

La classification différencie les solides et les liquides, ainsi que sept degrés de risque (types A à G), mais le type G n'est pas réglementée par le transport.

Les matières comburantes et les peroxydes organiques des types A à F portent la même étiquette, à savoir un « O » surmonté d'une flamme :

Certains peroxydes organiques sont soumis à des exigences de contrôle thermique ou peuvent avoir été désensibilisés par l'utilisation de diluants compatibles, comme les liquides ou les solides organiques, les solides inorganiques ou l'eau de sorte qu'en cas de déversement ou d'incendie, le peroxyde organique ne risque pas d'atteindre une concentration dangereuse.

5.3 Risques d'inflammabilité

5.3.1 Système de l'UE

Liquides

La classification différencie trois degrés de danger :

(a) liquides extrêmement inflammables dont le point d'éclair est inférieur à 0 °C et le point d'ébullition ou le point d'ébullition initial inférieur ou égal à 35 °C

Ils sont assortis du symbole ci-dessous et de l'indication de danger « extrêmement inflammable » :

La phrase de risque suivante est obligatoire : R12 Extrêmement inflammable.
(b) liquides facilement inflammables dont le point d'éclair est inférieur à 21 °C et ne faisant pas partie de la classe de liquides extrêmement inflammables

Ils sont assortis du symbole ci-dessous et de l'indication de danger « facilement inflammable » :

La phrase de risque suivante est obligatoire : R11 Facilement inflammable.

(c) liquides inflammables dont le point d'éclair est supérieur ou égal à 21 °C, et inférieur ou égal à 55 °C. En revanche, les préparations ne font pas partie des substances inflammables et ne présentent a priori aucun danger pour les personnes les manipulant ou pour toute autre personne.

Ils ne sont associés à aucun symbole, ni indication de danger.

La phrase de risque suivante est obligatoire : R10 Inflammable.

Solides

Il n'existe qu'un seul degré de risque pour les solides qui peuvent facilement prendre feu après un bref contact avec une source d'inflammation et qui continuent à brûler ou à se consumer après le retrait de la source d'inflammation.

Ils sont assortis du symbole suivant et de l'indication de danger « facilement inflammable » :

La phrase de risque suivante est obligatoire : R11 Facilement inflammable.

Gaz

Il n'existe qu'un seul degré de risque pour les gaz inflammables au contact de l'air à température et à pression ambiantes.

Ils sont assortis du symbole ci-dessous et de l'indication de danger « extrêmement inflammable » :

La phrase de risque suivante est obligatoire : R12 Extrêmement inflammable.

Matières pyrophoriques/auto-échauffantes

Il n'existe qu'un seul degré de risque pour les matières dangereuses qui sont susceptibles de s'échauffer et de s'enflammer au contact de l'air à température ambiante sans apport d'énergie.

Ils sont assortis du symbole ci-dessous et de l'indication de danger « facilement inflammable » :

La phrase de risque suivante est obligatoire : R17 Spontanément inflammable à l'air.

Matières dangereuses qui réagissent avec l'eau en dégageant des gaz inflammables

Il n'existe qu'un seul degré de risque pour les matières dangereuses qui réagissent avec l'eau ou avec l'air humide en dégageant des gaz susceptibles de s'enflammer facilement à raison d'au moins 1 litre par kilogramme de matière et par heure.

Ils sont assortis du symbole ci-dessous et de l'indication de danger « facilement inflammable » :

La phrase de risque suivante est obligatoire : R15 Au contact de l'eau dégage des gaz extrêmement inflammables.

5.3.2 Système de transport UN RTDG

Liquides

Les liquides inflammables sont des liquides, ou des mélanges de liquides, ou des solides contenant des liquides en solution ou en suspension, par exemple des peintures, qui dégagent une vapeur inflammable à des températures maximales de 60,5 °C, essai en creuset fermé, ou des températures ne dépassant pas 65,6 °C, essai en creuset ouvert, généralement appelé le point d'éclair.

La classification définit trois degrés de risque :

(a) extrêmement dangereux – groupe d'emballage I

Liquides inflammables ayant un point d'ébullition ou un point d'ébullition initial inférieur ou égal à 35 °C.

(b) moyennement dangereux – groupe d'emballage II

Liquides inflammables ayant un point d'ébullition ou un point d'ébullition initial supérieur à 35 °C et un point d'éclair inférieur à 23 °C

(c) peu dangereux – groupe d'emballage III

Liquides inflammables ayant un point d'ébullition ou un point d'ébullition initial supérieur ou égal à 23 °C, et inférieur ou égal à 60,5 °C. Les liquides de ce type dont le point d'éclair est supérieur à 35 °C et qui ne favorisent pas la combustion peuvent ne pas faire partie de la catégorie des liquides inflammables. Les liquides sont considérés comme incapables de favoriser une combustion (autrement dit, il ne favorisent pas la combustion dans des conditions d'épreuve définis) si :

(i) ils ont eu un résultat positif à un test de combustibilité adéquat (voir le manuel des épreuves et des critères du système UN RTDG)
(ii) leur seuil d'inflammabilité conformément à la norme ISO 2592:1973 est supérieur à 100 °C, ou
(iii) il s'agit de solutions miscibles dans l'eau ayant une teneur en eau d'au moins 90 % en masse

Tous les degrés de risque des liquides inflammables sont assortis de la même étiquette :

Remarque : dans le système UN RTDG, en raison de diverses dérogations, le groupe d'emballage n'est pas toujours un indicateur fiable de l'inflammabilité ou de la plage de points d'éclair de préparations/mélanges destinés au stockage.

(a) certaines dispositions du système UN RTDG permettent le classement des mélanges liquides visqueux ayant un point d'éclair inférieur à 23 °C dans la catégorie « peu dangereux », group d'emballage III. Ce classement s'effectue généralement sur la base d'une ou plusieurs des conditions suivantes :

la viscosité exprimée par le temps d'écoulement en secondes
le point d'éclair en creuset fermé
moins de 3 % de la couche de solvant transparent se sépare lors d'une épreuve de séparation de solvant et aucune teneur en toute matière considérée comme hautement toxique de la division 6.1 ou corrosive de la classe 8

(b) dans le système UN RTDG, les préparations/mélanges visqueux de la catégorie « peu dangereux », groupe d'emballage III, peuvent ne pas être soumis à une réglementation dans les conditions suivantes :

point d'éclair d'au moins 23 °C et inférieur ou égal à 60,5 °C
ne pas faire partie des catégories de toxicité aiguë de la division 6.1 ou de corrosivité de la classe 8
ne pas contenir plus de 20 % de nitrocellulose, sauf si la nitrocellulose ne contient pas plus de 12,6 % d'azote en masse sèche, et
être conditionné dans des réceptacles d'une capacité inférieure à 450 l

et :

moins de 3 % de la couche transparente de solvant se sépare lors d'une épreuve de séparation de solvant, et
le temps d'écoulement lors de l'épreuve de viscosité avec un diamètre de jet de 6 mm est supérieur ou égal à :
- 60 secondes, ou
- 40 secondes si les préparations/mélanges visqueux ne contiennent que des liquides inflammables

Remarque : ces dispositions ne sont pas systématiquement appliquées dans toutes les réglementations modales.

Solides

Les solides inflammables sont des matières solides combustibles poudreuses, granuleuses ou pâteuses qui sont dangereuses si elles peuvent être facilement enflammées par un contact bref avec une source d'inflammation, comme une allumette enflammée, et si la flamme se propage rapidement. Le danger peut provenir de l'incendie lui-même, mais également des produits de combustion toxiques. Les poudres métalliques sont particulièrement dangereuses en raison de la difficulté d'extinction d'un tel incendie, les agents d'extinction normaux, comme le dioxyde de carbone ou l'eau, pouvant augmenter le risque.

Les matières solides pouvant provoquer un incendie par frottement sont également considérées comme des solides inflammables et sont classés par analogie aux entrées existantes (par ex., allumettes).

La classification différencie deux degrés de risque :

(a) moyennement dangereux – groupe d'emballage II
(b) peu dangereux – groupe d'emballage III

Les deux degrés de risque des solides inflammables sont assortis de la même étiquette :

Gaz

Les gaz inflammables sont des gaz qui, à 20 °C et à une pression standard de 101,3 kPa :

sont inflammables en mélange avec l'air de 13 pour cent maximum par volume avec de l'air, ou
ont une plage d'inflammabilité en mélange avec l'air d'au moins 12 points de pourcentage, quelle que soit la limite inférieure d'inflammabilité

L'inflammabilité doit être déterminée soit au moyen d'épreuves, soit par calcul selon des méthodes approuvées par l'ISO (voir ISO 10156:1996). Pour le transport, cette classification inclut les aérosols et les petits réceptacles contenant du gaz.

Les degrés de risque des gaz ne sont pas différenciés. Ils sont accompagnés de l'étiquette ci-dessous :

Matières autoréactives et associées

Les matières autoréactives sont des matières thermiquement instables susceptibles de subir une forte décomposition exothermique même en l'absence d'oxygène. Une matière n'est pas considérée comme autoréactive si :

c'est une matière explosive
c'est une matière comburante
c'est un peroxyde organique
sa chaleur de décomposition est inférieure à 300 J/g, ou
la température de décomposition auto-accélérée est supérieure à 75 °C pour un paquet de 50 kg

Les matières associées aux matières autoréactives ont une température de décomposition auto-accélérée supérieure à 75 °C. Elles peuvent subir une forte décomposition exothermique et sont susceptibles, dans certains conditionnements, de répondre aux critères de la classe des explosifs.

La décomposition des matières autoréactives peut se déclencher à la chaleur, au contact avec des impuretés catalytiques (par exemple, des acides, des composés de métaux lourds, des bases), au frottement ou au choc. La vitesse de décomposition augmente avec la température et varie selon la matière. La décomposition, en l'absence notamment d'inflammation, peut entraîner le dégagement de gaz ou de vapeurs toxiques. Pour certaines matières autoréactives, la température doit être contrôlée. Certaines matières autoréactives peuvent se décomposer par explosion, en particulier si elles sont confinées. Pour y remédier, on peut ajouter des diluants ou utiliser de conditionnements appropriés. Certaines matières autoréactives brûlent vigoureusement. Parmi les matières autoréactives, on peut citer notamment les composés ci-dessous :

composés azo-aliphatiques (-C-N=N-C-)
azides organiques ($-C-N_3$)
sels de diazonium ($-CN_2+Z-$)
composés de radical N-nitroso (-N-N=O), et
sulphohydrazides aromatiques ($-SO_2-NH-NH_2$)

La classification différencie sept degrés de risque (types A à G), mais le type G n'est associé à aucune réglementation pour le transport.

Les types A à F correspondent à l'étiquette ci-dessous :

L'ajout d'un diluant permet de désensibiliser certaines matières autoréactives. Les diluants empêchent la matière autoréactive de se concentrer de façon dangereuse en cas de fuite. Le diluant doit être compatible avec la matière autoréactive. Les diluants compatibles sont les solides ou liquides ne modifiant pas la stabilité thermique, ni le type de risque de la matière autoréactive.

Certaines matières autoréactives peuvent nécessiter un contrôle thermique. Les diluants liquides dans des formulations liquides nécessitant un contrôle thermique doivent avoir un point d'ébullition d'au moins 60 °C et un point d'éclair non inférieur à 5 °C. Le point d'ébullition du liquide doit être supérieur d'au moins 50 °C à la température de contrôle de la matière autoréactive.

Explosifs désensibilisés

Les explosifs désensibilisés sont des matières qui sont mouillées à l'eau ou avec des alcools ou sont dilués avec d'autres matières afin d'éliminer leurs propriétés explosives.

Ils sont associés à l'étiquette ci-dessous :

Matières pyrophoriques/auto-échauffantes

Les matières pyrophoriques et auto-échauffantes sont définies comme suit :

les matières pyrophoriques sont des matières solides ou liquides dangereuses qui, même en petite quantité, sont susceptibles de s'enflammer rapidement (cinq minutes) au contact de l'air. Elles sont susceptibles de s'enflammer spontanément.

Les matières auto-échauffantes sont des matières solides ou liquides dangereuses autres que les matières pyrophoriques qui, au contact de l'air et sans apport d'énergie, peuvent s'échauffer spontanément. Ces matières ne s'enflamment que lorsqu'elles sont présentes en grandes quantités (kilogrammes) et après un délai prolongé (heures ou jours) et sont qualifiées d'auto-échauffantes.

L'auto-échauffement des matières dangereuses, entraînant une combustion spontanée, est dû à la réaction de la matière avec l'oxygène et à la chaleur dégagée dont l'évacuation dans l'environnement n'est pas suffisamment rapide. La combustion spontanée se produit lorsque la vitesse de production de la chaleur dépasse la vitesse de perte de chaleur et que la température d'inflammation spontanée est atteinte.

On distingue trois degrés de risque :

(a) très dangereux	groupe d'emballage I	matières pyrophoriques
(b) moyennement dangereux	groupe d'emballage II	matières auto-échauffantes
(c) peu dangereux	groupe d'emballage III	matières auto-échauffantes

Tous les degrés de risque des matières pyrophoriques et auto-échauffantes sont associés aux mêmes étiquettes :

Matières qui, au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammables

Matières qui, au contact de l'eau, peuvent dégager des gaz inflammables pouvant former des mélanges explosifs avec l'air. De tels mélanges sont facilement inflammables par toute source ordinaire d'inflammation, par exemple des flammes nues, des outils à main produisant des étincelles ou des ampoules non protégées. L'onde de choc et les flammes qui en résultent peuvent mettre en danger les personnes et l'environnement.

On distingue trois degrés de risque sur la base de la vitesse d'évolution des gaz inflammables :

(a) très dangereux groupe d'emballage I

Dégagement des gaz inflammables à une vitesse minimale de dix litres par kilogramme par minute.
(b) moyennement dangereux groupe d'emballage II

Dégagement des gaz inflammables à une vitesse minimale de vingt litres par kilogramme par heure.
(c) peu dangereux groupe d'emballage III

Dégagement des gaz inflammables à une vitesse minimale de un litre par kilogramme par heure.

Tous les degrés de risque de ces matières qui, au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammables portent la même étiquette :

5.4 Autres propriétés physico-chimiques

5.4.1 Système de l'UE

Le système de l'UE utilise des phrases de risque supplémentaires applicables aux matières dangereuses qui font déjà l'objet d'une classification. Les phrases de risque ci-après ne constituent pas une classification :

R1 Explosif à l'état sec
Matières dangereuses explosives commercialisées sous forme de solution ou sous forme mouillée, par exemple la nitrocellulose contenant plus de 12,6 % d'azote.

R4 Forme des composés métalliques explosifs très sensibles
Matières dangereuses pouvant former des dérivés métalliques explosifs sensibles, par exemple l'acide picrique ou l'acide styphnique.

R5 Danger d'explosion sous l'action de la chaleur

Matières dangereuses thermique instables ne faisant pas partie de la classe des explosifs, par ex., l'acide perchlorique > 50 %.

R6 Danger d'explosion en contact ou sans contact avec l'air
Matières dangereuses qui sont instables à température ambiante, comme l'acétylène.

R7 Peut provoquer un incendie
Matières dangereuses réactives, comme le fluor et l'hydrosulfite de sodium.

R14 Réagit violemment au contact de l'eau
Matières dangereuses qui réagissent violemment au contact de l'eau, comme le chlorure d'acétyle, les métaux alcalins et le chlorure titanique.

R16 Peut exploser en mélange avec des substances comburantes
Matières dangereuses qui réagissent par une explosion avec un agent comburant, comme le phosphore rouge.

R18 Lors de l'utilisation, formation possible de mélange vapeur/air inflammable/explosif
Préparations ne faisant pas partie de la classe des matières inflammables qui contiennent des composés volatiles inflammables à l'air.

R19 Peut former des peroxydes explosifs
Matières dangereuses qui peuvent former des peroxydes explosifs pendant le stockage, comme l'éther diéthylique et le 1,4-dioxanne.

R30 Peut devenir facilement inflammable pendant l'utilisation
Préparations ne faisant pas partie de la classe des matières inflammables, mais qui peuvent devenir inflammables en raison de la perte de composés volatiles non inflammables.

R44 Risque d'explosion si chauffé en ambiance confinée
Matières dangereuses ne faisant pas partie de la classe des explosifs, mais qui peuvent néanmoins présenter des propriétés explosives en pratique si elles sont chauffées dans une ambiance suffisamment confinée. Par exemple, certaines matières qui se décomposent de façon explosive si elles sont chauffées dans un fût en acier ne présentent pas cet effet si elles sont chauffées dans des conteneurs moins robustes.

5.4.2 Système de transport UN RTDG

Corrosivité du métal

Remarque : il n'existe aucun critère équivalent dans le système de l'UE.

Il s'agit d'une matière ayant une vitesse de corrosion sur des surfaces en acier ou en aluminium supérieure à 6,25 mm par an à une température de test de 55 °C.

Pour les besoins des tests sur l'acier, de type P235 (ISO 9328 (II):1991) ou similaire, et pour les tests sur l'aluminium, des types non revêtus 7075-T6 ou AZ5GU-T6 doivent être utilisés. Un test acceptable est présenté dans la norme ASTM G31-72 (réapprouvée en 1990).

On définit un seul degré de risque, groupe d'emballage III, qui est affecté au même degré que les agents corrosifs des tissus vivants :

Gaz

Le système UN RTDG classe également les gaz sous d'autres formes physiques, comme indiqué ci-dessous :

- gaz comprimé : gaz (autre qu'en solution) qui, lorsqu'il est conditionné sous pression pour le transport, est entièrement gazeux à 20 °C
- gaz liquéfié : gaz qui, lorsqu'il est conditionné pour le transport, est partiellement liquide à 20 °C
- gaz liquéfié cryogénique : gaz qui, lorsqu'il est conditionné pour le transport, est partiellement liquide en raison de sa température basse, ou
- gaz en solution : gaz comprimé qui, lorsqu'il est conditionné pour le transport, est dissous dans un solvant

Cette catégorie comprend les gaz comprimés, les gaz liquéfiés, les gaz en solution, les gaz liquéfiés cryogéniques, les mélanges de gaz, les mélanges d'un ou plusieurs gaz avec une ou plusieurs vapeurs de matières d'autres classes, les éléments chargés de gaz, l'hexafluorure de tellure, les aérosols.

6 Risques pour la santé

6.1 Toxicité aiguë

6.1.1 Système de l'UE

On définit trois voies d'exposition :

orale
dermique
inhalation

et trois degrés de risque par catégorie :

très toxique
toxique
nocif

Toxicité orale

Les critères associés au degré de risque le plus élevé, « très toxique », sont les suivants :

LD50 par voie orale, rat < 25 mg/kg
survie inférieure à 100 % à 5 mg/kg par voie orale, rat par la méthode de dose fixe, ou mortalité élevée

La phrase de risque suivante est obligatoire : R28 Très toxique en cas d'ingestion.

Les critères associés au deuxième degré de risque, « toxique » sont les suivants :

LD50 par voie orale, rat : 25 < LD50 < 200 mg/kg
Dose discriminante, orale, rat, 5 mg/kg : survie de 100 % mais toxicité manifeste, ou
Mortalité élevée dans la plage de doses > 25 à < 200 mg/kg orale, rat, par la méthode de la classe de toxicité aiguë

La phrase de risque suivante est obligatoire : R25 Toxique en cas d'ingestion.

Le degré de risque le plus faible, « nocif », est associé aux deux critères suivants :

1. Toxicité orale aiguë :

LD50 par voie orale, rat: 200 < LD50 < 2000 mg/kg
Dose discriminante, orale, rat, 50 mg/kg : survie de 100 % mais toxicité manifeste
Mortalité élevée dans la plage de doses > 200 à < 2 000 mg/kg orale, rat, par la méthode de la classe de toxicité aiguë

La phase de risque suivante est obligatoire : R22 Nocif en cas d'ingestion.

2. Risque d'aspiration

Il s'agit de matières et de préparation liquides présentant un danger d'aspiration pour les hommes en raison de leur faible viscosité :

Pour les matières et les préparation contenant des hydrocarbures aliphatiques, alicycliques et aromatiques à une concentration supérieure ou égale à 10 % et présentant l'une des propriétés suivantes :

un temps d'écoulement inférieur à 30 secondes dans une coupe ISO de 3 mm conforme à la norme ISO 2431 (édition avril 1996/juillet 1999) relative aux « Peintures et vernis - Détermination du temps d'écoulement au moyen de coupes d'écoulement »

une viscosité cinématique mesurée par un viscosimètre capillaire en verre étalonné conformément à la norme ISA 3104/3105 inférieure à 7 x 10 - 6 m²/s à 40 °C (ISO 3104, édition 1994 « Produits pétroliers - Liquides opaques et transparents - Détermination de la viscosité cinématique et calcul de la viscosité dynamique)

une viscosité cinématique calculée à partir des mesures d'un viscosimètre rotatif conformément à la norme ISO 3219 inférieure à 7 x 10 - 6 m²/s à 40 °C (ISO 3129, édition 1993, « Plastiques -- Polymères/résines à l'état liquide, en émulsion ou en dispersion -- Détermination de la viscosité au moyen d'un viscosimètre rotatif à gradient de vitesse de cisaillement défini)

les matières et préparations répondant à ces critères n'ont pas besoin de faire l'objet d'une classification si leur tension de surface moyenne est supérieure à 33 mN/m à 25 °C, mesurée par le tensiomètre Du Nouy ou par les méthodes de test présentées à l'annexe V, Partie A.5

(b) pour les matières et les préparation, sur la base de l'expérience pratique sur les hommes

La phrase de risque suivante est obligatoire : R65 Nocif, peut provoquer une atteinte des poumons en cas d'ingestion.

Toxicité dermique

Le critère associé au degré de risque le plus élevé, « très toxique », est le suivant :

- LD50 dermique, rat ou lapin : < 50 mg/kg

La phrase de risque suivante est obligatoire : R27 Très toxique par contact avec la peau.

Le critère associé au deuxième degré de risque, « toxique », est le suivant :

- LD50 dermique, rat ou lapin : 50 < LD50 < 400 mg/kg

La phrase de risque suivante est obligatoire : R24 Toxique par contact avec la peau.

Le critère associé au degré le plus faible de risque, « nocif », est le suivant :

- LD50 dermique, rat or lapin : 400 < LD50 < 2000 mg/kg

La phrase de risque suivante est obligatoire : R21 Nocif par contact avec la peau.

Toxicité par inhalation

Les critères associés au degré de risque le plus élevé, « très toxique », sont les suivants :

- Inhalation LC50, rat, pour aérosols ou particules : < 0,25 mg/litre/4h
- Inhalation LC50, rat, pour gaz et vapeurs : < 0,5 mg/litre/4h

La phrase de risque suivante est obligatoire : R26 Très toxique par inhalation.

Les critères associés au deuxième degré de risque, « toxique » sont les suivants :

- Inhalation LC50, rat, pour aérosols ou particules : 0,25 < LC50 < 1 mg/litre/4 h
- Inhalation LC50, rat, pour gaz et vapeurs : 0,5 < LC50 < 2 mg/litre/4 h

La phrase de risque suivante est obligatoire : R23 Toxique par inhalation.

Les critères associés au degré de risque le plus élevé, « très toxique », sont les suivants :

- Inhalation LC50, rat, pour aérosols ou particules : 1 < LC50/5 mg/litre/4h
- Inhalation LC50, rat, pour gaz et vapeurs : 2 < LC50/20 mg/litre/4h

La phrase de risque suivante est obligatoire : R20 Nocif par inhalation.

Les effets aigus pour la santé sont associés aux symboles et indications de danger suivants :

Le degré de risque 1 est associé à l'indication de risque, « très toxique » et au symbole de risque suivant :

Le degré de risque 2 est associé à l'indication de risque, « toxique » et au symbole de risque suivant :

Le degré de risque 3 est associé à l'indication de risque, « nocif » et au symbole de risque suivant :

6.1.2 Système de transport UN RTDG

La classification du système de transport de l'ONU ne concerne que les matières dangereuses présentant des risques pour la santé lorsque l'effet provient d'une exposition unique. Les matières dangereuses toxiques sont des matières susceptibles d'entraîner la mort ou des blessures graves ou de détériorer la santé des individus en cas d'ingestion, d'inhalation ou de contact avec la peau. À l'exception des gaz, trois degrés de risque sont définis.

(i) groupe d'emballage I matières et préparations présentant un risque de toxicité très grave
(ii) groupe d'emballage II matières et préparations présentant un risque de toxicité grave
(iii) groupe d'emballage III matières et préparations présentant un risque de toxicité relativement faible

En matière de toxicité par inhalation, les vapeurs, poussières et brumes (Division 6.1) ne sont pas traitées comme les gaz (Division 2.3).

Toxicité orale

Les critères de classification sont actuellement les suivants :

(i) groupe d'emballage I LD50 < 5 mg/kg
(ii) groupe d'emballage II 5 < LD50 < 50 mg/kg
(iii) groupe d'emballage III, matières solides 50 < LD50 < 200 mg/kg
(iv) groupe d'emballage III, liquides 50 < LD50 < 500 mg/kg.

Toxicité dermique

Les critères de classification sont actuellement les suivants :

(i) groupe d'emballage I LD50 < 40 mg/kg
(ii) groupe d'emballage II 40 < LD50 < 200 mg/kg
(iii) groupe d'emballage III, matières solides 200 < LD50 < 1 000 mg/kg.

Toxicité par inhalation : poussières et brumes

Les critères de classification sont actuellement les suivants :

(i) groupe d'emballage I LC50 < 0,5 mg/litre/1h
(ii) groupe d'emballage II 0,5 < LC50 < 2 mg/litre/1h
(iii) groupe d'emballage III, matières solides 2 < LC50 < 10 mg/litre/1h

Alors que les critères de l'UE correspondants sont basés sur des chiffres d'exposition de 4 heures, les critères correspondants du système UN RTDG, pour la toxicité par inhalation des poussières et brumes, sont basés sur des données LC50 relatives à des expositions d'1 heure. Si seules les données LC50 relatives aux expositions de 4 heures sont disponibles, il suffit de multiplier par quatre et d'effectuer le remplacement des chiffres dans les critères ci-dessus, par ex., LC50 (4 heures) × 4 est équivalent à LC50 (1 heure).

Toxicité par inhalation : vapeurs

Dans le système UN RTDG, la volatilité des liquides est prise en compte dans les critères de classification. Les liquides ayant des vapeurs toxiques sont affectés aux groupes d'emballage suivants où « V » est la concentration en vapeur saturée en millilitres par mètre cube d'air à 20 °C et à la pression atmosphérique normale :

(i) groupe d'emballage I si V > 10 LC50 et LC50 < 1 000 ml/m^3
(ii) groupe d'emballage II si V > LC50 et LC50 < 3 000 ml/m^3, et ne répondant pas aux critères du groupe d'emballage I
(iii) groupe d'emballage III si V > 1/5 LC50 et LC50 < 5 000 ml/m^3, et ne répondant pas aux critères des groupes d'emballage I ou II

Alors que les critères de l'UE correspondants sont basés sur des chiffres d'exposition de 4 heures en mg/litre, les critères correspondants du système UN RTDG, pour la toxicité par inhalation des vapeurs, sont basés sur des données LC50 relatives à des exposition d'1 heure exprimées en millilitres par mètre cube. Si seules les données LC50 relatives aux expositions de 4 heures sont disponibles, il suffit de multiplier par deux et d'effectuer le remplacement des chiffres dans les critères ci-dessus, par ex., LC50 (4 heures) × 2 est équivalent à LC50 (1 heure).

Toxicité par inhalation : gaz
Aucune différenciation des degrés de risque n'est établie et les critères concernent les valeurs LC50 inférieures ou égales à 5 000 ml/m^3 (ppm).

Communication du risque associé aux matières toxiques dans le système UN RTDG

Tous les états physiques et degrés de risque des matières toxiques dangereuses portent la même étiquette :

6.2 Toxicité subaiguë, subchronique ou chronique

Remarque : ces dangers ne sont pas pris en compte dans le système de transport UN RTDG.

6.2.1 Effets irréversibles très graves par une seule exposition

Trois voies d'exposition sont prises en compte :

1. orale
2. dermique
3. inhalation

divisées elles-mêmes en trois degrés de risque :

1. très toxique
2. toxique
3. nocif

Le critère est qu'il y a une preuve manifeste de dommages irréversibles autres que les effets cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction (CMR) susceptibles d'apparaître après une seule exposition pour la voie appropriée, en général dans la même plage de doses que l'équivalent pour la toxicité aiguë.

Les phrases de risque suivantes sont obligatoires :

Pour le degré de risque 1, « très toxique » et le degré de risque 2, « toxique » : R39 Danger d'effets irréversibles très graves.

Pour le degré de risque 3, « nocif » : R40 (R68 du 30/07/2002) risque possible d'effets irréversibles.

Afin d'indiquer la voie d'exposition, ces phrases de risque sont utilisées en combinaison avec les phrases de risque de toxicité aiguë correspondantes : R39/26, R39/27, R39/28, R39/26/27, R39/26/28, R39/27/28,

R39/26/27/28, R39/23, R39/24, R39/25, R39/23/24, R39/23/25, R39/24/25, R39/23/24/25, R40/20, R40/21, R40/22, R40/20/21, R40/20/22, R40/21/22, R40/20/21/22.

Le degré de risque 1 est associé à l'indication de risque « très toxique » et le degré de risque 2 à l'indication de risque « toxique » ; tous deux sont associés au symbole de danger suivant :

Le degré de risque 3 est affecté à l'indication de danger « nocif » et au symbole suivant :

6.2.2 Effets irréversibles très graves en cas d'exposition répétée ou prolongée

Trois voies d'exposition sont prises en compte :

1. orale
2. dermique
3. inhalation

divisées elles-mêmes en deux degrés de risque :

1. toxique
2. nocif

Le critère est l'apparition de lésion graves (troubles fonctionnels ou modifications morphologiques ayant une importance toxicologique) pouvant résulter d'une exposition répétée ou prolongée par une voie adéquate.

La classification est considérée comme « nocive » lorsque ces effets sont observés à des niveaux de l'ordre de :

- voie orale, rat < 50 mg/kg (poids corporel)/jour
- voie dermique, rat ou lapin < 100 mg/kg (poids corporel)/jour
- inhalation, rat < 0,25 mg/l, 6 h/jour

Ces valeurs indicatives sont appliquées directement lorsque de graves lésions ont été observées lors d'un test de toxicité subchronique (90 jours). Lorsque les résultats d'un test de toxicité subaiguë (28 jours) ont été utilisés, ces chiffres sont multipliés par environ trois. Si un test de toxicité chronique (deux ans) est disponible, les résultats sont évalués au cas par cas. Si les résultats des études d'une durée supérieure à un an sont disponibles, ceux de l'étude de plus longue durée sont normalement utilisés. La classification est « au moins aussi toxique » lorsque ces effets sont observés à des niveaux inférieurs selon un rapport 10/1 à ceux de la classification « nocive ».

Les phrases de risque suivantes sont obligatoires : pour les deux degrés de risque, la phrase de risque suivante est obligatoire : R48 Risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée

Afin d'indiquer la voie d'exposition, ces phrases de risque sont utilisées en combinaison avec la(les) phrase(s) de risque Toxicité aiguë correspondante(s) : R48/23, R48/24, R48/25, R48/23/24, R48/23/25, R48/24/25, R48/23/24/25, R48/20, R48/21, R48/22, R48/20/21, R48/20/22, R48/21/22, R48/20/21/22.
Le degré de risque le plus élevé est associé à l'indication de danger « toxique » et au symbole de danger suivant :

Le degré de risque le plus faible est associé à l'indication de danger « nocif » et au symbole de danger suivant :

6.3 Corrosif et irritant

Remarque : le système de transport UN RTDG ne prend en compte que les effets corrosifs.

6.3.1 Système de l'UE : matières corrosives

Une matière est considérée comme corrosive si, lorsqu'elle est appliquée sur la peau saine et intacte d'un animal, elle produit des destructions tissulaires sur toute la profondeur de la peau, chez un animal au moins, au cours du test.

On définit trois degrés de risque :

Le degré de risque le plus grave correspond à des destructions tissulaires apparaissant sur toute la profondeur de la peau après un temps d'exposition ne dépassant pas trois minutes lors d'une application sur la peau saine et intacte d'un animal.

La phrase de risque suivante est obligatoire : R35 Provoque de graves brûlures.

Le degré de risque le moins grave correspond à des destructions tissulaires apparaissant sur toute la profondeur de la peau après un temps d'exposition ne dépassant pas quatre heures lors d'une application sur la peau saine et intacte d'un animal.

La phrase de risque suivante est obligatoire : R34 Provoque des brûlures.

Les deux degrés de risque sont caractérisés par l'indication de danger « corrosif » et par le symbole de danger :

6.3.2 Système de transport UN RTDG

Les matières dangereuses corrosives sont des matières qui, par action chimique, provoque des lésions graves au contact de tissu vivant.

Remarque : bien que la définition fasse référence à la destruction de tissu vivant, les critères ne font référence qu'à la destruction de tissu cutané. Voir les risques physico-chimiques pour la corrosivité du métal.

Trois degrés de risque sont définis :

Groupe d'emballage I Matières provoquant une destruction tissulaire sur toute la profondeur de la peau intacte après une période d'observation maximale de 60 minutes comptées après le temps d'exposition inférieur ou égal à trois minutes

Groupe d'emballage II Matières provoquant une destruction tissulaire sur toute la profondeur de la peau intacte après une période d'observation maximale de 14 jours comptés après le temps d'exposition d'au moins trois minutes mais ne dépassant pas 60 minutes

Groupe d'emballage III Matières provoquant une destruction tissulaire sur toute la profondeur de la peau intacte après une période d'observation de 14 jours maximum comptés après le temps d'exposition d'au moins 60 minutes, mais ne dépassant pas 4 heures.

L'étiquette suivante est utilisée :

6.3.3 Système de l'UE : matières irritantes

Peau

Les matières dangereuses sont dites irritantes si elles provoquent une inflammation importante de la peau, présente pendant au moins 24 heures après une période d'exposition ne dépassant pas quatre heures, déterminée chez le lapin conformément à la méthode d'essai d'irritation cutanée ou si elles provoquent une inflammation importante de la peau sur la base d'observations pratiques chez l'homme après contact immédiat, prolongé ou répété.

La phrase de risque suivante est obligatoire : R38 Irritant pour la peau.

Yeux

Deux degrés de risque sont définis.

D(i) lésions oculaires graves (degré de risque le plus élevé)
(ii) irritant pour les yeux (degré de risque le plus faible)

Il s'agit de matières dangereuses qui, en cas d'application sur l'œil d'un animal, provoquent des lésions oculaires importantes qui surviennent au cours des 72 heures suivant l'exposition et persistent au moins 24 heures, ou provoquent des lésions oculaires importantes sur la base d'observations pratiques chez l'homme.

Remarque : lorsqu'une substance ou une préparation est classée comme corrosive et associées aux phrases de risque R34 ou R35, le risque de lésions oculaires graves est considéré comme implicite et la phrase R41 n'est pas mentionnée sur l'étiquette.

Les phrases de risque suivantes sont obligatoires :
(i) (degré de risque le plus élevé) R41 Risque de lésions oculaires graves
(ii) (degré de risque le plus élevé) R36 Irritant pour les yeux

Système respiratoire

Un seul degré de risque est défini.

Les matières dangereuses sont classées sur la base :

- d'observations pratiques chez l'homme
- de résultats positifs obtenus au cours d'essais appropriés sur l'animal

La phrase de risque suivante est obligatoire : R37 Irritant pour les voies respiratoires.

Tous les degrés de risque et voies d'exposition sont caractérisés par l'indication de danger « irritant » et par le symbole de danger :

6.4 Sensibilisation

Remarques : ces risques ne sont pas pris en compte par le système de transport UN RTDG

Sensibilisation par inhalation

Un seul degré de risque est défini.

Les matières dangereuses sont considérées comme sensibilisantes par inhalation :

- s'il est établi que la substance concernée peut provoquer une hypersensibilité respiratoire spécifique
- si des essais appropriés sur l'animal ont donné des résultats positifs ou
- si la substance est un isocyanate, sauf s'il existe des preuves que cet isocyanate précis ne provoque pas d'hypersensibilité respiratoire

L'expérience doit montrer qu'elles peuvent provoquer une hypersensibilité respiratoire spécifique sur l'homme. Dans ce contexte, l'hypersensibilité fait généralement référence à l'asthme, mais d'autres réactions d'hypersensibilité, comme la rhinite et l'alvéolite, sont également prises en compte. La pathologie doit avoir les caractéristiques cliniques d'une réaction allergique. En revanche, il n'est pas nécessaire de faire la preuve d'un mécanisme immunologique.

La phrase de risque suivante est obligatoire : R42 Peut entraîner une sensibilisation par inhalation.

Ces matières sont caractérisées par l'indication de danger « nocif » et par le symbole de danger :

Sensibilisation par contact cutané

Un seul degré de risque est défini.

Les matières dangereuses sont considérées comme sensibilisantes par contact cutané :

- si l'expérience montre que les matières dangereuses peuvent provoquer une sensibilisation par contact avec la peau chez un nombre significatif de personnes ou
- si des essais appropriés chez l'animal donnent des résultats positifs

La phrase de risque suivante est obligatoire : R43 Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau.

Ces matières sont caractérisées par l'indication de danger « irritant » et par le symbole de danger :

6.5 Effets spécifiques sur la santé

Remarque : ces risques ne sont pas pris en compte par le système de transport UN RTDG.

Il s'agit des matières dites CMR (Cancérogènes, Mutagènes et toxiques pour la Reproduction). Chaque catégorie est divisée en trois degrés de risque. Pour les besoins de la classification et de l'étiquetage et compte tenu de l'état actuel des connaissances, ces matières sont divisées en trois catégories. Le classement en catégorie 1 s'effectue sur la base de données épidémiologiques ; le classement dans les catégories 2 et 3 est basé sur des expériences animales.

Catégorie 1	CMR pour l'homme. On dispose de preuves suffisantes pour établir une association causale entre l'exposition humaine à une substance et le développement d'effets CMR
Catégorie 2	substances pouvant être considérées comme CMR pour l'homme. On dispose de preuves suffisantes pour qu'il y ait une forte présomption de lien entre l'exposition humaine et le développement d'effets CMR, généralement sur la base : • d'études animales appropriées à long terme • d'autres informations pertinentes
Catégorie 3	suscitent des inquiétudes pour l'homme du fait des effets CMR possibles mais pour lesquelles les informations disponibles ne permettent pas d'obtenir une évaluation satisfaisante. On dispose de quelques preuves issues d'études animales appropriées, mais elles sont insuffisantes pour placer la substance dans la catégorie 2.

Cancérogène

Les phrases de risque suivantes sont obligatoires :
(i) (Catégorie 1 et 2) R45, Peut causer le cancer, ou R49 Peut causer le cancer par inhalation
(ii) (Catégorie 3) R40 Effet cancérogène suspecté, preuves insuffisantes.

Mutagène

Les phrases de risque suivantes sont obligatoires :
(i) (Catégorie 1 et 2) R46 Peut provoquer des altérations génétiques héréditaires
(ii) (Catégorie 3) R68

Toxique pour la reproduction

Les effets toxiques pour la reproduction sont pris en considération pour deux types d'effets :

- fertilité
- développement

Les phrases de risque suivantes sont obligatoires :

Fertilité

(i) (Catégorie 1 et 2) R60 Peut altérer la fertilité
(ii) (Catégorie 3) R62 Risque possible d'altération de la fertilité

Développement

(i) (Catégorie 1 et 2) R61 Risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant.
(ii) (Catégorie 3) R63 Risque possible pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant

La phrase R64 figure également sur l'étiquette des matières dangereuses dites toxiques pour la reproduction et qui suscitent également des inquiétudes en raison de leurs effets sur l'allaitement.

Pour chaque effet CMR des catégories 1 et 2, le symbole de danger suivant est ajouté :

Pour chaque effet CMR de la catégorie 3, le symbole de danger suivant est ajouté :

6.6 Autres effets sur la santé

6.6.1 Système de l'UE

Le système de l'UE utilise d'autres phrases de risque applicables aux matières dangereuses faisant déjà l'objet d'une classification. Ces phrases de risque, qui ne constituent pas une classification, sont les suivantes :

R29 Au contact de l'eau, dégage des gaz toxiques
Matières dangereuses qui, au contact de l'eau ou de l'air humide, dégagent des gaz très toxiques/toxiques en quantités potentiellement dangereuses.

R31 Au contact d'un acide, dégage un gaz toxique
Matières dangereuses qui réagissent avec des acides en dégageant des gaz toxiques en quantités dangereuses.

R32 Au contact d'un acide, dégage un gaz très toxique
Matières dangereuses qui réagissent avec des acides en dégageant des gaz très toxiques en quantités dangereuses.

R33 Danger d'effets cumulatifs
Matières dangereuses susceptibles de s'accumuler dans le corps humain et pouvant ainsi donner lieu à une certaine inquiétude.

R64 Risque possible pour les bébés nourris au lait maternel
Matières dangereuses qui, absorbées par des femmes, peuvent perturber l'allaitement ou qui peuvent être présentes (y compris sous forme de métabolites) dans le lait maternel en quantités suffisantes pour être préoccupantes pour la santé d'un enfant nourri au sein.

R66 L'exposition répétée peut provoquer dessèchement ou gerçures de la peau
Matières dangereuses qui peuvent avoir des effets préoccupants, en raison d'un dessèchement, d'une desquamation ou de gerçures, mais ne répondant pas aux critères imputables à la phrase R38 sur la base suivante :

- soit une observation pratique consécutive à une manipulation et une utilisation normales
- soit des éléments de preuve pertinents concernant les effets prévus sur la peau

R67 L'inhalation de vapeurs peut provoquer somnolence et vertiges
Matières dangereuses volatiles contenant des substances qui, par inhalation, peuvent provoquer des symptômes caractérisés de dépression du système nerveux central et qui ne sont pas déjà classés d'après leur toxicité aiguë en cas d'inhalation (R20, R23, R26, R68/20, R39/23 ou R39/26).

6.6.2 Système de transport UN RTDG

Le système UN RTDG classe des risques qui ne sont pas pris en compte par les deux principales directives de l'UE.

Division 6.2 Substances infectieuses

Par « matières infectieuses », on entend les matières dont on sait ou dont on a des raisons de penser qu'elles contiennent des agents pathogènes. Les agents pathogènes sont définis comme des microorganismes (y compris les bactéries, les virus, les rickettsies, les parasites et les champignons) et d'autres agents tels que les prions, qui peuvent provoquer des maladies chez l'homme ou chez l'animal.

Elles sont classées sur la base de leur affectation à un des trois groupes de risque selon les critères définis par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et publiés dans le « Manuel de biosécurité en laboratoire, deuxième édition (1993) ».

Classe 7 Matières radioactives

Il s'agit de matières contenant des radionucléides dont la concentration d'activité et l'activité totale dans l'expédition dépasse les valeurs définies aux paragraphes 401 - 406 du Règlement de transport des matières radioactives, (édition 1996) Normes de sécurité IAEA série N°ST-1.

7 Risques pour l'environnement

7.1 Système de l'UE

Toxicité aquatique

La classification des substances s'effectue généralement sur la base de données expérimentales pour la toxicité aquatique aiguë, la dégradation et le coefficient de partage (log Pow) (ou le FBC, s'il existe). La classification des préparations s'effectue normalement par une méthode de calcul sur les limites de concentration de chaque composant.

La classification distingue trois degrés de risque :

(a) très toxique

(i) les critères de toxicité aquatique aiguë sont les suivants :

- toxicité aiguë LC50 96 h (poisson) < 1 mg/l
- toxicité aiguë EC50 48 h (daphnie) < 1 mg/l ou
- toxicité aiguë IC50 72 h (algues) < 1 mg/l

La phrase de risque suivante est obligatoire : R50 Très toxique pour les organismes aquatiques.

(ii) toxicité aquatique aiguë/chronique

- toxicité aiguë LC50 96 h (poisson) < 1 mg/l
- toxicité aiguë EC50 48 h (daphnie) < 1 mg/l ou
- toxicité aiguë IC50 72 h (algues) < 1 mg/l

Et :
- la substance n'est pas facilement dégradable ou
- le log Pow (coefficient de partage alcool octylique/eau) > 3,0 (sauf si le FBC déterminé expérimentalement est < 100).

Les phrases de risque suivantes sont obligatoires : R50 Très toxique pour les organismes aquatiques et R53 Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.

Ces matières sont caractérisées par le symbole ci-dessous et l'indication de danger « dangereux pour l'environnement ».

(b) toxique : toxicité aquatique aiguë/chronique

- toxicité aiguë LC50 96 h (poisson) 1 mg/l < LC50 < 10 mg/l
- toxicité aiguë EC50 48 h (daphnie) 1 mg/l < EC50 < 10 mg/l ou
- toxicité aiguë IC50 72 h (algues) 1 mg/l < IC50 < 10 mg/l

et :

- la substance n'est pas facilement dégradable ou
- le log Pow (coefficient de partage alcool octylique/eau) est supérieur à 3,0 (sauf si le FBC déterminé expérimentalement est inférieur à 100)

Les phrases de risque suivantes sont obligatoires : R51 Très toxique pour les organismes aquatiques et R53 Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.

Ces matières sont caractérisées par le symbole ci-dessous et par l'indication de danger « dangereux pour l'environnement ».

(c) nocif

(i) les critères de toxicité aquatique aiguë sont les suivants :

Il s'agit des matières ne répondant pas aux critères ci-dessus, mais qui sur la base des preuves disponibles relatives à leur toxicité peuvent néanmoins présenter un danger pour la structure et/ou le fonctionnement des écosystèmes aquatiques.

La phrase de risque suivante est obligatoire : R52 Nocif pour les organismes aquatiques.

(ii) Toxicité aquatique aiguë/chronique :

- toxicité aiguë LC50 96 h (poisson) 10 mg/l < LC50 < 100 mg/l
- toxicité aiguë EC50 48 h (daphnie) 10 mg/l < EC50 < 100 mg/l ou
- toxicité aiguë IC50 72 h (algues) 10 mg/l < IC50 < 100 mg/l

et

- la substance n'est pas facilement dégradable

Ce critère s'applique sauf s'il existe d'autres preuves scientifiques supplémentaires concernant la dégradation et/ou la toxicité suffisantes pour fournir une garantie adéquate que ni la substance, ni ses produits de dégradation, ne constitueront un danger potentiel à long terme et/ou à retardement pour l'environnement aquatique.

Les phrases de risque suivantes sont obligatoires : R52 Nocif pour les organismes aquatiques et R53 Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.

(iii) toxicité aquatique chronique

Il s'agit des matières ne répondant pas aux critères ci-dessus mais qui, sur la base des preuves disponibles relatives à leur persistance, à leur potentiel d'accumulation et à la destinée et au comportement environnemental prévu ou observé peuvent néanmoins présenter un risque à long terme et/ou à retardement pour la structure et/ou le fonctionnement des écosystèmes aquatiques.

La phrase de risque suivante est obligatoire : R53 Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.

Toxicité non aquatique

Les matières dangereuses sont classées sur la base des preuves disponibles relatives à leur toxicité, leur persistance, leur potentiel à s'accumuler et leur destinée et comportement environnemental prévu ou observé pouvant présenter un danger, immédiat ou à long terme et/ou retardé, pour la structure et/ou le fonctionnement des écosystèmes naturels. Des critères détaillés seront élaborés ultérieurement.

Tout ou partie des phrases de risque suivantes sont obligatoires, selon le cas :

R54 Toxique pour la flore
R55 toxique pour la faune
R56 Toxique pour les organismes du sol
R57 Toxique pour les abeilles
R58 Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement

De même, pour le danger pour l'atmosphère, les matières dangereuses sont classées sur la base des preuves disponibles relatives à leurs propriétés et à leur destinée et comportement environnementaux observés pouvant présenter un danger pour la structure et/ou le fonctionnement de la couche d'ozone de la stratosphère. Cette catégorie comprend les substances faisant partie de la liste de l'annexe I du règlement n°2037/2000 du Conseil

européen (CE) relatif aux substances qui appauvrissent la couche d'ozone (OJ No L 244, 29.9.2000, p.1) et ses amendements ultérieurs.

Les phrases de risque suivantes sont obligatoires : R59 Dangereux pour la couche d'ozone.

Toutes ces matières sont caractérisées par le symbole ci-dessous et par l'indication de danger « dangereux pour l'environnement ».

7.2 Système de transport UN RTDG

Actuellement, le système UN RTDG n'a établi aucun critère pour les matières dangereuses nocives pour l'environnement, bien qu'un repère de la classe 9 du système UN RTDG leur soit réservé. En Europe, les réglementations relatives au transport routier et ferroviaire classent les risques environnementaux à l'aide des degrés de risque « toxique » et « très toxique » du système de l'UE. Cette catégorie concerne les substances et mélanges qui ne font partie d'aucune autre classification pour le transport. L'étiquette de la classe 9 du système UN RTDG est utilisée pour indiquer ce risque.

Pour le transport maritime, le code IMDG classe les substances en polluants marins graves ou polluants marins, mais les mélanges ne sont classés que comme polluants marins sur la base d'une teneur d'au moins 1 % de polluants marins graves ou d'au moins 10 % de polluants marins. Le code du système IMDG s'applique indépendamment du classement éventuel des substances ou mélanges pour le transport. Il ne s'agit pas d'un système d'auto-classification pour les substances car l'IMO possède un groupe d'experts scientifiques, GESAMP, qui est chargé de définir les critères et les classifications des substances. L'étiquette utilisée est reproduite ci-dessous (remarque : en langage IMDG, on parle de marque plutôt que d'étiquette).

8.3. Compatibilité des substances nocives

Class	Classe
Compressed gases	Gaz comprimés
Flammable	Inflammables
Non-flammable/non-toxic	Non inflammables/non toxiques
Toxic	Toxiques
Flammable liquids	Liquides inflammables
Flammable solids	Matières solides inflammables
Readily combustible	Facilement combustible
Spontaneously combustible	Spontanément combustible
Dangerous when wet	Dangereux si humide
Oxidising substances	Matières comburantes
Organic peroxides	Peroxydes organiques
Toxic substances	Substances toxiques
Corrosive substances	Substances corrosives
Keep apart	Séparer
Segregate apart	Mettre à l'écart
Toxic gas	Gaz toxique
Separation may not be necessary	La séparation peut ne pas être nécessaire
Isolate	Isoler
Corrosive	Corrosives

8.4. Classes de dispersivité des matières solides en vrac

	Produit (spécification)	Classe de dispersion
Alumine		S1
Sulfate de baryum		S3
Baryla (moulu)		S1
Bauxite	Calcinée	S1
	Calcinée de Chine	S1
	Bauxite brute	S5
Graviers de pierre ponce		S4
Laitier de haut fourneau		S4
Borax		S3
Carbure de calcium		S1
Carborundum		S5

Ciment		S1
	Briques de mâchefer	S4
Argile	Bentonite, morceaux	S3
	Bentonite, moulue	S1
	Argile Chamotte, morceaux	S4
	Argile Chamotte, moulue	S1
	Argile Kaolin (Chine) morceaux	S3
	Argile Kaolin (Chine), moulue	S1
Charbon	Anthracite	S2
	Lignite, briquettes	S4
	Charbon	S4
	Charbon	S2
	Charbon en poudre	S1
Cokes	Cokes de houille	S4
	Cokes fluides	S1
	Coke de pétrole, calciné	S1
	Coke de pétrole, gros	S4
	Coke de pétrole, fin	S2
Produits dérivés et associés	Boulettes d'alfalfa	S3
	Farine d'amandes	S3
	Boulettes de chair de pomme	S3
	Boulettes de babassou	S3
	Farine d'orge	S1
	Boulettes d'orge	S3
	Farine d'os	S1
	Boulettes de drêche	S3
	Farine de sarrasin	S1
Produits dérivés et associés	Boulettes de manioc, dures	S3
	Racine de manioc	S3
	Boulettes d'aliments pour animaux	S3
	Boulettes d'agrumes	S3
	Fèves de cacao	S3[3)°]
	Boulettes de pulpe de café	S3
	Boulettes d'aliments composés	S3
	Noix de coco	S5
	Gâteaux de noix de coco	S3
Produits dérivés et associés	Chips de noix de coco	S3
	Boulettes de noix de coco	S3
	Farine de drêche de maïs	S3
	Boulettes de drêche de maïs	S3
	Boulettes de dracéna	S3
	Boulettes de trognon de maïs	S3
	Boulettes de graine de coton	S3
	Boulettes D.F.G. (boulettes de germe de maïs)	S3
	Extrait de babassou	S3
Produits dérivés et associés	Extrait d'os	S3
	Extrait de noix de coco	S3
	Extrait de graine de coton	S3
	Extrait de graine d'arachide	S3
	Extrait de graine de kapok	S3
	Extrait de graine de kardi	S3
	Extrait de graine de lin	S3
	Extrait de macoja	S3
	Extrait de mangue	S1
Produits dérivés et associés	Extrait d'olive	S3
	Extrait de cœur de palmier	S3
	Extrait de graine de colza	S3
	Extrait de graine de carthane	S3
	Extrait de salseed	S1
	Extrait de graine de sésame	S3
	Extrait de graine de sorgho	S3
	Extrait de farine brute de soya	S3
	Extrait de graine de tournesol	S3
Produits dérivés et associés	Extrait de tucum	S3
	Boulettes de graine d'arachide	S3
	Graines d'arachide	S5
	Boulettes de Hominecychop	S3
	Boulettes de graines de kapok	S3
	Boulettes de farine de pousse	S3
	Boulettes de graines de lin	S3

	Boulettes de luzerne	S3
	Boulettes de macoja	S3
Produits dérivés et associés	Farine brute de macuno	S3
	Farine de maïs	S3
	Farine brute de gluten de maïs	S3
	Boulettes de gluten de maïs	S3
	Boulettes de germe de malt	S3
	Boulettes de germe de malt	S3
	Boulettes de mangue	S3
	Boulettes de tout-venant	S3
	Farine de sorgho	S3
Produits dérivés et associés	Boulettes de gluten de sorgho	S3
	Boulettes d'avoine	S3
	Gruau	S1
	Boulettes de pulpe d'olive	S3
	Gâteaux de cœur de palmier	S3
	Boulettes de cœur de palmier	S3
	Cœurs de palmier	S5
	Boulettes de cosse de cacahouète	S3
	Boulettes d'ananas	S3
Produits dérivés et associés	Boulettes de recoupette	S3
	Fécule de pomme de terre	S1
	Tranches de pomme de terre	S3
	Farine brute de haricot Quar	S3
	Boulettes de farine brute de haricot Quar	S3
	Boulettes de graine de colza	S3
	Issues de riz	S1
	Boulettes de balles de riz	S3
	Boulettes d'enveloppes de riz	S3
Produits dérivés et associés	Farine brute de seigle	S1
	Boulettes de seigle	S3
	Boulettes de graines de carthane	S3
	Boulettes d'extraction de salseed	S3
	Boulettes de graines de sésame	S3
	Boulettes de soiulac	S3
	Boulettes de graines de sorgho	S3
	Boulettes de graines de sorgho	S3
	Croustilles de soya	S3
Produits dérivés et associés	Farine de soya	S3
	Boulettes de soya	S3
	Boulettes de graines Splent	S3
	Boulettes de pulpe de betterave à sucre	S3
	Boulettes de canne à sucre	S3
	Boulettes de graine de tournesol	S3
	Boulettes de patate douce	S3
	Chips de tapioca	S1
	Cubes de tapioca	S1
Produits dérivés et associés	Boulettes de tapioca, dures	S3
	Boulettes de tapioca, natives	S1
	Boulettes de thé	S3
	Farine brute de blé	S1
	Boulettes de blé	S3
	Farine brute de hominecychop	S3
Dolomie	Morceaux	S5
	Moulue	S1
Feldspath		S5
Ferrochrome, morceaux		S5
Ferromanganèse, morceaux		S5
Ferrophosphore, morceaux		S5
Ferrosilicium, morceaux		S3
Engrais	Nitrate de sulfate d'ammonium	S3
	Diphosphate d'ammonium	S1
	Double superphosphate, granules	S3
	Double superphosphate, poudre	S1
	Nitrate d'ammonium de castine	S3
	Sulfure d'ammonium	S3
	Triple superphosphate, poudre	S1
Spath-fluor		S5
Poussières		S2
Déchets de verre		S5
Céréales	Orge	S3
	Sarrasin	S3

	Gruaux	S3
	Maïs de Kafi	S3
	Criblures de graines de lin	S3
	Maïs	S3
	Malt	S3
	Milicorn	S3
	Criblures d'avoine	S3
Céréales	Avoine	S5
	Criblures de graines de colza	S3
	Riz	S5
	Enveloppe de riz	S3
	Seigle	S3
	Graine de sorgho	S3
	Gruaux de soja	S3
	Blé	S3
Gravier		S5
Gypse	Gypse	S4
	Gypse calciné (plâtre)	S1
Barise		S5
Déchets ménagers		
Minerai de fer	Beeshoek,fines	S5[1)]
	Beeshoek, minerai en morceaux	S5[1)]
	Bomi Hill, minerai en morceaux	S4
	Concentré de Bong Range	S4[2)]
	Boulettes de Bong Range	S5[1)]
	Minerai de Broz. Nat.	S4
	Concentré Carol Lake	S4[2)]
	Boulettes Carol Lake	S5[1)]
	Boulettes Cassinga	S5
Minerai de fer	Cassinga, fines	S4
	Cassinga, morceaux	S5[1)]
	Minerai Cerro Bolivar	S4
	Minerai Coto Wagner	S5[2)]
	Minerai Dannemora	S4
	El Poo, fines	S4
	Boulettes Fabrica	S5[1)]
	Fabrica Sinter Feed	S5
	Minerai boulette Fabrica spécial	S5
Minerai de fer	F'Derik Ho	S4
	Boulettes Fire Lake	S5[1)]
	Minerai Grbngesberg	S4
	Galet Homersley	S5[1)]
	Minerai brut Itabira	S5[1)]
	Itabiro Special sinter feed	SS
	Kiruna B, fines	S5
	Boulettes Kiruna	S5[1)]
	Minerai Ilmenite	S5
Minerai de fer	Boulettes Malmberg	S5
	Manoriver Ho	S4
	Menera, fines	S5
	Migrolite	S4
	Boulettes Mount Newman	S4
	Concentré Mount Wright	S4[2)°]
	Minerai Nimba	S4
	Nimba, fines	S5
	Minerai de pyrite	S4
Minerai de fer	Robe River, fines	S5[1)]
	Boulettes Samarco	S5[1)]
	Sishen, fines	S5[1)]
	Sishen, morceaux	S5[1)]
	Minerai Svappavaaro	S4
	Boulettes Svoppavaara	S4
	Boulettes Sydvaranger	S5[1)]
	Tazadit, fines	S5[1)]
Cyanite		S4
Chaux	Morceaux	S5
	Moulue	S1
Sel de chaux		S5
Néphéline		S3
Pierre d'olivin		S4
Minerai	Minerai de chrome	S4
	Minerai de cuivre	S4

	Minerai d'émeri, morceaux	S5
	Minerai de fer (voir minerai de fer)	
	Minerai de plomb	S2
	Minerai de manganèse	S5[1)]
	Minerai de tantalite	S4
	Minerai de titane (voir titane)	
	Blende	S4
Phosphate	Teneur sans humidité >4 % poids	S4
Phosphate	Teneur sans humidité <1 % poids	S1
Fonte brute		S4
Produits polymères	Poudre de plastique	S1
Potasse		S3
Légumes secs	Haricots	S3
	Fendu de guar	S3
	Gourganes	S3
	Lentilles	S3
	Graines de lupin	S3
	Pois	S3
	Balle de soya	S3
	Soya	S3
	Criblures de soya	S3
Légumes secs	Vesce	S3
Ponce		S5
Pyrietas		S2
Cendres de pyrite		S2
Pyrolusite		S2
Chaux vive		S1
Sel de déverglaçage		S5
Sable	Sable grossier	S4
	Sable fin	S3
	Sable d'olivine	S4
	Sable de rutile (voir titane)	
	Sable silicieux	S3
	Zircon	S3
Scories, de coupe		S4
Rebut, métal		S4
Graines et produits associés	Graine des canaris	S5
	Graine de Dari	S3
	Graine de Kardi	S3
	Graine de lin	S5
	Graine de millite	S5
	Graine de moutarde	S5
	Navette de graine oléagineuse	S3
	Graine de Paricum	S3
	Graine de pavot	S5
Graines et produits associés	Graine de colza	S5
	Graine de carthane	S5
	Graine de sésame	S5
	Graine de sorgho	S5
	Graine de tournesol	S5
	Graine de Tamorin	S3
Sillimanite		S5
Magnésite agglomérée		S3
Soude		S3
Suie		S1
Sucre		S5
Soufre	Epais	S4
	Fin	S1
Talc	Ecrasé	S3
	Moulu	S1
Tapioca (voir dérivés)		
Titane	Illménite	S5
	Rutile	S3
	Sable de rutile	S3
	Scories de rutile	S5
Urée		S3
Scories de vanadium		S4
Vermiculite	Morceaux	S3
	Moulue	S1
Wollastonite		S5

1) S’applique au stockage ; chargement et déchargement S4
2) S’applique au stockage ; chargement et déchargement S5
3) Classification temporaire

8.5. Matières solides en vrac pertinentes

N°	Activité industriel le selon annexe I directive IPPC	Blé	Orge	Seigle	Avoine	Maïs	Riz	Autres céréales	Pulpe de betterave à sucre	Farine, semoule	Tourteau	Autres aliments de fourrage	Anthracite	Lignite	Coke d' anthracite	Coke de lignite	Minerais et concentrés de fer	Déchets métalliques non	Minerai et conc. cuivre	Bauxite, minerais alum.	Minerais et conc. Manganèse	Autres minerais non ferreux	Ferraille et déchets d'acier	Mâchefer et cendres de fer	Haut fourneau	Cendres de pyrite	Sable industriel	Autre sable naturel	Mâchefer et cendres pas pour	Castine	Ciment	Chaux	Phosphates bruts	Sels bruts de potassium	Scories de phosphate	Autres engrais phosphatés	Engrais potassiques	Entrais azotés	Gypse
1	**Énergie**																																						
1.1	Installation de combustion avec puissance thermique nominale > 50 MW																																						
1.3	Usine de coke																																						
1.4	Dénazification de coke																																						
2	**Production et traitement des métaux**																																						
2.1	Installation de grillage et de scories pour minerais métalliques																																						
2.2	Usines de production de fer et d'acier (>2,5 t/h)																																						
2.4	Fonderies de métal ferreux (capacité >20 t/j)																																						
2.5a	Production de métaux bruts non ferreux à partir de minerai, de concentrés et de matières premières secondaires																																						
2.5b	Fusion de métaux non ferreux																																						
3	**Industrie de la minéralurgie**																																						
3.1	Production de blocs artificiels en ciment																																						
3.3	Fabrication de verre																																						
3.4	Fusion de substances minérales																																						

3.5	Fabrication de produits céramiques																																								
4	**Industrie chimiques**																																								
4.3	Production d'engrais																																								
5	**Traitement des déchets**																																								
5.1	Usines de traitement des déchets dangereux																																								
5.2	Incinérateur pour déchets municipaux																																								
6	**Autres secteurs industriels**																																								
6.4.b	Production de produits alimentaires à partir de matières premières végétales																																								

Tableau 8. 1 : Affectation des activités industrielles conformément à l'annexe I de la directive IPPC relative aux matières solides en vrac pertinentes
[17, UBA, 2001]

8.6. Synthèse des exigences des EM pour les modes de stockage en réservoirs enterrés et l'équipement pour les liquides

Pays	Double paroi ou paroi simple + confinement	Utilisation de matériaux résistant à la corrosion	Systèmes de détection des fuites	Spécifications des tuyaux et séparateurs d'hydrocarbures
Autriche	S	S	S	S
Belgique, Bruxelles	S	S	S	S
Belgique, Flandres	S	S	S	S
Belgique, Wallonie	S	S	S	S
Danemark	R	S	S	S
Finlande	R	S	R	S
France	S	S	S	S
Allemagne	S	S	S	S
Grèce	N	R	R	N
Irlande	S	S	G	G
Italie	S	S	S	N
Luxembourg	S	S	S	S
Pays-Bas	S	S	S	S
Portugal	S	S	R	R
Espagne	S	S	S	S
Suède	R	S	R	N
Royaume Uni	G	G	G	G

Code :
S : exigence primaire ou réglementaire selon la législation locale pour tous les systèmes
R : exigé pour des situations particulières ou recommandé dans la mesure du possible par la législation nationale
G : bonne pratique citée par les autorités compétentes
N : aucune information disponible au moment de l'étude

Remarque :
Comme indiqué dans le tableau, tous les EM possèdent maintenant un certain type d'exigence publiée pour les systèmes enterrés, publié dans le cadre de la législation en vigueur (par exemple, en Italie et au Portugal) ou sous forme de directives relatives aux bonnes pratiques (par exemple, au RU et en Irlande). Ces exigences sont très proches si l'on prend en considération les quatre domaines clés de la construction et de l'exploitation figurant dans le tableau, ce qui indique un niveau de prise de conscience nationale des problèmes associés aux systèmes de stockage enterrés de l'essence et de la contamination des eaux souterraines.

Tableau 8. 2 : Synthèse des exigences relatives aux réservoirs enterrés dans les différents EM
[132, Arthur D. Little Limited, 2001]

8.7. Modes de stockage et matières solides en vrac pertinentes

	Céréales	Charbon de mine	Lignite	Coke de houille en carrière	Minerais et concentrés de fer	Minerais et concentrés de cuivre	Autres minerais et concentrés non ferreux	Plâtre	Gypse	Engrais
Stockage ouvert (extérieur)	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**		**X**	**X**
Tas sous abri/toit	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**		**X**	**X**
Trémie			**X**						**X**	**X**
Silo	**X**	**X**	**X**					**X**	**X**	**X**
Conditionné (sac, ballots)								**X**	**X**	**X**

Tableau 8. 3 : Modes de stockage et matières en vrac pertinentes
[17, UBA, 2001]

8.8. Techniques de manipulation et matières solides en vrac pertinentes

	Céréales	Charbon de mine	Lignite	Coke de houille en carrière	Minerais et concentrés de fer	Minerais et concentrés de cuivre	Autres minerais et concentrés non ferreux	Plâtre	Gypse	Engrais
Benne	X	X		X		X	X		X	X
Trémie	X	X		X		X	X		X	X
Tube							X		X	X
Dispositif de chargement mobile	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Silo (camion ou train)	X	X	X					X	X	X
Chariot de basculement (camion ou train)	X	X	X	X	X				X	X
Tranchée de dépôt	X	X		X	X				X	X
Transporteur par gravité	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Goulotte en cascade	X	X					X		X	X
Transporteur à bande	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Transporteur à double courroie	X							X	X	X
Transporteur à raclettes	X	X	X		X			X	X	X
Bandes projeteuses	X		X						X	X
Transporteur à chaîne (comme déchargeur)	X								X	X
Transporteur à vis	X	X						X	X	X
Transporteur à godets	X	X			X			X	X	X
Élévateur à godets (déchargement de navire)		X			X				X	
Transporteur pneumatique	X	X	X					X	X	X

Tableau 8. 4 : Techniques de chargement et de déchargement et matières en vrac pertinentes

Open wagon	Wagon ouvert
Bulk material tilt wagon	Wagon inclinable pour matières en vrac
Bulk material wagon with dosable gravity unloading	Wagon pour matières en vrac avec déchargement dosable par gravité
Bulk material wagon with sudden gravity unloading	Wagon pour matières en vrac avec déchargement brusque par gravité
Wagon with pneumatic unloading	Wagon avec déchargement pneumatique

Figure 8. 1 : Wagons pour le transport de matières solides en vrac utilisés en Allemagne
[17, UBA, 2001] avec référence à Railway Wagons, 1994

8.9. Carte de cotes des MLE pour le stockage des liquides et gaz liquéfiés : émissions opérationnelles

Stockage aérien atmosphérique : réservoir à ciel ouvert				
Émissions opérationnelles				
Remarque 1 :	Cote de fréquence d'émission 1 à 3 : fréquente (quotidienne), 1 = rare (plusieurs fois par décennie)			
Remarque 2 :	Cote du volume d'émission 0 à 3 ; 3=le plus important, 0=nul ou négligeable			
	Ces cotes sont des valeurs relatives et ne permettent pas de comparaisons entre les différents modes de stockage			
Source d'émission potentielle	**Fréquence d'émission Remarque 1**	**Volume d'émission Remarque 2**	**Cote d'émission**	**MLE POSSIBLES**
Émissions de gaz				
Remplissage	2	3	6	Toits flottants
				Toits flexibles ou de tente
				Toits fixes/rigides
				Traitement de la vapeur (si couvert)
Arrêt	3	3	9	Couleur de peinture
				Toits flottants
				Toits flexibles ou de tente
				Toits fixes/rigides
				Boucliers solaires/thermiques
				Traitement de la vapeur (si couvert)
Vidange	2	1	2	Toits flottants
				Toits flexibles ou de tente
				Toits fixes/rigides
				Traitement de la vapeur (si couvert)
Nettoyage	1	2	2	Procédures d'exploitation/formation
				Système de nettoyage fermé
				Système de drainage fixe, fermé
Émissions liquides				
Drainage	2	1	2	Procédures d'exploitation/formation
				Système de drainage fixe, fermé
Nettoyage	1	3	3	Procédures d'exploitation/formation
Échantillonnage	2	0	0	Procédures d'exploitation/formation
				Système de nettoyage étanche
				Confinement

Tableau 8. 5 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; réservoir aérien à ciel ouvert

Stockage aérien atmosphérique : toit flottant externe				
Émissions opérationnelles				
Remarque 1 :	Cote de fréquence d'émission 1 à 3 : fréquente (quotidienne), 1 = rare (plusieurs fois par décennie)			
Remarque 2 :	Cote du volume d'émission 0 à 3 ; 3=le plus important, 0=nul ou négligeable			
	Ces cotes sont des valeurs relatives et ne permettent pas de comparaisons entre les différents modes de stockage			
Source d'émission potentielle	**Fréquence d'émission Remarque 1**	**Volume d'émission Remarque 2**	**Cote d'émission**	**MLE POSSIBLES**
Émissions de gaz				
Remplissage	1	3	3	Procédures d'exploitation/formation
(jusqu'à ce que le toit flotte sur le liquide)				Instrumentation
Arrêt	3	1	3	Couleur de la peinture de la robe/du toit
				Toit de dôme
				Toit de ponton
				- avec joint primaire vapeur
				- avec joint primaire hydraulique
				- avec joint sabot mécanique
				- avec joint secondaire
				Toit à double plate-forme
				- avec joint primaire vapeur
				- avec joint primaire hydraulique
				- avec joint sabot mécanique
				- avec joint secondaire
				Scellement des pénétrations du toit
				- tube de guidage
				- jambes de toit
				- couvercle de puits de tranquillisation
Vidange	2	1	2	Revêtement intérieur de la robe
(film de produit laissé sur la robe)				Racleurs de robe (par ex. pour pétrole brut)
Vidange	1	1	1	Procédures d'exploitation/formation
(après atterrissage du toit sur les jambes)				Instrumentation
				Joint secondaires
Nettoyage	1	2	2	Procédures d'exploitation/formation
				Système de nettoyage fermé
Étouffement				S/O
Jaugeage manuel	2	1	2	Système de jaugeage semi-fermé (scellement des ouvertures du puits de tranquillisation)
				Instrumentation
Échantillonnage	2	1	2	Système d'échantillonnage semi-fermé
				Échantillonnage par le côté de la robe
Fugaces	3	1	3	Inspection/maintenance (y compris étanchéité toit/robe)
Drainage	2	1	2	Soutirage semi-automatique de l'eau
Émissions liquides				
Drainage	2	1	2	Procédures d'exploitation/formation
				Robinet de vidange automatique
				Système de drainage fermé/fixe
Egout de toit	2	0	0	Procédures d'exploitation/formation
				Système de drainage fermé/fixe
Nettoyage	1	3	3	Procédures d'exploitation/formation
Échantillonnage	2	0	0	Procédures d'exploitation/formation
				Système d'échantillonnage fermé
				Confinement

Tableau 8. 6 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; stockage aérien atmosphérique à toit flottant externe

Stockage aérien atmosphérique : réservoir à toit fixe				
Émissions opérationnelles				
Remarque 1 :	Cote de fréquence d'émission 1 à 3 : fréquente (quotidienne), 1 = rare (plusieurs fois par décennie)			
Remarque 2 :	Cote du volume d'émission 0 à 3 ; 3=le plus important, 0=nul ou négligeable			
	Ces cotes sont des valeurs relatives et ne permettent pas de comparaisons entre les différents modes de stockage			
Source d'émission potentielle	**Fréquence d'émission Remarque 1**	**Volume d'émission Remarque 2**	**Cote d'émission**	**MLE POSSIBLES**
Émissions de gaz				
Remplissage	2	3	6	Clapet de décharge/soupape de décompression (PVRV)
				Toit flottant interne/flotteur interne (TFI)
				- avec joint primaire
				- avec joint secondaire
				Récupération de la vapeur
				- équilibrage
				- traitement
Respiration	3	2	6	PVRV
				Couleur de la peinture
				Boucliers solaires/thermiques
				Flotteur interne /TFI
				- avec joint primaire
				- avec joint secondaire
				Récupération de la vapeur
				- réservoir de stockage de la vapeur
				- traitement
Vidange	2	1	2	PVRV
				Flotteur interne TFI
				- avec joint primaire
				- avec joint secondaire
				Récupération de la vapeur
				- équilibrage
				- traitement
Nettoyage	1	2	2	Procédures d'exploitation/formation
				Système de nettoyage fermé
Étouffement	3	2	6	PVRV
				Récupération de la vapeur
				- traitement
Jaugeage manuel	2	1	2	Système de jaugeage mécanique
				Instrumentation
Échantillonnage	2	1	2	Système d'échantillonnage semi-fermé
				(NB : seulement si PVRV avec réglages haute pression)
				Échantillonnage côté de la robe
Fugaces	3	1	3	Inspection/maintenance
Drainage	2	1	2	Soutirage semi-automatique de l'eau
				Système de drainage fixe, fermé
Émissions liquides				
Drainage	2	1	2	Procédures d'exploitation/formation
				Système de drainage fermé/fixe
Nettoyage	1	3	3	Procédures d'exploitation/formation
Échantillonnage	2	0	0	Procédures d'exploitation/formation
				Système d'échantillonnage étanche
				Confinement

Tableau 8. 7 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; stockage aérien atmosphérique : réservoir à toit fixe

Stockage aérien atmosphérique : réservoir de stockage horizontal				
Émissions opérationnelles				
Remarque 1 :	Cote de fréquence d'émission 1 à 3 : fréquente (quotidienne), 1 = rare (plusieurs fois par décennie)			
Remarque 2 :	Cote du volume d'émission 0 à 3 ; 3=le plus important, 0=nul ou négligeable			
	Ces cotes sont des valeurs relatives et ne permettent pas de comparaisons entre les différents modes de stockage			
Source d'émission potentielle	**Fréquence d'émission Remarque 1**	**Volume d'émission Remarque 2**	**Cote d'émission**	**MLE POSSIBLES**
Émissions de gaz				
Remplissage	2	3	6	Clapet de décharge/soupape de décompression (PVRV)
				Récupération de la vapeur
				- équilibrage
				- traitement
Respiration	3	2	6	PVRV
				Couleur de peinture
				Boucliers solaires/thermiques
				Récupération de la vapeur
				- réservoir de stockage de la vapeur
				- traitement
Nettoyage	1	2	2	Procédures d'exploitation/formation
				Système de nettoyage fermé
Étouffement	3	2	6	PVRV
				Récupération de la vapeur
				- traitement
Jaugeage manuel	2	1	2	Système de jaugeage mécanique
				Instrumentation
Échantillonnage	2	1	2	Système d'échantillonnage semi-fermé
				(NB : seulement si PVRV avec réglages haute pression)
				Échantillonnage côté robe
Fugaces	3	1	3	Inspection/maintenance
Drainage	2	1	2	Procédures d'exploitation/formation
				Système de drainage fixe, fermé
Émissions liquides				
Drainage	2	1	2	Procédures d'exploitation/formation
				Système de drainage fermé/fixe
Nettoyage	1	2	2	Procédures d'exploitation/formation
Vidange	2	1	2	PVRV
				Récupération de la vapeur
				- équilibrage
				- traitement
Échantillonnage	2	0	0	Procédures d'exploitation/formation
				Système d'échantillonnage étanche
				Confinement

Tableau 8. 8 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; stockage aérien atmosphérique : réservoir de stockage horizontal

Stockage aérien sous pression : sphères				
Émissions opérationnelles				
Remarque 1 :	Cote de fréquence d'émission 1 à 3 : fréquente (quotidienne), 1 = rare (plusieurs fois par décennie)			
Remarque 2 :	Cote du volume d'émission 0 à 3 ; 3=le plus important, 0=nul ou négligeable			
	Ces cotes sont des valeurs relatives et ne permettent pas de comparaisons entre les différents modes de stockage			
Source d'émission potentielle	**Fréquence d'émission Remarque 1**	**Volume d'émission Remarque 2**	**Cote d'émission**	**MLE POSSIBLES**
Émissions de gaz				
Remplissage	2	1	2	Vitesse de remplissage contrôlée (aération sans condensation)
Respiration				S/O
Vidange				S/O
Nettoyage	1	2	2	Procédures d'exploitation/formation
				Système de nettoyage fermé
Étouffement	2	1	2	Récupération de la vapeur
				- traitement
Jaugeage				S/O
Échantillonnage	2	1	2	Récupération de la vapeur
				- traitement
Fugaces	3	1	3	Inspection/maintenance
Drainage	2	2	4	Système de drainage fixe, fermé (raccordé à un système de traitement de la vapeur)
Émissions liquides				
Drainage	2	0	0	
Nettoyage	1	1	1	Procédures d'exploitation/procédures de nettoyage fermé
Échantillonnage	2	0	0	

Tableau 8. 9 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; stockage aérien atmosphérique : sphères

Stockage aérien sous pression : réservoir de stockage horizontal				
Émissions opérationnelles				
Remarque 1 :	Cote de fréquence d'émission 1 à 3 : fréquente (quotidienne), 1 = rare (plusieurs fois par décennie)			
Remarque 2 :	Cote du volume d'émission 0 à 3 ; 3=le plus important, 0=nul ou négligeable			
	Ces cotes sont des valeurs relatives et ne permettent pas de comparaisons entre les différents modes de stockage			
Source d'émission potentielle	**Fréquence d'émission Remarque 1**	**Volume d'émission Remarque 2**	**Cote d'émission**	**MLE POSSIBLES**
Émissions de gaz				
Remplissage	2	1	2	Vitesse de remplissage contrôlée (aération sans condensation)
Respiration				S/O
Vidange				S/O
Nettoyage	1	2	2	Procédures d'exploitation/formation
				Système de nettoyage fermé
Etouffement	2	1	2	Récupération de la vapeur
				- traitement
Jaugeage				S/O
Échantillonnage	2	1	2	Récupération de la vapeur
				- traitement
Fugaces	3	1	3	Inspection/maintenance
Drainage	2	2	4	Système de drainage fixe, fermé (raccordé à un système de traitement de la vapeur)
Émissions liquides				
Drainage	2	0	0	
Nettoyage	1	1	1	Procédures d'exploitation/procédures de nettoyage fermé
Échantillonnage	2	0	0	

Tableau 8. 10 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; stockage aérien sous pression : réservoir de stockage horizontal

Stockage aérien cryogénique				
Émissions opérationnelles				
Remarque 1 :	Cote de fréquence d'émission 1 à 3 : fréquente (quotidienne), 1 = rare (plusieurs fois par décennie)			
Remarque 2 :	Cote du volume d'émission 0 à 3 ; 3=le plus important, 0=nul ou négligeable			
	Ces cotes sont des valeurs relatives et ne permettent pas de comparaisons entre les différents modes de stockage			
Source d'émission potentielle	**Fréquence d'émission Remarque 1**	**Volume d'émission Remarque 2**	**Cote d'émission**	**MLE POSSIBLES**
Émissions de gaz				
Remplissage	2	1	2	Système généralement fermé (aération sans condensation)
Respiration				S/O (défaillance de la réfrigération non prise en compte)
Vidange				S/O
Nettoyage	1	2	2	Procédures d'exploitation/formation
				Système de nettoyage fermé
Etouffement	2	1	2	Récupération de la vapeur
				- traitement
Jaugeage				S/O
Échantillonnage	2	1	2	Récupération de la vapeur
				- traitement
Fugaces	2	1	2	Inspection/maintenance
Drainage				S/O
Émissions liquides				
Drainage				S/O
Nettoyage				S/O
Échantillonnage				S/O

Tableau 8. 11 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; stockage aérien cryogénique

Stockage enterré atmosphérique : réservoir de stockage horizontal				
Émissions opérationnelles				
Remarque 1 :	Cote de fréquence d'émission 1 à 3 : fréquente (quotidienne), 1 = rare (plusieurs fois par décennie)			
Remarque 2 :	Cote du volume d'émission 0 à 3 ; 3=le plus important, 0=nul ou négligeable			
	Ces cotes sont des valeurs relatives et ne permettent pas de comparaisons entre les différents modes de stockage			
Source d'émission potentielle	**Fréquence d'émission Remarque 1**	**Volume d'émission Remarque 2**	**Cote d'émission**	**MLE POSSIBLES**
Émissions de gaz				
Remplissage	2	3	6	Clapet de décharge/soupape de décompression
				Récupération de la vapeur
				- équilibrage
				- traitement
Respiration	2	1	2	PVRV
Vidange	2	1	2	PVRV
				Récupération de la vapeur
				- équilibrage
				- traitement
Nettoyage	1	2	2	Procédures d'exploitation/formation
				Système de nettoyage fermé
Étouffement	3	1	3	PVRV
				Récupération de la vapeur
				- traitement
Jaugeage	2	1	2	Système de jaugeage mécanique
				Instrumentation
Échantillonnage	2	1	2	Système d'échantillonnage semi-fermé
				(NB : seulement si PVRV avec réglages haute pression)
Fugaces	3	1	3	Inspection/maintenance
Drainage				S/O
Émissions liquides				
Drainage	1	1	1	Système de drainage fixe, fermé
				Procédures d'exploitation/formation
Nettoyage	1	2	2	Procédures d'exploitation/formation
Échantillonnage				S/O

Tableau 8. 12 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; réservoir enterré

Stockage enterré atmosphérique : cavités				
Émissions opérationnelles				
Remarque 1 :	Cote de fréquence d'émission 1 à 3 : fréquente (quotidienne), 1 = rare (plusieurs fois par décennie)			
Remarque 2 :	Cote du volume d'émission 0 à 3 ; 3=le plus important, 0=nul ou négligeable			
	Ces cotes sont des valeurs relatives et ne permettent pas de comparaisons entre les différents modes de stockage			
Source d'émission potentielle	**Fréquence d'émission Remarque 1**	**Volume d'émission Remarque 2**	**Cote d'émission**	**MLE POSSIBLES**
Émissions de gaz				
Remplissage	2	3	6	Clapet de décharge/soupape de décompression
				Récupération de la vapeur
				- équilibrage
				- traitement
Respiration	2	1	2	PVRV
Vidange	2	1	2	PVRV
				Récupération de la vapeur
				- équilibrage
				- traitement
Nettoyage				S/O
Étouffement				S/O
Jaugeage	2	1	2	Système de jaugeage mécanique
				Instrumentation
Échantillonnage	2	1	2	Système d'échantillonnage semi-fermé
				(NB : seulement si PVRV avec réglages haute pression)
Fugaces	3	1	3	Inspection/maintenance
Drainage	2	1	2	Système de drainage fixe, fermé
Émissions liquides				
Drainage	2	1	2	Maintenir un fond d'eau suffisant par automatisation
Nettoyage				S/O
Échantillonnage	2	0	0	

Tableau 8. 13 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; cavité atmosphérique

Stockage enterré atmosphérique : dômes salins				
Émissions opérationnelles				
Remarque 1 :	Cote de fréquence d'émission 1 à 3 : fréquente (quotidienne), 1 = rare (plusieurs fois par décennie)			
Remarque 2 :	Cote du volume d'émission 0 à 3 ; 3=le plus important, 0=nul ou négligeable			
	Ces cotes sont des valeurs relatives et ne permettent pas de comparaisons entre les différents modes de stockage			
Source d'émission potentielle	**Fréquence d'émission Remarque 1**	**Volume d'émission Remarque 2**	**Cote d'émission**	**MLE POSSIBLES**
Émissions de gaz				
Remplissage				? – à étudier
Respiration				S/O
Vidange				? – à étudier
Nettoyage				? – à étudier
Étouffement				S/O
Jaugeage				? – à étudier
Échantillonnage				? – à étudier
Fugaces				? – à étudier
Drainage				? – à étudier
Émissions liquides				
Drainage	**2**	**1**	**2**	Maintenir un fond d'eau suffisant par automatisation
Nettoyage				S/O
Échantillonnage	**2**	**0**	**0**	

Tableau 8. 14 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; dôme salin atmosphérique

Stockage enterré sous pression : cavités				
Émissions opérationnelles				
Remarque 1 :	Cote de fréquence d'émission 1 à 3 : fréquente (quotidienne), 1 = rare (plusieurs fois par décennie)			
Remarque 2 :	Cote du volume d'émission 0 à 3 ; 3=le plus important, 0=nul ou négligeable			
	Ces cotes sont des valeurs relatives et ne permettent pas de comparaisons entre les différents modes de stockage			
Source d'émission potentielle	**Fréquence d'émission Remarque 1**	**Volume d'émission Remarque 2**	**Cote d'émission**	**MLE POSSIBLES**
Émissions de gaz				
Remplissage	2	1	2	Vitesse de remplissage contrôlée (aérations sans condensation)
Respiration				S/O
Vidange				S/O
Nettoyage				S/O
Étouffement				S/O
Jaugeage				S/O
Échantillonnage	2	1	2	Récupération de la vapeur
				- traitement
Fugaces	2	1	2	Inspection/maintenance
Drainage	2	1	2	Système de drainage fixe, fermé
Émissions liquides				
Drainage				Maintenir un fond d'eau suffisant par automatisation
Nettoyage				S/O
Échantillonnage				S/O

Tableau 8. 15 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; cavité sous pression

Stockage aérien atmosphérique : bassins et fosses				
Émissions opérationnelles				
Remarque 1 :	Cote de fréquence d'émission 1 à 3 : fréquente (quotidienne), 1 = rare (plusieurs fois par décennie)			
Remarque 2 :	Cote du volume d'émission 0 à 3 ; 3=le plus important, 0=nul ou négligeable			
	Ces cotes sont des valeurs relatives et ne permettent pas de comparaisons entre les différents modes de stockage			
Source d'émission potentielle	**Fréquence d'émission Remarque 1**	**Volume d'émission Remarque 2**	**Cote d'émission**	**MLE POSSIBLES**
Émissions de gaz				
Remplissage (bassin)	2	3	6	Aucune
Remplissage (fosse)	2	3	6	Toit flottant
Arrêt (bassin)	3	3	9	Aucune
Arrêt (fosse)	3	3	9	Toit flottant
				Toit fixe
Vidange	2	1	2	S/O
Nettoyage	1	2	2	Procédures d'exploitation/formation
				Système de nettoyage fermé (NB : uniquement si un toit est installé)
Étouffement				S/O
Jaugeage manuel				S/O
Échantillonnage				S/O
Fugaces				S/O
Drainage				S/O
Émissions liquides				
Drainage	2	1	2	Système de drainage fixe, fermé
				Procédures d'exploitation/formation
Nettoyage	1	3	3	Procédures d'exploitation/formation
Échantillonnage	2	0	0	

Tableau 8. 16 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; bassin et fosse

Stockage flottant				
Émissions opérationnelles				
Remarque 1 :	Cote de fréquence d'émission 1 à 3 : fréquente (quotidienne), 1 = rare (plusieurs fois par décennie)			
Remarque 2 :	Cote du volume d'émission 0 à 3 ; 3=le plus important, 0=nul ou négligeable			
	Ces cotes sont des valeurs relatives et ne permettent pas de comparaisons entre les différents modes de stockage			
Source d'émission potentielle	**Fréquence d'émission Remarque 1**	**Volume d'émission Remarque 2**	**Cote d'émission**	**MLE POSSIBLES**
Émissions de gaz				
Remplissage	2	3	6	Clapet de décharge/soupape de décompression
				Récupération de la vapeur
				- équilibrage
				- traitement
Respiration	3	2	6	PVRV
				Couleur peinture de plate-forme
				Récupération de la vapeur
				- réservoir de stockage de la vapeur
				- traitement
Vidange	2	1	2	PVRV
				Récupération de la vapeur
				- équilibrage
Nettoyage	1	2	2	Procédures d'exploitation/formation
				Système de nettoyage fermé
Étouffement	3	2	6	PVRV
				Récupération de la vapeur
				- traitement
Jaugeage	2	1	2	Système de jaugeage mécanique
				Instrumentation
Échantillonnage	2	1	2	Système d'échantillonnage semi-fermé
				(NB : seulement si PVRV avec réglages haute pression)
Fugaces	3	1	3	Inspection/maintenance
Drainage	2	1	2	Système de drainage fixe, fermé
Émissions liquides				
Drainage	2	0	0	
Nettoyage	1	3	3	Procédures d'exploitation/formation
Échantillonnage	2	0	0	

Tableau 8. 17 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; stockage flottant

Stockage aérien atmosphérique : réservoir à toit respirant				
Émissions opérationnelles				
Remarque 1 :	Cote de fréquence d'émission 1 à 3 : fréquente (quotidienne), 1 = rare (plusieurs fois par décennie)			
Remarque 2 :	Cote du volume d'émission 0 à 3 ; 3=le plus important, 0=nul ou négligeable			
	Ces cotes sont des valeurs relatives et ne permettent pas de comparaisons entre les différents modes de stockage			
Source d'émission potentielle	**Fréquence d'émission Remarque 1**	**Volume d'émission Remarque 2**	**Cote d'émission**	**MLE POSSIBLES**
Émissions de gaz				
Respiration	3	0	0	S/O
Vidange	2	3	6	PVRV
				Récupération de la vapeur
				- traitement
Vidange	2	1	2	PVRV
				Récupération de la vapeur
				- traitement
Nettoyage	1	2	2	Procédures d'exploitation/formation
				Système de nettoyage fermé
Étouffement	3	2	6	PVRV
				Récupération de la vapeur
				- traitement
Jaugeage manuel	2	1	2	Système de jaugeage mécanique
				Instrumentation
Échantillonnage	2	1	2	Système d'échantillonnage semi-fermé
				(NB : seulement si PVRV avec réglages haute pression)
				Échantillonnage côté robe
Fugaces	3	1	3	Inspection/maintenance
Drainage	2	1	2	Soutirage d'eau semi-automatique
Émissions liquides				
Drainage	2	1	2	Procédures d'exploitation/formation
				Système de drainage fixe, fermé
Nettoyage	1	3	3	Procédures d'exploitation/formation
Échantillonnage	2	0	0	Procédures d'exploitation/formation
				Système d'échantillonnage étanche
				Confinement

Tableau 8. 18 : Cartes des MLE pour les émission opérationnelles ; réservoir à toit respirant

8.10. Cartes des cotes des MLE pour le transport et la manipulation des liquides et gaz liquéfiés

Systèmes de transport aériens : canalisations fermées ; émissions opérationnelles				
Émissions opérationnelles				
Remarque 1 :	Cote de fréquence d'émission 1 à 3 : fréquente (quotidienne), 1 = rare (plusieurs fois par décennie)			
Remarque 2 :	Cote du volume d'émission 0 à 3 ; 3=le plus important, 0=nul ou négligeable			
	Ces cotes sont des valeurs relatives et ne permettent pas de comparaisons entre les différents modes de stockage			
Source d'émission potentielle	**Fréquence d'émission Remarque 1**	**Volume d'émission Remarque 2**	**Cote d'émission**	**MLE POSSIBLES**
Émissions de gaz				
Remplissage	2	2	4	Procédures d'exploitation/formation
				Récupération de la vapeur
				- traitement
				- équilibrage
Nettoyage	1	2	2	Procédures d'exploitation/formation
				Système de nettoyage fermé (etc.)
Raclage	2	1	2	Procédures d'exploitation/formation
				Récupération de la vapeur
				- traitement
				- équilibrage
Purge	1	2	2	Procédures d'exploitation/formation
				Récupération de la vapeur
				- traitement
				- équilibrage
Échantillonnage	2	1	2	Système d'échantillonnage semi-fermé
Raccordement/déconnexion	2	1	2	Procédures d'exploitation/formation
Ouverture	1	2	2	Procédures d'exploitation/formation
Fugaces	3	1	3	Inspection/maintenance
Vidange/drainage	2	1	2	Procédures d'exploitation/formation
Émissions liquides				
Drainage	2	1	2	Procédures d'exploitation
				Système de drainage fixe, fermé
				Confinement
Nettoyage	1	2	2	Procédures d'exploitation/formation
Échantillonnage	2	1	2	Procédures d'exploitation/formation
Raclage	2	1	2	Procédures opérationnelles
				Confinement
Raccordement/déconnexion	2	1	2	Procédures opérationnelles
				Confinement
Détente de pression	2	1	2	Procédures opérationnelles
				Confinement
Ouverture	2	1	2	Procédures opérationnelles
				Confinement

Tableau 8. 19 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; systèmes de transport aériens : canalisations fermées

Systèmes de transport aériens : canalisations ouvertes ; émissions opérationnelles				
Émissions opérationnelles				
Remarque 1 :	Cote de fréquence d'émission 1 à 3 : fréquente (quotidienne), 1 = rare (plusieurs fois par décennie)			
Remarque 2 :	Cote du volume d'émission 0 à 3 ; 3=le plus important, 0=nul ou négligeable			
	Ces cotes sont des valeurs relatives et ne permettent pas de comparaisons entre les différents modes de stockage			
Source d'émission potentielle	**Fréquence d'émission Remarque 1**	**Volume d'émission Remarque 2**	**Cote d'émission**	**MLE POSSIBLES**
Émissions de gaz				
Remplissage (y compris arrêt)	2	3	6	Procédures d'exploitation/formation
				Système fermé (le cas échéant)
Nettoyage	2	2	4	Procédures d'exploitation/formation
				Système fermé (le cas échéant)
Raclage				S/O
Purge				S/O
Échantillonnage				S/O

Raccordement/déconnexion				S/O
Ouverture				S/O
Fugaces				S/O
Vidange/drainage				S/O
Émissions liquides				
Drainage	2	1	2	Procédures d'exploitation/formation
Nettoyage	2	2	4	Procédures d'exploitation/formation
Échantillonnage	2	1	2	Procédures d'exploitation/formation
Raclage				S/O
Raccordement/déconnexion				S/O
Détente de pression				S/O
Ouverture				S/O

Tableau 8. 20 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; systèmes de transport aériens : canalisations ouvertes

Systèmes de transport enterrés : canalisations fermées ; émissions opérationnelles				
Émissions opérationnelles				
Remarque 1 :	Cote de fréquence d'émission 1 à 3 : fréquente (quotidienne), 1 = rare (plusieurs fois par décennie)			
Remarque 2 :	Cote du volume d'émission 0 à 3 ; 3=le plus important, 0=nul ou négligeable			
	Ces cotes sont des valeurs relatives et ne permettent pas de comparaisons entre les différents modes de stockage			
Source d'émission potentielle	**Fréquence d'émission Remarque 1**	**Volume d'émission Remarque 2**	**Cote d'émission**	**MLE POSSIBLES**
Émissions de gaz				
Remplissage	2	2	4	Procédures d'exploitation/formation
				Récupération de la vapeur
				- traitement
				- équilibrage
Nettoyage	1	2	2	Procédures d'exploitation/formation
				Système de nettoyage fermé (etc.)
Raclage	2	1	2	Procédures d'exploitation/formation
				Récupération de la vapeur
				- traitement
				- équilibrage
Purge	1	2	2	Procédures d'exploitation/formation
				Récupération de la vapeur
				- traitement
				- équilibrage
Échantillonnage	2	1	2	Système d'échantillonnage semi-fermé
Raccordement/déconnexion	2	1	2	Procédures d'exploitation/formation
Ouverture	1	2	2	Procédures d'exploitation/formation
Fugaces	3	1	3	Inspection/maintenance (chambres à vanne, etc.)
Vidange/drainage	2	1	2	Procédures d'exploitation/formation
Émissions liquides				
Drainage	2	1	2	Procédures d'exploitation
				Systèmes de drainage fixes, fermés
Nettoyage	1	2	2	Procédures d'exploitation/formation
Raclage	2	1	2	Procédures opérationnelles
Raccordement/déconnexion				S/O
Détente de pression	2	1	2	Procédures opérationnelles
				Système de détente fermé
Ouverture	1	1	1	Procédures opérationnelles
Échantillonnage	2	1	2	Procédures opérationnelles/formation

Tableau 8. 21 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; systèmes de transport enterrés : canalisations fermées

Systèmes de manipulation de produit : pompes et compresseurs ; émissions opérationnelles				
Émissions opérationnelles				
Remarque 1 :	Cote de fréquence d'émission 1 à 3 : fréquente (quotidienne), 1 = rare (plusieurs fois par décennie)			
Remarque 2 :	Cote du volume d'émission 0 à 3 ; 3=le plus important, 0=nul ou négligeable			
	Ces cotes sont des valeurs relatives et ne permettent pas de comparaisons entre les différents modes de stockage			
Source d'émission potentielle	**Fréquence d'émission Remarque 1**	**Volume d'émission Remarque 2**	**Cote d'émission**	**MLE POSSIBLES**
Émissions de gaz				
Remplissage	2	0	0	S/O
Nettoyage	1	0	0	S/O
Raclage				S/O
Purge				S/O
Échantillonnage				S/O
Raccordement/déconnexion				S/O
Ouverture	1	1	1	Procédures d'exploitation/formation
Fugaces	3	1	3	Inspection/maintenance
				Joints secondaires ou pompes scellées
Vidange/drainage	2	0	0	S/O
Émissions liquides				
Drainage	2	1	2	Systèmes de drainage fixes, fermés
				Procédures opérationnelles
				Confinement
Nettoyage	1	1	1	Procédures d'exploitation/formation
Échantillonnage				S/O
Raclage				S/O
Raccordement/déconnexion				S/O
Détente de pression				S/O
Ouverture	1	1	1	Procédures opérationnelles
				Confinement

Tableau 8. 22 : Cartes des MLE pour les émissions opérationnelles ; méthodes de manipulation de produit : pompes et compresseurs

8.11. Méthodologie pour le renseignement du tableau d'évaluation des MLE

La présente section décrit la méthodologie permettant de renseigner un tableau d'évaluation de MLE (présenté à l'annexe 8.12). La méthode peut être répétée pour déterminer si une combinaison de MLE répond aux critères de MTD.

Les MLE de type non matériel (procédures opérationnelles, inspections et maintenance, etc.) sont supposées déjà en place.

La méthode peut être utilisée pour l'évaluation d'une MLE pour un réservoir unique ou pour plusieurs réservoirs similaires stockant des produits compatibles. Les étapes décrites ci-après concernent l'évaluation d'un seul réservoir, mais la méthode est identique pour un groupe de réservoirs.

La méthode peut être utilisée pour un futur nouveau réservoir ou un réservoir existant. Elle est cependant légèrement différente.

Cette méthode requiert l'estimation des émissions. Pour la majorité des MLE installées sur des réservoirs atmosphériques, cette estimation peut être réalisée à l'aide des modèles disponibles, notamment API, US EPA, TNO. En revanche, pour les réservoirs sous pression, il n'existe pas de modèle équivalent et l'estimation des émissions doit être réalisée à l'aide de données d'exploitation, du meilleur jugement technique, etc.

Quatre études de cas figurent à l'annexe 8.13.

Évaluation initiale d'une MLE

Étape 1 : estimer les émissions annuelles moyennes dues au réservoir « de base » pour la localisation du réservoir. Pour tous les réservoirs atmosphériques à toit fixe, le réservoir de base est un RTF de diamètre et de hauteur de robe identiques et doté d'évents ouverts. Pour les RTFE, deux cas doivent être pris en compte : le « cas non contrôlé » et le cas de base. Le « cas non contrôlé » est un RTF de taille équivalente au RTFE ; le cas de base est un RTFE dont le toit est doté d'un joint vapeur primaire. Le cas de base pour les autres modes de stockage doit être adopté par toutes les parties impliquées dans l'évaluation des MLE pour le réservoir.

Le calcul des émissions doit être effectué à l'aide d'une méthode d'estimation acceptable par les autorités locales.

Étape 2 : pour un réservoir existant, si une MLE a déjà été installée sur le réservoir, estimer les émissions annuelles moyennes du réservoir en l'état.

Étape 3 : comparer les émissions d'un réservoir existant à celles du réservoir de base (ou du « cas non contrôlé pour les RTFE) et calculer le rendement de réduction des émissions sous forme de pourcentage :

Pour les RTF : [(émissions du réservoir de base – émissions du réservoir existant) × 100] ÷ (émissions du réservoir de base)

Pour les RTFE : [(émissions du réservoir « non contrôlé » – émissions du réservoir existant) × 100] ÷ (émissions du réservoir non contrôlé)

Si le rendement de la réduction des émissions répond aux critères de MTD, aucune autre mesure de limitation des émissions n'est nécessaire. Dans le cas contraire, procédez comme suit.

Étape 4 : identifier la MLE pour le mode de stockage dont la cote d'émission est supérieure ou égale à 3 dans le tableau correspondant du chapitre 3 (qui présente les émissions possibles dans l'air dues aux « sources opérationnelles ») et de l'annexe 8.9.

Étape 5 : effectuer une estimation séparée des émissions pour le réservoir de base doté de chacune des MLE identifiées.

Étape 6 : à partir de l'estimation des émissions, déterminer le rendement en pourcentage de la réduction des émissions par rapport au cas de base pour la MLE étudiée en utilisant la formule suivante :

[(émissions du réservoir de base – émissions du réservoir avec une MLE) × 100] ÷ émissions du réservoir de base)

Étape 7 : à partir des rendements obtenus, déterminer un système de cotation qui couvre de 0 à 100 % en cinq plages. Le système de cotation doit prendre en considération les propriétés de la matière cotée, les facteurs propres au site, etc.

Par exemple, si le produit est considéré comme relativement peu nocif pour l'environnement, le système de cotation REP à adopter (par les exploitants et le rédacteur de l'autorisation) peut être le suivant :

Cote	Réduction des émissions potentielles (rendement de la MLE)
1	De 0 à moins de 20 %
2	De 20 à moins de 40 %
3	De 40 à moins de 60 %
4	De 60 à moins de 80 %
5	De 80 à 100 %

Ou bien, si le produit est considéré comme très dangereux pour l'environnement, le système de cotation à adopter peut être le suivant :

Cote	Réduction des émissions potentielles (rendement de la MLE)
1	De 0 à moins de 95 %
2	De 95 à moins de 98 %
3	De 98 à moins de 99 %
4	De 99 à moins de 99,5 %
5	De 99,5 à 100 %

Des exemples sont donnés dans les études de cas (voir annexe 8.13). Le système de cotation utilisé doit être adopté par toutes les parties concernées par l'évaluation du réservoir.

Étape 8 : compléter la colonne Réduction des émissions potentielles du tableau d'évaluation des MLE en utilisant des cotes comprises entre 1 et 5 (1 correspondant au rendement le plus faible et 5 au rendement le plus élevé) avec les données de rendement de la réduction des émissions déterminées à l'**étape 6**.

Étape 9 : à partir des informations du chapitre 4 et des précédentes expériences avec le produit et le mode de stockage, compléter les quatre colonnes « Aspects opérationnels » du tableau d'évaluation (efficacité opérationnelle, applicabilité, sécurité, énergie/déchets/réponse croisée).

La cotation est comprise entre 1 et 5, la cote 5 ayant la signification suivante :

- ***Efficacité opérationnelle*** : la plus simple à utiliser
- ***Applicabilité*** : applicable à la plus large gamme de produits
- ***Sécurité*** : la plus sûre pour les exploitants
- ***Énergie/déchets/réponse croisée*** : consommation d'énergie la moins élevée, production de déchets la plus faible et effets de réponse croisés les plus réduits

Étape 10 : établir les coûts approximatifs d'obtention et d'installation des MLE possibles. Ces coûts ne sont pas les mêmes pour un nouveau réservoir ou pour un réservoir existant sur lequel la MLE est installée après coup. Les coûts de l'installation après coup d'une MLE doivent, le cas échéant, comprendre toutes les mesures nécessaires à la sécurisation de l'installation (nettoyage/dégazage du réservoir, par exemple).

Étape 11 : à partir de la gamme de coûts obtenue, déterminer un système de cotation qui englobe l'ensemble des coûts (du plus faible au plus élevé) dans 5 plages (voir les études de cas pour plus de détails).

Étape 12 : compléter la colonne CAPEX avec les plages 1 à 5, où 5 correspond au coût installé le plus faible et 1 au coût installé le plus élevé à partir des données de coût obtenues à l'**étape 10**.

Étape 13 : établir les coûts approximatifs de l'exploitation des MLE possibles sur une période de dix ans. Ces coûts doivent inclure le coût des utilités nécessaires au fonctionnement des MLE (par exemple, l'électricité utilisée par une URV), les coûts de formation et de maintenance.

Étape 14 : à partir de la plage de coûts obtenue, déterminer un système de cotation qui englobe l'ensemble des coûts (du plus faible au plus élevé) dans 5 plages (voir les études de cas pour plus de détail).

Étape 15 : compléter la colonne OPEX avec les plages 1 à 5, où 5 correspond au coût d'exploitation le plus faible et 1 au coût d'exploitation le plus élevé à partir des données de coût obtenues à l'**étape 13**.

Étape 16 : calculer la « cote opérationnelle », la « cote de coût » et la « cote globale », comme indiqué à l'annexe 8.12.

Étape 17 :

1. Pour un nouveau réservoir, l'évaluation initiale de la MLE correspond au réservoir doté de la MLE ayant la cote globale la plus élevée
2. Pour un réservoir existant, comparer les émissions du réservoir de base doté de la MLE dont la cote est plus élevée en 1) que celles du réservoir en l'état (à partir des étapes 1 et 2) ; si les émissions du réservoir existant sont plus faibles, l'évaluation initiale de la MLE correspond au réservoir doté de la(des) MLE installée(s).

Comparer les émissions dues à la configuration de réservoir avec les niveaux d'émission associés à la MTD et à d'autres exigences légales. Si le réservoir répond à ces exigences, aucune autre mesure de limitation des émissions n'est nécessaire. Sinon, reprendre le processus comme indiqué ci-dessous.

Deuxième évaluation de MLE

Étape A : à partir du tableau de compatibilité des MLE de la section 4.1.3.16, déterminer les MLE compatibles avec celle définie à l'**étape 17(1)** ci-dessus (ou celles installées sur un réservoir existant si celles-ci ont répondu aux critères de MTD de l'**étape 17(2)** ci-dessus).
Étape B : à partir du tableau d'évaluation initiale des MLE, établir les MLE compatibles ayant une cote globale moyenne à élevée (on peut prendre, par exemple, une MLE dont la cote globale est supérieure de 50 % à la cote globale de la MLE initiale identifiée).

Étape C : établir un nouveau tableau d'évaluation des MLE pour y inclure la MLE ayant la cote la plus élevée et les MLE compatibles (voir les exemples des études de cas).

Étape D : estimer les émissions dues au réservoir avec la MLE ayant la cote la plus élevée installée plus l'une des MLE compatibles. Répéter l'opération avec le MLE ayant la cote la plus élevée avec chacune des MLE compatibles.

Étape E : à partir des calculs d'émissions, déterminer le rendement additionnel de limitation des émissions par rapport au cas d'évaluation avec la MLE initiale en utilisant la formule :

((émissions du réservoir doté de la MLE ayant la cote la plus élevée – émissions du réservoir doté de la MLE ayant la cote la plus élevée plus une autre MLE compatible) × 100) - (émissions du réservoir doté de la MLE ayant la cote la plus élevée)

Étape F : à partir des rendements additionnels de limitation des émissions obtenus, déterminer un système de cotation qui englobe 0 à 100 % en cinq plages.

Étape G : compléter la colonne Réduction des émissions potentielles du tableau d'évaluation des MLE en utilisation des cotes de 1 à 5 (où 1 correspond au rendement additionnel le plus faible et 5 au rendement additionnel le plus élevé) à partir des données de rendement additionnel de limitation des émissions de l'**étape E**.

Étape H : à partir des informations du chapitre 4 et des expériences antérieures avec le produit et le mode de stockage, compléter les quatre colonnes « Aspects opérationnels » du tableau d'évaluation (efficacité opérationnelle, applicabilité, sécurité, énergie/déchets/réponse croisée). Ces cotes seront les mêmes qu'à l'**étape 9**.

Étape J : déterminer les coûts CAPEX et OPEX pour les MLE supplémentaires prises en considération. Procéder comme aux étapes 10 et 13. À partir de la plage de coûts obtenue, déterminer un système de cotation

qui englobe la plage allant du coût le plus faible au coût le plus élevée dans 5 plages (voir les exemples des études de cas).

Étape K : compléter les colonnes CAPEX et OPEX.

Étape L : calculer la « cote opérationnelle », la « cote de coût » et la « cote globale » comme indiqué à l'annexe 8.12.

Le deuxième tour de l'évaluation des MLE correspond au réservoir doté de la combinaison de MLE ayant la cote globale la plus élevée.

Un troisième tour d'évaluation peut être réalisé si nécessaire. Cette évaluation réexamine les MLE du tableau d'évaluation de la deuxième évaluation ayant des cotes globales moyennes à élevées (les MLE ayant des cotes globales supérieures de 50 % à celles des combinaisons de MLE de la deuxième évaluation ayant la cote la plus élevée).

8.12. Matrice d'évaluation des mesures de limitation des émissions gazeuses et liquides

Stockage aérien atmosphérique : toit flottant externe														
Émissions opérationnelles														
Source d'émissions potentielles Cotes>=3 uniquement	**MLE POSSIBLES**	**Réduction des émissions potentielles**	**Efficacité opérationnelle**	**Applicabilité**	**Sécurité**	**Réponse croisée**	**Cote opérationnelle**	**CAPEX (nouveau)**	**CAPEX (existant)**	**OPEX (utilités)**	**OPEX (op. et main.)**	**Cote de coût (nouveau)**	**Cote de coût (existant)**	**Cote globale**
Émissions gazeuses														
		A	B	C	D	E	=B+C+D+E	F	G	H	I	=F*(H+I)	=G*(H+I)	
Remplissage	Procédures d'exploitation/formation													
(jusqu'à ce que le toit flotte sur le liquide)	Instrumentation													
Arrêt	Couleur peinture robe/toit													
	Toit dôme													
	Toit ponton													
	- avec joints primaires vapeur													
	- avec joints primaires hydrauliques													
	- avec joint sabot mécanique													
	- avec joints secondaires													
	Toit double plate-forme													
	- avec joints primaires vapeur													
	- avec joints primaires hydrauliques													
	- avec joint sabot mécanique													
	- avec joints secondaires													
	Scellement pénétrations toit													
	- tube de guidage													
	- jambes toit													
	- couvercle puits de tranquilisation													
Fugaces	Inspection/maintenance													
	(y compris étanchéité joint toit/robe)													
Émissions liquides														
Nettoyage	Procédures opérationnelles/formation													

Définitions de la cotation :
Toutes les cotes vont de 1 à 5
5-cote de réduction des émissions potentielles indique la réduction potentielle la plus élevée
5-cote d'efficacité opérationnelle indique la plus facile à exploiter

5-cote d'applicabilité indique que la MLE est adaptée à la gamme de produits la plus large 5-cote de sécurité indique la plus sûre pour l'exploitant 5-cote de quantité de déchets produits indique la quantité la plus faible de déchets (supplémentaires) produits 5-cote des colonnes CAPEX/OPEX indique les coûts les plus faibles

8.13. Études de cas pour la méthodologie d'évaluation des MLE

Cette annexe présente cinq études de cas qui illustrent la mise en œuvre de la méthodologie d'évaluation des MLE décrites à l'annexe 8.11 pour les mode de stockage atmosphériques.

Les études de cas concernent les modes de stockage et les produits stockés suivants :

1. Réservoir à TFE d'une capacité de 100 000 mètres cubes stockant du pétrole brut
2. et 2a. Réservoir à toit fixe (RTF) d'une capacité de 10 000 mètres cubes stockant du pétrole léger
3. Réservoir à toit fixe (RTF) d'une capacité de 1 000 mètres cubes stockant de l'acrylonitrile (ACN)
4. Réservoir à toit fixe (RTF) d'une capacité de 100 mètres cubes stockant de l'ACN

Ces études de cas ont pour seul objectif d'illustrer la méthodologie et ne permettent en aucun cas de tirer des conclusions pour les types de réservoir ou les produits utilisés. L'évaluation des MLE doit être effectuée en tenant compte de la localisation du site, des opérations du réservoir, des facteurs financiers locaux, etc.

8.13.1. Étude de cas numéro 1 : RTFE existant

Type de réservoir : TFE existant, stockant du pétrole brut avec une tension de vapeur selon Reid de 34 kPa
Localisation : Europe du Nord ; température annuelle moyenne de 10 °C, rayonnement solaire annuel moyen de 120 W/m^2, vitesse du vent moyenne annuelle de 4 m/s.
Détails :

- TFE de type double plate-forme avec joint primaire vapeur
- Robe soudée, gris moyen, bon état
- Robe intérieure légèrement rouillée
- Taille : diamètre 90 m, hauteur 16 m, capacité 101 787 m^3
- Doté d'un puits de tranquilisation à fente/tube de guidage
- Renouvellements : en moyenne 12 par an

<u>Étude de cas numéro 1 : évaluation initiale des MLE</u>

Étape 1 : une estimation des émissions est effectuée. Dans l'exemple ci-dessous, ces évaluations sont effectuées à l'aide du logiciel US EPA Tanks 4.

Le cas de base pour un TFE est un réservoir peint en gris moyen avec un toit flottant doté uniquement d'un joint primaire vapeur. Si un tube de guidage ou un puits de tranquilisation est installé, le cas de base correspond au type installé sans dispositifs de limitation des émissions. Le réservoir existant est donc équivalent au cas de base.

a) émissions du « cas non contrôlé » (RTF de même capacité) = 518 187 kg/an
b) émissions du cas de base (dans ce cas : réservoir existant) = 24 425 kg/an

Étape 2 : inutile car le RTFE existant n'est pas doté de MLE supplémentaires par rapport au cas de base.

Étape 3 : pourcentage de réduction par rapport au « cas non contrôlé » = 95,3 %

Comme il s'agit d'un exemple, on suppose que d'autres limitations seront nécessaires.

Étape 4 : les sources d'émission ayant une cote supérieure ou égale à 3 figurent dans le tableau 3.6. Les MLE pour ces émissions sont présentées dans la carte des cotes de l'annexe au tableau 8.6.

Les MLE à prendre en considération pour limiter les émissions générales sont les suivantes :

- Remplacer le joint primaire par un joint sabot mécanique
- Remplacer le joint primaire par un joint hydraulique
- Remplacer par un joint primaire hydraulique et un joint secondaire de bordure
- Installer des « chaussettes » sur les jambes du toit
- Installer un flotteur dans le puits de tranquilisation à fente

- Installer un manchon sur le puits de tranquilisation à fente
- Peindre le réservoir en blanc
- Installer un toit en dôme sur le réservoir

L'effet de ces MLE peut être déterminé à l'aide du logiciel Tanks 4.

De plus, pour limiter les émissions dues au remplissage (jusqu'à ce que le toit flotte à la surface du liquide), une instrumentation de mesure du niveau est identifiée comme une MLE. L'efficacité de cette MLE pour la limitation des émissions doit être déterminée à partir de la réduction du nombre d'atterrissages du TFE sur les jambes par an et du volume total et de la concentration de vapeur expulsée pendant l'opération de remplissage qui s'ensuit avant que le toit ne flotte de nouveau.

Étapes 5 et 6 : le résultat de l'estimation des émissions et le rendement calculé de la réduction des émissions sont présentés ci-dessous.

Cas	Émissions totales (kg)	Rendement de la MLE (%)
Cas de base	24 425	0
Cas de base avec peinture en blanc du réservoir	20 749	15,0
Cas de base avec toit en dôme installé sur le réservoir	1 580	93,5
Remplacement joint primaire par joint sabot mécanique	7 688	68,5
Remplacement joint primaire par joint hydraulique	3 870	84,2
Remplacement par joint primaire hydraulique et joint secondaire de bordure	2 673	89,1
Cas de base plus flotteur dans le tube de guidage à fente	23 272	4,3
Cas de base plus manchon sur le tube de guidage à fente	22 960	6,0
Cas de base plus « chaussettes » sur les jambes du toit	24 345	0,3

Étape 7 : le système de cotation à utiliser est établi comme suit :

Cote	Réduction des émissions potentielles (rendement de la MLE)
1	De 0 à moins de 50 %
2	De 50 à moins de 75 %
3	De 75 à moins de 85 %
4	De 85 à moins de 95 %
5	De 95 à 100 %

Étape 8 : les cotes des MLE sont donc les suivantes :

MLE	Cote de la réduction potentielle des émissions
Instrumentation	1
Cas de base avec peinture en blanc du réservoir	1
Cas de base avec toit en dôme installé sur le réservoir	4
Remplacement joint primaire par joint sabot mécanique	2
Remplacement joint primaire par joint hydraulique	3
Remplacement par joint primaire hydraulique et joint secondaire de bordure	4
Cas de base plus flotteur dans le tube de guidage à fente	1
Cas de base plus manchon sur le tube de guidage à fente	1
Cas de base plus « chaussettes » sur les jambes du toit	1

Étape 9 : à partir des informations du chapitre 4 et du meilleur jugement, les cotes pour les « aspects opérationnels » sont les suivantes :

MLE	Efficacité opérationnelle	Applicabilité	Sécurité	Déchets, etc.
Instrumentation	5	5	5	5
Cas de base avec peinture en blanc du réservoir	5	4	5	3
Cas de base avec toit en	2	2	1	4

dôme installé sur le réservoir				
Remplacement joint primaire par joint sabot mécanique	5	5	4	5
Remplacement joint primaire par joint hydraulique	5	5	4	5
Remplacement par joint primaire hydraulique et joint secondaire de bordure	4	5	4	5
Cas de base plus flotteur dans le tube de guidage à fente	2	5	4	5
Cas de base plus manchon sur le tube de guidage à fente	4	5	4	5
Cas de base plus « chaussettes » sur les jambes du toit	5	5	4	5

Étape 10 : les données de coût pour l'installation après coup de ces MLE sont déterminées. Les coûts de l'installation après coup des MLE sont compris entre 5 500 et 746 000 euros.

Étape 11 : le système de cotation à utiliser est déterminé :

Cote	CAPEX (EUR)
5	< 10 000
4	De 10 000 à moins de 50 000
3	De 50 000 à moins de 100 000
2	De 100 000 à moins de 500 000
1	À partir de 500 000

Notez que le système utilisé n'est pas proportionnel car il n'aurait pas permis de différencier les MLE coûtant moins de 100 000 euros.

Étape 12 : le tableau d'évaluation rempli figure à l'**étape 15**.

Étape 13 : les données relatives aux coûts d'exploitation pour les MLE sont déterminées pour une période de dix ans. Les coûts OPEX sont compris entre 1 000 et 32 000 euros.

Étape 14
Le système de cotation à utiliser est déterminé :

Cote	OPEX (EUR)
5	< 5 000
4	De 5 000 à moins de 10 000
3	De 10 000 à moins de 15 000
2	De 15 000 à moins de 20 000
1	À partir de 20 000

Étapes 15 et 16 : le tableau 8.23 représente le tableau d'évaluation rempli.

Étape 17 : la MLE ayant la cote globale la plus élevée correspond au joint primaire hydraulique avec joint secondaire de bordure.

À partir des **étapes 5 et** 6 ci-dessus, on peut voir que les émissions estimées avec cette MLE sont de 2 673 kg/ans, contre 24 425 kg/an avec le cas de base, soit 99,5 % du cas « non contrôlé ».

Le résultat de l'évaluation initiale des MLE pour ce réservoir est donc que le joint primaire vapeur doit être remplacé un joint primaire hydraulique avec un joint secondaire de bordure (« MLE initiale »).

Le cas échéant, l'évaluation peut être répétée à l'aide de la même méthodologie. Un exemple de deuxième évaluation est donné ci-après.

Étude de cas numéro 1 : deuxième tour de l'évaluation des MLE

Étape A : le tableau de compatibilité montre que les MLE suivantes sont compatibles avec la MLE initiale :

- Installation de « chaussettes » sur les jambes du toit
- Installation d'un flotteur dans le puits de tranquilisation à fente
- Installation d'un manchon sur le puits de tranquilisation à fente
- Peinture du réservoir en blanc
- Installation d'un toit à dôme sur le réservoir

Étape B : le tableau d'évaluation initiale (Tableau 8.23) montre que seules les chaussettes pour les jambes du toit ont une cote globale supérieure à 50 % du système d'étanchéité ayant la cote globale la plus élevée (MLE initiale). Le flotteur et le manchon du puits de tranquillisation ont une cote représentant environ 40 %. L'évaluation pourrait se poursuivre par une ré-évaluation de ces trois MLE par rapport à la MLE initiale.

Comme il ne s'agit que d'une étude de cas, nous allons poursuivre par une évaluation de toutes les MLE compatibles pour limiter les pertes d'arrêt.

Étape C : le nouveau tableau d'évaluation est présenté à l'**étape K.**

Étapes D et E : le résultat de l'estimation des émissions et le rendement supplémentaire calculé sont présentés ci-dessous.

Cas	Émissions totales (kg)	Rendement supplémentaire (%)
MLE initiale : remplacement par joint primaire hydraulique et joint secondaire de bordure	2 673	0
MLE initiale avec peinture en blanc du réservoir	2 336	12,6
MLE initiale avec toit en dôme installé sur le réservoir	643	75,9
MLE initiale plus flotteur dans le puits de tranquillisation à fente	1 621	39,4
MLE initiale plus manchon sur le puits de tranquillisation à fente	1 208	54,8
MLE initiale plus « chaussettes » sur les jambes du toit	2 593	3,0

Étape F : le système de cotation à utiliser est établi comme suit :

Cote	Réduction potentielle supplémentaire des émissions (rendement de la MLE)
1	De 0 à moins de 20 %
2	De 20 à moins de 40 %
3	De 40 à moins de 60 %
4	De 60 à moins de 80 %
5	De 80 à 100 %

Notez que comme le rendement supplémentaire est bien réparti entre 0 et 100 %, un système de cotation proportionnel est utilisé (par pas de 20 %).

Étape G : les réductions potentielles supplémentaires des émissions sont présentées dans le tableau de l'**étape K**.

Étape H : la cotation des « aspects opérationnels » pour la MLE est identique à celle de **l'étape 9** ci-dessus.

Étape J : les coûts CAPEX et OPEX pour la MLE sont identiques à ceux déterminés aux **étapes 10 et 13** ci-dessus. Les mêmes systèmes de cotation sont également utilisés.

Étape K : le tableau rempli du deuxième tour d'évaluation est présenté sur le tableau 8.24.

Étape L : les MLE combinées ayant la cote globale la plus élevée sont le joint primaire hydraulique avec joint secondaire de bordure et le manchon du puits de tranquillisation.

Le résultat du deuxième tour d'évaluation des MLE pour ce réservoir est donc que le joint primaire vapeur doit être remplacé par un joint primaire hydraulique avec un joint secondaire de bordure et qu'un manchon doit être installé sur le puits de tranquillisation à fente.

Un nouveau tour d'évaluation peut être effectué s'il semble nécessaire de prendre en considération les MLE ayant des cotes globales moyennes à élevées par rapport à la cote de la combinaison de MLE du deuxième tour de l'évaluation (flotteur du puits de tranquillisation et chaussettes sur le jambes du toit).

Si au terme de l'évaluation, aucune combinaison de MLE ne répond aux critères de MTD, le processus peut être relancé en modifiant les données de base, par exemple en réduisant l'inventaire à stocker ou en changeant de mode de stockage.

8.13.2. Étude de cas numéro 2 : nouveau RTF

Type de réservoir : nouveau RTF prévu, stockant du pétrole léger avec une tension de vapeur selon Reid de 68 kPa
Localisation : Europe du Sud ; température annuelle moyenne de 20 °C, rayonnement solaire annuel moyen de 175 W/m_2.
Détails :

- Toit conique, robe soudée
- Taille : diamètre 33 m, hauteur 12 m, capacité 10 263 m^3
- Doté d'un puits de tranquillisation à fente/poutre de guidage
- Renouvellements : en moyenne 12 par an

<u>Étude de cas numéro 2 : évaluation initiale des MLE</u>

Étape 1 : une estimation des émissions est effectuée. Dans l'exemple ci-dessous, ces évaluations sont effectuées à l'aide du logiciel US EPA Tanks 4.

Le cas de base pour un RTF est un réservoir peint en gris moyen avec des évents ouverts.

a) émissions du cas de base = 318 856 kg/an

Étape 2 et 3 : inutile car il s'agit d'un nouveau réservoir.

Étape 4 : les sources d'émission ayant une cote supérieure ou égale à 3 figurent dans le tableau 3.10. Les MLE pour ces émissions sont présentées dans la carte des cotes de l'annexe au tableau 8.7.

Les MLE à prendre en considération pour limiter les émissions sont les suivantes :

- Peindre la robe du réservoir en blanc
- Installer une soupape de respiration (PVRV)
- Augmenter la puissance du réservoir à 56 mbars
- Installer un TFI avec un joint primaire uniquement
- Installer un TFI avec un joint secondaire

L'effet de ces MLE peut être déterminé à l'aide du logiciel Tanks 4. De plus, les mesures suivantes :

- Équilibrage de la vapeur
- Raccordement à un réservoir de stockage de la vapeur (RSV)
- Raccordement un système de récupération de la vapeur (SRV)

ont également été identifiées comme MLE. Les effets de ces mesures doivent être déterminés à partir des estimations des émissions, de la spécification des systèmes et du meilleur jugement technique.

Étapes 5 et 6 : le résultat de l'estimation des émissions et le rendement calculé de réduction des émissions sont présentés ci-dessous.

Cas	Émissions totales (kg)	Rendement de la MLE (%)
Cas de base	318 856	0
Cas de base avec peinture en blanc du réservoir	174 750	45,2
Cas de base avec soupape de respiration	302 660	5,1
Cas de base avec augmentation du réservoir à 56 mbars	280 320	12,1
Cas de base avec TFI et joint primaire sabot mécanique	10 945	96,6
Cas de base avec TFI avec joint primaire vapeur	11 489	96,4
Cas de base avec TFI avec joint primaire hydraulique	8 410	97,4
Cas de base avec joint primaire plus joint secondaire de bordure	7 806	97,6
Cas de base avec équilibrage de la vapeur (réduction supposée de 80 % des émissions dues au remplissage)	176 398	44,7
Cas de base avec réservoir de stockage de la vapeur (RSV)	178 073	44,2
Cas de base avec SRV (efficacité supposée de 98 %)	6 377	98,0
Cas de base avec SRV et RSV	3 561	98,9

Étape 7 : le système de cotation à utiliser est établi comme suit :

Cote	Réduction potentielle des émissions (rendement de la MLE)
1	De 0 à moins de 75 %
2	De 75 à moins de 85 %
3	De 85 à moins de 95 %
4	De 95 à moins de 99 %
5	De 99 à 100 %

Étape 8 : les cotes des MLE sont donc les suivantes :

MLE	Cote de la réduction des émissions potentielles
Cas de base avec peinture en blanc du réservoir	1
Cas de base avec soupape de respiration	1
Cas de base avec augmentation du réservoir à 56 mbars	1
Cas de base avec équilibrage de la vapeur	1
Cas de base avec un RSV	1
Cas de base avec un SRV	4
Cas de base avec un TFI et joint primaire	4
Cas de base avec TFI et joint secondaire	4

Étape 9 : à partir des informations du chapitre 4 et du meilleur jugement, les cotations pour les « aspects opérationnels » sont les suivantes :

MLE	Efficacité opérationnelle	Applicabilité	Sécurité	Déchets, etc.
Couleur de la peinture de la robe	5	4	5	3
Soupape de respiration	3	3	4	5
Augmentation jusqu'à 56 mbars	5	1	5	4
Équilibrage de la vapeur	3	2	1	4
RSV	3	5	4	5
SRV	1	5	1	1
TFI avec joint primaire	4	5	2	5
TFI avec joint secondaire	4	4	2	5

Étape 10 : les données de coût pour l'installation de ces MLE sont déterminées. Les coûts de l'installation des MLE sont compris entre 1 500 et 650 000 euros.

Étape 11 : le système de cotation à utiliser est déterminé :

Cote	CAPEX (EUR)
5	< 5 000
4	De 5 000 à moins de 25 000
3	De 25 000 à moins de 125 000
2	De 125 000 à moins de 625 000
1	À partir de 625 000

Notez que le système utilisé n'est pas proportionnel car il n'aurait pas permis de différencier les MLE coûtant moins de 125 000 euros (si 625 000 est divisé en 5 étapes).

Étape 12 : le tableau d'évaluation rempli figure à l'**étape 15**.

Étape 13 : les données relatives aux coûts d'exploitation pour les MLE sont déterminées pour une période de dix ans. Les coûts OPEX sont compris entre 500 et 20 000 euros.

Étape 14
Le système de cotation à utiliser est déterminé :

Cote	OPEX (EUR)
5	< 5 000
4	De 5 000 à moins de 10 000
3	De 10 000 à moins de 15 000
2	De 15 000 à moins de 20 000
1	À partir de 20 000

Étapes 15 et 16 : le tableau 8.25 représente le tableau d'évaluation rempli.

Étape 17 : la MLE ayant la cote globale la plus élevée correspond au TFI avec joint primaire.

Un deuxième tour d'évaluation peut être effectué. Seule une MLE (joint secondaire) a une cote globale élevée par rapport à la MLE initiale. Le changement de la peinture a une cote moyenne. Ces deux MLE pourraient être réévaluées en utilisant la méthodologie ci-dessus par rapport à la MLE initiale.

Si au terme des évaluations, aucune MLE ne répond aux critères de MTD, le processus doit être relancé en modifiant les données de base, par exemple en réduisant l'inventaire à stocker ou en changeant le mode de stockage.

8.13.3. Étude de cas numéro 2a : nouveau RTF

Type de réservoir : comme pour l'étude de cas numéro 2, mais RTF stockant du pétrole léger à des fins stratégiques (le réservoir reste plein sans renouvellements).

Localisation : Europe du Sud : température annuelle moyenne de 20 °C, rayonnement solaire annuel moyen de 175 W/m^2.

Détails :
- Toit en cône, robe soudée
- Taille : diamètre 33 m, hauteur 12 m, capacité 10 263 m^3
- Renouvellements : aucun

<u>Étude de cas 2a : évaluation initiale des MLE</u>

Étape 1 : une estimation des émissions est effectuée. Dans l'exemple ci-dessous, ces évaluations sont effectuées à l'aide du logiciel US EPA Tanks 4.

Le cas de base pour un RTF est un réservoir peint en gris moyen avec des évents ouverts.

a) émissions du cas de base = 74 790 kg/an

Étape 2 et 3 : inutile car il s'agit d'un nouveau réservoir.

Étape 4 : les sources d'émission ayant une cote supérieure ou égale à 3 figurent dans le tableau 3.10. Les MLE pour ces émissions sont présentées dans la carte des cotes de l'annexe au tableau 8.7.

Les MLE à prendre en considération pour limiter les émissions sont les suivantes :

- Peindre la robe du réservoir en blanc
- Installer une soupape de respiration (PVRV)
- Augmenter la puissance du réservoir à 56 mbars
- Installer un TFI avec un joint primaire uniquement
- Installer un TFI avec un joint secondaire

L'effet de ces MLE peut être déterminé à l'aide du logiciel Tanks 4. De plus, les mesures suivantes :

- Raccordement à un réservoir de stockage de la vapeur (RSV)
- Raccordement un système de récupération de la vapeur (SRV)

ont également été identifiées comme MLE. Les effets de ces mesures doivent être déterminés à partir des estimations des émissions, de la spécification des systèmes et du meilleur jugement technique. L'équilibrage de la vapeur n'est pas pris en considération car le réservoir n'est utilisé que pour un stockage stratégique.

Étapes 5 et 6 : le résultat de l'estimation des émissions et le rendement calculé de réduction des émissions sont présentés ci-dessous.

Cas	Émissions totales (kg)	Rendement de la MLE (%)
Cas de base	74 790	0
Cas de base avec peinture en blanc du réservoir	13 216	82,3
Cas de base avec soupape de respiration	66 186	9,2
Cas de base avec augmentation du réservoir à 56 mbars	54 318	27,4
Cas de base avec TFI et joint primaire sabot mécanique	10 917	85,4
Cas de base avec TFI avec joint primaire vapeur	11 461	84,7
Cas de base avec TFI avec joint primaire hydraulique	8 382	88,8
Cas de base avec joint primaire plus joint secondaire de bordure	7 778	89,6
Cas de base avec réservoir de stockage de la vapeur (RSV)	0	100,0
Cas de base avec SRV (rendement supposé de 98 %)	1 496	98,0
Cas de base avec SRV et RSV	0	100,0

Étape 7 : le système de cotation à utiliser est établi comme suit :

Cote	Réduction des émissions potentielles (rendement de la MLE)
1	De 0 à moins de 75 %
2	De 75 à moins de 85 %
3	De 85 à moins de 95 %
4	De 95 à moins de 99 %
5	De 99 à 100 %

Étape 8 : les cotes des MLE sont donc les suivantes :

MLE	Cote de la réduction des émissions potentielles
Cas de base avec peinture en blanc du réservoir	2
Cas de base avec soupape de respiration	1
Cas de base avec augmentation du réservoir à 56 mbars	1
Cas de base avec un RSV	5

Cas de base avec un SRV	4
Cas de base avec un TFI et joint primaire	3
Cas de base avec TFI et joint secondaire	3

Étape 9 : à partir des informations du chapitre 4 et du meilleur jugement, les cotations pour les « aspects opérationnels » sont les suivantes :

MLE	Efficacité opérationnelle	Applicabilité	Sécurité	Déchets, etc.
Couleur de la peinture de la robe	5	4	5	3
Soupape de respiration	3	3	4	5
Augmentation jusqu'à 56 mbars	5	1	5	4
RSV	3	5	4	5
SRV	1	5	1	1
TFI avec joint primaire	4	5	2	5
TFI avec joint secondaire	4	4	2	5

Étape 10 : les données de coût pour l'installation de ces MLE sont déterminées. Les coûts de l'installation des MLE sont compris entre 1 500 et 650 000 euros.

Étape 11 : le système de cotation à utiliser est déterminé :

Cote	CAPEX (EUR)
5	< 5 000
4	De 5 000 à moins de 25 000
3	De 25 000 à moins de 125 000
2	De 125 000 à moins de 625 000
1	À partir de 625 000

Notez que le système utilisé n'est pas proportionnel car il n'aurait pas permis de différencier les MLE coûtant moins de 125 000 euros (si 625 000 est divisé en 5 étapes).

Étape 12 : le tableau d'évaluation rempli figure à l'**étape 15**.

Étape 13 : les données relatives aux coûts d'exploitation pour les MLE sont déterminées pour une période de dix ans. Les coûts OPEX sont compris entre 500 et 20 000 euros.

Étape 14
Le système de cotation à utiliser est déterminé :

Cote	OPEX (EUR)
5	< 5 000
4	De 5 000 à moins de 10 000
3	De 10 000 à moins de 15 000
2	De 15 000 à moins de 20 000
1	À partir de 20 000

Étapes 15 et 16 : le tableau 8.26 représente le tableau d'évaluation rempli.

Étape 17 : la MLE ayant la cote globale la plus élevée correspond à la peinture de la robe et du toit en blanc.

Le résultat de l'évaluation initiale des MLE pour ce réservoir est donc que le réservoir soit peint en blanc (MLE initiale).

Un deuxième tour d'évaluation peut être effectué. Seules deux MLE (TFI avec et sans joint secondaire) a une cote globale élevée par rapport à la MLE initiale. Ces deux MLE pourraient être réévaluées en utilisant la méthodologie ci-dessus par rapport à la MLE initiale.

Si au terme des évaluations, aucune MLE ne répond aux critères de MTD, le processus doit être relancé en modifiant les données de base, par exemple en réduisant l'inventaire à stocker ou en changeant le mode de stockage.

8.13.4. Étude de cas numéro 3 : nouveau RTF

Type de réservoir : nouveau RTF d'une capacité de 1 000 mètres cubes stockant de l'acrylonitrile (ACN).

Localisation : Europe du Nord : température annuelle moyenne de 10 °C, rayonnement solaire annuel moyen de 120 W/m^2.

Détails :
- RTF standard
- Toit en cône
- Taille : diamètre 12,5 m, hauteur 9 m, capacité 1 000 m^3
- Renouvellements : environ 12 par an

Étape 1 : une estimation des émissions est effectuée. Dans l'exemple ci-dessous, ces évaluations sont effectuées à l'aide du logiciel US EPA Tanks 4.

Le cas de base pour un RTF est un réservoir peint en gris moyen à ventilation libre.

Émissions du cas de base = 4 777 kg/an

Étapes 2 et 3 : inutiles car il s'agit d'un nouveau réservoir.

Étape 4 : les sources d'émission ayant une cote supérieure ou égale à 3 figurent dans le tableau 3.10. Les MLE pour ces émissions sont présentées dans la carte des cotes de l'annexe au tableau 8.7.

Les MLE à prendre en considération pour limiter les émissions sont les suivantes :

- Peindre le réservoir en blanc
- Installer un bouclier solaire sur le réservoir
- Installer une soupape de respiration (P/V) sur le réservoir
- Augmenter la puissance du réservoir à 56 mbars
- Installer un TFI avec un joint primaire uniquement
- Installer un TFI avec un joint secondaire

L'effet de ces MLE peut être déterminé à l'aide du logiciel Tanks 4. Le rendement du bouclier solaire soit être déterminé pour permettre d'introduire dans la méthode d'estimation la réduction du rayonnement solaire. De plus, les mesures suivantes :

- Équilibrage de la vapeur
- Raccordement à un réservoir de stockage de la vapeur (RSV)
- Raccordement un système de récupération de la vapeur (SRV)

ont également été identifiées comme MLE. Les effets de ces mesures doivent être déterminés à partir des estimations des émissions, de la spécification des systèmes et du meilleur jugement technique.

Étapes 5 et 6 : le résultat de l'estimation des émissions et le rendement calculé de réduction des émissions sont présentés ci-dessous.

Cas	Émissions totales (kg)	Rendement de la MLE (%)
Cas de base	4 777	0
Cas de base avec peinture en blanc du réservoir	2 662	44,3
Cas de base avec bouclier solaire installé sur le réservoir	2 444	48,8
Cas de base avec soupape de respiration (P/V)	4 161	12,9
Cas de base avec soupape PV à 56 mbars	3 312	30,7
Cas de base avec TFI et joint primaire	300	93,7
Cas de base avec joint primaire et joint secondaire de bordure	172	96,4

Cas de base avec équilibrage de la vapeur (réduction de 80 % supposée des émissions dues au remplissage)	2 561	46,3
Cas de base avec réservoir de stockage de la vapeur (RSV)	2 770	32,8
Cas de base avec SRV (rendement supposé de 98 %)	96	98,0

Étape 7 : le système de cotation à utiliser est établi comme suit :

Cote	Réduction des émissions potentielles (rendement de la MLE)
1	De 0 à moins de 80 %
2	De 80 à moins de 95 %
3	De 95 à moins de 98 %
4	De 98 à moins de 99,5 %
5	De 99,5 à 100 %

Étape 8 : les cotes des MLE sont donc les suivantes :

MLE	Cote de la réduction potentielle des émissions
Couleur de peinture de la robe	1
Soupape de respiration (P/V)	1
Augmentation du réservoir à 56 mbars	1
Bouclier solaire	1
Équilibrage de la vapeur	1
Réservoir de stockage de la vapeur	1
Système de récupération de la vapeur	4
TFI avec joint primaire	2
TFI avec joint secondaire	3

Étape 9 : à partir des informations du chapitre 4 et du meilleur jugement, les cotations pour les « aspects opérationnels » sont les suivantes :

MLE	Efficacité opérationnelle	Applicabilité	Sécurité	Déchets, etc.
Couleur de la peinture de la robe	5	4	5	3
Soupape de respiration PV	3	4	4	5
Augmentation jusqu'à 56 mbars	5	4	5	4
Bouclier solaire	5	2	5	5
Équilibrage de la vapeur	3	2	1	4
Réservoir de stockage de la vapeur	3	1	4	5
Système de récupération de la vapeur	1	5	1	1
TFI avec joint primaire	4	5	2	5
TFI avec joint secondaire	4	3	2	5

Étape 10 : les données de coût pour l'installation de ces MLE sont déterminées. Les coûts de l'installation des MLE sont compris entre 1 000 et 100 000 euros.

Étape 11 : le système de cotation à utiliser est déterminé :

Cote	CAPEX (EUR)
5	< 5 000
4	De 5 000 à moins de 15 000
3	De 15 000 à moins de 40 000
2	De 40 000 à moins de 100 000
1	À partir de 100 000

Étape 12 : le tableau d'**évaluation** rempli figure à l'**étape 15**.

Étape 13 : les données relatives aux coûts d'exploitation pour les MLE sont déterminées pour une période de dix ans. Les coûts OPEX sont compris dans une plage allant jusqu'à 20 000 euros.

Étape 14
Le système de cotation à utiliser est déterminé :

Cote	OPEX (EUR)
5	< 5 000
4	De 5 000 à moins de 10 000
3	De 10 000 à moins de 15 000
2	De 15 000 à moins de 20 000
1	À partir de 20 000

Étapes 15 et 16 : le tableau 8.27 représente le tableau d'évaluation rempli.

Étape 17 : la MLE ayant la cote globale la plus élevée correspond au TFI avec joint primaire. En revanche, un TFI avec joints primaire et secondaire a une cote très proche.

À partir des **étapes 5 et 6** ci-dessus, on voit que les émissions estimées pour cette dernière MLE sont de 172 kg/an, contre 4 777 kg/an pour le cas de base, soit une réduction de 96,4 % par rapport au cas de base.

L'installation d'un TFI avec joints primaire et secondaire est considérée comme la MLE initiale.

Si une réduction supplémentaire des émissions est nécessaire, un deuxième tour de détermination des MLE peut être effectué en utilisant comme MLE initiale un TFI installé sur un RTF à aération libre doté de joints primaire et secondaire.

Si au terme des évaluations, aucune MLE ne répond aux critères de MTD, le processus doit être relancé en modifiant les données de base, par exemple en réduisant l'inventaire à stocker ou en changeant le mode de stockage.

8.13.5. Étude de cas numéro 4 : nouveau RTF

Type de réservoir : nouveau RTF d'une capacité de 100 mètres cubes stockant de l'acrylonitrile (ACN).

Localisation : Europe du nord : température annuelle moyenne de 10 °C, rayonnement solaire annuel moyen de 120 W/m^2.

Détails :
- RTF standard
- Toit en cône
- Taille : diamètre 4 m, hauteur 8 m, capacité 100 m^3
- Renouvellements : environ 12 par an

Étape 1 : une estimation des émissions est effectuée. Dans l'exemple ci-dessous, ces évaluations sont effectuées à l'aide du logiciel US EPA Tanks 4.

Le cas de base pour un RTF est un réservoir peint en gris moyen à ventilation libre.

Émissions du cas de base = 346 kg/an

Étapes 2 et 3 : inutiles car il s'agit d'un nouveau réservoir.

Étape 4 : les sources d'émission ayant une cote supérieure ou égale à 3 figurent dans le tableau 3.10. Les MLE pour ces émissions sont présentées dans la carte des cotes de l'annexe au tableau 8.7.

Les MLE à prendre en considération pour limiter les émissions sont les suivantes :

- Peindre le réservoir en blanc

- Installer un bouclier solaire sur le réservoir
- Installer une soupape de respiration (P/V) sur le réservoir
- Augmenter la pression de conception du réservoir à 56 mbars
- Installer un TFI avec un joint primaire uniquement
- Installer un TFI avec un joint secondaire

L'effet de ces MLE peut être déterminé à l'aide du logiciel Tanks 4. Le rendement du bouclier solaire doit être déterminé pour permettre d'introduire dans la méthode d'estimation la réduction du rayonnement solaire. De plus, les mesures suivantes :

- Équilibrage de la vapeur
- Raccordement à un réservoir de stockage de la vapeur (RSV)
- Raccordement un système de récupération de la vapeur (SRV)

ont également été identifiées comme MLE. Les effets de ces mesures doivent être déterminés à partir des estimations des émissions, de la spécification des systèmes et du meilleur jugement technique.

Étapes 5 et 6 : le résultat de l'estimation des émissions et l'efficacité calculée de réduction des émissions sont présentés ci-dessous.

Cas	Émissions totales (kg)	Rendement de la MLE (%)
Cas de base	346	0
Cas de base avec peinture en blanc du réservoir	222	36,0
Cas de base avec bouclier solaire installé sur le réservoir	194	43,8
Cas de base avec soupape de respiration	317	8,4
Cas de base avec soupape PV à 56 mbars	277	20,1
Cas de base avec TFI et joint primaire sabot mécanique	128	62,9
Cas de base avec TFI et joint primaire et joint secondaire de bordure	87	74,8
Cas de base avec équilibrage de la vapeur (réduction de 80 % supposée des émissions dues au remplissage)	145	58,1
Cas de base avec réservoir de stockage de la vapeur	251	48,2
Cas de base avec SRV (rendement supposé de 98 %)	7	98

Étape 7 : le système de cotation à utiliser est établi comme suit :

Cote	Réduction des émissions potentielles (rendement de la MLE)
1	De 0 à moins de 80 %
2	De 80 à moins de 95 %
3	De 95 à moins de 98 %
4	De 98 à moins de 99,5 %
5	De 99,5 à 100 %

Étape 8 : les cotes des MLE sont donc les suivantes :

MLE	Cote de la réduction potentielle des émissions
Couleur de peinture de la robe	1
Soupape de respiration (P/V)	1
Augmentation du réservoir à 56 mbars	1
Bouclier solaire	1
Équilibrage de la vapeur	1
Réservoir de stockage de la vapeur	1
Système de récupération de la vapeur	4
TFI avec joint primaire	1
TFI avec joint secondaire	1

Étape 9 : à partir des informations du chapitre 4 et du meilleur jugement, les cotations pour les « aspects opérationnels » sont les suivantes :

MLE	Efficacité opérationnelle	Applicabilité	Sécurité	Déchets, etc.
Couleur de la peinture de la robe	5	4	5	3
Soupape de respiration	3	4	4	5
Augmentation jusqu'à 56 mbars	5	5	5	4
Bouclier solaire	5	2	5	5
Équilibrage de la vapeur	3	3	1	4
Réservoir de stockage de la vapeur	3	1	4	5
Système de récupération de la vapeur	1	5	1	1
TFI avec joint primaire	4	2	2	5
TFI avec joint secondaire	4	2	2	5

Étape 10 : les données de coût pour l'installation ou l'adaptation après coup de ces MLE sont déterminées. Pour cet exemple, les coûts sont compris entre 500 et 50 000 euros.

Étape 11 : le système de cotation à utiliser est déterminé :

Cote	CAPEX (EUR)
5	< 2 500
4	De 2 500 à moins de 7 500
3	De 7 500 à moins de 20 000
2	De 20 000 à moins de 50 000
1	À partir de 50 000

Étape 12 : le tableau d'évaluation rempli figure à l'**étape 15**.

Étape 13 : les données relatives aux coûts d'exploitation pour les MLE sont déterminées pour une période de dix ans. Les coûts OPEX sont compris entre 0 et 10 000 euros.

Étape 14
Le système de cotation à utiliser est déterminé :

Cote	OPEX (EUR)
5	< 2 500
4	De 2 500 à moins de 5 000
3	De 5 000 à moins de 7 500
2	De 7 500 à moins de 10 000
1	À partir de 10 000

Étapes 15 et 16 : le tableau 8.28 représente le tableau d'évaluation rempli.

Étape 17 : la MLE ayant la cote globale la plus élevée correspond à la soupape de respiration PV (à 20 mbars), suivie de très près par l'augmentation à 56 mbars.

À partir des **étapes 5 et 6** ci-dessus, on voit que les émissions estimées pour cette dernière MLE sont de 277 kg/an, contre 346 kg/an pour le cas de base, soit une réduction de 20,1 % par rapport au « cas non contrôlé ».

L'accroissement de la capacité du nouveau réservoir à 56 mbars est considéré comme la MLE initiale.

Si une réduction supplémentaire des émissions est nécessaire, un deuxième tour de détermination des MLE peut être effectué en utilisant comme MLE initiale une soupape PV réglée sur 56 mbars installée sur un RTF.

Si au terme des évaluations, aucune MLE ne répond aux critères de MTD, le processus doit être relancé en modifiant les données de base, par exemple en réduisant l'inventaire à stocker ou en changeant le mode de stockage.

Technique	Réduction des émissions potentielles	Efficacité opérationnelle	Applicabilité	Sécurité	Déchets, énergie, réponse croisée	Cote opérationnelle	Cote CAPEX (après)	Cote OPEX	Cote financière APRÈS	Cote globale APRÈS
	A	B	C	D		O=A*(B+C+D+E)	F	H	Cr=F*H	OS=O*Cr
Instrumentation	1	5	5	5	5	20	4	3	12	240
Couleur robe/toit	1	5	4	5	3	17	3	5	15	255
Toit en dôme	4	2	2	1	4	36	1	3	3	108
Joint primaire : sabot mécanique	2	5	5	4	5	38	3	4	12	456
Joint secondaire : hydraulique (L)	3	5	5	4	5	57	3	4	12	684
Joint primaire LM + joint secondaire	4	4	5	4	5	72	3	4	12	864
Flotteur puits de tranquilisation	1	2	5	4	5	16	5	4	20	320
Manchon puits de tranquilisation	1	4	5	4	5	18	5	4	20	360
Chaussettes jambes toit	1	5	5	4	5	19	5	5	25	475

Tableau 8. 23 : Étude de cas numéro 1 : évaluation de la MLE initiale

Technique	Réduction des émissions potentielles	Efficacité opérationnelle	Applicabilité	Sécurité	Déchets, énergie, réponse croisée	Cote opérationnelle	Cote CAPEX (post)	Cote OPEX	Cote financière (post)	Cote globale (post)
	A	B	C	D	E	O=A*(B+C+D+E)	F	H	Cr=F*H	OS=O*Cr
MLE initiale + Couleur robe/toit	1	5	4	5	3	17	3	5	15	255
MLE initiale + toit en dôme	4	2	2	1	4	36	1	3	3	108
MLE initiale + flotteur puits tranquilisation	2	2	5	4	5	32	5	4	20	640
MLE initiale + manchon puits tranquilisation	3	4	5	4	5	54	5	4	20	1 080
MLE initiale + chaussettes jambes toit	1	5	5	4	5	19	5	5	25	475

Tableau 8. 24 : Étude de cas numéro 1 : deuxième tour de l'évaluation des MLE

Technique	Réduction des émissions potentielles	Efficacité opérationnelle	Applicabilité	Sécurité	Déchets, énergie, réponse croisée	Cote opérationnelle	Cote CAPEX (nouveau)	Cote OPEX	Cote financière NOUVEAU	Cote globale NOUVEAU
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**O=A*(B+C+D+E)**	**F**	**H**	**Cn=F*H**	**OS=O*Cn**
Couleur de peinture de la robe	1	5	4	5	3	**17**	5	5	25	**425**
Soupape PV	1	3	3	4	5	**15**	3	5	15	**225**

Accroissement capacité 56 mbars	1	5	1	5	4	**15**	4	5	20	**300**
Équilibrage de la vapeur	1	3	2	1	4	**10**	3	5	15	**150**
Réservoir de stockage de la vapeur	1	3	5	4	5	**17**	2	3	6	**102**
Système de récupération de la vapeur	4	1	5	1	1	**32**	1	1	1	**32**
TFI avec joint primaire	4	4	5	2	5	**64**	3	5	15	**960**
TFI avec joint secondaire	4	4	4	2	5	**60**	3	5	15	**900**

Tableau 8. 25 : Étude de cas numéro 2 : évaluation de la MLE initiale

Technique	**Réduction des émissions potentielles**	**Efficacité opérationnelle**	**Applicabilité**	**Sécurité**	**Déchets, énergie, réponse croisée**	**Cote opérationnelle**	**Cote CAPEX (nouveau)**	**Cote OPEX**	**Cote financière NOUVEAU**	**Cote globale NOUVEAU**
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**O=A*(B+C+D+E)**	**F**	**H**	**Cn=F*H**	**OS=O*Cn**
Couleur de peinture de la robe	2	5	4	5	3	**34**	5	5	25	**850**
Soupape PV	1	3	3	4	5	**15**	3	5	15	**225**
Accroissement capacité 56 mbars	1	5	1	5	4	**15**	4	5	20	**300**
Réservoir de stockage de la vapeur	5	3	5	4	5	**85**	2	3	6	**510**
Système de récupération de la vapeur	4	1	5	1	1	**32**	1	1	1	**32**
TFI avec joint primaire	3	4	5	2	5	**48**	3	5	15	**720**
TFI avec joint secondaire	3	4	4	2	5	**45**	3	5	15	**675**

Tableau 8. 26 : Étude de cas numéro 2a : évaluation de la MLE initiale

Technique	**Réduction des émissions potentielles**	**Efficacité opérationnelle**	**Applicabilité**	**Sécurité**	**Déchets, énergie, réponse croisée**	**Cote opérationnelle**	**Cote CAPEX (nouveau)**	**Cote OPEX**	**Cote financière NOUVEAU**	**Cote globale NOUVEAU**
	A	**B**	**C**	**D**	**e**	**O=A*(B+C+D+E)**	**F**	**H**	**Cn=F*H**	**OS=O*Cn**
Couleur de peinture de la robe	1	5	4	5	3	**17**	5	5	25	**425**
Soupape de respiration (PV)	1	3	4	4	5	**16**	5	5	25	**400**
Accroissement capacité 56 mbars	1	5	4	5	4	**18**	5	5	25	**450**
Bouclier solaire	1	5	2	5	5	**17**	4	5	20	**340**
Équilibrage de la	2	3	2	1	4	**20**	3	5	15	**300**

vapeur										
Réservoir de stockage de la vapeur	1	3	1	4	5	**13**	2	3	6	**78**
Système de récupération de la vapeur	4	1	5	1	1	**32**	1	1	1	**32**
TFI avec joint primaire	2	4	5	2	5	**32**	4	5	20	**640**
TFI avec joint secondaire	3	4	3	2	5	**42**	3	5	15	**630**

Tableau 8. 27 : Étude de cas numéro 3 : évaluation de la MLE initiale

Technique	**Réduction des émissions potentielles**	**Efficacité opérationnelle**	**Applicabilité**	**Sécurité**	**Déchets, énergie, réponse croisée**	**Cote opérationnelle**	**Cote CAPEX (nouveau)**	**Cote OPEX**	**Cote financière NOUVEAU**	**Cote globale NOUVEAU**
	A	B	C	D	E	**O=A*(B+C+D+E)**	F	H	Cn=F*H	**OS=O*Cn**
Couleur de peinture de la robe	1	5	4	5	3	**17**	4	5	20	**340**
Soupape PV	1	3	4	4	5	**16**	5	5	25	**400**
Accroissement capacité 56 mbars	1	5	5	5	4	**19**	4	5	20	**380**
Bouclier solaire	1	5	2	5	5	**17**	4	5	20	**340**
Équilibrage de la vapeur	1	3	3	1	4	**11**	3	5	15	**165**
Réservoir de stockage de la vapeur	1	3	1	4	5	**13**	2	4	8	**104**
Système de récupération de la vapeur	4	1	5	1	1	**32**	1	1	1	**32**
TFI avec joint primaire	1	4	2	2	5	**13**	3	5	15	**195**
TFI avec joint secondaire	1	4	2	2	5	**13**	3	5	15	**195**

Tableau 8. 28 : Étude de cas numéro 4 : évaluation de la MLE initiale

8.14. Cartes de cotes des MLE pour le stockage des solides

- ***Réduction potentielle des poussières***

++ élimination très importante ou pratiquement totale des émissions diffuses
+ nette réduction des émissions diffuses
0 aucune réduction significative des émissions diffuses ou aucune conclusion nette possible

- ***Consommation d'énergie***

+ faible consommation d'énergie
0 consommation d'énergie normale ou aucune donnée fiable disponible
- consommation d'énergie élevée

- ***Effets de réponse croisés***

(par ex., impact supplémentaire sur le cycle hydrologique ou sur les eaux souterraines et de surface, augmentation de la production de déchets, augmentation de l'impact sonore)

+ réduction des émissions de poussières sans effet de réponse croisé
0 aucun impact significatif ou aucune donnée fiable disponible
- effet de réponse croisé

- ***Investissement nécessaire***

+ faible investissement
nd aucune donnée disponible
- investissement important

- ***Charges d'exploitation***

+ faibles
nd aucune donnée disponible
- charges d'exploitation élevées

Tableau 8. 29 : Carte des cotes des MLE pour le stockage des solides
[17, UBA, 2001]

Commentaire général : [15, InfoMil, 2001] **S1 = très sensible à la dérive, non mouillable**
S2 = très sensible à la dérive, mouillable
S3 = modérément sensible à la dérive, non mouillable
S4 = modérément sensible à la dérive, mouillable
S5 = pas ou très peu sensible à la dérive

Matière en vrac pertinente et teneur en poussière inhérente	Activités IPPC pertinentes (n° annexe de la directive IPPC)	MLE	Réduction potentielle des poussières	Consommation d'énergie	Effet de réponse croisé	Coûts d'investissement	Charges d'exploitation	Référence croisée
Céréales - Blé : S3 - Seigle : S3 - Maïs : S3	6.4b	Silo	++	0	0	nd	nd	

Matière en vrac pertinente et teneur en poussière inhérente	Activités IPPC pertinentes (n° annexe de la directive IPPC)	MLE	Réduction potentielle des poussières	Consommation d'énergie	Effet de réponse croisé	Coûts d'investissement	Charges d'exploitation	Référence croisée
Lignite : S4	1.1/1.3/1.4/3.1/3.5	Stockage à ciel ouvert avec arroseurs, possibilité de murs anti-vent	+	0	0	+	nd	
Houille : S4	1.1/1.3/1.4/3.1/3.5	Stockage à ciel ouvert avec arroseurs, possibilité de murs anti-vent*)	+	0	0	+	nd	
		Stockage fermé	++	0	0	-	-	
		Silo grande capacité	++	0	0	-	-	
*) Remarque : pour le stockage à long terme de charbon compacté, une accrétion multicouche est recommandée pour des raisons de sécurité (inflammabilité) et de qualité. Avec un dépôt de charbon fin (taille des particules <10 mm), on applique généralement une couche de couverture en gravier, en terre ou tout autre matériau ou on recouvre avec une bâche ou on vaporise les matières avec un liant.								

Matière en vrac pertinente et teneur en poussière inhérente	Activités IPPC pertinentes (n° annexe de la directive IPPC)	MLE	Réduction potentielle des poussières	Consommation d'énergie	Effet de réponse croisé	Coûts d'investissement	Charges d'exploitation	Référence croisée
Coke : S1-S4	1.1/1.3/2.1/2.2/2.4/2.5a	Stockage fermé	+	0	0	nd	nd	
S3-S4		Stockage ouvert	+	0	-	nd	nd	

Matière en vrac pertinente et teneur en poussière inhérente	Activités IPPC pertinentes (n° annexe de la directive IPPC)	MLE	Réduction potentielle des poussières	Consommation d'énergie	Effet de réponse croisé	Coûts d'investissement	Charges d'exploitation	Référence croisée
Minerais et concentrés de fer - boulettes : S5 - minerai de pierre : S5 - poussière de minerai : S4-S5	2.1/2.2	Stockage à ciel ouvert avec arroseurs, possibilité de murs anti-vent	+	0	0	+	+	
Minerais et concentrés de cuivre : S4	2.5a	Stockage fermé	++	+	+	nd	nd	
Minerais et concentrés non ferreux divers : S2-S5	2.5a/2.5b	Stockage ouvert et arrosage avec suspension de craie	0	+	0	nd	nd	
		Stockage fermé dans des abris	++	+	+	nd	nd	

Matière en vrac pertinente et teneur en poussière inhérente	Activités IPPC pertinentes (n° annexe de la directive IPPC)	MLE	Réduction potentielle des poussières	Consommation d'énergie	Effet de réponse croisé	Coûts d'investissement	Charges d'exploitation	Référence croisée
Gypse : S4	1.1/3.1/3.3/3.5/4.3	Silo grande capacité	++	+	+	-	nd	
		Trémie	++	+	+	nd	+	
		Stockage ouvert	+	+	0	+	+	
		Sous abri/toit	++	0	+	-	nd	

Matière en vrac pertinente et teneur en poussière inhérente	Activités IPPC pertinentes (n° annexe de la directive IPPC)	MLE	Réduction potentielle des poussières	Consommation d'énergie	Effet de réponse croisé	Coûts d'investissement	Charges d'exploitation	Référence croisée
Engrais : S1-S3	4.3							

8.15. Cartes de cote des MLE pour la manipulation des solides

- ***Réduction potentielle des poussières***

++ élimination très importante ou pratiquement totale des émissions diffuses
+ nette réduction des émissions diffuses
0 aucune réduction significative des émissions diffuses ou aucune conclusion nette possible

- ***Consommation d'énergie***

+ faible consommation d'énergie
0 consommation d'énergie normale ou aucune donnée fiable disponible
- consommation d'énergie élevée

- ***Effets de réponse croisés***

(par ex., impact supplémentaire sur le cycle hydrologique ou sur les eaux souterraines et de surface, augmentation de la production de déchets, augmentation de l'impact sonore)

+ réduction des émissions de poussières sans effet de réponse croisé
0 aucun impact significatif ou aucune donnée fiable disponible
- effet de réponse croisé

- ***Investissement nécessaire***

+ faible investissement
nd aucune donnée disponible
- investissement important

- ***Charges d'exploitation***

+ faibles
nd aucune donnée disponible
- charges d'exploitation élevées

Tableau 8. 30 : Carte des cotes des MLE pour la manipulation des solides
[17, UBA, 2001]

Commentaire général : [15, InfoMil, 2001] **S1 = très sensible à la dérive, non mouillable**
S2 = très sensible à la dérive, mouillable
S3 = modérément sensible à la dérive, non mouillable
S4 = modérément sensible à la dérive, mouillable
S5 = pas ou très peu sensible à la dérive

Matière en vrac pertinente et teneur en poussière inhérente	Activités IPPC pertinentes (n° annexe de la directive IPPC)	MLE	Réduction potentielle des poussières	Consommation d'énergie	Effet de réponse croisé	Coûts d'investissement	Charges d'exploitation
Céréales - Blé : S3 - Seigle : S3 - Maïs : S3	6.4b	Tube de remplissage avec réglage automatique de la hauteur et tête de chargement	++	+	0	nd	nd
		Tube de déchargement avec réglage de hauteur et tablier anti-poussières	+	+	0	nd	nd
		Tube de déchargement avec cône d'étanchéité et capteur de niveau	++	+	0	nd	nd
		Goulotte en cascade	++	+	0	nd	nd
		Bennes à émissions réduites	+	0	0	+	nd
		Trémie à pression négative	++	-	0	-	-
		Goulottes fermées à pression négative	++	-	+	-	-
		Transporteur à vis	++	-	0	-	+
		Transporteur à chaîne	+	0	0	nd	nd
		Courroie de transport entièrement enfermée	++	0	0	nd	nd

Lignite : S4	1.1/1.3/1.4/3.1/3.5	Tube de remplissage avec réglage automatique de la hauteur et tête de chargement	+	0	0	+	+
		Goulotte en cascade	++	+	0	-	nd
		Bennes à émissions réduites	+	0	0	+	nd
		Trémie dépoussiérée *)	++	0	0	+	-
		Élévateur à godets	+	+	0	-	+
		Transporteur à vis	++	-	0	-	+
		Transporteurs à courroie ouverts, encaissés dans une protection latérale anti-vent	+	0	0	+	+
		Transporteur à courroie fermé	++	0	0	-	-
		Tube transporteur à courroie	++	0	0	nd	nd
		Systèmes d'arrosage pour points de transfert du transporteur	++	0	+	nd	+
Houille : S4	1.1/1.3/1.4/3.1/3.5	Transporteur à courroie ouvert avec points de transfert arrosés d'eau	++	0	0	nd	nd
		Transporteur à courroie ouvert avec points de transfert à pression négative	+	-	0	nd	nd
		Transporteur pneumatique **)	++	-	0	-	+
		Jets d'eau/vaporisation fine au niveau des points de transfert du transporteur ***)	++	+	+	nd	+

		Pulvérisation à l'eau et agents de surface au niveau des points de transfert du transporteur ***)	++	+	-	nd	-

Matière en vrac pertinente et teneur en poussière inhérente	Activités IPPC pertinentes (n° annexe de la directive IPPC)	MLE	Réduction potentielle des poussières	Consommation d'énergie	Effet de réponse croisé	Coûts d'investissement	Charges d'exploitation
Coke : S1-S4	1.1/1.3/2.1/2.2/2.4/2.5a	Bennes à émissions réduites	+	0	0	+	nd
		Trémie dépoussiérée*)	++	0	0	+	nd
		Transporteur à courroie ouvert, imbriqué et avec pare-vent latéral	+	0	0	nd	nd
		Transporteur à courroie encloisonné	++	0	0	-	nd
*) Remarque : une trémie dépoussiérée est dotée de parois transversales élevées généralement équipées de filtres anti-poussières							

Matière en vrac pertinente et teneur en poussière inhérente	Activités IPPC pertinentes (n° annexe de la directive IPPC)	MLE	Réduction potentielle des poussières	Consommation d'énergie	Effet de réponse croisé	Coûts d'investissement	Charges d'exploitation
Minerais et concentrés de fer - boulettes : S4 - minerai de pierre : S4 - poussière de minerai : S4	2.1/2.2	Tuyau de remplissage avec réglage en hauteur sans tête de chargement	+	+	0	nd	+
		Bennes à émissions réduites	+	0	0	+	nd
		Trémie dépoussiérée *)	++	0	0	+	nd
		Élévateur à godets	++	+	0	-	+
		Transporteur à courroie ouvert, imbriqué et avec pare-vent latéral	+	0	0	+	+

		Jets d'eau, avec possibilité d'additifs aux points de transfert du transporteur appropriés	++	+	0	nd	+
Minerais et concentrés de cuivre : S4	2.5a	Bennes à émissions réduites	+	0	0	+	nd
		Trémie dépoussiérée *)	++	0	0	nd	nd
		Transporteur à courroie encloisonné	++	0	0	nd	nd
Minerais et concentrés non ferreux divers : S2-S4	2.5a/2.5b	Bennes à émissions réduites	+	0	0	+	nd
		Trémie dépoussiérée *)	++	0	0	+	nd
		Transporteur à courroie encloisonné	++	0	0	nd	nd
		Pulvérisation avec tensides	++	+	-	nd	nd
*) Remarque : une trémie dépoussiérée est dotée de parois transversales élevées généralement équipées de filtres anti-poussières ; son utilisation n'est pas obligatoire pour la manipulation des boulettes de fer, en raison de la génération de poussières à peine perceptible ;							

Matière en vrac pertinente et teneur en poussière inhérente	Activités IPPC pertinentes (n° annexe de la directive IPPC)	MLE	Réduction potentielle des poussières	Consommation d'énergie	Effet de réponse croisé	Coûts d'investissement	Charges d'exploitation
Gypse : S4	1.1/3.1/3.5/4.3	Bennes à émissions réduites	++	+	+	-	nd
		Trémie à émissions réduites non sous pression négative	++	-	0	nd	-
		Transporteur à vis	++	-	+	+	-
		Systèmes de transport pneumatiques	++	-	+	+	-
		Tube transporteur à courroie	++	0	+	nd	+
		Goulotte en cascade	++	+	0	-	nd
		Tuyau de remplissage avec réglage de la hauteur et tablier anti-poussières	+	+	0	nd	nd

		Tuyau de remplissage avec cône d'étanchéité et capteur de niveau	++	-	0	nd	-
		Élévateur à godets					

Matière en vrac pertinente et teneur en poussière inhérente	Activités IPPC pertinentes (n° annexe de la directive IPPC)	MLE	Réduction potentielle des poussières	Consommation d'énergie	Effet de réponse croisé	Coûts d'investissement	Charges d'exploitation
Engrais : S1-S3	4.3	Bennes à émissions réduites	+	0	0	+	nd
		Trémie à émissions réduites non sous pression négative	++	+	0	+	+
		Transporteur à vis	-	-	0	+	nd
		Systèmes de transport pneumatiques	++	-	0	+	-
		Tube transporteur à courroie	++	0	+	nd	+
		Goulotte en cascade	++	+	0	-	nd
		Tuyau de remplissage avec réglage de la hauteur et tablier anti-poussières	+	+	0	nd	nd
		Tuyau de remplissage avec cône d'étanchéité et capteur de niveau	++	+	0	nd	nd
		Élévateur à godets					

8.16. Caractéristiques des systèmes d'extinction d'incendie

Source : [8, CPR, 1991]

1) Extincteurs automatiques à eau :

- détection permanente de la chaleur
- produit extincteur : eau ou mousse
- aire de plancher maximale de stockage de 2 500 m²
- le système ne nécessite aucune disposition structurelle particulière
- lorsque le système d'extinction est activé, seule la zone placée sous les têtes des gicleurs indiqués est arrosée
- l'utilisation de systèmes d'extraction de la fumée et de la chaleur n'est pas autorisée
- en cas de stockage de liquides (facilement) inflammables, seule la mousse peut être utilisée comme produit extincteur

2) Poste automatique d'extinction :

- toutes les méthodes de détection peuvent être utilisées
- produit extincteur : eau ou mousse (moyenne ou lourde)
- aire de plancher maximale de stockage de 2 500 m²
- le système ne nécessite aucune disposition structurelle particulière
- lorsque le système d'extinction est activé, une section entière (nombre et taille selon la conception) est arrosée ; la zone arrosée est déterminée par la taille de la section ou du compartiment
- en cas de stockage de liquides (facilement) inflammables, seule la mousse peut être utilisée comme produit extincteur

3) Extincteurs automatiques à gaz :

- toutes les méthodes de détection peuvent être utilisées
- le CO_2 est utilisé comme produit extincteur
- aire de plancher maximale de stockage de 600 m²
- les murs, portes et plafonds de la salle de stockage doivent être totalement résistants au feu pendant 30 minutes
- l'utilisation de systèmes d'extraction de la fumée et de la chaleur n'est pas autorisée

4) Sapeurs-pompiers locaux avec extincteurs à jets multiples à sec

- une méthode de détection rapide est utilisée (pas de détection de la chaleur) ; en cas d'incendie, la détection doit également concerner les pièces adjacentes à la salle de stockage (le plan technique/d'organisation peut également indiquer d'autres systèmes de détection d'incendie, ces derniers devant être évalués par les autorités compétentes)
- produit extincteur : eau ou mousse
- aire de plancher maximale de stockage de 500 m²
- la salle de stockage doit être totalement résistante au feu pendant 60 minutes ; si les sapeurs-pompiers locaux peuvent intervenir dans les 6 minutes, une structure résistant au feu pendant 30 minutes suffit pour une salle de stockage existante
- la salle de stockage est divisée en sections de moins de 100 m² ; les sections sont séparées par des parois ayant une résistance au feu d'au moins 30 minutes ou par une allée d'au moins 3,5 mètres de large
- en cas de stockage de liquides (facilement) inflammables, seule la mousse peut être utilisée comme produit extincteur

5) Système automatique à grande expansion

- une méthode de détection rapide doit être utilisée (pas de détection de la chaleur)
- une mousse légère ayant un facteur d'expansion compris entre 500 et 1 000 doit être utilisée comme produit extincteur
- aire de plancher maximale de stockage de 1 500 m²

- les murs, portes et plafonds de la salle de stockage doivent être totalement résistants au feu pendant 30 minutes
- lorsque le système est activé, la totalité de la pièce est entièrement remplie de mousse
- l'utilisation de système d'extraction de fumée et de chaleur est requise

6) Sapeurs-pompiers internes avec extincteurs à jets multiples à actionnement manuel

- une méthode de détection rapide doit être utilisée (pas de détection de la chaleur)
- produit extincteur : eau ou mousse (moyenne ou lourde)
- aire de plancher maximale de stockage de 2 500 m²
- les murs, portes et plafonds de la salle de stockage doivent être totalement résistants au feu pendant 30 minutes
- lorsque le système est activé, une section entière est arrosée
- en cas de stockage de liquides (facilement) inflammables, seule la mousse peut être utilisée comme produit extincteur

7) Sapeurs-pompiers internes avec extincteurs à jets multiples à sec

- une méthode de détection rapide doit être utilisée (pas de détection de la chaleur)
- produit extincteur : eau ou mousse (moyenne ou lourde)
- aire de plancher maximale de stockage de 2 500 m²
- les murs, portes et plafonds de la salle de stockage doivent être totalement résistants au feu pendant 30 minutes
- lorsque le système est activé, une section entière est arrosée
- en cas de stockage de liquides (facilement) inflammables, seule la mousse peut être utilisée comme produit extincteur

8) Sapeurs-pompiers internes procédant à l'extinction *in situ* (intervention interne)

- une méthode de détection rapide doit être utilisée (pas de détection de la chaleur)
- produit extincteur : eau ou mousse (moyenne ou lourde)
- aire de plancher maximale de stockage de 1 500 m²
- la salle de stockage est subdivisée en sections de moins de 300 m²
- la salle de stockage doit être totalement résistante au feu pendant 60 minutes ; une construction ayant une résistance au feu de 30 minutes suffit pour les salles de stockage existantes
- l'utilisation de système d'extraction de fumée et de chaleur est requise
- en cas de stockage de liquides (facilement) inflammables, seule la mousse peut être utilisée comme produit extincteur

8.17. Distances pour le stockage des cylindres de gaz

Distance	Groupe 1°, a)	Groupe 1°, b)	Groupe 1°, c)	Groupe 2°, a)	Groupe 2°, b)	Groupe 3°, a)	Groupe 3°, b)	Groupe 4°
Groupe 1° a	-	0	5	0	5	1) 5 2) 5 3) 7,5	1) 5 2) 5 3) 7,5	0
Groupe 1°b	0	-	5	0	5	1) 5 2) 5 3) 7,5	1) 5 2) 5 3) 7,5	0
Groupe 1°c	5	5	-	5	5	1) 5 2) 5 3) 7,5	1) 5 2) 5 3) 7,5	0
Groupe 2° a	0	0	5	-	0	0	0	0
Groupe 2° b	5	5	5	0	-	0	0	0
Groupe 3° a	1) 5 2) 5 3) 7,5	1) 5 2) 5 3) 7,5	1) 5 2) 5 3) 7,5	0	0	-	0	0
Groupe 3° b	1) 5 2) 5	1) 5 2) 5	1) 5 2) 5	0	0	0	-	0

	3) 7,5	3) 7,5	3) 7,5					
Groupe 4°	0	0	0	0	0	0	0	-
Distance jusqu'aux limites	1) 3 2) 5 3) 7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	2	7,5	2
Jusqu'aux bâtiments sans feu ouvert	1) 3 2) 5 3) 7,5	5	7,5	7,5	7,5	5	7,5	2
Stockage des matières inflammables	5	5	5	2	5	5	5	2
Stockage de liquides avec un point d'inflammabilité >55 °C	5	5	5	2	5	5	5	2
Stockage de liquides combustibles avec point d'inflammabilité <55 °	7,5	7,5	7,5	2	7,5	7,5	7,5	2
Stockage de liquides combustibles	2	2	2	0	0	0	0	0
Réservoir oxygène liquide	1) 5 2) 7,5 3) 7,5	1) 5 2) 7,5 3) 7,5	1) 5 2) 7,5 3) 7,5	2	2	2	2	2
Réservoir azote liquide ou argon	2	2	2	2	2	2	2	2
Réservoir hydrogène liquide	1) 5 2) 7,5 3) 7,5	1) 5 2) 7,5 3) 7,5	1) 5 2) 7,5 3) 7,5	2	7,5	7,5	7,5	2
Remarque : Les distances indiquées en 1) sont les distances minimales pour une capacité de stockage maximale de 1 000 l. Les distances indiquées en 2) sont les distances minimales pour une capacité de stockage comprise entre 1 000 et 5 000 l. Les distances indiquées en 3) sont les distances minimales pour une capacité de stockage de plus de 5 000 l. Ces capacités de stockage concernent le groupe de gaz correspondant et pas la capacité de stockage totale.								

Tableau 8. 31 : Distances pour le stockage fermé des cylindres de gaz
[45, Vlaanderen,]

Distance	Groupe 1°, a)	Groupe 1°, b)	Groupe 1°, c)	Groupe 2°, a)	Groupe 2°, b)	Groupe 3°, a)	Groupe 3°, b)	Groupe 4°
Groupe 1° a	-	0	5	0	5	1) 2 2) 5 3) 7,5	1) 5 2) 5 3) 7,5	0
Groupe 1°b	0	-	5	0	5	1) 2 2) 5 3) 7,5	1) 5 2) 5 3) 7,5	0
Groupe 1°c	5	5	-	5	5	1) 2 2) 5 3) 7,5	1) 5 2) 5 3) 7,5	0
Groupe 2° a	0	0	5	-	0	0	0	0
Groupe 2° b	5	5	5	0	-	0	0	0
Groupe 3° a	1) 2 2) 5 3) 7,5	1) 2 2) 5 3) 7,5	1) 2 2) 5 3) 7,5	0	0	-	0	0
Groupe 3° b	1) 5 2) 5 3) 7,5	1) 5 2) 5 3) 7,5	1) 5 2) 5 3) 7,5	0	0	0	-	0
Groupe 4°	0	0	0	0	0	0	0	-
Distance jusqu'aux limites	1) 3 2) 5 3) 7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	2	7,5	2
Jusqu'aux bâtiments sans feu ouvert	1) 3 2) 5 3) 7,5	5	7,5	7,5	7,5	5	7,5	2
Stockage de matières inflammables	5	5	5	2	5	5	5	2
Stockage de liquides avec un point d'inflammabilité >55 °C	5	5	5	2	5	5	5	2
Stockage de liquides combustibles avec point d'inflammabilité <55 °	7,5	7,5	7,5	2	7,5	7,5	7,5	2
Stockage de liquides combustibles	2	2	2	0	0	0	0	0
Réservoir oxygène liquide	1) 5 2) 7,5 3) 7,5	1) 5 2) 7,5 3) 7,5	1) 5 2) 7,5 3) 7,5	2	2	2	2	2
Réservoir azote liquide ou argon	2	2	2	2	2	2	2	2
Réservoir hydrogène liquide	1) 5 2) 7,5 3) 7,5	1) 5 2) 7,5 3) 7,5	1) 5 2) 7,5 3) 7,5	2	7,5	7,5	7,5	2
Remarque : Les distances indiquées en 1) sont les distances minimales pour une capacité de stockage maximale de 1 000 l. Les distances indiquées en 2) sont les distances minimales pour une capacité de stockage comprise entre 1 000 et 5 000 l. Les distances indiquées en 3) sont les distances minimales pour une capacité de stockage de plus de 5 000 l. Ces capacités de stockage concernent le groupe de gaz correspondant et pas la capacité de stockage totale.								

Tableau 8. 32 : Distances pour le stockage ouvert des cylindres de gaz
[45, Vlaanderen,]

8.18. Exemples de distances appliquées pour le stockage en réservoirs de liquides inflammables

K_1, K_2 et pétrole brut	**Réservoirs à toit flottant**						**Réservoirs à toit fixe**
Capacité de stockage dans 1 000 m^3	**10-40**	**41-60**	**61-80**	**81-100**	**101-180**	**181-240**	**10-40**
Bloc-capacité/capacité stockage	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**
1 réservoir	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**
2 réservoirs	**80**	**80**	**80**	**80**	**80**	**80**	**80**
3 réservoirs	**70**	**80**	**80**	**80**	**80**	**80**	**70**
4 réservoirs ou plus	**60**	**80**	**80**	**80**	**80**	**80**	**70**
Confinement du merlon : capacité du plus gros réservoir + 10 % de tous les autres réservoirs dans le même merlon. 4 réservoirs maximum avec une capacité totale de 60 000 m^3 ou un réservoir d'une capacité supérieure à 60 000 m^3 (toit flottant) dans un merlon.							
Distance minimale entre un réservoir et le pied du merlon ou du mur :							
	2 m	**2,5 m**	**3 m**	**4 m**	**5 m**	**6 m**	**2 m**
Distance minimale entre un réservoir et un autre réservoir K_1 ou K_2 avec confinement séparé							
	½ D 6 m	**½ D 10 m**	**½ D 15 m**	**½ D 17,5 m**	**½ D 20 m**	**½ D 25 m**	**½ D 6 m**
Distance minimale entre un réservoir dans le même confinement : ½ D, minimum 6 m							
K_3							
Distance minimale entre un réservoir K_3 et un autre réservoir K_3 dans le même confinement : 1/3 D							
Distance minimale entre un réservoir K_3 et un autre réservoir K_3 dans un confinement séparé : ¼ D ou 3-13 m							
Remarque : K_0 : catégorie des liquides inflammables avec une pression de vapeur, à 37,8 °C, d'1 bar ou plus K_1 : catégorie des liquides inflammables, n'appartenant pas à K_0, avec un point d'inflammabilité (déterminé avec l'instrument Abel-Pensky) à 1 bar, inférieur à 21 °C K_2 : catégorie des liquides inflammables avec un point d'inflammabilité (déterminé avec l'instrument Abel-Pensky) à 1 bar, inférieur à 55 °C mais pas inférieur à 21 °C K_3 : catégorie des liquides inflammables avec un point d'inflammabilité (déterminé avec l'instrument Abel-Pensky) à 1 bar, de 55 °C ou plus, mais pas supérieur à 100 °C							

Tableau 8. 33 : Distances pour le stockage aérien de K_1, K_2, K_3 et de pétrole brut appliquées aux Pays-Bas
[3, CPR, 1984]

Facteur	Séparation minimale de toute partie du réservoir
Entre un réservoir à toit fixe adjacent	Égale à la distance la plus petite parmi les suivantes : • diamètre du plus petit réservoir • moitié du diamètre du plus grand réservoir • 15 m • mais pas moins de 10 m
Entre un réservoir à toit flottant adjacent	10 m pour les réservoirs d'un diamètre inférieur ou égal à 45 m 15 m pour les réservoirs de plus de 45 m de diamètre L'espacement est déterminé par la taille du plus grand réservoir
Entre un réservoir à toit flottant et un réservoir à toit fixe	Égale à la distance la plus petite parmi les suivantes : • diamètre du plus petit réservoir • moitié du diamètre du plus grand réservoir • 15 m • mais pas moins de 10 m
Entre un groupe de petits réservoirs et tout réservoir à l'extérieur du groupe	15 m
Entre un réservoir et la limite du site, toute zone non dangereuse désignée, zone de procédé ou tout source d'inflammation fixe	15 m

Tableau 8. 34 : Distances pour le stockage aérien de liquides inflammables en grands réservoirs appliquées au RU
[37, HSE, 1998]

8.19. Liste de contrôle type pour la conception d'un réservoir de stockage de produit dans une usine de produits chimiques

Propriétés physiques de première importance

- Dans les conditions ambiantes - gaz/liquide/solide
- Point d'ébullition normal - °C
- Point de congélation - °C
- Pression de vapeur en conditions ambiantes -kPa
- État dans les conditions de stockage -gaz/ liquide/ solide/ changement d'état possible
- Conditions de stockage possibles - pression : atmosphérique/autre
  - température : ambiante/autre
- Cas spéciaux nécessaires... - par ex., refroidissement, réchauffement
- Caractéristiques hygroscopiques nécessaire - prévention contre le contact de l'humidité

Propriétés dangereuses de première importance

- Inflammabilité : limites explosives/point d'éclair
- Stabilité chimique : - ajout de stabilisants nécessaire
  - effets de température
- Compatibilité avec agents usuels : air, eau, matériaux de construction habituels
- Corrosivité : matériaux à éviter/recommandés à la température de stockage
- Toxicité aiguë pour l'homme : données qualitatives pour l'homme suffisantes (par ex., valeurs MAC)
- Toxicité à long terme pour l'homme : données qualitatives pour l'homme suffisantes (par ex., valeurs MAC)

Aspects relatifs à la qualité du produit

- Le stockage est-il : - dédié
  - multi-produit avec ou sans incompatibilités
- Destinée de produit hors spécification : - si présent en stockage
  - si renvoyé depuis expédition
- Risque de pollution du produit : - par système de récupération de ventilation commune
  - par cuves mobiles
  - par lignes de transport
- Nécessité d'opération spéciales - filtrage, drainage de produits dérivés indésirables, mélange, etc.

Inventaire (aspects commerciaux)

- Inventaire total : en volume, en masse, par semaines de production, par renouvellements annuels
- Nombre de réservoirs : comment se conformer aux inspections réglementaires

Première sélection du mode de stockage

- Dans tous les cas : - pression/température de service
  - matériaux de construction
  - volume unitaire
  - volume total
- Mode de stockage inadapté : - liste/principales raisons
- Modes de stockage à envisager : - liste/raisons principales

Problèmes environnementaux de chaque mode de stockage

- pour les eaux de surface

- pour les eaux souterraines
- pour les déchets

Analyse des MLE applicables à chaque mode de stockage

- Prévention de la pollution de l'air : combinaison de MLE recommandée
- Prévention de la pollution des eaux de surface : combinaison de MLE recommandée
- Prévention de la pollution des eaux souterraines : combinaison de MLE recommandée
- Prévention de la formation de déchets : combinaison de MLE recommandée
- Incompatibilités entre les combinaisons
- Aspects de réponse croisés
- Aspects économiques

Solutions considérées comme satisfaisantes

- Expérience industrielle : produit identique/légèrement différent
- Conformité réglementaire
- Coût

Choix des solutions à mettre en place

Amélioration de la conception pour remédier aux autres propriétés dangereuses, le cas échéant

Solution finale :

- Conception
- Performances environnementales
- Coût

8.20. Rendement d'un RTFE en fonction du nombre de cycles de remplissage par an et par réservoir

Calculation of efficiency according API-Manual of Petroleum Measurement Standards, Chapter 19, Sec. 1 and Sec. 2 (April 1997)	Calcul de rendement selon la norme API Manual of Petroleum Measurement Standards, Chapitre 19, Sections 1 et 2 (avril 1997)
Efficiency of EFRT	Rendement du RTFE
Storage conditions :	Conditions de stockage :
Product : gasoline	Produit : essence
Reid vapor pressure : 600 mbar	Tension de vapeur selon Reid : 600 mbars
Average wind speed : 3,0 m/s	Vitesse moyenne du vent : 3,0 m/s
Daily average ambient temperature : 10,0°C	Température ambiante moyenne quotidienne : 10,0 °C
EFRT with shoe type primary seal + rim-mounted secondary seal, guidepole seal and roof leg seals.	RTFE avec joint primaire de type sabot + joint secondaire de bordure, joint du tube de guidage et joints sur les jambes du toit
Number of filling actions per year	Nombre de remplissages par an

[185, UBA Germany, 2004]

8.21. Rendement d'un RTFE en fonction du taux de renouvellement par an et diamètre du réservoir pour le pétrole brut et l'essence

Calculation of efficiency according API-Manual of Petroleum Measurement Standards, Chapter 19, Sec. 1 and Sec. 2 (April 1997)	Calcul de rendement selon la norme API Manual of Petroleum Measurement Standards, Chapitre 19, Sections 1 et 2 (avril 1997)
Efficiency of EFRT	Efficacité du RTFE
Storage conditions :	Conditions de stockage :
Product : gasoline	Produit : essence
Reid vapor pressure	Tension de vapeur selon Reid
Average wind speed	Vitesse moyenne du vent
Daily average ambient temperature	Température ambiante moyenne quotidienne
EFRT with shoe type primary seal + rim-mounted secondary seal, guidepole seal and roof leg seals.	RTFE avec joint primaire de type sabot + joint secondaire de bordure, joint du tube de guidage et joints sur les jambes du toit
Number of filling actions per year	Nombre de remplissages par an
Product : crude oil	Produit : pétrole brut

[185, UBA Germany, 2004]

8.22. Rendement des différents types de dispositifs d'étanchéité pour toit flottant

Yearly emission of floating roof rim spaces per meter of tank circumference depending from type of seal and wind velocity, according API – Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 10 (April 1997)	Émissions annuelles des espaces de bordure de toit flottant par mètre de circonférence de toit selon le type de dispositif d'étanchéité et la vitesse du vente selon la norme API Manual of Petroleum Measurement Standards, Chapitre 19 (avril 1997)
Storage product : gasoline	Produit stocké : essence
Reid vapor pressure (RVP)	Tension de vapeur selon Reid
Average stock storage temperature	Température de stockage moyenne
The diagram shows the data for tight-fitting seals	Le diagramme indique les données de dispositifs d'étanchéité bien ajustés
The data for average-fitting seals or damages seals are higher	Les données relatives aux dispositifs d'étanchéité moins bien ajustés ou endommagés sont plus élevées
Shoe seal primary only	Joint primaire sabot uniquement
Shoe seal + shoe mounted secondary	Joint sabot + joint secondaire sabot
Shoe seal + rim mounted secondary	Joint sabot + joint secondaire de bordure
Liquid mounted primary seal only	Joint primaire hydraulique uniquement
Liquid mounted primary + weather shield	Joint primaire hydraulique + bouclier anti-intempéries
Liquid mounted primary + rim mounted secondary	Joint primaire hydraulique + joint secondaire de bordure
Vapor mounted primary seal only	Joint primaire vapeur uniquement
Vapor mounted primary + weather shield	Joint primaire vapeur + bouclier anti-intempéries
Vapor mounted primary + rim mounted secondary	Joint primaire vapeur + joint secondaire de bordure
Wind velocity	Vitesse du vent
Emission of rim space	Emissions de l'espace de bordure

[185, UBA Germany, 2004]

8.23. Rendement d'un RTFI en fonction du nombre de cycles de remplissage par an et le diamètre du réservoir

Calculation of efficiency according API-Manual of Petroleum Measurement Standards, Chapter 19, Sec. 1 and Sec. 2 (April 1997)	Calcul de rendement selon la norme API Manual of Petroleum Measurement Standards, Chapitre 19, Sections 1 et 2 (avril 1997)
Efficiency of IFRT	Rendement du RTFI
Storage conditions :	Conditions de stockage :
Product : gasoline	Produit : essence
Reid vapor pressure	Tension de vapeur selon Reid
Daily average ambient temperature	Température ambiante moyenne quotidienne
IFRT with shoe type primary seal, guidepole seal and roof leg seals.	RTFI avec joint primaire de type sabot, joint du tube de guidage et joints sur les jambes du toit
Number of filling actions per year	Nombre de remplissages par an

[185, UBA Germany, 2004]