

Guide de réalisation des diagnostics de la vulnérabilité de l'habitat existant face aux risques technologiques



Table des matières

1	Contexte de réalisation des diagnostics de vulnérabilité.....	5
1.1	Effets des PPRT sur les biens existants.....	5
1.2	La démarche de mise en œuvre des travaux.....	5
1.3	Le diagnostic de vulnérabilité.....	6
2	Domaine d'application et destination du guide.....	7
2.1	Domaine d'application.....	7
2.2	Destination du guide.....	7
3	Les différents types d'effets et leurs conséquences.....	8
3.1	L'effet de surpression.....	8
3.2	L'effet thermique.....	8
3.3	L'effet toxique.....	9
4	La démarche de diagnostic de vulnérabilité.....	10
5	Caractérisation des aléas présents : la lecture du PPRT.....	10
6	Diagnostic de vulnérabilité vis-à-vis des effets de surpression.....	15
6.1	Principes de protection en fonction de l'intensité de l'effet de surpression.....	15
6.2	La démarche.....	15
6.3	Données d'entrée.....	15
6.4	Méthodologie du diagnostic de vulnérabilité.....	16
7	Diagnostic face aux effets thermiques continus.....	29
7.1	Principes de protection en fonction de l'intensité de l'effet thermique continu.....	29
7.2	La démarche.....	29
7.3	Données d'entrée.....	29
7.4	Diagnostic de vulnérabilité de l'enveloppe du bâtiment.....	31
7.5	Identification et aménagement d'un local de mise à l'abri.....	36
8	Diagnostic face aux effets thermiques transitoires.....	40
8.1	Principe de protection en fonction de l'intensité de l'effet thermique.....	40
8.2	Démarche.....	40
8.3	Données d'entrée.....	40
8.4	Caractérisation du bâti et diagnostic de vulnérabilité.....	41
9	Diagnostic face aux effets toxiques.....	45
9.1	Principe de protection vis-à-vis de l'effet toxique.....	45
9.2	La démarche.....	45
9.3	Caractérisation du bâti et des parties à protéger.....	49
9.4	Exigences des dispositifs de confinement.....	51
9.5	Dispositions complémentaires.....	57
9.6	Particularités des bâtiments collectifs d'habitation.....	58
9.7	Logements situés dans des bâtiments non résidentiels.....	59
10	Hiérarchisation des travaux.....	60
10.1	Démarche de hiérarchisation.....	60
10.2	Des critères techniques par effet.....	60
10.3	Cas d'effets simultanés.....	61

Annexes

Annexe 1 : Orientation – effet de surpression.....	63
Annexe 2 : Remplacement complet des menuiseries – effet de surpression.....	69
Zone 20-50 mbar.....	69
Zone 50-140 mbar.....	78
Annexe 3 : Réaction au feu des matériaux de construction courants.....	87
Annexe 4 : Abaques de détermination de l'objectif de perméabilité à l'air de la pièce de confinement – effet toxique.....	97
Abaques applicables aux bâtiments résidentiels « standards ».....	97
Abaques applicables aux bâtiments résidentiels construits en application de la RT 2012.....	110
Annexe 5 : Fiche de consignes pour le confinement – effet toxique.....	117
Annexe 6 : Fiches de relevé terrain par effet.....	123
Annexe 7 : Précisions sur le mode opératoire et le rapport d'essai de la mesure de la perméabilité à l'air des locaux de confinement – effet toxique.....	131

N° Version	Date de publication	Nature des modifications
Version 1	Juin 2016	
Version 2	Juillet 2016	Paragraphe 9.3.3 Ajout de l'Annexe 7
Version 3	Septembre 2017	Changement du logo du ministère

1 Contexte de réalisation des diagnostics de vulnérabilité

1.1 Effets des PPRT sur les biens existants

La loi n°2003-699 du 30 juillet 2003, relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages, a introduit les Plans de Prévention des Risques Technologiques (PPRT) qui visent à améliorer la coexistence des sites industriels à haut risque avec leurs riverains, en améliorant la protection de ces derniers tout en pérennisant les premiers. Le PPRT est un document d'urbanisme, approuvé par le préfet et annexé au plan local d'urbanisme (PLU, PLUi) de la commune.

Après une phase de réduction des risques à la source financée par l'industriel, les PPRT peuvent prévoir des restrictions de l'urbanisation future autour du site industriel, des travaux de renforcement des logements riverains, voire des mesures foncières (expropriation et délaissement) dans les secteurs les plus exposés au risque. Le PPRT est constitué d'un plan de zonage réglementaire, d'un règlement, d'un cahier de recommandations et d'une note de présentation.

Les types d'effets pour lesquels les PPRT peuvent comporter des actions sont :

- les effets thermiques (continus et transitoires) ;
- les effets de surpression ;
- les effets toxiques.

Pour les logements existants à la date d'approbation du PPRT, les propriétaires ont l'obligation d'assurer la protection des occupants de ces biens pour un ou plusieurs effets pour lesquels l(es) objectif(s) de performance à atteindre sont précisés dans le règlement du PPRT. Le coût des travaux à mettre en œuvre pour atteindre ces objectifs ne pourra néanmoins excéder, pour les biens d'une personne physique, 20 000 € ou 10% de la valeur vénale ou estimée de chaque bien. Au-delà de ces seuils, les travaux ne sont plus imposés par le PPRT.

Un dispositif de financement est prévu pour la réalisation des travaux et des études préalables à ceux-ci et permet de prendre en charge à 90%¹ de leur coût par le biais d'un crédit d'impôt et de participations des collectivités territoriales et des industriels.

En 2016, plus de 85 % des PPRT sont approuvés et les phases de mise en œuvre des mesures ont largement commencé.

1.2 La démarche de mise en œuvre des travaux

Pour répondre aux exigences du PPRT, la démarche de mise en œuvre des travaux de prévention des risques technologiques dans l'habitat existant suit plusieurs étapes successives à réaliser par le maître d'ouvrage :

1. S'informer sur les effets auxquels la construction concernée est exposée et connaître l'objectif de performance à atteindre ;
2. Diagnostiquer la vulnérabilité de la construction par rapport aux risques technologiques en déroulant une méthodologie adaptée ;
3. Sélectionner, avec l'aide d'un professionnel, un panel de travaux pouvant être mis en œuvre au vu des aléas identifiés et du diagnostic établi ;
4. Faire réaliser les travaux.

Le présent guide s'inscrit dans l'étape 2 énoncée ci-dessus.

Pour les étapes 3 et 4, il existe un « Référentiel de travaux de prévention des risques technologiques dans l'habitat existant » (INERIS-CEREMA)² qui permet notamment de définir la liste des travaux à réaliser dans le cadre du diagnostic.

Pour commencer, le maître d'ouvrage se reportera au plan de zonage réglementaire qui est obligatoirement annexé à l'arrêté d'approbation du PPRT. En localisant son bien sur le plan il pourra identifier les prescriptions réglementaires de renforcement qui s'y appliquent. Pour cela, après avoir identifié la zone réglementaire où se trouve le bien, il se reportera dans le règlement aux règles assignées à la protection des personnes. Par exemple, il pourra être demandé que le bâti protège les occupants pour un effet thermique

¹ 25 % sont pris en charge par l'industriel, 25 % par les collectivités et 40 % sous forme de crédit d'impôt (selon les dispositions en vigueur au 1er janvier 2016).

² Disponible sur le site internet : <http://installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr> dans la rubrique « Site national PPRT ».

de 5 kW/m².

1.3 Le diagnostic de vulnérabilité

Pour déterminer au mieux les travaux de renforcement à mettre en œuvre, la réalisation d'un diagnostic technique préalable par **un professionnel formé**³ est très vivement conseillée.

Les travaux de renforcement potentiels à réaliser varient en fonction :

- de l'exposition du bien et de sa typologie bâtementaire pour les effets surpression et thermiques ;
- de l'exposition du bien et de la perméabilité à l'air initiale de la future pièce de confinement pour les effets toxiques.

Ces effets peuvent éventuellement être combinés.

Le diagnostic va permettre de définir la capacité du bâti à protéger les personnes et les travaux de renforcement potentiels à réaliser en fonction des effets présents en cas d'accident.

Le diagnostic peut indiquer une évaluation approximative du coût des différents travaux et en proposer une hiérarchisation, en vue si nécessaire d'un choix si le montant estimé dépasse l'un des deux seuils suivants : 10 % de la valeur vénale du bien ou 20 000 €. Le choix de leur mise en œuvre revient au final au propriétaire du bâtiment.

Concernant les effets thermiques et de surpression, le diagnostic prendra la forme, pour les bâtiments d'habitation, d'une visite de terrain permettant de caractériser le bâti et sa capacité à résister aux effets auxquels il est exposé.

Pour l'effet thermique continu, le diagnostic comprendra également la recherche et l'identification d'un local de mise à l'abri.

Concernant l'effet toxique, le diagnostic prendra la forme, pour les bâtiments d'habitation :

- de la recherche et de l'identification d'une pièce de confinement ;
- d'une mesure de perméabilité à l'air de la pièce choisie, avec identification des fuites à traiter pour l'atteinte de l'objectif prescrit en termes de perméabilité à l'air ;
- de la connaissance des systèmes de ventilation du bâtiment et de la détermination des moyens de leur arrêt rapide.

³ La liste des personnes ayant participé aux journées techniques nationales pour la réalisation des diagnostics organisées par le ministère de l'écologie est disponible sur le site internet : <http://installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr> dans la rubrique « Site national PPRT ».

2 Domaine d'application et destination du guide

2.1 Domaine d'application

Le présent guide s'applique pour la protection des habitations existantes⁴ au regard des aléas technologiques (effet thermique, effet de surpression et effet toxique).

Il s'applique **prioritairement pour les maisons individuelles**.

Il peut également s'appliquer :

- aux logements individuels situés dans les bâtiments collectifs d'habitation (de type \leq R+4 pour la surpression) ;
- pour le risque toxique aux logements individuels « à caractère d'habitation familiale » situés dans des bâtiments autres que destinés à l'habitation (ex : logement de fonction).

Le présent guide n'est pas applicable :

- aux locaux de bâtiments non destinés à l'habitation, même si le caractère principal des bâtiments est celui-ci. Il ne s'applique ainsi pas, par exemple, aux études de vulnérabilité des ERP, des locaux commerciaux, des bureaux, des locaux artisanaux ou à destination de services situés dans des maisons individuelles ou dans des bâtiments collectifs d'habitation ;
- aux bâtiments de résidence à caractère non familial (ex : les foyers-résidences étudiants, maisons de retraite...) pour l'effet toxique ;
- aux bâtiments d'habitation de construction non standard (ex : habitations légères, démontables, mobiles-home...);
- aux logements individuels situés dans les bâtiments collectifs d'habitation de type $>$ R+4 pour les effets de surpression.

Bien que certains éléments présentés ici soient transposables, pour les bâtiments listés ci-dessus, une approche au cas par cas devra être réalisée par des bureaux d'études spécialisés.

Pour les cas particuliers non traités dans ce guide et les difficultés d'application qui pourraient se présenter, le ministère de l'écologie met à la disposition des professionnels du bâtiment une assistance technique à l'adresse mail suivante : travaux-pprt@developpement-durable.gouv.fr.

2.2 Destination du guide

Le guide vise à apporter les éléments nécessaires afin de réaliser les diagnostics de vulnérabilité pour les bâtiments résidentiels dans l'objectif de définir et qualifier les mesures de renforcement à réaliser pour répondre aux objectifs fixés par les PPRT.

Le guide est destiné en premier lieu aux bureaux d'études et aux diagnostiqueurs ou organismes chargés de réaliser un diagnostic de vulnérabilité pour les propriétaires ou les gestionnaires des bâtiments ou locaux d'habitation visés par les prescriptions des PPRT. Il s'adresse également aux opérateurs « logement » chargés de l'accompagnement de la mise en œuvre de travaux.

D'une manière générale, le guide peut intéresser tous les acteurs de la mise en œuvre des mesures de réduction de la vulnérabilité des habitations existantes.

⁴ Néanmoins, le guide apporte également des éléments utiles à la réalisation des études préalables à mener pour les projets neufs ou les extensions de constructions existantes.

3 Les différents types d'effets et leurs conséquences

3.1 L'effet de surpression

3.1.1 Les caractéristiques de l'effet de surpression

L'effet de surpression est généré par le souffle d'une explosion. Cet effet est caractérisé par son intensité (exprimée en mbar).

On distingue 4 seuils réglementaires formant 4 zones d'intensité :

- 20 à 50 mbar ;
- 50 à 140 mbar ;
- 140 à 200 mbar ;
- > 200 mbar.

En complément de l'intensité, ces zones réglementaires sont précisées par le type d'onde générée (déflagration ou onde de choc⁵) et par sa durée. Enfin, l'orientation du bâtiment par rapport à l'origine de l'explosion est également importante.

À titre indicatif, une surpression de 2 ou 3 mbar correspond au "bang" supersonique lorsque l'on passe le mur du son.

3.1.2 Les conséquences sur les personnes et les bâtiments

Les effets de surpression dépendent de la zone d'intensité dans laquelle se trouve l'habitation.

Ces effets sont principalement indirects, causés par la projection de débris des fenêtres et des vitres ou l'effondrement d'une partie de la structure.

Dans les zones d'intensités élevées (> 200 mbar), les effets peuvent être directs et provoquer des lésions aux tympans et aux poumons.

Les bâtiments correctement dimensionnés peuvent apporter une protection pour les personnes dans le bâtiment vis-à-vis de cet effet.

3.2 L'effet thermique

3.2.1 Les caractéristiques de l'effet thermique

L'effet thermique est généré par le rayonnement thermique d'un incendie ou d'une explosion. Il est qualifié de continu pour des phénomènes durant plus de 2 minutes (feux de nappe, feux de solides, jets enflammés) et de transitoire pour des phénomènes durant moins de 2 minutes (boules de feu, feux de nuage).

L'effet thermique continu se traduit par un flux thermique exprimé en kW/m² et l'effet thermique transitoire par une dose thermique exprimée en (kW/m²)^{4/3}.s.

On distingue 3 seuils réglementaires formant 3 zones d'intensité :

- | | |
|------------------------------------|--|
| • pour l'effet thermique continu : | • pour l'effet thermique transitoire : |
| ◦ 3 à 5 kW/m ² ; | ◦ 600 à 1000 (kW/m ²) ^{4/3} .s ; |
| ◦ 5 à 8 kW/m ² ; | ◦ 1000 à 1800 (kW/m ²) ^{4/3} .s ; |
| ◦ > 8 kW/m ² . | ◦ > 1800 (kW/m ²) ^{4/3} .s. |

À titre indicatif, le rayonnement solaire à midi, en été et sous l'équateur correspond à un flux thermique de 1 kW/m² et le seuil des brûlures au 1er degré correspond à une dose thermique de 100 (kW/m²)^{4/3}.s.

5 Appelée parfois « détonation »

3.2.2 Les conséquences sur les personnes et les bâtiments

Une exposition des personnes aux effets thermiques peut conduire à des coups de chaleur (hyperthermie), des brûlures de la peau et des voies respiratoires pouvant provoquer des effets létaux sur ces personnes.

Sous l'effet de la chaleur, la température à l'intérieur du bâtiment d'habitation peut atteindre des niveaux critiques, les fenêtres peuvent se dégrader, les vitrages casser, un incendie peut se propager à l'intérieur du bâtiment.

Les bâtiments, correctement dimensionnés, peuvent apporter une protection pour les personnes dans le bâtiment vis-à-vis de ces effets.

3.3 L'effet toxique

3.3.1 Les caractéristiques de l'effet toxique

L'effet toxique est la conséquence du rejet accidentel de produit polluant sous forme de nuage gazeux suite, par exemple, à une rupture de tuyauterie, à la destruction de réservoir de stockage ou à un incendie. Il ne peut pas être qualifié indépendamment de la substance dispersée, car les différents produits n'ont pas tous les mêmes effets, à concentration égale, sur l'être humain.

L'effet toxique est caractérisé par un taux d'atténuation dépendant des produits concernés. Ce taux représente l'objectif de diminution de la concentration du nuage en substances toxiques entre l'environnement extérieur et l'intérieur des locaux de confinement afin que les personnes, en situation de confinement dans le local, ne soient pas exposées à des effets irréversibles, pendant une durée de confinement de 2 heures maximum.

Pour les bâtiments d'habitation, les PPRT traduisent cet objectif de diminution par un objectif de perméabilité à l'air maximal des locaux de confinement, noté « n_{50} », exprimé en vol/h.

À titre indicatif, pour un local de 25 m³, pouvant correspondre à une pièce de 10 m² environ, une perméabilité à l'air n_{50} de 0,6 vol/h correspond à un trou unique équivalent dans la paroi de la taille d'une pièce de 2 €, et une perméabilité à l'air n_{50} de 8 vol/h correspond à un trou unique proche de la taille d'un billet de 5 €.

3.3.2 Conséquences sur les personnes et les bâtiments

Un nuage toxique rejeté dans l'atmosphère peut s'étendre et se déplacer avec l'air suivant les conditions météorologiques. Il aura un effet sur l'individu s'il atteint la zone ou l'environnement où il se trouve. Le nuage toxique pénètre dans les bâtiments sous l'effet notamment du vent et de l'action de la ventilation des bâtiments, par toutes les ouvertures et les défauts d'étanchéité des constructions.

Les effets du nuage toxique sur l'être humain dépendent de la toxicité des produits émis, de leur concentration dans l'air et de la durée pendant laquelle la personne y est exposée.

Un effet toxique ne produit pas en lui-même d'altération aux bâtiments. Il peut néanmoins se produire de façon concomitante avec un autre effet (thermique ou de surpression), soit simultanément, soit par effet domino. Dans ce cas, les bâtiments peuvent être affectés et les mesures de protection vis-à-vis des effets toxiques doivent en tenir compte.

4 La démarche de diagnostic de vulnérabilité

La démarche générale de diagnostic de vulnérabilité pour les effets de surpression et thermique se déroule en 6 étapes :

1. Caractérisation des aléas présents ;
2. Prise en compte de l'orientation du bâti par rapport au centre des phénomènes dangereux ;
3. Caractérisation du bâti et des parties d'ouvrages à protéger ;
4. Identification des parties d'ouvrage vulnérables du bâti ;
5. Proposition de solutions de renforcement par partie d'ouvrage ;
6. Proposition de différents scénarios de hiérarchisation des travaux, le cas échéant si l'estimation du coût des travaux à réaliser dépasse les seuils réglementaires.

La démarche de diagnostic pour l'effet toxique est globalement similaire, les précisions spécifiques à cet effet sont apportées au chapitre 9.

Les étapes « 2 – prise en compte de l'orientation du bâti », « 3 – caractérisation du bâti et des parties à protéger » et « 4 – identification des parties d'ouvrage vulnérables » sont détaillées effet par effet dans la suite du document.

Les étapes « 5 – Proposition de solutions de renforcement par partie d'ouvrage » et « 6 – Hiérarchisation des travaux » s'appuient sur le « **Référentiel de travaux de prévention des risques technologiques dans l'habitat existant** ».

Rappel : L'objectif des travaux à réaliser dans le cadre des PPRT est d'assurer la protection des occupants des bâtiments. Le diagnostic de vulnérabilité n'a donc pas pour objectif de déterminer des mesures pour garantir l'intégrité du bâti en cas d'accident.

5 Caractérisation des aléas présents : la lecture du PPRT

Pour débuter le diagnostic d'une habitation, les premiers éléments de caractérisation des aléas présents à rechercher dans les PPRT sont :

- **La zone dans laquelle se situe le bâtiment**

Consulter le « Plan de zonage réglementaire » du PPRT

Les zones sont nommées par une lettre (R, r, B, b) généralement suivie de caractères alphanumériques (exemple : R2a, b001...).

Rechercher la zone dans laquelle se situe le bâtiment.

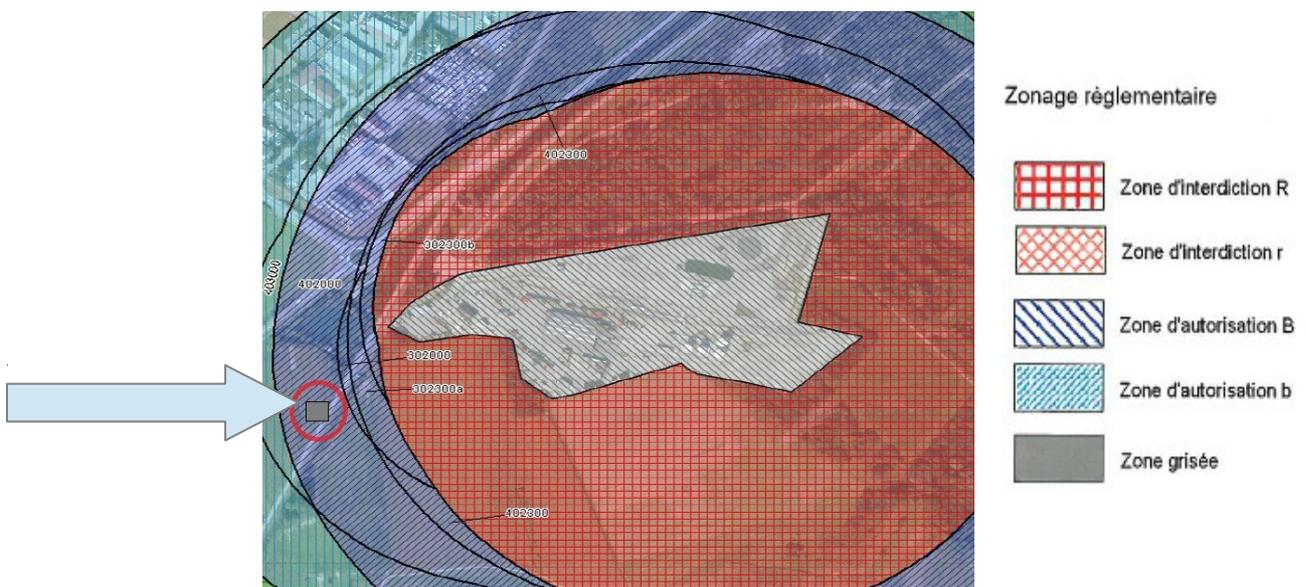


Illustration 1 : Exemple de plan de zonage réglementaire

- **Les prescriptions applicables au bâtiment**

Consulter le « Règlement du PPRT »

Les prescriptions concernant les constructions existantes figurent en général au titre IV des règlements : « Mesures de protection des populations »-Chapitre « Prescriptions sur les habitations existantes ».

Rechercher l'article qui traite de la zone dans laquelle se situe le bâtiment, puis :

1. Recenser l'ensemble des effets auxquels l'article du PPRT fait référence pour les mesures de protection à mettre en place (effet de surpression, thermique et toxique) :
 - un diagnostic sera nécessaire vis-à-vis de chaque effet auquel l'article prescrit une protection pour les bâtiments résidentiels ;
 - sauf indication contraire, le diagnostic considérera le bâtiment en situation possible d'effets simultanés dans le cas où l'article prévoit une protection vis-à-vis de plusieurs effets.
2. Prendre connaissance des prescriptions relatives aux effets présents dans la zone considérée :
 - pour les effets thermiques et de surpression, la prescription est généralement formalisée sous forme de tableau ou comme suit :

« Pour les biens existants dans la zone B (ou b) soumis aux effets thermiques et à vocation d'habitation, des travaux de réduction de la vulnérabilité doivent être réalisés après l'approbation du présent PPRT, afin d'assurer la protection des occupants de ces biens face à une intensité de XXX kW/m² (ou mbar). »

Zone réglementaire	Surpression			
	Seuil - Intensités	Objectif de performance		
		Intensité	Type	Durée
B1a	SEI – 50 à 140 mbar	140 mbar	Déflagration	50 – 150 ms
B1b	SEI – 50 à 140 mbar	140 mbar	Déflagration	150 – 1000 ms
B2a	BDV – 35 à 50 mbar	50 mbar	-	20 – 100 ms
B2b	BDV – 20 à 35 mbar	35 mbar	-	20 – 100 ms

Illustration 2 : Exemple de tableau de prescription

- pour les effets toxiques, la prescription est généralement « la mise en œuvre d'un dispositif de confinement respectant un objectif de performance », l'article peut renvoyer à d'autres articles et des annexes précisant les objectifs et caractéristiques du dispositif prescrit ;

Pour le « résidentiel », l'objectif de performance est le niveau de perméabilité à l'air que la pièce de confinement ne doit pas dépasser, il est indiqué par plusieurs valeurs n_{50} (exprimées en vol/h) suivant le type du bâtiment (maison individuelle ou logement dans un bâtiment collectif) et la situation exposée ou abritée du local de confinement. À ce stade de l'étude retenir les deux valeurs prescrites pour la typologie du bâtiment ;

Dans le cas où le règlement ne fixe pas de valeurs n_{50} prescrites, il faut retenir la valeur de l'objectif en taux d'atténuation (Att%) et rechercher alors dans le règlement la condition atmosphérique à retenir pour déterminer la valeur n_{50} comme pour le cas d'un bâtiment non résidentiel (les conditions atmosphériques sont indiquées par un couple chiffre-lettre : 3F, 5D, 10D...).

Nota : Délai de réalisation des travaux

Suite à l'ordonnance n°2015-1324 du 22 octobre 2015, les travaux de protection prescrits pour les logements doivent être réalisés dans un délai de **8 ans** à compter de l'approbation du plan, ou avant le 1er janvier 2021 si le plan a été approuvé avant le 1er janvier 2013.

Consulter les annexes : cartographie de l'intensité

Les prescriptions concernant les constructions existantes peuvent également figurer en annexe au règlement (« Objectif de protection face à l'aléa XXX »), dans une cartographie de l'intensité de l'aléa. Cela est généralement le cas en présence de nombreux aléas pour faciliter la lecture du document.

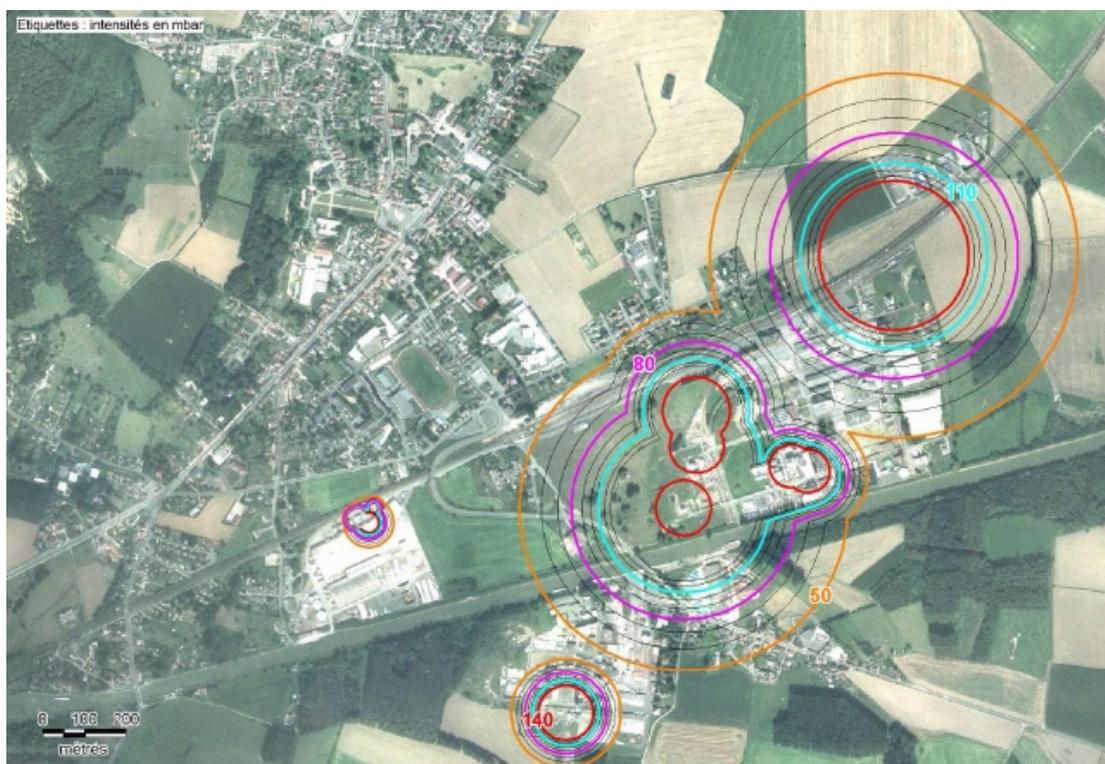


Illustration 3 : Cartographie des sous-zones d'intensité 50 – 140 mbar

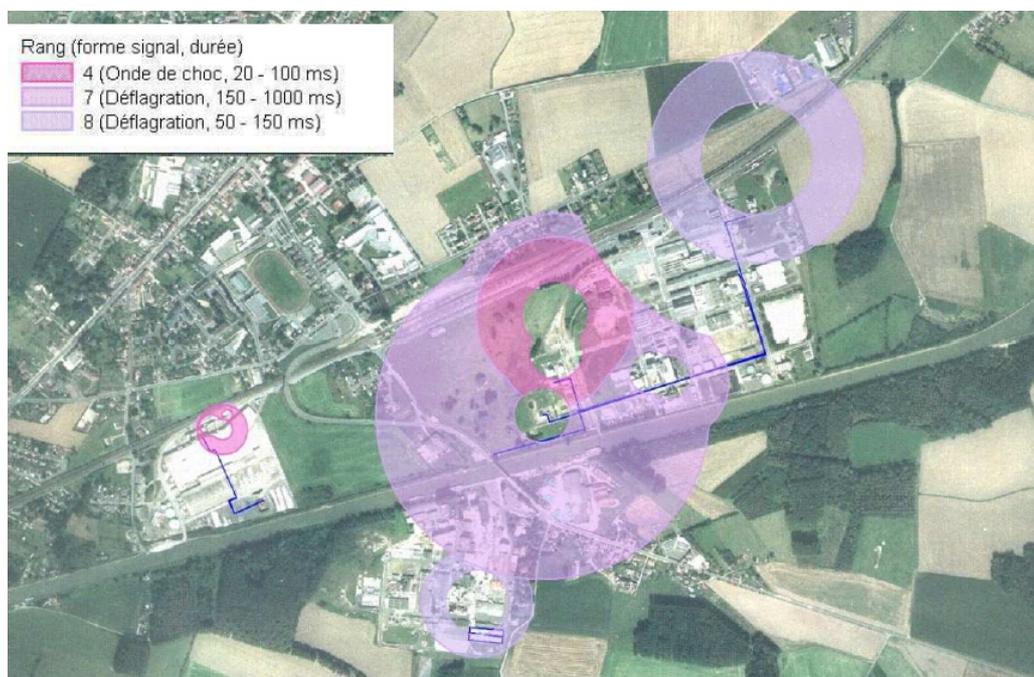


Illustration 4 : Cartographie de forme de l'onde et temps d'application

Consulter les « Cartographies d'orientation »

Les cartographies détaillées par source ou ensemble de sources de phénomènes dangereux, permettent de réduire l'étude aux seuls phénomènes ayant un effet impactant le bâtiment.

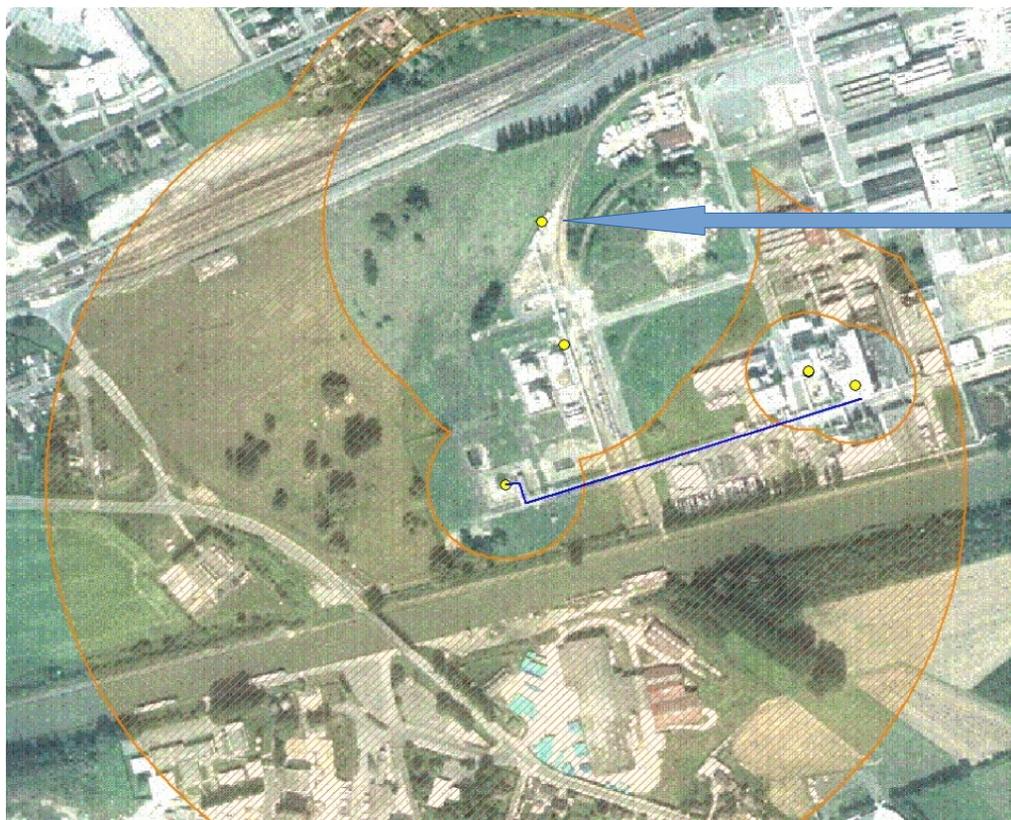


Illustration 5 : Exemple de cartographie d'orientation

Ces cartographies permettent de situer précisément les bâtiments par rapport aux sources des phénomènes dangereux. Elles permettent de déterminer le niveau d'exposition des façades du bâtiment ainsi que celui du local de confinement ou de mise à l'abri.

Les cartographies d'orientation sont généralement en pièces annexes au règlement. En cas d'absence de ces cartographies, la détermination de l'exposition se fait par rapport à l'ensemble du site, ce qui peut être plus contraignant.

Dans le cas où les cartographies à disposition ne mentionnent pas clairement les sources ou les zones d'effet de ces sources, le diagnostiqueur pourra être amené à retenir comme origine des sources l'ensemble du site (zone grisée) ou alors se rapprocher de la DREAL ou de la DDT locale pour en avoir communication.

- **Les recommandations**

Consulter le « Cahier des recommandations »

Le cahier des recommandations est généralement un document séparé du règlement. Les recommandations peuvent aussi être inscrites dans le règlement et sont alors indiquées comme telles. Il s'agit de mesures de protection ou de renforcement qui ne sont pas rendues obligatoires par le règlement en tant que prescriptions.

Les chapitres 6 à 9 suivants présentent la méthode de diagnostic de la vulnérabilité des bâtiments compris dans le champ d'application du présent guide pour les 5 types d'effet présents dans les PPRT.

Le tableau suivant permet d'identifier rapidement, en fonction des effets et des intensités auxquels sont exposés un bâtiment, les chapitres du guide auxquels se référer pour mener un diagnostic complet de vulnérabilité :

Effet	Intensité			
	Bris de vitres	SEI	SEL	SELS
Surpression Chapitre 6	20 à 50 mbar	50 à 140 mbar	140 à 200 mbar	> 200 mbar
	Chapitre 6.4.1	Chapitre 6.4.2 + Annexes 1 et 2	*	*
Thermique continu Chapitre 7	-	3 à 5 kW/m ²	5 à 8 kW/m ²	> 8 kW/m ²
	-	Chapitres 7.4 et 7.5 + Annexe 3		*
Thermique transitoire de type boule de feu Chapitre 8	-	600 à 1000 (kW/m ²) ^{4/3} .s	1000 à 1800 (kW/m ²) ^{4/3} .s	> 1800 (kW/m ²) ^{4/3} .s
	-	Chapitre 8.4.6		*
Thermique transitoire de type feu de nuage Chapitre 8	-	SEI	SEL/SELS	
	-	Chapitre 8.4.7	*	
Toxique Chapitre 9	-	SEI	SEL	SELS
	-	Chapitres 9.2 à 9.7 + Annexes 4, 5 et 5bis		

* Intensités non traitées dans le présent guide. S'agissant d'intensités élevées, les bâtiments qui y sont exposés font généralement l'objet de mesures foncières et ne sont donc pas concernés par des travaux de renforcement.

6 Diagnostic de vulnérabilité vis-à-vis des effets de surpression

6.1 Principes de protection en fonction de l'intensité de l'effet de surpression

En zone 20-50 mbar, correspondant à des effets indirects par bris de vitres⁶, le diagnostic de vulnérabilité des bâtiments de type habitation individuelle porte uniquement sur les menuiseries vitrées. L'objectif est d'en améliorer leur résistance mécanique.

En zone 50-140 mbar, correspondant à des dégâts légers à graves sur les structures⁶, le diagnostic de vulnérabilité des bâtiments de type habitation individuelle porte sur l'ensemble du bâtiment. Il peut être nécessaire de renforcer la structure porteuse du bâtiment afin d'en améliorer la stabilité globale et/ou les différentes parties du bâtiment (murs, charpente, fenêtres...) afin d'en améliorer leur résistance mécanique.

6.2 La démarche

La détermination de la vulnérabilité, afin d'évaluer la capacité du bâtiment à protéger les personnes ou la nécessité de renforcement, s'appuie sur :

- les données d'entrée :
 - la caractérisation de la sollicitation ;
 - la caractérisation du bâti ;
- une méthode d'évaluation de la vulnérabilité afin d'identifier les parties d'ouvrage du bâtiment vulnérables en fonction des données d'entrée.

Ces principes sont mis en œuvre en fonction de la typologie du bâti et des zones d'intensité.

6.3 Données d'entrée

6.3.1 Caractérisation de la sollicitation

Les caractéristiques de la sollicitation s'appuient sur :

- la zone ou sous-zone d'intensité dans laquelle se trouve le bâtiment :
 - 20-50 mbar (décomposée en deux sous-zones : 20-35, 35-50 mbar) ;
 - 50-140 mbar. La zone d'intensité 50-140 mbar peut être décomposée en 9 sous-zones d'intensité intermédiaires : 50-60 mbar, 60-70 mbar, 70-80 mbar, 80-90 mbar, 90-100 mbar, 100-110 mbar, 110-120 mbar, 120-130 mbar et 130-140 mbar.
- la nature de l'onde de surpression générée par l'explosion : onde de choc ou déflagration ;
- l'intervalle de temps d'application de l'onde de surpression exprimé en ms.

6.3.2 Caractérisation du bâti

La caractérisation du bâti consiste en :

- la détermination de l'orientation du bâtiment par rapport au centre d'explosion. Celle-ci ayant une influence sur le niveau d'endommagement du bâtiment ;
- la détermination des caractéristiques des différentes parties d'ouvrage :
 - les murs de maçonnerie ou en béton : nature, hauteur ;
 - la charpente et la toiture : nature de la charpente, pente ;
 - les éléments de couverture : petits ou grands éléments ;
 - les menuiseries vitrées : type et dimension du vitrage, nature du châssis, système de fermeture, fixations dans le mur.

Des exemples de fiches de relevé terrain sont disponibles en Annexe 6 : Fiches de relevé terrain par effet.

⁶ Tel que défini dans l'arrêté du 29/09/05 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation dit « arrêté PCIG »

6.4 Méthodologie du diagnostic de vulnérabilité

6.4.1 Caractérisation et diagnostic de vulnérabilité des menuiseries vitrées en zone 20-50 mbar

Pour les habitations individuelles en zone 20-50 mbar, le diagnostic de vulnérabilité des bâtiments d'habitations individuelles porte uniquement sur les menuiseries vitrées.

La démarche du diagnostic consiste à déterminer l'orientation de chacune des façades du bâtiment, à caractériser les menuiseries vitrées et à déterminer leur vulnérabilité en fonction de ces données.

6.4.1.1 Prise en compte de l'orientation du bâti

L'orientation des faces est prise en compte dans la caractérisation de la vulnérabilité du bâtiment aux effets de surpression.

Le diagnostiqueur doit orienter l'ensemble des faces du bâtiment :

- Il relève toutes les faces du bâtiment.
- Pour chaque centre de phénomènes dangereux retenu, il calcule la valeur des deux angles formés par la normale de chaque face et le segment [centre du phénomène retenu-extrémité de la face].
- Il retient l'angle le plus défavorable (le plus faible en valeur absolue) pour chaque face.

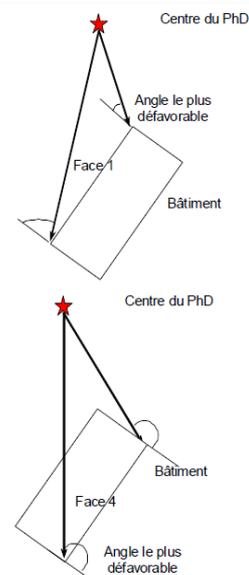


Illustration 6 : Angles retenus

- Il affecte aux faces un numéro de face selon la règle suivante :
 - Face 1 : pour un angle compris entre 0 et 45 degrés ;
 - Face 2 : pour un angle compris entre 45 et 90 degrés ;
 - Face 3 : pour un angle compris entre 90 et 135 degrés ;
 - Face 4 : pour un angle compris entre 135 et 180 degrés.

Lorsque l'étude doit prendre en compte deux centres de phénomènes dangereux, deux numéros de face peuvent alors être affectés à une même face. Le numéro de face le plus faible doit être retenu (si une face est 1 et 3, le numéro de face 1 est retenu). Il est alors possible d'avoir plusieurs faces avec le même numéro.

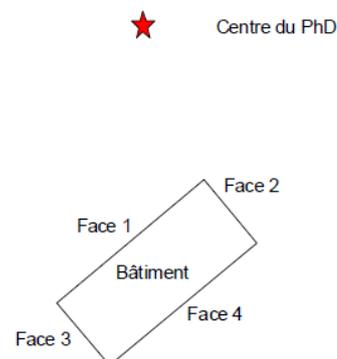


Illustration 7 : Affectation des numéros des faces

Le lecteur est invité à se reporter en Annexe 1 : Orientation – effet de surpression, pour avoir le détail de la méthodologie.

6.4.1.2 Caractérisation des menuiseries vitrées

Dans les zones d'intensité 20-50 mbar, les effets redoutés sont ceux liés à la projection de bris de vitres au travers de la pièce. L'ouverture des menuiseries voire la désolidarisation du cadre ou d'un élément de la menuiserie ne représentent pas les principaux risques pour les occupants du logement (sauf en cas d'effets combinés, notamment toxique et surpression, où il est alors nécessaire de garantir l'étanchéité de la fenêtre après l'effet de souffle). Dès lors, pour les bâtiments individuels existants dans les zones d'intensité 20-50 mbar, **l'objectif de performance est à considérer comme un objectif vis-à-vis des panneaux vitrés.**

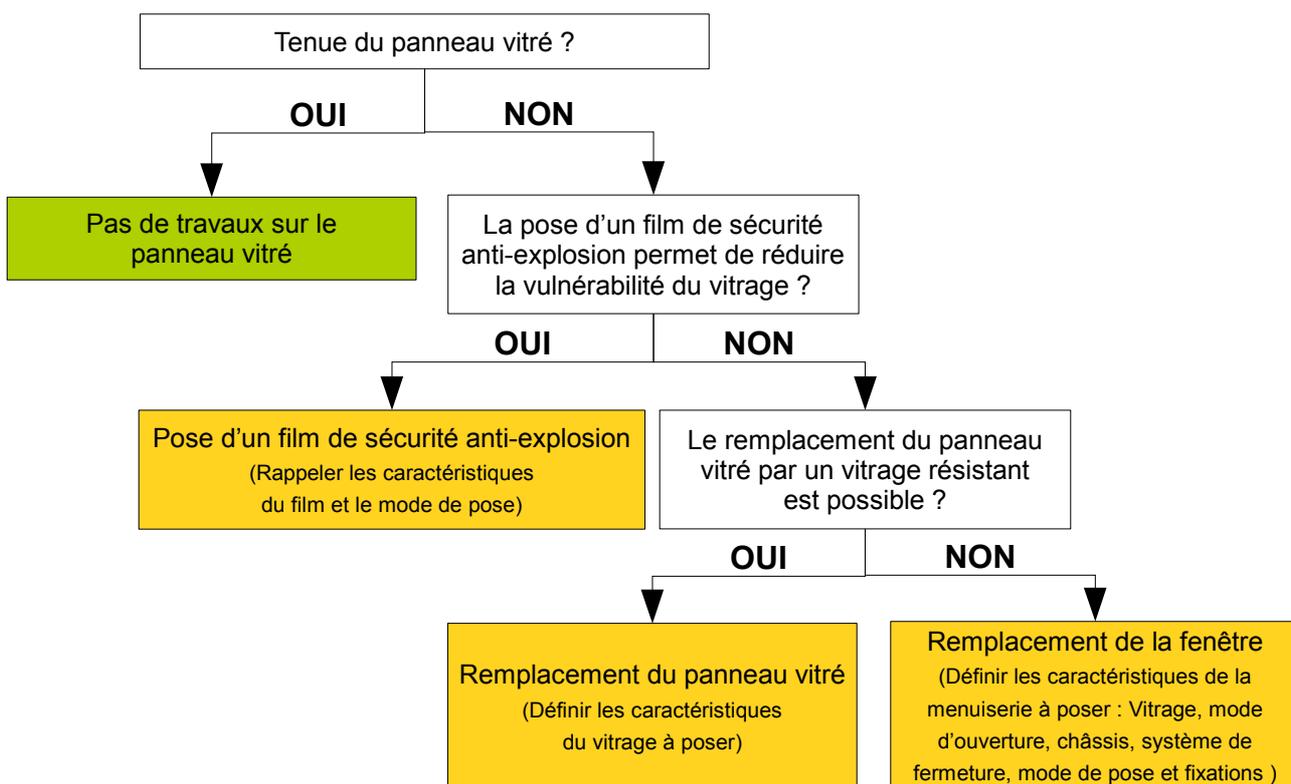
Il s'agira donc de s'assurer que les panneaux vitrés résistent ou cassent sans risque de blessure pour les personnes. Les mesures de renforcement à privilégier sont la pose d'un film de sécurité anti-explosion ou le remplacement du panneau vitré.

La caractérisation des menuiseries vitrées consiste donc à identifier :

- Le type de vitrage (simple vitrage, double vitrage X/Y/X, double vitrage feuilleté...);
- Les dimensions des panneaux vitrés (longueur et largeur, voir illustration 8);
- Les dimensions du tableau de la menuiserie.

6.4.1.3 Diagnostic de vulnérabilité des panneaux vitrés

Le diagnostic de vulnérabilité **porte uniquement sur les panneaux vitrés** et suit la démarche du logigramme ci-dessous.



La tenue du panneau vitré est examinée au regard des tableaux 1 et 2 page 24 qui présentent, pour les doubles vitrages les plus fréquemment rencontrés⁷, les dimensions maximales admissibles du panneau vitré correspondant permettant de résister à une onde de surpression incidente de 20 à 50 mbar ou de protéger efficacement les personnes contre ces agressions en cassant sans risque de blessure.

Ces tableaux donnent la largeur maximale (l) d'un panneau vitré en fonction :

- de la nature du vitrage (double vitrage 4/Y/4, 44,2/Y/4... (Y donne l'épaisseur courante de la lame d'air, généralement entre 4 et 20 mm) ;
- de la zone dans laquelle se trouve le bâtiment (20-35 mbar ou 35-50 mbar) ;
- de l'orientation de la façade du bâtiment par rapport au centre d'explosion (face 1 à 4) ;
- et du rapport L/l (longueur d'un panneau vitré L, largeur d'un panneau vitré l).

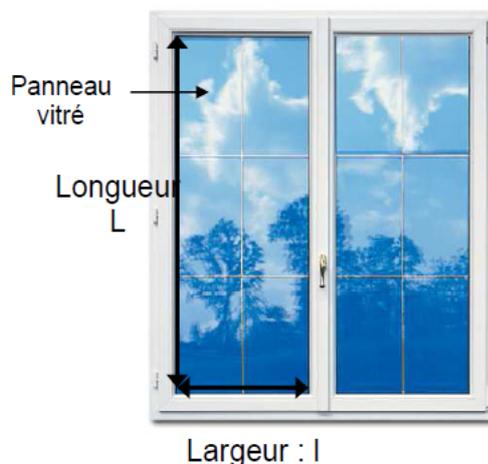


Illustration 8 : Dimensions L et l d'un panneau vitré

Les panneaux en simple vitrage sont vulnérables quelles que soient leurs dimensions dans la zone 20-50 mbar et doivent être filmés ou remplacés par des panneaux vitrés résistants.

Les triple vitrages peuvent être considérés en première approche comme des double vitrages.

La possibilité de poser un film de sécurité anti-explosion est à examiner au regard des tableaux 3 à 6 pages 24 et 25 qui présentent, pour différents types de vitrage, les dimensions maximales admissibles du panneau vitré pour lesquelles la pose d'un film permet de renforcer le panneau vitré face à une onde de surpression incidente de 20 à 50 mbar et de protéger efficacement les personnes contre ces agressions en cassant sans risque de blessure.

Le film de protection doit être appliqué sur le vitrage **côté intérieur** et doit respecter les préconisations suivantes :

- Le film doit être posé dans les règles de l'art par un professionnel.
- Seules sont acceptées les poses par fixation chimique ou mécanique. Le film doit être fixé sur les quatre côtés.
- Le film de sécurité doit être un film de haute performance et respectant les caractéristiques ci-dessous :
 - Élongation (%) ≥ 140 % ;
 - Épaisseur x Contrainte à la rupture (MPa.m) $\geq 0,03$;
 - Classement norme GSA⁸ : minimum 3b.

S'il n'est pas possible de poser un film de sécurité anti-explosion sur le panneau vitré (impossibilité technique ou dimensions du panneau vitré supérieures aux exigences des tableaux 3 à 6 pages 24 et 25), le diagnostiqueur doit examiner la possibilité de remplacer le panneau vitré existant par un panneau vitré résistant en s'appuyant sur les tableaux 1 et 2 page 24 et les tableaux 29 à 33 de l'Annexe 2 : Remplacement complet des menuiseries – effet de surpression.

⁷ D'autres tableaux portant sur les doubles vitrages feuilletés et trempés sont disponibles en Annexe 2 : Remplacement complet des menuiseries – effet de surpression. S'il n'existe pas de tableau pour un vitrage particulier, il est possible d'utiliser le tableau correspondant au même type de vitrage avec des dimensions immédiatement inférieures.

⁸ Cette recommandation s'applique pour un film testé dans les conditions suivantes :

- appliqué sur un vitrage monolithique recuit de 1,60 x 1,30 m et de 6 mm d'épaisseur ;
- classé au minimum 3b lorsque cet ensemble est soumis à un signal triangulaire rectangle d'intensité 275 mbar et de 14 ms.

Ce film est ainsi testé en accord avec le protocole et les spécifications de la norme GSA.

S'il n'est pas possible de filmer et que le remplacement du vitrage existant n'est pas possible (feuillure existante n'acceptant pas le remplacement du panneau vitré par exemple ou fenêtre vétuste ayant vocation à être changée - châssis dégradé ou simple de vitrage de grande dimension par exemple), l'ensemble de la menuiserie doit être remplacée. Des mesures complémentaires seront alors également à prendre afin d'améliorer la tenue globale de la menuiserie.

Dans ces derniers cas, les caractéristiques des fenêtres à mettre en œuvre devront respecter l'ensemble des recommandations indiquées en Annexe 2 : Remplacement complet des menuiseries – effet de surpression, ou en cas d'impossibilité technique la plus grande partie de ces recommandations.

Ces recommandations portent sur :

- la nature du panneau vitré ;
- le mode d'ouverture de la fenêtre (ouverture à la française, vers l'extérieur...) ;
- le matériau constituant le châssis (PVC, aluminium, bois) ;
- le système de fermeture de la fenêtre ;
- le mode de pose ;
- le mode de fixation du châssis dans le mur.

Le diagnostic devra par conséquent conclure sur la tenue du vitrage, définir les modalités de renforcement du vitrage et, en cas de changement des fenêtres, les caractéristiques à retenir (mode d'ouverture, châssis, système de fermeture, mode de pose et fixations dans la maçonnerie).

Dans le cas où la fenêtre est vétuste (châssis dégradé, simple vitrage de grande dimension), il appartient au diagnostiqueur de définir en concertation avec le propriétaire l'opportunité de remplacer les menuiseries, en fonction du contexte particulier propre à chaque logement et de l'ensemble des travaux de réduction de la vulnérabilité aux risques technologiques à réaliser.

Pour les portes d'entrée, le diagnostic et, le cas échéant les travaux à réaliser, ne portent que sur la partie vitrée de celle-ci. Dans le cas où les parties vitrées sont vulnérables, il peut être envisagé soit de poser un film de sécurité anti-explosion (même dans le cas d'un simple vitrage) soit de remplacer la partie vitrée par un panneau vitré respectant les recommandations précitées, soit de remplacer la porte par une porte à âme pleine s'ouvrant de préférence vers l'extérieur si le renforcement du vitrage n'est pas possible. Les portes d'entrée à âme pleine ne sont pas à considérer comme des parties sur lesquelles réaliser des travaux de renforcement.

6.4.1.4 Tableaux d'évaluation de la tenue des panneaux vitrés existants

Les tableaux suivants présentent, pour différents type de vitrage⁹, les dimensions maximales admissibles du panneau vitré correspondant permettant de résister à une onde de surpression incidente de 20 à 50 mbar ou de protéger efficacement les personnes contre ces agressions en cassant sans risque de blessure.

Panneaux vitrés en double vitrage 4/Y/4							
Onde de choc							
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/l				
			1	1,5	2	3	4
20-35 mbar	Face 1	l (m)	0,70	0,55	0,40	0,35	0,35
	Face 2		0,90	0,70	0,65	0,40	0,40
	Face 3		1,15	0,90	0,80	0,55	0,50
	Face 4		1,20	0,95	0,85	0,55	0,55
35-50 mbar	Face 1	l (m)	0,55	0,40	0,30	0,25	0,25
	Face 2		0,65	0,55	0,40	0,30	0,30
	Face 3		0,90	0,70	0,65	0,40	0,40
	Face 4		0,95	0,75	0,70	0,45	0,45
Déflagration							
20-35 mbar	Face 1	l (m)	0,95	0,75	0,70	0,45	0,45
	Face 2		1,15	0,90	0,80	0,55	0,50
	Face 3		1,30	1,05	0,95	0,65	0,60
	Face 4		1,35	1,10	1,00	0,70	0,65
35-50 mbar	Face 1	l (m)	0,80	0,60	0,45	0,35	0,35
	Face 2		0,90	0,70	0,65	0,40	0,40
	Face 3		1,05	0,85	0,75	0,50	0,50
	Face 4		1,15	0,90	0,80	0,55	0,50

Tableau 1 : Panneaux vitrés en double vitrage recuit 4/Y/4

Panneaux vitrés en double vitrage 3/Y/3							
Onde de choc							
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/l				
			1	1,5	2	3	4
20-35 mbar	Face 1	l (m)	0,50	0,40	0,30	0,25	0,25
	Face 2		0,60	0,50	0,40	0,30	0,30
	Face 3		0,80	0,60	0,55	0,40	0,40
	Face 4		0,85	0,65	0,60	0,40	0,40
35-50 mbar	Face 1	l (m)	0,40	0,30	0,25	0,20	0,20
	Face 2		0,50	0,40	0,30	0,25	0,25
	Face 3		0,60	0,50	0,45	0,30	0,30
	Face 4		0,65	0,55	0,50	0,35	0,35
Déflagration							
20-35 mbar	Face 1	l (m)	0,65	0,55	0,50	0,35	0,35
	Face 2		0,80	0,60	0,55	0,40	0,40
	Face 3		0,90	0,75	0,65	0,50	0,45
	Face 4		1,00	0,80	0,70	0,50	0,50
35-50 mbar	Face 1	l (m)	0,55	0,45	0,35	0,30	0,25
	Face 2		0,60	0,50	0,40	0,30	0,30
	Face 3		0,75	0,60	0,55	0,35	0,35
	Face 4		0,80	0,60	0,55	0,40	0,40

⁹ D'autres tableaux portant sur les doubles vitrages feuilletés et trempés sont disponibles en Annexe 2 : Remplacement complet des menuiseries – effet de surpression

Tableau 2 : Panneaux vitrés en double vitrage recuit 3/Y/3

6.4.1.5 Tableaux pour le filmage des panneaux vitrés

Les tableaux suivants présentent, pour différents type de vitrage, les dimensions maximales admissibles du panneau vitré pour lesquelles l'ajout d'un film de sécurité anti-explosion permet de protéger efficacement les personnes face à une onde de surpression incidente de 20 à 50 mbar en cassant sans risque de blessure.

Panneaux vitrés en simple vitrage 4 mm + Film de protection anti-fragment							
Onde de choc							
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/l				
			1	1,5	2	3	4
20-35 mbar	Face 1	l (m)	0,55	0,35	0,30	0,30	0,25
	Face 2		0,65	0,45	0,35	0,30	0,30
	Face 3		0,85	0,65	0,50	0,40	0,40
	Face 4		0,90	0,70	0,55	0,45	0,40
35-50 mbar	Face 1	l (m)	0,40	0,30	0,25	0,25	0,20
	Face 2		0,50	0,35	0,30	0,30	0,25
	Face 3		0,70	0,50	0,40	0,35	0,35
	Face 4		0,70	0,55	0,40	0,35	0,35
Déflagration							
20-35 mbar	Face 1	l (m)	0,70	0,55	0,40	0,35	0,35
	Face 2		0,85	0,65	0,50	0,40	0,40
	Face 3		0,95	0,80	0,70	0,50	0,45
	Face 4		1,05	0,85	0,80	0,55	0,50
35-50 mbar	Face 1	l (m)	0,60	0,40	0,35	0,30	0,30
	Face 2		0,70	0,50	0,40	0,35	0,35
	Face 3		0,80	0,65	0,45	0,40	0,40
	Face 4		0,90	0,70	0,55	0,45	0,40

Tableau 3 : Panneaux vitrés en simple vitrage 4 mm + Film de protection anti-fragment

Panneaux vitrés en double vitrage 4/Y/4 + Film de protection anti-fragment							
Onde de choc							
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/l				
			1	1,5	2	3	4
20-35 mbar	Face 1	l (m)	1,00	0,85	0,80	0,60	0,55
	Face 2		1,20	0,95	0,90	0,70	0,65
	Face 3		1,45	1,20	1,10	1,00	0,80
	Face 4		1,50	1,20	1,15	1,00	0,85
35-50 mbar	Face 1	l (m)	0,85	0,70	0,65	0,50	0,45
	Face 2		1,00	0,85	0,75	0,60	0,55
	Face 3		1,25	1,00	0,95	0,75	0,65
	Face 4		1,30	1,05	0,95	0,80	0,70
Déflagration							
20-35 mbar	Face 1	l (m)	1,30	1,05	0,95	0,80	0,70
	Face 2		1,45	1,20	1,10	1,00	0,80
	Face 3		1,65	1,35	1,20	1,05	0,95
	Face 4		1,75	1,45	1,25	1,10	1,00
35-50 mbar	Face 1	l (m)	1,10	0,90	0,85	0,65	0,60
	Face 2		1,25	1,00	0,95	0,75	0,65
	Face 3		1,40	1,15	1,05	0,95	0,75

	Face 4		1,50	1,20	1,15	1,00	0,85
--	--------	--	------	------	------	------	------

Tableau 4 : Panneaux vitrés en double vitrage 4/16/4 + Film de protection anti-fragment

Panneaux vitrés en simple vitrage 3 mm + Film de protection anti-fragment							
Onde de choc							
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/l				
			1	1,5	2	3	4
20-35 mbar	Face 1	l (m)	0,40	0,25	0,20	0,20	0,20
	Face 2		0,50	0,35	0,25	0,25	0,25
	Face 3		0,60	0,50	0,35	0,30	0,30
	Face 4		0,65	0,55	0,40	0,30	0,30
35-50 mbar	Face 1	l (m)	0,30	0,20	0,20	0,15	0,15
	Face 2		0,35	0,25	0,20	0,20	0,20
	Face 3		0,50	0,35	0,30	0,25	0,25
	Face 4		0,55	0,40	0,30	0,25	0,25
Déflagration							
20-35 mbar	Face 1	l (m)	0,55	0,45	0,30	0,25	0,25
	Face 2		0,60	0,50	0,35	0,30	0,30
	Face 3		0,70	0,60	0,55	0,35	0,35
	Face 4		0,80	0,65	0,60	0,40	0,35
35-50 mbar	Face 1	l (m)	0,45	0,30	0,25	0,20	0,20
	Face 2		0,50	0,35	0,30	0,25	0,25
	Face 3		0,60	0,50	0,35	0,30	0,30
	Face 4		0,65	0,50	0,40	0,30	0,30

Tableau 5 : Panneaux vitrés en simple vitrage 3 mm + Film de protection anti-fragment

Panneaux vitrés en double vitrage 3/Y/3 + Film de protection anti-fragment							
Onde de choc							
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/l				
			1	1,5	2	3	4
20-35 mbar	Face 1	l (m)	0,75	0,60	0,55	0,35	0,35
	Face 2		0,85	0,70	0,65	0,45	0,40
	Face 3		1,00	0,85	0,80	0,65	0,55
	Face 4		1,10	0,90	0,80	0,70	0,55
35-50 mbar	Face 1	l (m)	0,60	0,50	0,40	0,30	0,30
	Face 2		0,70	0,60	0,55	0,35	0,35
	Face 3		0,90	0,70	0,65	0,50	0,45
	Face 4		0,90	0,75	0,70	0,50	0,45
Déflagration							
20-35 mbar	Face 1	l (m)	0,95	0,80	0,70	0,55	0,50
	Face 2		1,00	0,85	0,80	0,70	0,55
	Face 3		1,20	1,00	0,90	0,80	0,65
	Face 4		1,30	1,05	0,95	0,80	0,70
35-50 mbar	Face 1	l (m)	0,80	0,65	0,60	0,40	0,40
	Face 2		0,90	0,70	0,65	0,50	0,45
	Face 3		1,00	0,80	0,75	0,60	0,50
	Face 4		1,10	0,90	0,80	0,70	0,55

Tableau 6 : Panneaux vitrés en double vitrage 3/Y/3 + Film de protection anti-fragment

6.4.2 Caractérisation et diagnostic de vulnérabilité du bâti en zone 50-140 mbar

6.4.2.1 Menuiseries vitrées

Les menuiseries vitrées sont vulnérables dans la zone 50-140 mbar d'un effet de surpression. Il convient ainsi de toujours remplacer les menuiseries vitrées par des menuiseries respectant les préconisations indiquées en Annexe 2 : Remplacement complet des menuiseries – effet de surpression, ou en cas d'impossibilité technique la plus grande partie de ces recommandations.

Pour définir les caractéristiques de la menuiserie à installer, il est nécessaire :

- d'effectuer un relevé des dimensions du tableau des menuiseries vitrées ;
- de déterminer l'orientation des faces sur lesquelles sont présentes les menuiseries selon la méthodologie ci-dessous.

L'orientation des façades du bâtiment par rapport au centre de l'explosion est repérée par un numéro : face 1 (la plus exposée), face 2, face 3 ou face 4 (la moins exposée). En effet, suivant leur orientation, les façades sont plus ou moins exposées aux effets de l'explosion, cela conduit à des niveaux d'endommagement différents.

Le diagnostiqueur doit orienter l'ensemble des faces du bâtiment :

- Il relève toutes les faces du bâtiment.
- Pour chaque centre de phénomènes dangereux retenu, il calcule la valeur des deux angles formés par la normale de chaque face et le segment [centre du phénomène retenu-extrémité de la face].
- Il retient l'angle le plus défavorable (le plus faible en valeur absolue) pour chaque face.

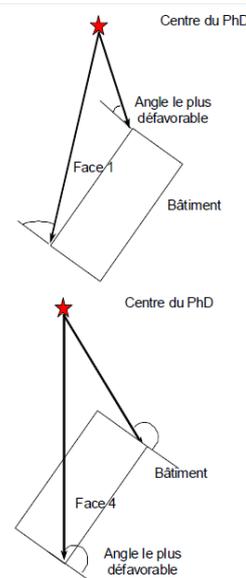


Illustration 9 : Angles retenus

- Il affecte aux faces un numéro de face selon la règle suivante :
 - Face 1 : pour un angle compris entre 0 et 45 degrés ;
 - Face 2 : pour un angle compris entre 45 et 90 degrés ;
 - Face 3 : pour un angle compris entre 90 et 135 degrés ;
 - Face 4 : pour un angle compris entre 135 et 180 degrés.

Lorsque l'étude doit prendre en compte deux centres de phénomènes dangereux, deux numéros de face peuvent alors être affectés à une même face. Le numéro de face le plus faible doit être retenu (si une face est 1 et 3, le numéro de face 1 est retenu). Il est alors possible d'avoir plusieurs faces avec le même numéro.

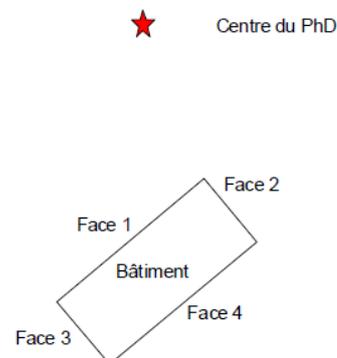


Illustration 10 : Affectation des numéros des faces

Le lecteur est invité à se reporter en Annexe 1 : Orientation – effet de surpression, pour avoir le détail de la méthodologie.

6.4.2.2 Murs

Ce chapitre porte sur les murs en maçonnerie ou en béton. Pour les bâtiments d'habitation à ossature métallique ou bois, il est nécessaire de faire réaliser une étude approfondie par un bureau d'étude spécialisé. Au regard du coût d'une telle étude et des travaux de renforcement qui pourraient en découler, la réalisation de l'étude devra être considérée après diagnostic et évaluation du coût des travaux de renforcement sur les autres parties d'ouvrage du bâtiment et notamment les menuiseries vitrées.

6.4.2.2.1 Caractérisation et orientation des murs

La caractérisation des murs du bâtiment consiste à relever les paramètres ou facteurs de vulnérabilité suivants :

1. **la nature du mur** en distinguant 3 catégories de mur de la plus résistante à la moins résistante :

Catégorie	Types de murs
A	Béton armé, pierre de taille, parpaings béton, briques pleines, béton banché
B	Briques creuses, moellons
C	Pisé, torchis, murs vétustes (fissurations profondes de mur, dégradation partielle du mur...)

Tableau 7 : Exemple de type de murs appartenant aux catégories A, B ou C

Nota : Les murs à colombages sont aussi dénommés « murs à pans de bois », ils possèdent une ossature en pans de bois sur laquelle un remplissage est mis en place. En fonction de la nature du remplissage, les murs à colombage conduisent au classement du bâtiment dans les différentes catégories A, B et C. Toutefois, la nature du remplissage est telle qu'il conduit souvent à un classement de catégorie C.

Lorsque le bâtiment présente des murs mixtes, le classement du bâtiment correspond à la catégorie la plus pénalisante associée aux matériaux en présence (principe de précaution). Par exemple, si le bâtiment présente des murs en briques pleines (catégorie A) pour certaines faces et en briques creuses (catégorie B) pour d'autres, la construction sera classée dans la catégorie B.

Une paroi de catégorie B ou C pourra être surclassée en catégorie A si le bureau d'études ou le diagnostiqueur peut prouver qu'elle présente à la fois :

- une capacité de flexion de valeur minimale de 8 kN.m/m dans le sens vertical ;
- une masse surfacique associée d'au moins 170 kg/m².

De la même façon, une paroi de catégorie C pourra être surclassée en catégorie B lorsque le bureau d'études ou le diagnostiqueur peut prouver qu'elle présente à la fois :

- une capacité de flexion de valeur minimale de 6 kN.m/m dans le sens vertical ;
- une masse surfacique associée d'au moins 170 kg/m².

2. **la hauteur du mur** en distinguant :

- les murs d'une hauteur ≤ 3 m ;
- les murs d'une hauteur comprise entre 3 et 4 m ;
- les murs d'une hauteur > 4 m.

La hauteur d'un mur correspond à la hauteur entre deux planchers.

Pour une habitation individuelle à un niveau par exemple, la hauteur à considérer est la hauteur de rive de la paroi en façade (hors pignon).

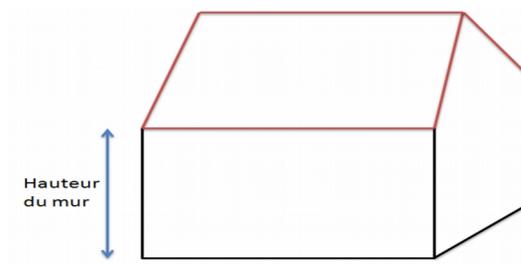


Illustration 11 : Mesure de la hauteur des murs d'une habitation individuelle de plain pied

3. **l'orientation des façades** par rapport au centre d'explosion :

L'orientation des façades du bâtiment par rapport au centre de l'explosion est repérée par un numéro : face 1 (la plus exposée), face 2, face 3 ou face 4 (la moins exposée) selon la même méthode que celle exposée pour les menuiseries.

6.4.2.2 Diagnostic de vulnérabilité des murs

Les tableaux ci-dessous permettent de déterminer la vulnérabilité des murs extérieurs de maçonnerie ou en béton des bâtiments type habitation individuelle.

Les valeurs indiquées définissent la valeur maximale de l'intensité de l'onde de surpression pour laquelle le mur résiste (au sens de la protection des personnes). Au-delà de ces valeurs, un renforcement du mur est nécessaire.

Elles sont fonction :

- des caractéristiques de l'onde de surpression : nature de l'onde de surpression, sous-zone d'intensité dans laquelle se trouve le bâtiment (Si nécessaire, le découpage des sous-zones peut être demandé aux services de l'État en charge des PPRT - DREAL/DDT), l'intervalle de durée ;
- des caractéristiques des murs : nature des murs (Catégorie A, B, C), hauteur du mur ;
- de l'orientation des façades du bâtiment par rapport au centre d'explosion (face 1 à 4).

Dans la pratique, la valeur obtenue est donc à comparer à la sous-zone d'intensité de la zone 50-140 mbar dans laquelle se trouve le bâtiment.

Il est à noter que pour les effets de surpression, le présent guide s'applique aux bâtiments d'habitation individuelle et de logements collectifs assimilables à des habitations individuelles (type $\leq R+4$), et dont la hauteur maximale d'un étage ne doit pas excéder 4 mètres. Pour les bâtiments hors champ d'application du présent guide, une étude spécifique doit être réalisée pour étudier leur vulnérabilité.

Mur d'une hauteur < 3 m						
Nature de l'onde de surpression		Onde de choc				
Durée du signal (en ms)		0 ≤ t < 20 ms	20 ≤ t < 100 ms	100 ≤ t < 150 ms	150 ≤ t < 500 ms	t > 500 ms
Caractéristiques du mur	Face					
Mur de catégorie A : béton armé, pierre de taille, parpaings béton, briques pleines, béton banché	1 à 4	140 mbar				
Mur de catégorie B : briques creuses, moellons	1	140 mbar	140 mbar		110 mbar	
	2 à 4	140 mbar				
Mur de catégorie C : pisé, torchis, vétuste	1	140 mbar	100 mbar	90 mbar	80 mbar	70 mbar
	2		140 mbar			110 mbar
	3 et 4		140 mbar			

Tableau 8 : Murs d'une hauteur inférieure ou égale à 3 m – Onde de choc

Mur d'une hauteur < 3 m							
Nature de l'onde de surpression		Déflagration					
Durée du signal (en ms)		0 ≤ t < 20 ms	20 ≤ t < 50 ms	50 ≤ t < 150 ms	150 ≤ t < 1000 ms	> 1000 ms	
Caractéristiques du mur	Face						
Mur de catégorie A : béton armé, pierre de taille, parpaings béton, briques pleines, béton banché	1 à 4	140 mbar					
Mur de catégorie B : briques creuses, moellons	1 à 4	140 mbar					
Mur de catégorie C : pisé, torchis, vétuste	1	140 mbar		110 mbar	80 mbar		
	2			140 mbar			100 mbar
	3 et 4			140 mbar			

Tableau 9 : Murs d'une hauteur inférieure ou égale à 3 m – Déflagration

Légende : voir page suivante

Mur d'une hauteur comprise entre 3 et 4 m						
Nature de l'onde de surpression		Onde de choc				
Durée du signal (en ms)		0 ≤ t < 20 ms	20 ≤ t < 100 ms	100 ≤ t < 150 ms	150 ≤ t < 500 ms	t > 500 ms
Caractéristiques du mur	Face					
Mur de catégorie A : béton armé, pierre de taille, parpaings béton, briques pleines, béton banché	1	140 mbar		90 mbar	70 mbar	60 mbar
	2 à 4	140 mbar				
Mur de catégorie B : briques creuses, moellons	1	130 mbar	70 mbar		60 mbar	
	2	140 mbar	110 mbar	100 mbar	90 mbar	
	3		140 mbar			130 mbar
	4		140 mbar			140 mbar
Mur de catégorie C : pisé, torchis, vétuste	1	120 mbar	50 mbar			
	2	130 mbar	80 mbar	70 mbar	60 mbar	50 mbar
	3	140 mbar	130 mbar		110 mbar	100 mbar
	4		140 mbar			

Tableau 10 : Murs d'une hauteur comprise entre 3 et 4 m – Onde de choc

Mur d'une hauteur comprise entre 3 et 4 m						
Nature de l'onde de surpression		Déflagration				
Durée du signal (en ms)		0 ≤ t < 20 ms	20 ≤ t < 50 ms	50 ≤ t < 150 ms	150 ≤ t < 1000 ms	> 1000 ms
Caractéristiques du mur	Face					
Mur de catégorie A : Béton armé, pierre de taille, parpaings béton, briques pleines, béton banché	1 à 4	140 mbar				
Mur de catégorie B : Briques creuses, moellons	1	140 mbar	120 mbar		80 mbar	
	2		140 mbar		110 mbar	
	3 et 4		140 mbar			
Mur de catégorie C : Pisé, torchis, vétuste	1	120 mbar	110 mbar	80 mbar	60 mbar	
	2	140 mbar	130 mbar	120 mbar	80 mbar	
	3		140 mbar			110 mbar
	4		140 mbar			140 mbar

Tableau 11 : Murs d'une hauteur comprise entre 3 et 4 m – Déflagration

Légende : Le mur résiste dans l'ensemble de la zone 50-140 mbar
 Le mur résiste uniquement dans certaines des sous-zones d'intensité de la zone 50-140 mbar

6.4.2.3 Charpente

Ce chapitre porte sur les charpentes traditionnelles en bois. Pour les charpentes à ossature métallique, il est nécessaire de faire réaliser une étude approfondie par un bureau d'étude spécialisé. Au regard du coût d'une telle étude et des travaux de renforcement qui pourraient en découler, la réalisation de l'étude devra être considérée après diagnostic et évaluation du coût des travaux de renforcement sur les autres parties d'ouvrage du bâtiment et notamment les menuiseries vitrées.

6.4.2.3.1 Caractérisation et orientation des charpentes

La caractérisation de la toiture et de son orientation consiste à relever les paramètres ou facteurs de vulnérabilité suivants :

- la nature de la charpente : bois ou autre ;
- la pente de toiture : $\leq 25^\circ$ ou $> 25^\circ$;
- l'orientation du bâtiment par rapport au centre d'explosion (pour les toitures de pente $> 25^\circ$).

Pour les charpentes de pente supérieure à 25° , il est nécessaire de calculer l'orientation de l'axe de la toiture par rapport aux centres des phénomènes retenus.

Le diagnostiqueur utilise l'axe du faîtage de toiture (ligne de plus grande hauteur) dont il calcule l'angle le plus défavorable avec le centre des phénomènes dangereux. La procédure est la même que le calcul de l'angle de chaque face.

Lorsque l'étude doit prendre en compte plusieurs centres de phénomènes dangereux, plusieurs angles peuvent alors être affectés à une même toiture. Le diagnostiqueur retient l'angle le plus défavorable entre ces valeurs (le plus grand en valeur absolue).

Si cet angle est inférieur à 25° , la toiture peut être déclassée en toiture de pente inférieure à 25° .

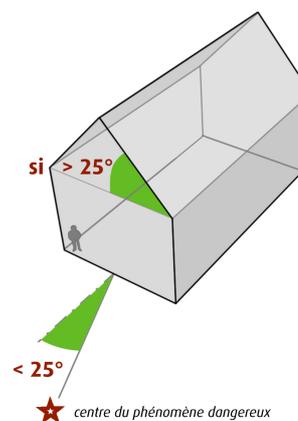


Illustration 12 : Orientation de l'axe de la toiture

6.4.2.3.2 Diagnostic de vulnérabilité des charpentes

Le tableau page suivante permet de déterminer la vulnérabilité des charpentes en bois des bâtiments type habitation individuelle.

Les valeurs indiquées définissent la valeur maximale de l'intensité de l'onde de surpression pour laquelle la charpente en bois résiste (au sens de la protection des personnes). Au-delà de ces valeurs, un renforcement est nécessaire.

Elles sont fonction :

- des caractéristiques de l'onde de surpression : nature de l'onde de surpression (onde de choc, déflagration), de la sous-zone d'intensité dans laquelle se trouve le bâtiment. (Si nécessaire, le découpage des sous-zones peut être demandé aux services de l'État en charge des PPRT - DREAL/DDT), intervalle de durée ;
- de la pente de la toiture ($< 25^\circ$ ou $> 25^\circ$) ;
- de l'orientation du bâtiment par rapport au centre de l'explosion : les charpentes de pente $> 25^\circ$ dont l'orientation est favorable par rapport au centre de l'explosion (comme sur l'illustration 12 ci-dessus) peuvent être déclassées en charpente de pente $< 25^\circ$ pour réaliser le diagnostic.

Au-delà de ces valeurs, un renforcement de la charpente en bois est nécessaire.

Caractéristiques du bâti		Onde de choc					Déflagration				
		0 ≤ t < 20 ms	20 ≤ t < 100 ms	100 ≤ t < 150 ms	150 ≤ t < 500 ms	> 500 ms	0 ≤ t < 20 ms	20 ≤ t < 50 ms	50 ≤ t < 150 ms	150 ≤ t < 1000 ms	> 1000 ms
Charpente	Pente < 25°	140 mbar	140 mbar	120 mbar	110 mbar	100 mbar	140 mbar			140 mbar	
	Pente > 25°		80 mbar	70 mbar	60 mbar		140 mbar			90 mbar	

Tableau 12 : Vulnérabilité des charpentes en bois face à l'effet de surpression

Légende :  La charpente résiste dans l'ensemble de la zone 50-140 mbar
 La charpente résiste uniquement dans certaines des sous-zones d'intensité de la zone 50-140 mbar

6.4.2.4 Caractérisation et diagnostic de vulnérabilité des couvertures

6.4.2.4.1 Caractérisation des couvertures

La caractérisation des couvertures dépend de leur nature : en petits éléments ou en grands éléments.

6.4.2.4.2 Diagnostic de vulnérabilité des couvertures en zone 50-140 mbar

Les éléments de couverture en petits éléments (type tuiles ou ardoises) ne résistent pas aux effets de surpression en zone 50-140 mbar. Néanmoins, ne représentant pas un danger pour les personnes situées à l'intérieur de l'habitation, aucune mesure de renforcement n'est à préconiser sur ces éléments. Toutefois et sans préjudice des obligations techniques liées à la prévention du risque sismique ou à la protection neige et vent, si des travaux sont menés sur la couverture pour d'autres raisons, alors il est déconseillé de solidariser les tuiles à la charpente pour éviter un chargement important de la charpente.

Les couvertures en grand éléments sont vulnérables en zone 50-140 mbar. Dans le cas d'une habitation individuelle existante constituée d'une charpente bois sur laquelle repose une couverture en grands éléments, des travaux de renforcement sont à effectuer dans le cas de combles perdus sans dalle béton en plancher ou de combles aménagés.

7 Diagnostic face aux effets thermiques continus

7.1 Principes de protection en fonction de l'intensité de l'effet thermique continu

Il s'agit d'assurer la protection des personnes et donc, s'agissant du bâtiment, d'assurer : l'habitabilité (non élévation de la température), la résistance au feu (stabilité structurelle) et la réaction au feu (non inflammabilité et limitation de la propagation du feu).

Dans le cadre des PPRT, la méthodologie vis-à-vis des effets thermiques continus consiste à protéger les personnes situées à l'intérieur du bâtiment pour une durée de 2h :

- soit en s'assurant que l'enveloppe du bâtiment est suffisante ;
- soit en mettant à l'abri les personnes dans une pièce adaptée de l'habitation, appelée local de mise à l'abri.

Dans tous les cas, il faudra également s'assurer que les façades exposées du bâtiment ne comportent pas de matériaux inflammables.

7.2 La démarche

L'évaluation de la capacité à protéger les personnes face aux effets thermiques continus pour une durée de 2h, ou la nécessité de renforcement, s'appuie sur :

- des données d'entrée :
 - la caractérisation de la sollicitation ;
 - la caractérisation de l'orientation de l'habitation par rapport au centre des effets thermiques continus ;
 - la caractérisation de l'enveloppe du bâtiment. Cela nécessite la conduite de relevés de terrain. Ces relevés sont basés sur des observations non-destructives des bâtiments permettant l'identification de facteurs de vulnérabilité architecturaux et structuraux ;
- une méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité en 2 étapes :
 - Étape 1 : Réalisation d'un diagnostic de vulnérabilité de l'enveloppe afin d'identifier les parties d'ouvrage vulnérables du bâtiment ;
 - Étape 2 : Dans le cas où l'étape 1 conduit à identifier des parties vulnérables :
 - la définition de travaux à réaliser sur l'enveloppe du bâtiment ;
 - ou l'identification et la définition d'un local de mise à l'abri associé si besoin à des travaux portant sur l'enveloppe du bâtiment ou sur le local proprement dit.

7.3 Données d'entrée

7.3.1 Caractérisation de la sollicitation

Pour un bâtiment de type habitation individuelle existante, le diagnostiqueur doit travailler à partir des données d'entrée suivantes fournies par le PPRT :

- la zone d'intensité considérée : 3-5 ou 5-8 kW/m².

7.3.2 Caractérisation du bâti

Le bâtiment considéré est caractérisé par :

- les caractéristiques des différentes parties d'ouvrage du bâtiment :
 - **murs** : nature, épaisseur, isolation des murs ;
 - **toiture** : couverture, isolation, épaisseur isolation ;
 - **menuiseries vitrées** : type de châssis, type de vitrage ;
 - **portes** : nature, isolation ;
 - **éléments non structuraux** : matériaux.
- la détermination de l'orientation du bâtiment par rapport aux centres des effets thermiques continus.

Des exemples de fiches de relevé terrain sont disponibles en Annexe 6 : Fiches de relevé terrain par effet.

7.3.3 L'orientation

Dans les diagnostics de vulnérabilité des bâtiments en « dur » de type « habitation individuelle » ou « logement collectif », situés dans la zone 3 à 8 kW/m², **seules sont à considérer dans le diagnostic la toiture et les façades « directement exposées » aux effets thermiques continus, les autres façades étant non vulnérables.** Aussi il est important de prendre en compte l'orientation du bâtiment pour déterminer les façades « directement exposées » aux effets thermiques.

Celle-ci se décompose en deux étapes :

- **Étape 1** : Détermination des centres des phénomènes dangereux engendrant des effets thermiques continus impactant le bâtiment à étudier à partir des cartographies d'orientation du PPRT¹⁰ ;

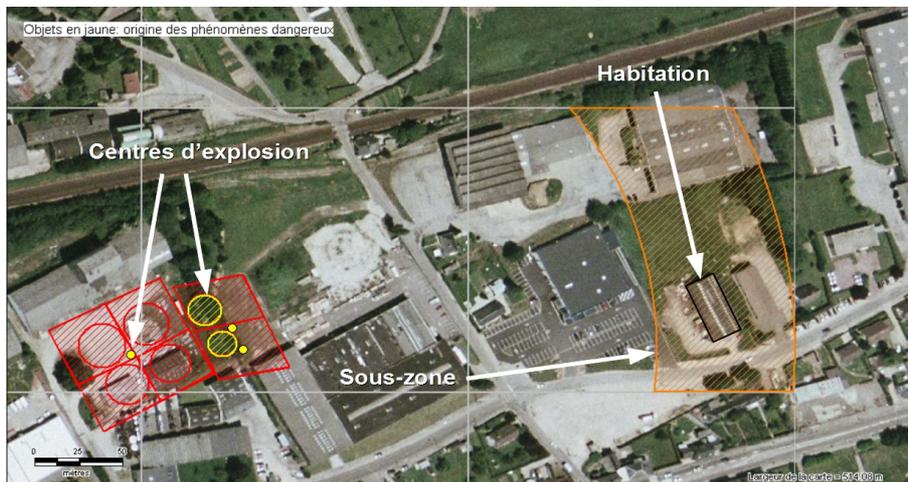


Illustration 13 : Détermination des centres des phénomènes dangereux

- **Étape 2** : Identification des faces d'un bâtiment directement exposées aux effets thermiques continus. Les façades « directement exposées » sont les faces du bâtiment ayant un facteur de vue non nul vis-à-vis des phénomènes dangereux associés.
 - **Étape 2-a)** : Repérer toutes les faces du bâtiment. En effet, un bâtiment n'a pas forcément une forme simple comme dans les exemples ci-dessous, il y a aussi des dispositions "en L", "en H"...
 - **Étape 2-b)** : Pour chaque face, déterminer son orientation (son exposition) par rapport au(x) centre(s) des phénomènes thermiques continus. Pour ce faire, tracer un secteur, défini à partir de la face en cours d'évaluation tel que défini sur l'illustration 14 ci-dessous, puis y rechercher un ou des centres de phénomènes thermiques continus.

Si un ou plusieurs centres de phénomènes thermiques continus se trouvent dans ce secteur, la face est directement exposée aux effets thermiques continus.

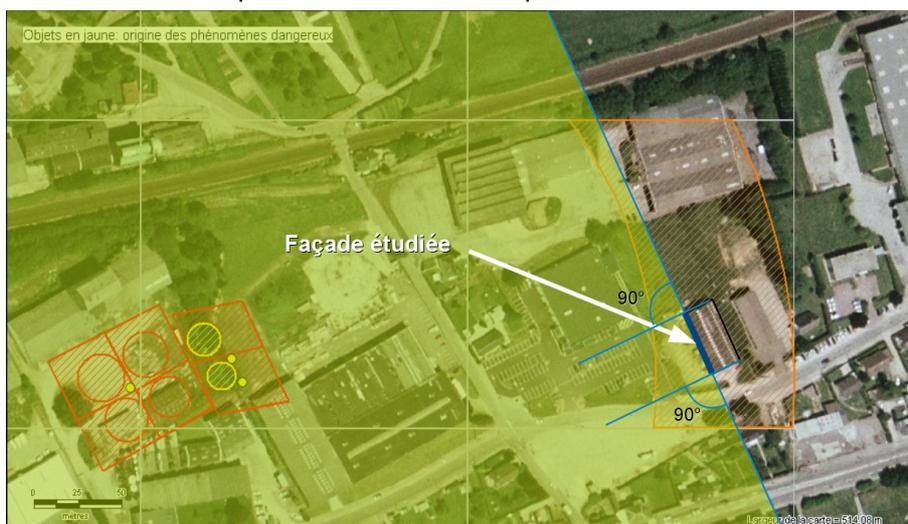


Illustration 14 : Exemple de face étudiée vulnérable

On considère que la toiture est toujours exposée au phénomène dangereux à l'origine de l'effet thermique.

10 Dans le cas où les cartographies à disposition ne mentionnent pas clairement les sources ou les zones d'effet de ces sources, le diagnostiqueur pourra être amené à retenir comme origine des sources l'ensemble du site (zone grisée) ou alors se rapprocher de la DREAL ou de la DDT locale pour en avoir communication.

7.4 Diagnostic de vulnérabilité de l'enveloppe du bâtiment

La première étape de l'évaluation de la vulnérabilité aux effets thermiques continus consiste en la réalisation d'un diagnostic de vulnérabilité de l'enveloppe du bâtiment.

Pour ce faire, il convient :

- dans un premier temps, de s'assurer que les façades exposées de l'enveloppe du bâtiment ne sont pas inflammables (voir 7.4.1) et, le cas échéant, de réaliser des travaux ;
- dans un second temps, de vérifier si l'enveloppe du bâtiment permet d'assurer la protection des personnes pendant une durée de deux heures (voir 7.4.2).

Si l'enveloppe permet d'assurer la protection des personnes pendant une durée de deux heures, aucun travaux de renforcement n'est nécessaire.

Dans le cas contraire, il convient alors :

- soit de définir les travaux à réaliser sur l'enveloppe du bâtiment ;
- soit d'identifier et de définir un local de mise à l'abri associé si besoin à des travaux portant sur l'enveloppe du bâtiment ou sur le local proprement dit (voir 7.5).

7.4.1 Caractérisation et diagnostic de la non-inflammation de l'enveloppe du bâtiment

7.4.1.1 Caractérisation de l'enveloppe du bâtiment

La propagation du feu dépend du classement en réaction au feu et de la température de dégradation thermique des matériaux.

Le classement en réaction au feu permet de limiter l'inflammation, le dégagement de fumées en cas d'inflammation et la présence de gouttes si le matériau est thermofusible. Cet élément est disponible pour tous produits de construction circulant en Europe et bénéficiant du marquage CE (Euroclasse – Directive Produit de construction). A défaut de marquage CE pour une famille de produit, le classement M s'applique.

Une température de dégradation thermique élevée permet de limiter la production de gaz toxiques ou inflammables et les dégradations thermiques pouvant entraîner la chute d'objets. Cette température est bien inférieure à celle nécessaire à l'inflammation des matériaux considéré.

7.4.1.2 Diagnostic de vulnérabilité des matériaux de l'enveloppe du bâtiment

Les exigences en termes de non-propagation du feu pour les matériaux des façades exposées du bâtiment sont les suivantes :

Flux	Exigences minimales des matériaux constituant l'enveloppe externe du bâtiment (revêtement de façade – grilles d'aération – isolants combustibles non protégés en façade – équipements...)	
	Classement en réaction au feu	Température de dégradation thermique des matériaux
3-5 kW/m ²	Matériaux extérieurs classés au moins C-s2 ; d0 ou M2	Matériaux ayant une température de dégradation supérieure à 200°C (PET ¹¹ , PTFE ¹² , PIR ¹³ , tous types de bois, laines de roche, de verre, pierre, béton, autres matériaux après essai)
5-8 kW/m ²	Matériaux extérieurs classés au moins B-s1 ; d0 ou M1	Matériaux ayant une température de dégradation supérieure à 280°C (PTFE, certains types de bois, laines de roche, de verre, pierre, béton, autres matériaux après essai)

Tableau 13 : Matériaux de façade – effet thermique continu

Dans la majorité des cas, ces critères sont respectés pour une habitation individuelle.

Sauf indication contraire, ces exigences ne s'appliquent pas aux parties d'ouvrages faisant l'objet de tableaux spécifiques pour déterminer leur vulnérabilité (tableaux 14 à 20 pages suivantes).

L'annexe 3 - « Réaction au feu des matériaux de construction courants » comprend les caractéristiques de

11 PET : Polytéréphtalate d'éthylène, plastique de type polyester saturé

12 PTFE : Polytétrafluoroéthylène (Téflon)

13 PIR : Polyisocyanurate

réaction au feu de la plupart des matériaux et produits de construction courants.

7.4.1.3 Diagnostic de vulnérabilité des équipements de façade

Les exigences en termes de non-propagation du feu pour les équipements des façades exposées du bâtiment sont les suivantes :

Éléments singuliers	Flux thermique incident	
	5 kW/m ²	8 kW/m ²
Traversée de câbles et canalisations de fluides en façade ou couverture	Calfeutrement des traversées de câbles et de fluides	Calfeutrement des traversées de câbles et de fluides + Capotage des câbles avec matériaux classés A2 OU câbles CR1
Équipements d'évacuation des eaux pluviales	Aucune restriction	PVC, Zinc Ou Matériaux classés A1
Bouche de ventilation ou d'aération	Grille métallique	Grille métallique à maille fine (facteur de trous < 50%)
Équipements d'occultation des baies (store extérieurs, volet...)	Aucune restriction	PVC, métal ou bois massif

Tableau 14 : Équipements de façade – effet thermique continu

Dans la majorité des cas, ces critères sont respectés pour une habitation individuelle.

7.4.2 Caractérisation et diagnostic de vulnérabilité de l'enveloppe du bâtiment pour une protection des personnes pour une durée de deux heures

Le diagnostic de vulnérabilité de l'enveloppe du bâtiment, afin d'assurer une protection des personnes pour une durée de 2h, consiste à vérifier :

- que les parois directement exposées de l'enveloppe (murs des façades exposées et toiture) sont suffisamment isolantes ;
- que les menuiseries extérieures des façades exposées ne sont pas vulnérables ;
- que la surface vitrée est inférieure à 30 % de la surface de la façade pour chaque façade directement exposée.

7.4.2.1 Murs de maçonnerie ou en béton

La performance des façades opaques lourdes est principalement liée au critère de non élévation de la température à l'intérieur du bâtiment pour des valeurs de flux faibles (< 8 kW/m²).

La définition des exigences nécessaires pour que les façades opaques lourdes assurent la protection des personnes pendant deux heures dépend de :

- la nature du mur et son épaisseur (en cm) ;
- la nature de l'isolant.

Les exigences pour les murs de maçonnerie ou en béton portent sur l'épaisseur minimale du mur qui permet s'assurer la protection des personnes (quelle que soit l'épaisseur de l'isolant) :

En fonction de l'intensité, pour une protection pendant 2h :

		Épaisseur minimale de l'enveloppe (cm)						
Niveau d'aléa thermique	Nature isolant	Pierre naturelle	Brique pleine/perforée	Brique creuse	Bloc de terre cuite	Bloc de béton plein/perforée et banché	Bloc de béton creux	Bloc de béton cellulaire
3-5 kW/m ²	Sans isolant	20	12	15	15	20	20	10
	Isolant PSE/PSX ¹⁴	20	9	15	15	20	20	7
	Isolant PUR/PIR ¹⁵	20	9	15	15	20	20	7
	Isolant LDV/LDR ¹⁶	20	9	15	15	20	20	7
5-8 kW/m ²	Sans isolant	20	15	18	15	20	20	15
	Isolant PSE/PSX	20	12	15	15	20	20	10
	Isolant PUR/PIR	20	9	15	15	20	20	10
	Isolant LDV/LDR	20	9	15	15	20	20	7

Tableau 15 : Épaisseur minimale des murs de maçonnerie ou en béton – effet thermique continu

Remarque : Si la surface vitrée dépasse 30 % de la surface totale d'une façade exposée, la façade est considérée vulnérable. En effet, le flux passant au travers du vitrage est tel que le niveau de température ambiante tend à augmenter dangereusement.

Pour les épaisseurs de murs couramment utilisées, seuls les murs en briques creuses sans isolant peuvent être vulnérables.

Vulnérabilité pour des épaisseurs courantes de mur :

Niveau d'aléa thermique	Pierre naturelle (20 cm)	Brique pleine/perforée (15 cm)	Brique creuse (15 cm)	Brique creuse (20 cm)	Bloc de terre cuite (15 cm)	Bloc de béton plein/perforée et banché (20 cm)	Bloc de béton creux (20 cm)	Bloc de béton cellulaire (20 cm)
3-5kW/m ²	Non vulnérable	Non vulnérable	Non vulnérable	Non vulnérable	Non vulnérable	Non vulnérable	Non vulnérable	Non vulnérable
5-8 kW/m ²	Non vulnérable	Non vulnérable	Vulnérable sans isolant	Non vulnérable	Non vulnérable	Non vulnérable	Non vulnérable	Non vulnérable
			Non vulnérable avec isolant					

Tableau 16 : Vulnérabilité des murs de maçonnerie ou en béton d'épaisseurs courantes – effet thermique continu

14 PSE/PSX : Polystyrène.

15 PUR/PIR : Polyuréthane.

16 LDV/LDR : Laine de verre et de roche.

7.4.2.2 Façades opaques légères (bardages en panneaux de bois)

La performance des façades opaques légères en bois est liée au critère de non élévation de la température à l'intérieur du bâtiment et à la non dégradation de l'isolant pour des valeurs de flux faibles (< 8 kW/m²).

La définition des exigences nécessaires pour que les façades opaques légères assurent la protection des personnes pendant deux heures dépend de :

- la nature du revêtement ;
- la nature de l'isolant et son épaisseur (en cm) .

Les exigences pour les façades opaques légères portent sur l'épaisseur d'isolant permettant d'assurer la protection des personnes (pour une valeur standard d'épaisseur de bardage en bois de 15 mm) :

En fonction de l'intensité :

		Épaisseur minimale de l'isolant (cm)	
Niveau d'aléa thermique	Nature isolant	Bois (15 mm)	
3-5 kW/m ²	Sans isolant	Vulnérable	
	Isolant PSE/PSX ¹⁷	4	
	Isolant PUR/PIR ¹⁸	4	
	Isolant LDV/LDR ¹⁹	4	
5- 8 kW/m ²	Sans isolant	Vulnérable	
	Isolant PSE/PSX	Vulnérable	
	Isolant PUR/PIR	Vulnérable	
	Isolant LDV/LDR	4	

Tableau 17 : Épaisseur minimale des façades opaques légères – effet thermique continu

Remarque : Comme pour les façades opaques lourdes, si la surface vitrée dépasse 30 % de la surface totale d'une façade exposée, la façade est considérée vulnérable. En effet, le flux passant au travers du vitrage est tel que le niveau de température ambiante tend à augmenter dangereusement.

Rappel : Les revêtements des façades opaques légères doivent également respecter les prescriptions relatives aux matériaux de façades (voir 7.4.1.2).

7.4.2.3 Toiture

La définition des exigences nécessaires pour que la toiture assure la protection des personnes pendant deux heures dépend de :

- la nature et épaisseur de l'isolant (en cm) ;
- la présence d'une protection mécanique pour les toitures terrasse.

Les exigences pour les toitures en pente avec charpente et couverture sont les suivantes :

		Épaisseur minimale d'isolant (cm)		
Niveau d'effet thermique	Isolant PSE/PSX	Isolant PUR/PIR	Isolant LDV/LDR	
3-5 kW/m ²	Vulnérable	10 cm	10 cm	
5-8 kW/m ²	Vulnérable	Vulnérable	10 cm	

Tableau 18 : Toiture – effet thermique continu

Pour les produits sous éléments de couverture, les températures de dégradation des matériaux complémentaires pouvant être utilisés sont les suivantes (voir tableau 13 page 34) :

- de 3 à 5 kW/m² → T_{dégradation} > 200°C ;
- de 5 à 8 kW/m² → T_{dégradation} > 280°C.

Si les combles sont perdus, l'isolant peut être posé sur le plancher des combles.

17 PSE/PSX : Polystyrène.

18 PUR/PIR : Polyuréthane.

19 LDV/LDR : Laine de verre et de roche.

Les exigences pour les toitures terrasses sont les suivantes :

Niveau d'effet thermique	Protection mécanique	Épaisseur minimale d'isolant (cm)	
		Isolant PUR/PIR ²⁰	Isolant LDV/LDR ²¹
3-5 kW/m ²	Gravillons Dalles	3 cm	5 cm
5-8 kW/m ²	Gravillons Dalles	Vulnérable	8 cm

Tableau 19 : Toiture terrasse – effet thermique continu

Pour d'autres types de protection mécanique que celles indiquées dans le tableau ci-dessus, il faut étudier spécifiquement le système. La non inflammation du revêtement d'étanchéité doit être vérifiée.

7.4.2.4 Menuiseries extérieures

La définition des exigences nécessaires pour que les menuiseries extérieures permettent d'assurer la protection des personnes pendant deux heures dépend de :

- de la nature du vitrage ;
- des matériaux du châssis, des occultations ;
- de la nature des portes et la composition de leur âme isolante.

Les exigences pour les menuiseries extérieures sont les suivantes :

Flux incident (kW/m ²)	Vitrage	Châssis	Volet	Porte
3-5 kW/m ²	Simple vitrage Double vitrage	PVC Bois Alu-Inox Acier	PVC Bois Métal	PVC, bois ou métal avec âme isolante PUR/PIR/LDV/LDR ou Bois massif 3 cm
5-8 kW/m ²	Double vitrage	PVC* Bois Alu-Inox* Acier	PVC Bois Métal	PVC, bois ou métal avec âme isolante LDV/LDR ou Bois massif 4 cm

Tableau 20 : Menuiseries extérieures – effet thermique continu

* Pour les menuiseries en PVC ou en aluminium exposées à un flux compris entre 5 et 8 kW/m², le caractère non vulnérable des fenêtres est assuré par les dimensions unitaires de panneaux vitrés. Leur surface doit être inférieure à 2 m² et leur plus grande dimension doit être inférieure à 2,20 m. Ainsi, les fenêtres de dimension standard ne sont pas vulnérables.

Remarque : si la surface vitrée d'une porte dépasse 30% de la surface totale de la porte, celle-ci doit être traitée comme une fenêtre (elle doit respecter les exigences sur le vitrage).

20 PUR/PIR : Polyuréthane.

21 LDV/LDR : Laine de verre et de roche.

7.5 Identification et aménagement d'un local de mise à l'abri

7.5.1 Principes généraux

Dans le cas où l'enveloppe du bâtiment, ou une partie de celle-ci, est vulnérable, et où les travaux à réaliser sont importants (isolation des murs extérieurs, de l'ensemble de la toiture...), une solution alternative consiste à identifier et à aménager un local de mise à l'abri.

Le local de mise à l'abri doit permettre d'accueillir l'ensemble des occupants du bâtiment. Les dimensions recommandées sont d'au moins 1,5 m² et 3,6 m³ par personne. Si aucun local ne possède ces dimensions, on peut accepter au minimum jusqu'à 1 m² et 2,5 m³ par personne. Pour les logements, le nombre de personnes à abriter est généralement pris égal au nombre de pièces principales du logement plus une personne.

Le local de mise à l'abri est une pièce « normale » du bâtiment utilisable hors période de crise mais dont l'utilisation ne doit pas entraver l'efficacité en cas d'alerte. Le local doit être aisément accessible depuis l'intérieur du bâtiment. Une chambre convient dans la majorité des cas pour les bâtiments d'habitation.

Il est recommandé de choisir un local dépourvu de face directement exposée au flux thermique ou à défaut, d'éviter les fenêtres en face exposée.

Si le bâtiment est également exposé à l'effet du toxique, on retiendra un local unique pour la mise à l'abri face à l'effet thermique et le confinement face à l'effet toxique (voir chapitre 9).

La démarche à suivre afin d'aménager un local de mise à l'abri est la suivante :

- Si le local est situé en façade abritée :
 - Vérifier les menuiseries vitrées des faces exposées de l'enveloppe (voir 7.5.2) ;
 - S'assurer que la toiture du local est correctement isolée (voir 7.5.5) ;
 - S'assurer que les parois intérieures et les portes entre le local et le reste de l'habitation respectent des exigences minimales (voir 7.5.6).

- Si au moins une des parois du local est située en façade « directement exposée » :
 - Vérifier les menuiseries vitrées des faces exposées de l'enveloppe (voir 7.5.2) ;
 - S'assurer que les parois extérieures du local situées en façade directement exposée respectent des exigences minimales (voir 7.5.3) ;
 - Occulter les éventuelles menuiseries vitrées extérieures du local situées en façade directement exposée (voir 7.5.4) ;
 - S'assurer que la toiture du local est correctement isolée (voir 7.5.5) ;
 - S'assurer que les parois intérieures et les portes entre le local et le reste de l'habitation respectent des exigences minimales (voir 7.5.6).

Remarque : En l'absence d'effet toxique, il est possible d'ouvrir une fenêtre du local en façade abritée pour améliorer le confort des personnes, compte tenu que l'air extérieur de l'autre côté de la façade abritée n'est pas exposé directement au rayonnement thermique.

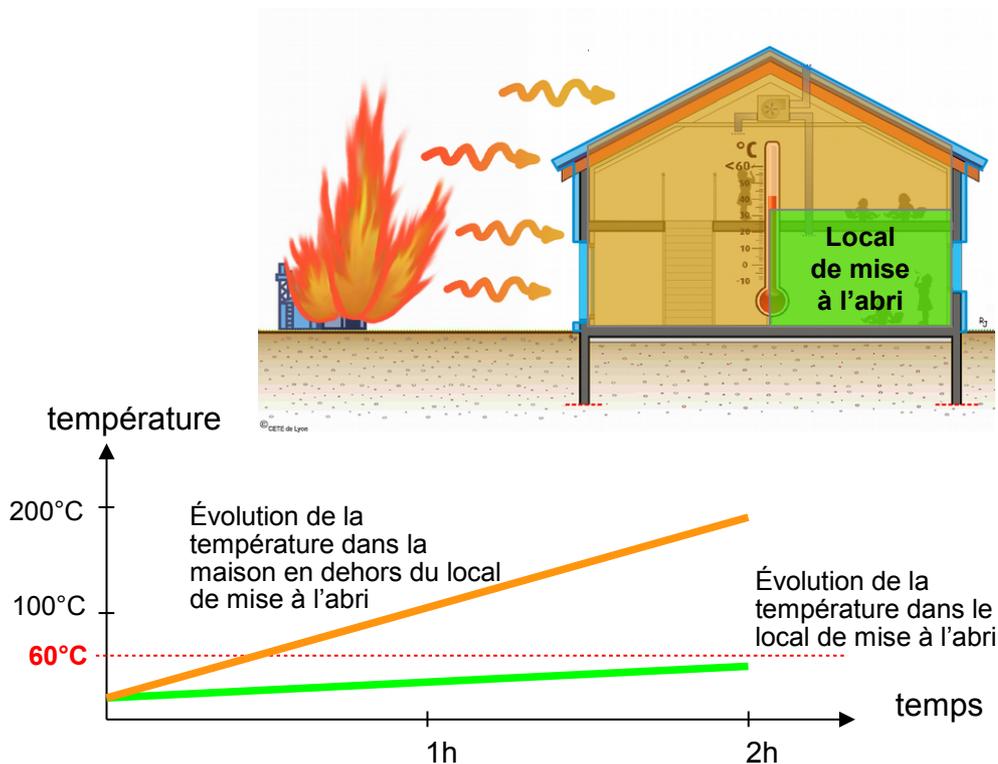


Illustration 15 : Évolution de la température dans le bâtiment et dans le local de mise à l'abri

7.5.2 Vérification des menuiseries de l'enveloppe du bâtiment

Pour que le local de mise à l'abri soit efficace, il ne faut pas que la température augmente de trop dans le reste du bâtiment.

Les exigences associées aux menuiseries extérieures des façades exposées de l'enveloppe du bâtiment sont les suivantes :

- Les surfaces vitrées de chacune des faces exposées de l'enveloppe du bâtiment doivent être inférieures à :
 - 50 % s'il s'agit de double vitrage ;
 - 30 % s'il s'agit de simple vitrage.
- Les menuiseries doivent conserver leur intégrité en étant exposées au flux thermique pendant 2h. Cela est en général le cas, sauf pour les menuiseries en PVC ou en aluminium de grande taille (surface unitaire des panneaux vitrés supérieure à 2 m² ou dimension supérieure à 2,2 m) soumises à un flux de 8 kW/m².

Si ces exigences ne sont pas respectées, des dispositifs d'occultation des vitrages sont à prévoir. Ces dispositifs devront être permanents ou à défaut, être manœuvrables depuis l'intérieur du local sans ouvrir les fenêtres (volets roulants par exemple). Ils devront respecter les mêmes exigences que pour le diagnostic de vulnérabilité de l'enveloppe (voir 7.4.2.4).

Si les façades exposées comportent entre 30 et 50 % de surface en simple vitrage, il est possible de les remplacer par du double vitrage.

7.5.3 Diagnostic de vulnérabilité des façades extérieures exposées du local

Si le local de mise à l'abri comprend des façades extérieures directement exposées au flux thermique, il faut vérifier que ces façades permettent de protéger les personnes pendant deux heures.

Les murs de maçonnerie ou en béton d'épaisseur courante ne sont pas vulnérables et ne nécessitent donc aucun travaux complémentaire d'isolation :

Épaisseur courante de mur des façades extérieures exposées du local permettant d'assurer la protection des personnes pendant 2h :

Nature du mur	Épaisseur du mur (cm)
Pierre naturelle, bloc de béton plein/perforée et banché, bloc de béton creux, bloc de béton cellulaire	20
Brique pleine/ perforée, brique creuse, bloc de terre cuite	15

Tableau 21 : Épaisseur courante de mur des façades extérieures exposées du local permettant d'assurer la protection des personnes pendant 2h – effet thermique continu

A titre indicatif, pour des épaisseurs de murs inférieures, les exigences sont les mêmes que pour le diagnostic de vulnérabilité de l'enveloppe (voir 7.4.2.1).

7.5.4 Menuiseries vitrées du local

Si le local de mise à l'abri comprend des vitrages situés sur des façades directement exposées au flux thermique, un dispositif d'occultation de ces vitrages est à prévoir. Ce dispositif devra être manœuvrable depuis l'intérieur du local sans ouvrir les fenêtres (volets roulants par exemple). Il devra respecter les mêmes exigences que pour le diagnostic de vulnérabilité de l'enveloppe (voir 7.4.2.4).

Si le local comprend des portes d'accès vers l'extérieur situées en façade directement exposée au flux thermique, elles doivent respecter les exigences du diagnostic de vulnérabilité de l'enveloppe pour une protection d'une durée de deux heures (voir 7.4.2.4).

7.5.5 Diagnostic de vulnérabilité de la toiture du local

Si le local de mise à l'abri est situé directement sous la toiture ou sous des combles perdus, il faut vérifier la vulnérabilité de la toiture du local.

Les exigences sont les mêmes que pour le diagnostic de vulnérabilité de l'enveloppe (voir 7.4.2.3) :

Niveau d'effet thermique	Épaisseur minimale d'isolant (cm)		
	Isolant PSE/PSX ²²	Isolant PUR/PIR ²³	Isolant LDV/LDR ²⁴
3-5 kW/m ²	Vulnérable	10 cm	10 cm
5-8 kW/m ²	Vulnérable	Vulnérable	10 cm

Tableau 22 : Toiture du local – effet thermique continu

Si les combles sont perdus, l'isolant peut être posé sur le plancher des combles.

22 PSE/PSX : Polystyrène.

23 PUR/PIR : Polyuréthane.

24 LDV/LDR : Laine de verre et de roche.

7.5.6 Diagnostic de vulnérabilité des parois et des portes intérieures du local

Les parois intérieures du local, c'est-à-dire qui sont en contact avec le reste du bâtiment (cloisons, plancher si le local est situé à l'étage, plafond si le local est situé en dessous d'un niveau habité), ainsi que les portes intérieures du local, c'est-à-dire qui communiquent avec le reste du bâtiment, doivent respecter les exigences suivantes :

Niveau d'effet thermique	Coefficient minimal de résistance thermique R (m ² .K/W)		Matériaux complémentaires pouvant être utilisés	
	Parois verticales intérieures (cloisons et portes)	Parois horizontales intérieures (plancher ou plafond)	Isolant	Autres matériaux
3-5 kW/m ²	0,3	0,3 si la toiture est isolée* 1,5 sinon	PIR/LDV/LDR ²⁵	Température de dégradation supérieure à 200°C
5-8 kW/m ²	0,3	0,3 si la toiture est isolée* 1,5 sinon	LDV/LDR	Température de dégradation supérieure à 280°C

Tableau 23 : Parois et portes intérieures du local de mise à l'abri – effet thermique continu

* Dans le cas particulier où l'habitation possède des murs en maçonnerie ou en béton d'épaisseur courante (voir Tableau 21 par exemple) et une toiture isolée respectant les exigences données au paragraphe 7.4.2.3), le coefficient de résistance thermique R de toutes les parois intérieures du local (cloison, plancher, plafond) doit être supérieure à **0,3 m².K/W**.

Dans la majorité des cas, les cloisons verticales standards, les portes ainsi que les planchers entre les étages, possèdent un coefficient de résistance thermique supérieur à 0,3 m².K/W. Aucun travaux de renforcement n'est à prévoir pour atteindre cet objectif.

²⁵ PIR : Polyisocyanurate (variante du polyuréthane)
LDV/LDR : Laine de verre et de roche.

8 Diagnostic face aux effets thermiques transitoires

8.1 Principe de protection en fonction de l'intensité de l'effet thermique

Il s'agit d'assurer la protection des personnes et donc, s'agissant du bâtiment, d'assurer :

- l'habitabilité (non élévation de la température) ;
- la non-ruine de la structure porteuse
- la non propagation d'incendie (non inflammabilité et non propagation du feu).

8.2 Démarche

La détermination de la vulnérabilité, afin d'évaluer la capacité à protéger les personnes ou la nécessité de renforcement, s'appuie sur :

- les données d'entrée :
 - la caractérisation de la sollicitation ;
 - la caractérisation du bâti et de son orientation par rapport au centre des effets thermiques transitoires ;
- une méthode d'évaluation de la vulnérabilité afin d'identifier les parties d'ouvrage du bâtiment vulnérables, en fonction de la typologie du bâti et des zones d'intensité.

8.3 Données d'entrée

8.3.1 Caractérisation de la sollicitation

Les caractéristiques de la sollicitation à considérer pour la réalisation du diagnostic de vulnérabilité sont les suivantes :

- la nature de l'effet thermique transitoire : Boule de feu ou Feu de nuage ;
- la zone d'intensité correspondante dans laquelle se trouve le bâtiment :
 - 600-1000 (kW/m²)^{4/3}.s pour la boule de feu ou SEI²⁶-SEL²⁷ pour le feu de nuage ;
 - 1000-1800 (kW/m²)^{4/3}.s pour la boule de feu ou > SEL-SELS²⁸ pour le feu de nuage.

8.3.2 Caractérisation du bâtiment

La caractérisation du bâtiment consiste en la détermination des caractéristiques des différentes parties d'ouvrage du bâtiment :

- **murs** : type de murs ;
- éléments de **couverture/ toiture** : nature (petits ou grands éléments), isolation ;
- **menuiseries vitrées** : type de châssis, type de vitrage ;
- **éléments non structuraux** : parements, enduit...

Des exemples de fiches de relevé terrain sont disponibles en Annexe 6 : Fiches de relevé terrain par effet.

26 SEI : Seuil des Effets Irréversibles

27 SEL : Seuil des Effets Létaux

28 SELS : Seuil des Effets Létaux Significatifs

8.3.3 Prise en compte de l'orientation du bâti

8.3.3.1 Phénomène de type boule de feu

Il est nécessaire de prendre en compte l'orientation des faces des structures vis-à-vis d'un phénomène de type boule de feu comme sur la figure ci-contre avec une valeur limite d'angle de 80° formé avec la façade, valeur au-delà de laquelle, la façade n'est plus considérée comme étant exposée aux effets thermiques transitoires de type boule de feu.

La toiture des bâtiments doit toujours être prise en compte.

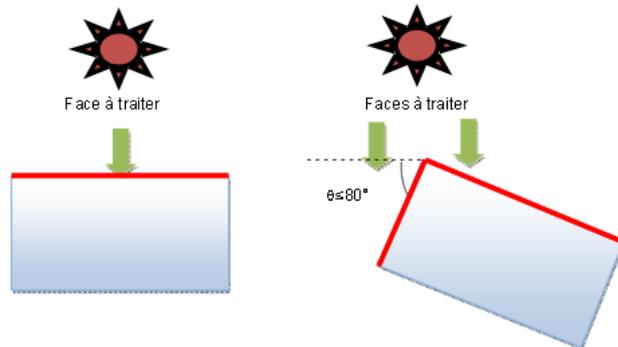


Illustration 16 : Faces à prendre en compte vis-à-vis d'un phénomène de type boule de feu

8.3.3.2 Phénomène de type feu de nuage

Il est nécessaire de prendre en compte l'orientation des faces des structures vis-à-vis d'un phénomène thermique de type feu de nuage comme sur la figure ci-contre.

- Toutes les faces en contact doivent être prises en compte de la même manière.
- La toiture des bâtiments doit toujours être prise en compte.

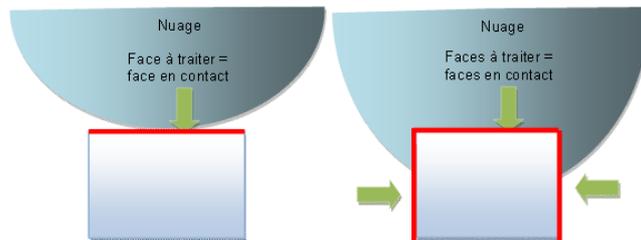


Illustration 17 : Faces à prendre en compte vis-à-vis d'un phénomène de type feu de nuage

8.4 Caractérisation du bâti et diagnostic de vulnérabilité

8.4.1 Caractérisation des murs extérieurs de maçonnerie ou en béton

Il s'agit de murs constitués de matériaux opaques peu conductifs, c'est-à-dire d'une conductivité similaire à celle du béton.

Les matériaux constitutifs de ces façades peuvent ainsi être :

- Tous types de bétons courants dans le domaine de la construction²⁹ ;
- Maçonneries au sens de l'Eurocode 6 partie 1-1 [13] : éléments de terre cuite, de silico-calcaire, en béton (de granulats courants ou légers), en béton cellulaire, en pierre manufacturée ou naturelle, en pierre de taille et moellons équarris ;
- Tous types de terres et de torchis (avec paille non apparente).

Ces façades sont soit autoportantes, soit de remplissage, mais avec une structure porteuse non apparente ou déjà traitée contre l'agression thermique.

Aucun paramètre ou facteur de vulnérabilité particulier n'est à relever, il convient simplement de s'assurer que les murs extérieurs sont bien en maçonnerie ou en béton tel que défini ci-dessus.

²⁹ Les bétons particuliers de type béton haute performance (BHP) ou béton fibré ne sont pas visés par le présent cahier : ils font en effet déjà l'objet d'études particulières de comportement à l'incendie.

8.4.2 Caractérisation des façades opaques légères en bardage en panneau de bois

Il s'agit de façades constituées de bardage en panneau de bois. L'épaisseur standard considéré est de l'ordre de 15 mm.

Aucun facteur de vulnérabilité particulier n'est à relever.

8.4.3 Caractérisation des toitures / Éléments de couverture

Dans cette partie, plusieurs aspects sont à considérer :

- la nature de la couverture (matériaux) :
 - classique : tuiles, ardoises et autres petits éléments non combustibles ;
 - dalle de béton (toiture terrasse) ;
 - toiture végétalisée avec support non combustible (béton armé) ;
 - bardage métallique.
- Pour les couvertures en petits éléments avec présence d'effets combinés surpression et thermique :
 - la nature de l'isolant (épaisseur, combustibilité) ;
 - et le mode de fixation de l'isolant.

Il convient en effet de s'assurer que l'envol de la toiture sous l'effet du souffle d'une explosion ne va pas laisser ses habitants sans protection vis-à-vis du phénomène thermique qui suivrait. La présence d'isolant solidaire de la charpente n'est indispensable que dans le cas où les combles sont habités et/ou que le plancher de séparation avec les étages inférieurs est inexistant ou non résistant aux effets de surpression.

Le cas des toitures en chaume ou en autre matériau combustible n'est pas traité ici et nécessite une étude spécifique (étude de vulnérabilité approfondie par un bureau d'études).

8.4.4 Caractérisation des menuiseries vitrées

Pour les menuiseries extérieures, les facteurs de vulnérabilité à relever sont les suivants :

Nature de la sollicitation : Boule de feu

- Matériau du châssis : PVC, aluminium, acier ou bois ;
- Nature de la surface translucide : simple vitrage en verre, double vitrage en verre ou polymère (matériaux polymères de type combustibles transparents : polycarbonate, polypropylène, PMMA...) ;
- Dimension de la surface translucide : uniquement pour les fenêtres en châssis PVC ou aluminium munies d'un double vitrage : dimensions du panneau vitré : ... m x ... m.

Nature de la sollicitation : Feu de nuage

Aucun paramètre ou facteur de vulnérabilité particulier n'est à relever.

En présence d'effets combinés surpression et thermique, il convient de s'assurer que le souffle d'une explosion ne va pas endommager les menuiseries et laisser les habitants sans protection vis-à-vis du phénomène thermique qui suivrait.

8.4.5 Caractérisation des éléments non structuraux

Dans cette partie, les éléments suivants sont étudiés en termes d'isolation thermique et de réaction au feu :

- Les parements ;
- Tous les types habituels d'enduit extérieurs ;
- Les menuiseries extérieures (hors menuiseries vitrées). Cette catégorie comprend notamment les portes non translucides ainsi que les occultants et les contrevents (volets, stores...).

Pour ces éléments, la combustibilité du matériau constituant la menuiserie va déterminer sa vulnérabilité vis-à-vis du phénomène thermique transitoire de type feu de nuage.

8.4.6 Diagnostic de vulnérabilité face au phénomène de type boule de feu

Le tableau suivant permet d'évaluer la vulnérabilité des différentes parties d'ouvrage face au phénomène de type boule de feu.

Seuils	600 à 1000 (kW/m ²) ^{4/3} .s	1000 à 1800 (kW/m ²) ^{4/3} .s
Mur de maçonnerie ou en béton	Non vulnérable	Non vulnérable
Façade opaque légère en bardage en panneau de bois	Non vulnérable	Non vulnérable
Couverture grands éléments en bardage métallique	Non vulnérable	Non vulnérable
Couvertures petits éléments ³⁰	Non vulnérable si sans surpression ou si interface entre extérieur et dernier volume habité résistante aux effets de pression et non combustible	Non vulnérable si sans surpression
	Si effets combinés ³¹ :	Si effets combinés ³¹ :
	<div style="background-color: #90EE90; padding: 2px;">- Non vulnérable si l'interface entre extérieur et dernier volume habité résistante aux effets de surpression et non combustible</div> <div style="background-color: #FF0000; padding: 2px;">- Sinon se reporter au référentiel travaux</div>	<div style="background-color: #90EE90; padding: 2px;">- Non vulnérable si l'interface entre extérieur et dernier volume habité résistante aux effets de surpression et non combustible</div> <div style="background-color: #FF0000; padding: 2px;">- Sinon se reporter au référentiel travaux</div>
Menuiseries vitrées	Non vulnérable	<div style="background-color: #90EE90; padding: 2px;">Non vulnérable : Châssis : bois, acier, PVC, aluminium³² Translucides : doubles vitrages</div> <div style="background-color: #FF0000; padding: 2px;">Vulnérable : Translucides : simples vitrages et polymères</div>
	Si effets combinés ²⁹ : Remplacer les fenêtres vulnérables aux effets de surpression (voir Annexe 2 : Remplacement complet des menuiseries – effet de surpression)	
Éléments non structuraux : parement, enduit, menuiseries extérieures	Non vulnérable	Non vulnérable

Tableau 24 : Tableau de principe – boule de feu

³⁰ Le cas des toitures en chaume ou en autre matériau combustible nécessite une étude spécifique.

³¹ De manière générale, la vulnérabilité d'un bâtiment doit être analysée de manière séparée vis-à-vis de chacun des trois types d'effet. Les différentes prescriptions doivent alors être prises en compte.

³² Châssis PVC et aluminium : non vulnérable pour des dimensions de panneaux vitrés inférieures à 2 m² et dont la hauteur est inférieure à 2,20 m, se reporter au guide travaux pour les dimensions de panneaux vitrés supérieures.

8.4.7 Diagnostic de vulnérabilité face au phénomène de type feu de nuage

Le tableau suivant permet d'évaluer la vulnérabilité des différentes parties d'ouvrage face au phénomène de type feu de nuage.

Seuils	SEI-SEL
Mur de maçonnerie ou en béton	Non vulnérable
Façade opaque légère en bardage en panneau de bois	Non vulnérable
Couverture en bardage métallique	Non vulnérable
Couvertures petits éléments ³³	Non vulnérable
Menuiseries vitrées	Non vulnérable
	Si effets combinés ³² : Remplacer les fenêtres vulnérables aux effets de surpression (voir Annexe 2 : Remplacement complet des menuiseries – effet de surpression)
Éléments non structuraux : parement, enduit, menuiseries extérieures	Non vulnérable

Tableau 25 : Tableau de principe – feu de nuage

Nota : Dans le cas où les bâtiments sont situés dans la zone > SEL-SELS des feux de nuage, cela signifie qu'ils sont situés dans la zone de combustibilité du nuage inflammable. Pour l'ensemble du bâti, il convient de contrôler la perméabilité de la structure. Ce contrôle, réalisé de manière intuitive et visuelle, permet de s'assurer que les gaz pouvant générer un feu de nuage ne peuvent pénétrer facilement dans le bâti avant son inflammation. Si cette condition n'est pas respectée, toute mesure de renforcement du bâti vis-à-vis d'une agression extérieure est inutile, le nuage pouvant s'enflammer à l'intérieur du bâtiment.

³³ Le cas des toitures en chaume ou en autre matériau combustible nécessite une étude spécifique.

9 Diagnostic face aux effets toxiques

9.1 Principe de protection vis-à-vis de l'effet toxique

La mesure instaurée par les PPRT pour se protéger d'un effet toxique est le confinement.

Le principe du confinement consiste à mettre à l'abri les personnes dans une pièce d'un logement ou d'un bâtiment, appelée « pièce de confinement » suffisamment étanche à l'air, permettant de satisfaire le taux d'atténuation caractérisant l'effet toxique auquel il faut se protéger (défini dans le PPRT), et ainsi de limiter les concentrations à l'intérieur de cette pièce.

Le confinement est dimensionné pour une durée maximale de deux heures.

La mise en œuvre d'un dispositif de confinement comporte plusieurs aspects :

- la détermination d'une pièce de confinement de taille adaptée au nombre de personnes à protéger dont la localisation dans le bâtiment sera choisie pour en optimiser l'efficacité ;
- le renforcement de la perméabilité à l'air de la pièce de confinement adapté au phénomène le plus contraignant susceptible d'impacter le bâtiment, afin de respecter le niveau prescrit ;
- l'installation de dispositifs permettant l'arrêt rapide des ventilations volontaires dans tout le bâtiment ;
- la mise en œuvre de dispositions techniques indépendantes des niveaux d'aléa ;
- le respect de règles comportementales.

Le dispositif de confinement doit être efficace dans la durée. Une attention sur la pérennité de l'étanchéité à l'air de la pièce de confinement et une maintenance des dispositifs prévus doivent être assurées.

9.2 La démarche

9.2.1 Consistance du diagnostic de confinement

Un diagnostic de confinement est une étude de vulnérabilité aux effets toxiques d'un bâtiment ou local d'habitation pour lequel l'objectif cible prescrit dans le règlement du PPRT est déterminé en valeur de niveau de perméabilité à l'air de la pièce de confinement à ne pas dépasser.

Le diagnostic de confinement repose sur une mesure initiale de la perméabilité à l'air de la pièce choisie.

Le diagnostic de confinement comprend :

- une visite du bâtiment portant sur une prise de connaissance de l'ensemble des pièces du logement, de leur orientation par rapport au site industriel, et des modes de ventilation et de chauffage ;
- l'examen de la pertinence du choix de la pièce de confinement ;
- la détermination de la situation de l'exposition de la pièce de confinement par rapport aux sources des risques ;
- la détermination de la valeur de l'objectif de performance de la pièce de confinement en termes de niveau de perméabilité à l'air à ne pas dépasser (n_{50}) lorsque celui-ci n'est pas déterminé explicitement par le règlement du PPRT ;
- une mesure de la perméabilité à l'air initiale du local choisi, avec le repérage des fuites ;
- la comparaison du niveau mesuré au niveau de performance à atteindre ;
- l'évaluation des travaux à réaliser, comprenant les travaux indispensables quel que soit le niveau mesuré, et les travaux de renforcement du local fonction des valeurs des niveaux de perméabilité à l'air de l'objectif de performance et de la mesure initiale.

9.2.2 La détermination de l'exposition de la pièce de confinement

La pièce de confinement est « exposée » ou « abritée » du site industriel :

- Une pièce est « exposée » au site industriel si elle comporte au moins une façade extérieure exposée à une source de phénomène dangereux toxique.
- Une pièce est « abritée » du site industriel si elle ne comporte aucune façade extérieure exposée à une source de phénomène dangereux toxique.

Une façade est « exposée au site industriel » dès lors qu'un point d'émission (source) d'un phénomène toxique, est situé sous un angle inférieur ou égal à 60° par rapport à la normale de cette façade, prise en son milieu.

La façade est dite « abritée du site industriel » dans le cas contraire.

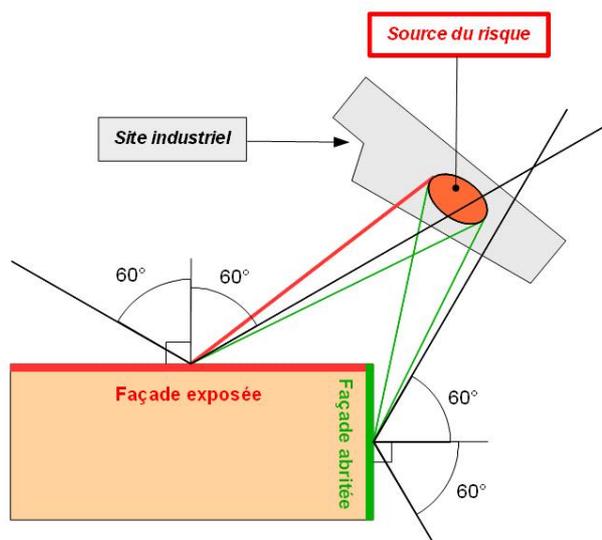


Illustration 18 : Exemple d'orientation des façades pour un effet toxique

La détermination de l'exposition des façades de la pièce de confinement est faite par rapport aux sources d'émission des produits toxiques qui ont un effet impactant le bâtiment. Ce peut être un linéaire de canalisations, un point ou une enveloppe d'une structure.

Les éléments du bâtiment ou une autre construction qui peuvent faire écran entre les façades de la pièce de confinement et les sources des produits toxiques, ne sont pas pris en compte pour déterminer l'exposition des façades. Ils n'en modifient pas le caractère exposé si c'est le cas.

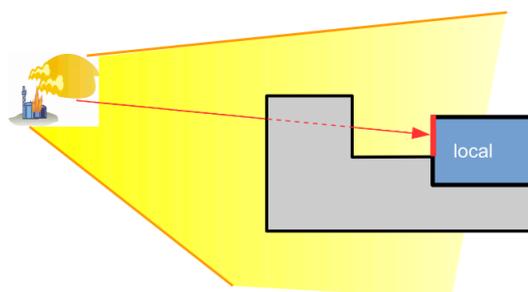


Illustration 19 : Obstacle entre la source d'effet toxique et la pièce de confinement

Les cartographies des sources (voir illustration 5 page 15) sont la référence d'étude de la détermination de l'exposition des façades des pièces de confinement.

Dans le cas où les cartographies à disposition ne mentionnent pas clairement les sources ou les zones d'effet de ces sources, le diagnostiqueur pourra être amené à retenir comme origine des sources l'ensemble du site (zone grisée) ou alors se rapprocher de la DREAL ou de la DDT locale pour en avoir communication.

Le rapport de diagnostic indiquera les bases cartographiques utilisées pour la détermination de l'exposition au site.

9.2.3 L'indicateur « n_{50} » de la perméabilité à l'air de la pièce de confinement

Dans le cadre des PPRT, la perméabilité à l'air des pièces de confinement est définie par une valeur n_{50} qui est le taux de renouvellement d'air du volume du local pendant une heure, sous une différence de pression de 50 pascals entre l'intérieur et l'extérieur du local.

La valeur n_{50} est définie par la formule : $n_{50} = q_{50} / Vol$

dans laquelle :

- q_{50} est le débit de fuites d'air de la pièce sous 50 pascals (en m^3/h) ;
- Vol est le volume de la pièce (en m^3).

La valeur n_{50} s'exprime en $1/h$, h^{-1} , ou plus simplement en **vol/h**.

9.2.4 La détermination de l'objectif de perméabilité à l'air de la pièce de confinement

9.2.4.1 Cas général

Pour les bâtiments résidentiels auxquels s'applique le présent guide (voir chapitre 2.1 page 8), les règlements des PPRT fixent les valeurs n_{50} prescrites. Elles sont données selon deux critères :

- la typologie du bâtiment, soit « maisons individuelles », soit « bâtiments collectifs » :
 - les n_{50} « **maison individuelle** » seront retenus pour les logements situés dans une maison individuelle lorsqu'elle comporte au plus deux logements ;
 - les n_{50} « **bâtiments collectifs** » seront retenus dans tous les autres cas, dont les logements situés dans une maison individuelle dès lors qu'elle comporte plus de deux logements, dans un bâtiment collectif d'habitation, ou dans un bâtiment autre qu'à destination d'habitation (ex : logement de fonction) ;
- l'exposition de la pièce au site industriel, soit « exposée », soit « abritée ».

On retiendra d'abord les deux valeurs : « n_{50} exposé » et « n_{50} abrité », fixées pour la typologie du bâtiment considéré, puis finalement parmi ces deux valeurs, celle correspondant à la situation de la pièce choisie.

Cette valeur sera l'objectif de performance en termes de perméabilité à l'air de la pièce de confinement.

9.2.4.2 Cas où le PPRT ne fixe pas les valeurs « n_{50} »

Le PPRT fixe a minima un objectif de performance en « taux d'atténuation » (Att%) de la concentration en polluant dans l'air, entre l'environnement extérieur, et celle à ne pas dépasser dans la pièce de confinement.

Dans le cas où les valeurs n_{50} ne sont pas fixées par le PPRT, le diagnostiqueur recherchera alors dans le règlement la condition atmosphérique devant être retenue pour le cas d'un bâtiment non résidentiel (elle peut figurer dans une annexe au règlement comme une donnée des études de vulnérabilité à mener pour ce type de bâtiment). En cas d'absence de cette donnée, se rapprocher de la DREAL ou de la DDT locale pour en avoir communication.

Une fois le taux d'atténuation (Att%) prescrit déterminé pour la zone, et la condition atmosphérique identifiée, le diagnostiqueur pourra rechercher la valeur n_{50} qui sera l'objectif de performance en termes de perméabilité à l'air de la pièce de confinement. Pour cela, il se référera aux abaques placés en Annexe 4 : **Abaques de détermination de l'objectif de perméabilité à l'air de la pièce de confinement – effet toxique** :

- une première série d'abaques concerne les bâtiments résidentiels « standards » ;
- les abaques de la seconde série ne seront employés que dans le cas où le bâtiment étudié est entièrement construit en application de la Réglementation Thermique 2012 (RT 2012), donc construit à compter du 1er janvier 2013.

L'abaque à retenir dépend de trois conditions :

1. La condition atmosphérique

Retenir l'abaque selon l'une des conditions atmosphériques suivantes :

Condition atmosphérique retenue dans le PPRT :	3A – 3B – 3E – 3F	5B – 5C – 5D	10C – 10D
Abaques à retenir :	3F	5D	10D

Tableau 26 : Choix de l'abaque à utiliser selon les conditions atmosphériques

D'une manière générale, retenir l'abaque ayant le même chiffre (il indique la vitesse du vent) que la condition retenue dans le PPRT.

2. La typologie du bâtiment

Retenir « Maison individuelle » (1) ou « Immeuble collectif » (2) selon la typologie du bâtiment étudié.

3. L'exposition de la pièce de confinement

Retenir « exposé » (1) ou « abrité » (2) suivant la situation de la pièce de confinement choisie (appelé local de confinement dans les abaques), comme déterminé au 9.2.2.

- Exemple :
- la condition atmosphérique est 5D
 - le bâtiment est une maison individuelle → 1
 - le local est abrité → 2
 - le taux d'atténuation Att% = 9 % (0,09) → la valeur n_{50} cible est 8,1 vol/h.
- } **retenir l'abaque 5D-1.2**

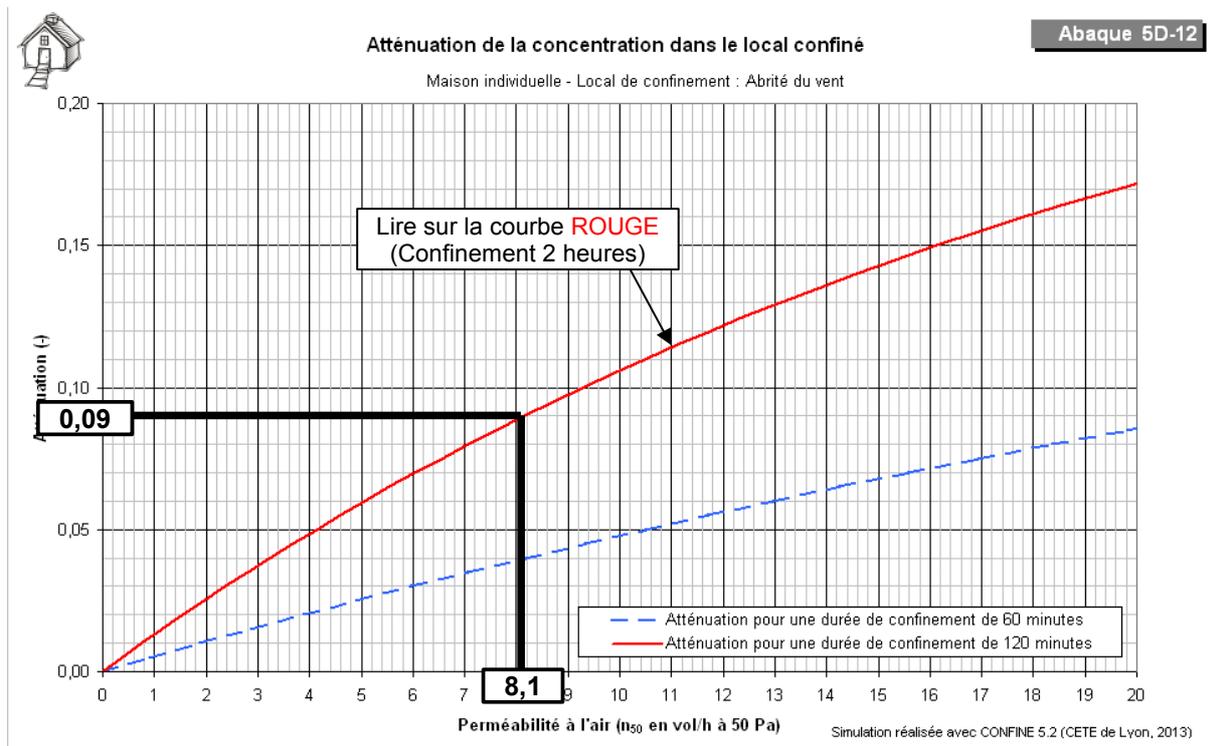


Illustration 20 : Exemple d'abaque 5D

Le diagnostic indiquera les modalités de la détermination de l'objectif de performance pris pour la pièce de confinement.

9.3 Caractérisation du bâti et des parties à protéger

9.3.1 Caractéristiques minimales de la pièce de confinement

Pour le résidentiel, une pièce de confinement est identifiée pour chaque maison individuelle et pour tout logement.

- **Surface et volume minimum**

La surface et le volume minimum de la pièce de confinement est de 1 m² et 2,5 m³ par personne. Il est toutefois recommandé de **prévoir au minimum 1,50 m² et 3,60 m³ par personne**.

- **Nombre de personnes**

Pour le résidentiel, le nombre de personnes est considéré égal au type de logement plus une personne, soit [x+1] pour une habitation de type [Tx].

Exemple : 5 personnes pour une habitation de type T4.

Si le type de logement n'est pas défini, on comptera une personne de plus que le nombre de pièces, hors pièce de service (cuisine, salle de bains, WC).

- **Autres caractéristiques**

La pièce de confinement ne doit pas comporter d'appareil de chauffage à combustion, ni tout autre appareil, dispositif ou matériel pouvant contrevenir à la sécurité et la santé des personnes pendant la durée du confinement. Elle ne doit pas être encombrée.

Elle est choisie de préférence « abritée » du site industriel et si possible non directement sous la toiture. Son choix peut aussi dépendre de l'état initial des pièces ou de sa facilité d'accès par les occupants.

Il est recommandé que la pièce de confinement ne comporte pas de porte d'accès donnant directement sur l'extérieur du bâtiment, afin d'en éviter un usage qui ne serait pas sécuritaire en cas de crise.

Le niveau de perméabilité à l'air de la pièce de confinement doit être inférieur ou égal à la valeur prescrite.

9.3.2 La visite du bâtiment et le choix de la pièce

La visite du bâtiment s'effectue normalement avec le propriétaire, commanditaire du diagnostic et maître d'ouvrage des travaux relevant des mesures PPRT.

Le diagnostiqueur aura préalablement identifié le bâtiment sur les cartographies du PPRT et déterminé pour chaque façade ou élément de façade du bâtiment, leur exposition au site industriel.

La visite a pour objet :

- de définir la pièce qui sera la pièce de confinement. Le diagnostiqueur sera d'aide et de conseil à ce choix. Il s'assurera de sa conformité aux dispositions générales précitées. Il s'assurera de la pertinence du choix notamment par rapport à l'exposition de la pièce dans le bâtiment vis-à-vis du site industriel, des facultés de son utilisation par les occupants et de l'état initial de la pièce.

Le choix de la pièce de confinement revient toujours au propriétaire.

- de procéder aux mesures de la pièce pour en déterminer sa surface et son volume :
 - la surface et le volume doivent satisfaire les conditions minimums ;
 - le volume est une donnée de la mesure de perméabilité à l'air du local de confinement. Le volume est calculé sans soustraire les mobiliers, et s'appuie sur les parois et planchers qui déterminent l'enveloppe « étanche » du local (le volume comprend notamment les placards et les pléniums en dessus des faux-plafonds non étanches) ;
- de reconnaître les systèmes de ventilation volontaires présents dans tout le bâtiment (ventilation, chauffage par système d'air transféré, hotte, aspiration...), l'ensemble des dispositifs de leur fonctionnement, et leurs positions dans le bâtiment ainsi que les moyens d'arrêt existants ;
- de procéder aux mesures de perméabilité à l'air de la pièce choisie, d'en diagnostiquer les fuites et les hiérarchiser.

L'exposition de la pièce retenue pour le confinement est déterminée selon la méthode présentée au 9.2.2.

Si le bâtiment est également exposé à l'effet thermique continu, on retiendra une pièce unique pour le confinement face à l'effet toxique et la mise à l'abri face à l'effet thermique (voir chapitre 7.5).

9.3.3 La mesure initiale de la perméabilité à l'air de la pièce choisie

La mesure est réalisée suivant les dispositions de la norme NF EN ISO 9972 (ex NF EN 13829) et du guide d'application GA P 50-784 telles que précisées à l'Annexe 7.

Il est recommandé qu'elle soit exécutée par un mesureur qualifié QUALIBAT (qualification de mesurage 8711) ou équivalent.

La mesure porte sur :

- **un diagnostic quantitatif des fuites**

Il s'agit de la détermination de la valeur initiale de la perméabilité à l'air de la pièce, cette valeur est le « n_{50} mesuré ».

- **un diagnostic qualitatif des fuites**

Il s'agit de procéder au repérage, à la description et à la hiérarchisation des fuites d'air. La reconnaissance doit être complète, veillez aux points singuliers comme dans les placards, dessous d'éviers, derrière les meubles et dans les plénums. Les fuites sont hiérarchisées selon leurs importances relatives.

Un rapport d'essai est produit comprenant les éléments prévus par les normes et le guide d'application cités plus haut, conformément aux dispositions précisées à l'Annexe 7.

Nota : L'ouvrant qui a été remplacé lors de la mesure de perméabilité à l'air par le dispositif de mesure n'est pas testé, et ses fuites éventuelles ne sont pas diagnostiquées. Le résultat de la mesure est donné en considérant l'ouvrant dans la situation du dispositif monté, c'est-à-dire étanche à l'air. Le diagnostiqueur examinera visuellement la qualité de l'ouvrant, de ses jointoiements au cadre dormant et au sol, il en déduira les travaux nécessaires à prévoir sur celui-ci pour une étanchéité parfaite, similaire au montage du dispositif.

9.3.4 Comparaison de la valeur « n_{50} mesurée » à l'objectif de performance

L'objectif de performance est déterminé selon la méthode présentée au 9.2.4, il est appelé « n_{50} cible ».

- **1er cas : le « n_{50} mesuré » est supérieur au « n_{50} cible » :**

Des travaux de renforcement de l'étanchéité à l'air de la pièce de confinement sont à prévoir.

- **2nd cas : le « n_{50} mesuré » est inférieur au « n_{50} cible » :**

L'objectif de performance est atteint sans renforcement nécessaire de l'étanchéité à l'air de la pièce de confinement à prévoir, sauf précautions utiles en cas de valeurs proches (voir 9.4.1).

Mesures complémentaires éventuelles :

Des mesures de perméabilité à l'air complémentaires peuvent être réalisées, portant sur l'aspect quantitatif, permettant d'approcher la valeur n_{50} de la pièce selon les travaux de renforcement envisagés.

La réalisation de mesures avec colmatage de certains éléments (fenêtres, portes) ou parties de l'enveloppe de la pièce jugés fuyardes (avec un film polyéthylène souple étanche par exemple), est une façon possible de déterminer les gains possibles sur la perméabilité à l'air, et de cibler judicieusement les travaux.

9.4 Exigences des dispositifs de confinement

Les dispositifs de confinement comprennent :

- des travaux éventuellement nécessaires de renforcement de l'étanchéité à l'air de la pièce ;
- le renforcement possible de l'étanchéité à l'air de l'ouvrant ayant servi pour la mesure, avec le maintien du passage d'air en situation courante, selon le type de ventilation du logement ;
- des travaux de réalisation de dispositifs techniques portant sur le bâtiment et nécessaires à l'efficacité du confinement (travaux sur la ventilation par exemple).

Si le bâtiment est également exposé à un effet thermique ou de surpression, sous réserve des dispositions portées au chapitre 10 (Hiérarchisation des travaux) dans le cas où le coût des travaux de renforcement viendrait à dépasser les seuils de prescription, il convient de mettre en œuvre des renforcements complémentaires afin de **garantir l'intégrité de l'étanchéité à l'air de la pièce de confinement**.

En effet, les travaux de renforcement prescrits vis-à-vis des effets thermiques et de surpression peuvent être insuffisants pour le maintien du niveau cible d'étanchéité à l'air de la pièce de confinement en cas de survenance d'un effet combiné. Des renforcements complémentaires doivent être mis en œuvre. Par exemple : les films anti-explosion ne peuvent être utilisés et le remplacement des vitrages ou celui de la menuiserie est alors nécessaire.

9.4.1 Les travaux de renforcement de l'étanchéité à l'air de la pièce de confinement

Les renforcements de l'étanchéité à l'air de la pièce de confinement dépendent de la valeur cible et de la valeur mesurée de sa perméabilité à l'air. Ils sont entrepris dans le cas où le « n_{50} mesuré » est supérieur au « n_{50} cible ». L'objectif est d'obtenir après exécution des travaux, une valeur n_{50} de l'étanchéité à l'air de la pièce inférieure ou égale au « n_{50} cible ».

Dans le cas où les valeurs sont proches, il est néanmoins judicieux de prévoir des renforcements. En effet, les orifices de ventilation sont colmatés pour l'essai initial alors que les dispositifs obturables de ventilation après travaux sont juste fermés. De plus l'étanchéité à l'air de l'ouvrant ayant servi pour la mesure peut être moins performante que l'étanchéité quasi totale de l'appui du dispositif établi lors de l'essai. Les travaux à mener tiennent compte de cette appréciation. Cette précaution va dans le sens de la sécurité des occupants.

Les travaux de renforcement peuvent porter sur :

- des menuiseries fuyardes, soit de façon très importante pouvant nécessiter leur rénovation ou leur changement total, soit localisées à des liaisons non jointives ou points particuliers ;
- des fuites surfaciques de plancher, plafond ou parois ;
- des fuites linéaires de liaisons entre parois, de joints de portes, fenêtres, coffres intérieurs de volets roulants, trappes ou de liaisons de menuiseries aux parois ;
- des fuites ponctuelles telles que traversées de parois non ou mal colmatées, percements, fissures, encastresments, vitres endommagées, équipements électriques (boîtiers, débouchés de gaines)...

Les renforcements de l'étanchéité à l'air de la pièce de confinement portent sur la réparation, en tout ou partie des défauts identifiés lors de la mesure, pour une atteinte certaine de l'objectif « n_{50} cible ».

9.4.2 Le renforcement de l'étanchéité à l'air de l'ouvrant ayant servi pour la mesure

Il s'agit généralement de la porte d'entrée dans la pièce. L'ouvrant a été remplacé par le dispositif de mesure et ses fuites éventuelles ne sont pas diagnostiquées. Le diagnostic de l'ouvrant est visuel.

La porte doit être d'une part étanche à l'air ou pouvoir être rendue étanche à l'air en cas de crise, et d'autre part permettre à la ventilation du logement de s'effectuer correctement en situation courante. On veillera notamment à s'assurer que l'air continue à circuler librement en principe des pièces principales vers les pièces de service.

Les travaux pourront porter sur :

- le jointoiment entre la feuillure et le battant, le changement ou l'occultation de la serrure, ou le remplacement de la menuiserie ;
- la mise en place d'un système d'étanchéité en bas de porte. À titre d'exemples, ce système peut être mobile, automatique à la fermeture (volet ou plinthe automatique) ou manuel. Il peut aussi être fixe avec une barre d'étanchéité posée sur le sol (type « seuil suisse ») mais ce dispositif présente un ressaut et est à éviter pour maintenir l'accessibilité de la pièce ;

- la pose d'une grille de ventilation obturable parfaitement jointoyée en partie basse de la porte, dans le cas d'une ventilation du logement basée sur le principe du balayage d'air de pièce à pièce, pour le rétablissement du passage d'air en situation normale. Si le système d'étanchéité mis en place en bas de porte n'est pas automatique, mais manœuvré seulement en cas de crise et que l'air peut continuer à circuler porte fermée, la grille de transfert n'est alors pas nécessaire.

Le remplacement de la menuiserie, de préférence alors par une porte pleine monobloc jointée, (ouvrant seul ou menuiserie complète) pourra intervenir dans les cas non exhaustifs suivants :

- les liaisons ouvrant/dormant ne sont pas suffisamment planes, trop étroites ou trop distantes pour permettre la pose satisfaisante d'un joint d'étanchéité à l'air ;
- l'ouvrant présente lui-même des défauts d'étanchéité à l'air, il peut s'agir de fissures dues à son état, mais aussi par l'assemblage de différents éléments présentant des liaisons lâches trop importantes pour des colmatages efficaces et durables ;
- l'ouvrant est composé d'éléments fragiles pouvant être détériorés (exemple : porte avec un oculus vitré) ;
- la conception ou la qualité de l'ouvrant ne permettent pas la pose d'une grille de transfert d'air, ou son montage étanche à l'air (cas de porte alvéolaire).

9.4.3 L'arrêt des ventilations volontaires

9.4.3.1 Dispositions générales

Pour que le confinement soit efficace, il faut avant tout qu'un **arrêt rapide des débits d'air volontaires de l'ensemble de la construction soit possible**³⁴. Une réponse à cette exigence peut être :

- un arrêt rapide possible des systèmes de ventilation du bâtiment ;
- l'obturation de toutes les entrées d'air volontaires du bâtiment, et non seulement celles de la pièce de confinement ;
- l'arrêt des autres systèmes pouvant entraîner des transferts d'air volontaires (ex : chauffage ou climatisation par air transféré, hotte, système d'aspiration).

9.4.3.1.1 L'arrêt rapide des ventilations

L'arrêt porte sur les mécanismes de ventilation qui extraient ou insufflent de l'air dans les bâtiments (ventilateurs des systèmes simple-flux et double-flux, extracteurs ou autres dispositifs).

Pour les maisons individuelles, l'arrêt de tous les mécanismes présents doit être possible depuis l'intérieur du logement sans devoir sortir à l'extérieur ou dans un local communiquant qui aurait une étanchéité moindre que le logement lui-même (garage par exemple). Les dispositifs d'arrêt doivent être parfaitement identifiés, et aisément accessibles à tous moments par toute personne susceptible de devoir les actionner en cas de confinement. **Il est recommandé d'avoir un dispositif d'arrêt unique à tous les mécanismes, et de le placer dans la pièce de confinement.**

Dans le cas où il existe un disjoncteur spécifique à la VMC placé dans un tableau électrique situé à l'intérieur du logement, ce dispositif peut convenir pour satisfaire des situations où l'installation d'un dispositif d'arrêt dans la pièce de confinement pourrait occasionner des travaux trop importants, sous réserve de l'assurance des conditions suivantes :

- le tableau électrique et l'installation présentent toutes les garanties de protection électrique nécessaires pour permettre cet usage réservé aux situations de crise ;
- l'organe de coupure est parfaitement identifiable par toutes les personnes susceptibles d'avoir à le manœuvrer lors d'une crise ;
- sa localisation est connue et il est accessible aisément et rapidement à tous moments ;
- l'arrêt rapide d'éventuels autres mécanismes de ventilation présents dans le logement reste par ailleurs possible.

Pour les logements dans des bâtiments collectifs d'habitation, se reporter au paragraphe 9.6.2.

³⁴ Il est rappelé qu'en dehors de situations de confinement, les systèmes de ventilations doivent être en fonctionnement conformément à l'arrêté du 24 mars 1982 relatif à l'aération des logements

9.4.3.1.2 L'obturation des entrées d'air volontaires

L'obturation porte sur tous les organes de ventilation permettant les communications volontaires d'air entre l'extérieur et l'intérieur du bâtiment ainsi qu'entre la pièce de confinement et le reste du bâti (modules d'entrées d'air, bouches, grilles, gaines des réseaux).

Elle ne porte pas, pour des raisons de sécurité, sur les organes nécessaires à l'aération permanente des logements, liée au fonctionnement des appareils à combustion (voir paragraphe 9.4.4).

Les dispositifs d'obturation des entrées d'air peuvent être des systèmes à grilles ou à volets obturables à mettre en œuvre à la place des dispositifs existants. Les dispositifs d'obturation des conduits d'air peuvent être des clapets automatiques ou des bouches obturables.

Les dispositifs mis en œuvre doivent permettre les débits d'air réglementaires en situation courante.

9.4.3.1.3 L'arrêt des autres systèmes

Pour l'arrêt des autres systèmes pouvant entraîner des transferts d'air volontaires, leurs propres commandes peuvent convenir si elles se situent dans le logement. Les mesures comportementales doivent rappeler leur arrêt comme celui des ventilations.

Leur arrêt peut aussi être judicieusement couplé au dispositif d'arrêt rapide des ventilations, pour un arrêt commun seulement en cas de crise. L'attention est toutefois attirée sur la nécessité de maintenir la protection électrique spécifique des VMC pour leurs seules alimentations.

9.4.3.2 Possibilité de réduire les dispositions sur les entrées d'air volontaires

Les débits d'air occasionnés par les entrées et extractions d'air volontaires situées dans tout le bâtiment, ne sont pas pris en compte dans la valorisation des « Π_{50} cible » prescrits aux règlements des PPRT. En référence à l'exemple de moyens cité au 9.4.3.1, au-delà de l'arrêt des systèmes de ventilation, leur obturation est nécessaire lors d'une crise pour mettre le bâtiment en conformité aux hypothèses prises dans le calcul des valeurs prescrites. Les circonstances pouvant conduire à ne pas les rendre obturables ou à les laisser ouvertes lors du confinement, impliquent un renforcement supplémentaire de l'étanchéité à l'air des pièces de confinement.

La réduction de mise en œuvre de tout ou partie des dispositifs d'obturation des entrées et extractions d'air volontaires est possible aux conditions qui suivent, selon la typologie des bâtiments et la situation de la pièce de confinement. Elle ne porte pas sur l'arrêt rapide des systèmes de ventilation des bâtiments, ainsi que sur tout autre pouvant entraîner des transferts d'air volontaires, lesquels doivent rester possibles dans tous les cas.

9.4.3.2.1 Maison individuelle

Les dispositifs d'entrée et d'extraction d'air volontaire ainsi que les gaines de ventilation, présents dans le bâtiment, peuvent ne pas être équipés de dispositifs d'obturation, à l'exception de ceux situés ou débouchant dans la pièce de confinement.

Les cheminées ouvertes peuvent être conservées dans le cas où la pièce de confinement choisie est « exposée » au site industriel.

Selon l'exposition de la pièce de confinement, le niveau « n_{50} cible » de la perméabilité à l'air que doit atteindre la pièce de confinement est alors le suivant :

- **la pièce de confinement est exposée au site industriel**

Le niveau « n_{50} cible » de la pièce de confinement en absence de mise en œuvre des dispositifs d'obturation admis, reste celui fixé au PPRT pour la typologie du bâtiment considéré.

- **la pièce de confinement est abritée du site industriel**

Le niveau « n_{50} cible » de la pièce de confinement en absence de mise en œuvre des dispositifs d'obturation admis, est déterminé à partir de la valeur prescrite au PPRT selon le tableau ci-dessous.

Valeurs cible « n_{50} » prescrites au PPRT (Maisons individuelles – local abrité)	Valeurs cibles « n_{50} » en absence de mise en œuvre des dispositifs d'obturation admis
$n_{50} \leq 0,1$ vol/h	n_{50} cible égal au n_{50} prescrit
$0,1$ vol/h < $n_{50} \leq 0,7$ vol/h	n_{50} cible = n_{50} prescrit moins 0,1 vol/h (sans être inférieur à 0,1) <i>exemple « n_{50} prescrit » = 0,4 vol/h alors « n_{50} cible » = 0,4 – 0,1 = 0,3 vol/h</i>
$0,7$ vol/h < $n_{50} < 1,3$ vol/h	n_{50} cible = n_{50} prescrit moins 0,2 vol/h (sans être inférieur à 0,6) <i>exemple « n_{50} prescrit » = 0,9 vol/h alors « n_{50} cible » = 0,9 – 0,2 = 0,7 vol/h</i>
$1,3$ vol/h $\leq n_{50} < 2$ vol/h	n_{50} cible = 1,0 vol/h
2 vol/h $\leq n_{50} < 3$ vol/h	n_{50} cible = 1,6 vol/h
3 vol/h $\leq n_{50} < 4$ vol/h	n_{50} cible = 2,4 vol/h
4 vol/h $\leq n_{50} < 5$ vol/h	n_{50} cible = 3,2 vol/h
5 vol/h $\leq n_{50} < 6$ vol/h	n_{50} cible = 4,0 vol/h
6 vol/h $\leq n_{50} < 7$ vol/h	n_{50} cible = 4,7 vol/h
7 vol/h $\leq n_{50} < 8$ vol/h	n_{50} cible = 5,5 vol/h
8 vol/h $\leq n_{50} < 9$ vol/h	n_{50} cible = 6,3 vol/h
9 vol/h $\leq n_{50} < 10$ vol/h	n_{50} cible = 7,1 vol/h
$n_{50} \geq 10$ vol/h	n_{50} cible = 7,8 vol/h

Tableau 27 : Valeurs cibles n_{50} pour une pièce de confinement pour une maison individuelle

9.4.3.2.2 Bâtiment collectif

Les modules et grilles d'entrée d'air volontaire, les bouches d'extraction, les aérateurs et extracteurs d'humidité présents dans un logement individuel ou les parties communes, placés directement sur l'extérieur du bâtiment, ainsi que les dispositifs et gaines de ventilation faisant partie d'un réseau de ventilation propre à un seul logement, peuvent ne pas être équipés de dispositifs d'obturation, à l'exception de ceux situés ou débouchant dans la pièce de confinement,

Les organes de ventilation naturelle, assistée ou mécanique, faisant partie d'un réseau commun à plusieurs logements ou avec les parties communes et ceux de réseaux propres aux parties communes, restent concernés par la mise en place de dispositifs d'obturation.

Selon l'exposition de la pièce de confinement, le niveau « n_{50} cible » de la perméabilité à l'air que doit atteindre la pièce de confinement est alors le suivant :

- **la pièce de confinement est exposée au site industriel**

Le niveau « n_{50} cible » de la pièce de confinement en absence de mise en œuvre des dispositifs d'obturation admis, reste celui fixé au PPRT pour la typologie du bâtiment considéré.

- **La pièce de confinement est abritée du site industriel**

Le niveau « n_{50} cible » de la pièce de confinement en absence de mise en œuvre des dispositifs d'obturation admis, est déterminé à partir de la valeur prescrite au PPRT selon le tableau ci-dessous.

Valeurs cible « n_{50} » prescrites au PPRT (Bâtiments collectifs – local abrité)	Valeurs cibles « n_{50} » en absence de mise en œuvre des dispositifs d'obturation admis
$n_{50} \leq 0,1$ vol/h	n_{50} cible égal au n_{50} prescrit
$0,1$ vol/h < $n_{50} \leq 0,7$ vol/h	n_{50} cible = n_{50} prescrit moins $0,1$ vol/h (sans être inférieur à $0,1$) <i>exemple « n_{50} prescrit » = $0,4$ vol/h alors « n_{50} cible » = $0,4 - 0,1 = 0,3$ vol/h</i>
$0,7$ vol/h < $n_{50} < 1,3$ vol/h	n_{50} cible = n_{50} prescrit moins $0,2$ vol/h (sans être inférieur à $0,6$) <i>exemple « n_{50} prescrit » = $0,9$ vol/h alors « n_{50} cible » = $0,9 - 0,2 = 0,7$ vol/h</i>
$1,3$ vol/h $\leq n_{50} < 2$ vol/h	n_{50} cible = $1,0$ vol/h
2 vol/h $\leq n_{50} < 3$ vol/h	n_{50} cible = $1,6$ vol/h
3 vol/h $\leq n_{50} < 4$ vol/h	n_{50} cible = $2,4$ vol/h
4 vol/h $\leq n_{50} < 5$ vol/h	n_{50} cible = $3,2$ vol/h
5 vol/h $\leq n_{50} < 6$ vol/h	n_{50} cible = $4,1$ vol/h
6 vol/h $\leq n_{50} < 7$ vol/h	n_{50} cible = $4,8$ vol/h
7 vol/h $\leq n_{50} < 8$ vol/h	n_{50} cible = $5,6$ vol/h
8 vol/h $\leq n_{50} < 9$ vol/h	n_{50} cible = $6,5$ vol/h
9 vol/h $\leq n_{50} < 10$ vol/h	n_{50} cible = $7,3$ vol/h
$n_{50} \geq 10$ vol/h	n_{50} cible = $8,0$ vol/h

Tableau 28 : Valeurs cibles n_{50} pour une pièce de confinement pour un bâtiment collectif

9.4.4 Présence d'appareil de chauffage à combustion et gaines de cheminées

9.4.4.1 Appareils de chauffage à combustion

Les pièces de confinement ne doivent pas comporter d'appareil de chauffage à combustion.

Les cheminées ouvertes sont supprimées ou condamnées, et le conduit de fumée ainsi que l'amenée éventuelle d'air comburant sont colmatés. Il est possible a minima qu'elles soient équipées d'un insert pourvu d'un dispositif d'entrée d'air comburant obturable³⁵. Ces dispositions ne s'appliquent pas aux maisons individuelles dans le cas d'une pièce de confinement « exposée » au site industriel (voir 9.4.3.2).

En cas de présence dans le logement d'appareil de chauffage à combustion à circuit non étanche, les dispositifs d'aération qu'il nécessite ne doivent pas être pourvus de dispositif d'obturation. L'évaluation technique des travaux prendra en compte la présence de ces appareils et des dispositifs d'aération maintenus pour leur usage, ainsi que leur possible fonctionnement lors d'une crise de façon à ce que le dispositif de confinement ne nuise pas à la sécurité des personnes confinées.

9.4.4.2 Gaines de cheminées

Les conduits de cheminées qui débouchent à l'intérieur du bâtiment doivent être équipés de bouchons étanches à toutes leurs embouchures non raccordées à un appareil de chauffage à combustion.

Les conduits de cheminée débouchant dans les pièces de confinement sont traités comme des défauts d'étanchéité à l'air, en vue de satisfaire l'objectif cible « n50 ».

9.4.5 Sas d'entrée dans le bâtiment

Prescription applicable aux bâtiments ayant des entrées communes à plusieurs logements (type bâtiments collectifs d'habitation)

Cette disposition n'est pas obligatoire pour les maisons individuelles

L'ouverture des portes d'entrée dans le bâtiment favorise la pénétration du nuage toxique à l'intérieur. Dans les bâtiments collectifs, les entrées des occupants peuvent être multiples et prolongées, il est nécessaire de limiter ces ouvertures.

Toutes les entrées des parties communes des bâtiments desservant plusieurs logements doivent être équipées de sas. Leur nombre peut cependant être réduit aux seules entrées identifiées comme devant servir en cas de crise, les autres entrées doivent alors être et rester absolument fermées durant tout le confinement. Dans ce cas, il est utile que les règlements des copropriétés ou des bâtiments locatifs précisent ces consignes collectives ainsi que toutes mesures comportementales à respecter utiles à l'efficacité du dispositif. Les portes des sas doivent être ouvertes le moins possible et toujours en deux temps.

Le dimensionnement des sas est à apprécier en fonction de la fréquence et du nombre des personnes devant les emprunter, c'est-à-dire avoir une longueur entre ouvertures et une surface suffisantes pour permettre les « stockages » successifs des personnes susceptibles de se présenter à l'entrée considérée, dans un temps assez court pour pénétrer dans le bâtiment, tout en garantissant une fermeture totale des portes entre leurs ouvertures alternatives. Leur conception doit également satisfaire les règles d'accessibilité et de sécurité en cas d'utilisation possible hors période de crise.

9.4.6 Sas d'entrée dans la pièce de confinement

Cette disposition n'est pas obligatoire mais peut permettre d'améliorer le confinement lorsque la pièce de confinement est susceptible d'accueillir de nombreuses personnes.

Lorsque cela est possible, il est utile d'identifier un volume existant (pièce, couloir) jouant le rôle de sas d'entrée dans la pièce de confinement.

³⁵ Le recours à la solution minimale (insert) permettant la conservation du foyer ouvert dans le sens d'agrément du logement ne s'inscrit pas dans les possibilités d'aides financières au titre des PPRT, sauf si la cheminée est le dispositif principal de chauffage du logement et qu'il n'en existe pas d'autre.

9.5 Dispositions complémentaires

Afin de permettre une sécurité optimum des personnes confinées, il est utile de prévoir certaines mesures complémentaires permettant une protection la plus efficace, et un usage de la pièce de confinement adapté.

9.5.1 Arrêt du chauffage

Disposition non obligatoire pour le cas de chauffage autre qu'à air transféré

Le confinement peut entraîner une augmentation rapide de la température à l'intérieur de la pièce de confinement. Pour prévenir des troubles, il peut être utile de pouvoir couper le chauffage.

En cas d'appareil chauffant dans la pièce de confinement disposant d'un arrêt individuel, ce peut être suffisant. Dans le cas contraire, l'arrêt du chauffage peut être couplé à l'arrêt de la ventilation. L'attention est toutefois attirée sur la nécessité de maintenir la protection électrique spécifique des VMC pour leurs seules alimentations.

Les chauffages à air transféré sont à traiter comme la ventilation (voir 9.4.3).

9.5.2 Matériels à prévoir dans la pièce de confinement

Il est souhaitable que les matériels suivants soient entreposés dans la pièce de confinement :

- du ruban adhésif étanche à l'air pour renforcer l'étanchéité notamment des équipements mobiles (grilles et bouches d'air, joints des ouvrants de fenêtres et portes) ou autres ;
- escabeau, marche-pieds, pour faciliter le colmatage manuel complémentaire ;
- des bouteilles d'eau ;
- des linges propres à utiliser en cas de picotements ;
- un ou deux seaux et papier hygiénique au cas de besoins ;
- médicaments ou traitements utiles aux personnes confinées ;
- des occupations calmes (lectures, jeux de société) ;
- un poste de radio ;
- une lampe de poche ;
- des piles de rechange ;
- la fiche de consignes (voir ci-dessous).

9.5.3 Mesures comportementales

Le dispositif de confinement sera d'autant plus efficace qu'il est bien utilisé.

Il est nécessaire que tous les occupants d'un même bâtiment connaissent parfaitement la façon de se comporter en cas de crise et les réflexes à avoir.

La direction territoriale Centre-Est du Cerema (ex. CETE de Lyon) a établi une fiche de consignes générales disponible en Annexe 5 : Fiche de consignes pour le confinement – effet toxique. Elle peut être complétée de mesures adaptées au bâtiment.

La protection passe par l'appropriation du dispositif de confinement, aussi il est utile de proposer aux occupants de revoir régulièrement les fiches de consignes, et de faire des exercices de simulation.

9.5.4 Pérennité du dispositif de confinement

La sécurité des occupants passe par la tenue et l'efficacité dans le temps du dispositif de confinement.

Il convient de :

- veiller à la conservation d'un niveau d'étanchéité à l'air de la pièce de confinement conforme à l'objectif de performance (éviter les percements d'enveloppe ou les colmater, vérifier les joints des menuiseries, seuil de porte...) ;
- vérifier régulièrement le bon état de l'arrêt possible des ventilations (arrêt et obturation des entrées d'air), en ayant soin de remettre ensuite les dispositifs en fonctionnement et les différentes bouches en position ouverte ;
- ne pas encombrer la pièce ;

- renouveler les matériels à prévoir dans la pièce.

9.6 Particularités des bâtiments collectifs d'habitation

Les logements situés dans les bâtiments collectifs diffèrent des cas de maisons individuelles avec un seul logement, du fait que l'ensemble des logements et les communs d'un même bâtiment participe individuellement à la protection de chacun d'eux, par le fait qu'ils assurent réciproquement le rôle de première barrière à la pénétration du nuage toxique dans le bâtiment. De plus certains éléments des dispositifs de confinement peuvent être collectifs (ventilation, sas). Ce peut être aussi le cas pour les maisons individuelles qui comportent plusieurs logements. La réalisation et la gestion de ces dispositifs communs relèvent généralement de la copropriété.

Les diagnostics des logements individuels porteront sur une reconnaissance plus large à l'ensemble du bâtiment, et distingueront les travaux privatifs au logement individuel des travaux communs à plusieurs logements. **Il est recommandé que l'ensemble des diagnostics des logements d'un même bâtiment soit réalisé par un même opérateur. En cas de copropriété, le syndic peut être mandaté comme le commanditaire des diagnostics, sinon éventuellement s'en rapprocher pour évaluer le besoin. Un diagnostic portant sur les travaux relevant de la compétence de la copropriété avec l'indication des actions et mesures comportementales particulières est souhaitable.**

9.6.1 La pièce de confinement

Pas de particularité, la pièce de confinement est propre au logement. Elle est dimensionnée conformément aux chapitres 9.3 à 9.5.

9.6.2 Les ventilations

Les ventilations volontaires des logements peuvent être indépendantes ou communes aux logements :

1. Dans le cas où la ventilation du logement diagnostiqué n'est pas motorisée ou assistée, il conviendra de s'assurer que le bâtiment ne comporte pas de ventilation motorisée par ailleurs, le diagnostic de vulnérabilité vis-à-vis de la ventilation reposera alors sur les dispositifs propres au logement.
2. Dans le cas où la ventilation du logement diagnostiqué n'est pas motorisée ou assistée mais que le bâtiment comporte par ailleurs des ventilations motorisées pour les communs ou des logements, le diagnostic de vulnérabilité vis-à-vis de la ventilation reposera d'une part sur les dispositifs propres au logement, et d'autre part sur l'arrêt de la ventilation des communs (voir point 4. ci-dessous), il soulignera la nécessité d'arrêt des ventilations individuelles motorisées des autres logements.
3. Dans le cas où la ventilation du logement diagnostiqué est motorisée ou assistée mais n'est pas commune à d'autres logements ou partie du bâtiment, prévoir l'arrêt possible de cette ventilation dans le logement. Les dispositions du 9.4.3.1.1 relative à l'arrêt rapide des ventilations dans les maisons individuelles s'appliquent au cas présent de logement. En cas d'autres ventilations motorisées, le diagnostic de vulnérabilité vis-à-vis de la ventilation reposera également sur l'arrêt de la ventilation motorisée des communs s'il y en a une (voir point 4. ci-dessous), et soulignera la nécessité d'arrêt des autres ventilations individuelles motorisées des autres logements.
4. Dans le cas où la ventilation du logement diagnostiqué est motorisée ou assistée et est commune à plusieurs logements, l'arrêt de cette ventilation concerne l'ensemble de ces logements. Le dispositif d'arrêt doit être placé en partie commune et accessible en cas de crise. Il doit être protégé de toutes manipulations intempestives ou inappropriées et être compatible avec les règles de sécurité incendie. Il est recommandé d'associer l'arrêt de ces ventilations à une alarme qui peut être visuelle pour permettre, en situation normale, une remise en route immédiate.

9.6.3 Les entrées dans le bâtiment

Les entrées identifiées dans le bâtiment pour leur utilisation en cas d'alerte sont pourvu d'un sas. Les autres entrées doivent être fermées et maintenues fermées pendant la crise.

Les bâtiments collectifs d'habitation dont l'accès à tous les logements individuels s'opèrent directement depuis l'extérieur, à niveau du sol ou par l'intermédiaire de passerelles ou coursives ouvertes, ne sont pas concernés par la réalisation de sas d'entrée. En cas de situation de bâtiments avec des logements ayant des accès pour les uns directement sur l'extérieur et pour d'autres par l'intermédiaire de parties communes intérieures, seules les entrées dans le bâtiment desservant ces derniers font l'objet de sas.

L'identification de chacune de ces entrées relève d'une décision collective, commune à tous les propriétaires

des appartements desservis (copropriété, syndic, bailleur social). Il est souhaitable d'associer les locataires au choix d'usage.

9.6.4 Les mesures comportementales

L'activation des dispositifs de protection communs et l'usage des parties communes en cas de crise conditionnent l'efficacité des pièces de confinement propres à chaque logement. Pour cela, il est essentiel que leur utilisation (notamment l'arrêt des ventilations communes, la fermeture des entrées dans le bâtiment et l'utilisation seule des sas) soit parfaitement maîtrisée et suivie.

Il est important que l'ensemble des occupants et des usagers potentiels des parties communes aient le même niveau d'information sur les mesures comportementales collectives à adopter en cas de crise, notamment :

- fermer les portes d'entrées et ouvertures des parties communes ;
- utiliser les seules entrées identifiées pourvues d'un sas, et pénétrer dans le bâtiment en ouvrant les portes des sas en deux temps ;
- couper les ventilations communes ;
- rejoindre les logements privatifs individuels ;
- fermer les ouvertures sur l'extérieur des logements et couper les ventilations individuelles.

9.7 Logements situés dans des bâtiments non résidentiels

Ce peut être le cas des logements de fonction situés dans un bâtiment de typologie différente que le résidentiel (établissement scolaire, sportif, artisanal, industriel, commercial ou de service).

Le bâtiment fera l'objet d'études différentes :

- pour chaque logement individuel qu'il comporte : un « diagnostic de confinement » conforme aux dispositions du présent guide ;
- le reste du bâtiment qui n'est pas du résidentiel relève des dispositions de protection propres à ces biens. En cas de mesures de protection envisagées, l'étude à mener sur cette partie du bâtiment sera un « diagnostic de vulnérabilité pour les bâtiments non résidentiels » comprenant notamment le calcul de l'objectif « n_{50} » du local de confinement.

Le « diagnostic de confinement » à réaliser pour ces logements suit les mêmes dispositions que pour un logement individuel situé dans un bâtiment collectif d'habitation. Les logements ont chacun leur propre pièce de confinement.

Le niveau de performance à retenir pour la pièce de confinement des logements situés dans des bâtiments non résidentiels, est le n_{50} « **bâtiment collectif** », abrité ou exposé selon la situation de la pièce.

L'enveloppe générale du bâtiment est une première barrière à la pénétration du nuage toxique. Toutes les ventilations volontaires du bâtiment doivent pouvoir être arrêtées, même si elles sont différenciées de celle du logement.

Les entrées dans le bâtiment sont à traitées comme suit :

- les entrées directes dans un logement depuis l'extérieur ou par l'intermédiaire de la partie du bâtiment « non résidentielle » sont traitées comme en matière de maison individuelle. Le sas d'entrée n'est pas une disposition obligatoire ;
- les entrées communes à plusieurs logements depuis l'extérieur ou par l'intermédiaire de la partie du bâtiment « non résidentielle » seront traitées comme pour les bâtiments collectifs d'habitation. Celles devant être utilisées en cas de crise sont identifiées et pourvues d'un sas ;
- les entrées depuis l'extérieur dans la partie du bâtiment « non résidentielle » seront traitées par le diagnostic de vulnérabilité propre au reste du bâti.

Il est utile de coordonner les diagnostics de confinement des logements avec le diagnostic de vulnérabilité portant sur la partie non résidentielle du bâtiment, notamment sur les aspects « ventilation » et « entrées dans le logement ».

10 Hiérarchisation des travaux

10.1 Démarche de hiérarchisation

Dans le cas où le coût des travaux de renforcement dépasserait un des seuils de prescription fixés à l'article L.515-16-2 du Code de l'environnement, le propriétaire qui ne souhaiterait pas aller au-delà devra faire un choix dans les travaux listés.

Pour satisfaire à ses obligations dans une telle hypothèse, le propriétaire définit les travaux à réaliser en priorité. Pour ce faire, il peut se fonder sur l'usage actuel ou prévu du bien, la recherche d'une protection à un niveau d'aléa moindre ou les synergies avec d'autres objectifs d'amélioration de l'habitat.

Le diagnostic réalisé par un professionnel peut déjà proposer une hiérarchisation des travaux sur laquelle s'appuyer.

Néanmoins, **le propriétaire a, dans tous les cas, la responsabilité du choix final des travaux** qu'il souhaitera mettre en œuvre pour protéger au mieux les occupants.

Il est d'ailleurs le mieux placé pour arbitrer entre les différents travaux listés, notamment en fonction des critères d'appréciation cités à l'article L.515-16-2 du Code de l'environnement et énumérés ci-dessous.

10.1.1 L'usage du logement

Exemple :

Dans le cas d'une maison, les choix de travaux à réaliser pourront être différents selon si elle est occupée :

- par une personne âgée seule vivant dans les pièces du rez-de-chaussée ;
- par une famille occupant le rez-de-chaussée et l'étage.

10.1.2 La recherche d'une protection complète mais à un niveau d'intensité moindre

Exemple :

Bien souvent les phénomènes dangereux qui présentent l'intensité la plus élevée ont la probabilité d'occurrence la plus faible. Le propriétaire pourra choisir de se protéger à un niveau d'intensité moindre, adapté aux phénomènes dangereux de probabilité plus élevée.

Des critères techniques peuvent également être pris en compte pour privilégier certains travaux concernant les éléments les plus vulnérables et présentant le meilleur rapport protection/coût (Voir 10.2).

10.1.3 Les synergies avec d'autres objectifs d'amélioration de l'habitat

Exemple :

Si des travaux de renforcement ainsi que des travaux d'isolation sont nécessaires, le propriétaire pourra décider de privilégier les travaux d'isolation qui permettent également d'améliorer la performance énergétique de son bien ainsi que le confort des occupants.

10.2 Des critères techniques par effet

Les éléments techniques suivant, déclinés par effets, permettent d'affiner la mise en œuvre des différentes stratégies de hiérarchisation.

10.2.1 Thermique

Thermique continu

Pour la protection face à l'effet thermique continu, le choix d'un local de mise à l'abri en façade abritée permet de réduire sensiblement les coûts de travaux. Pour que le local de mise à l'abri soit efficace, il faut cependant remplacer les matériaux inflammables des faces directement exposées de l'enveloppe et prévoir des dispositifs d'occultation des surfaces vitrées si elles sont trop importantes.

En matière d'isolation thermique du bâtiment, l'isolation de la toiture peut être à privilégier, car il s'agit de la mesure présentant le rapport coût/efficacité le plus élevé.

Thermique transitoire

Le renforcement des fenêtres paraît prioritaire car :

- le coût peut être limité ;
- il s'agit de l'élément le plus vulnérable vis-à-vis des effets thermiques (ceci est d'autant plus vrai qu'ils sont fréquemment associés à des effets de surpression).

10.2.2 Surpression

Intensité comprise entre 20 et 50 mbar

Dans cette zone, les fenêtres sont les éléments les plus vulnérables. Leur renforcement se fera, en priorité, sur les façades les plus exposées au risque et se poursuivra éventuellement sur les autres faces du bâtiment. La pose d'un film de sécurité sur double vitrage peut généralement être un bon compromis coût/efficacité.

Intensité comprise entre 50 et 140 mbar

Le renforcement des menuiseries extérieures vitrées reste prioritaire car cela reste l'une des parties les plus vulnérables des bâtiments de type habitation individuelle.

Il convient de renforcer, avant les éléments non structuraux, les murs de maçonnerie et la toiture.

10.2.3 Toxique

En maison individuelle, le cas de dépassement des seuils de prescription n'a jamais été constaté pour le coût des travaux de renforcement face à la présence d'effet toxique seul. Toutefois si ce cas venait à se présenter, les hiérarchisations d'aménagements seraient :

- l'identification d'une pièce de confinement la moins exposée, et présentant peu d'éléments sensibles à la perméabilité à l'air (sous réserve qu'elle soit adaptée à l'effectif à protéger) ;
- la mise en œuvre d'un dispositif d'arrêt rapide des systèmes mécaniques de ventilation du logement lorsqu'il est absent ou lorsqu'il est avéré que l'existant est mal situé ou inadapté à l'objectif de rapidité ;
- la mise en œuvre de dispositifs d'obturation sur les entrées d'air et gaines de ventilation en priorité dans la pièce de confinement ;
- le renforcement de l'étanchéité à l'air de la pièce de confinement suivant l'efficacité des travaux, en parallèle avec la mise en œuvre de dispositifs d'obturation sur les entrées d'air et gaines de ventilation dans le reste du bâtiment ou du logement.

10.3 Cas d'effets simultanés

De manière générale, il n'y a pas qu'une seule solution envisageable. Les solutions peuvent prendre en compte des combinaisons d'effets, leurs intensités respectives, l'orientation du bâtiment...

On peut citer, de manière non exhaustive :

- se protéger de tous les effets, mais face à des effets d'intensité moindre que ceux dimensionnés au PPRT ;
- se protéger en priorité face à un effet, le choix peut alors être fait suivant les niveaux d'intensité ou d'aléas ;
- se protéger en réalisant les travaux qui concourent à la réduction de la vulnérabilité face à plusieurs effets à la fois.

ANNEXES

Annexe 1 : Orientation – effet de surpression

Annexe 2 : Remplacement complet des menuiseries – effet de surpression

Annexe 3 : Réaction au feu des matériaux de construction courants

Annexe 4 : Abaques de détermination de l'objectif de perméabilité à l'air de la pièce de confinement – effet toxique

Annexe 5 : Fiches de consignes pour le confinement – effet toxique

Annexe 6 : Fiches de relevé terrain par effet

Annexe 7 : Précisions sur le mode opératoire et le rapport d'essai de la mesure de la perméabilité à l'air des locaux de confinement – effet toxique

Annexe 1 : Orientation – effet de surpression

Comment trouver le numéro de chaque face d'un bâtiment ?

Une fois les centres d'explosion connus³⁶, il faut attribuer un numéro à chaque face des bâtiments concernés : face 1 (la plus exposée), face 2, face 3 ou face 4 (la moins exposée).

Ce numéro de face va exprimer la violence des effets que les fenêtres situées sur chaque face du bâtiment sont susceptibles de subir en cas d'accident engendrant une surpression.

L'attribution des numéros va se faire selon une procédure détaillée ci-après. Ce classement va permettre de prendre les mesures appropriées pour la protection des personnes (voir les tableaux de principe dans les différents chapitres du présent guide).

- Étape 1 : Repérer toutes les faces du bâtiment. En effet, un bâtiment n'a pas forcément une forme simple comme dans les exemples ci-dessous, il y a aussi des dispositions "en L", "en H"... ;
- Étape 2 : Pour chaque face, on va déterminer sa position (son orientation) par rapport au(x) centre(s) d'explosion. Pour ce faire, on va tracer successivement des secteurs de plus en plus larges, définis à partir de la face en cours d'évaluation, puis on va y rechercher un ou des centres d'explosion.

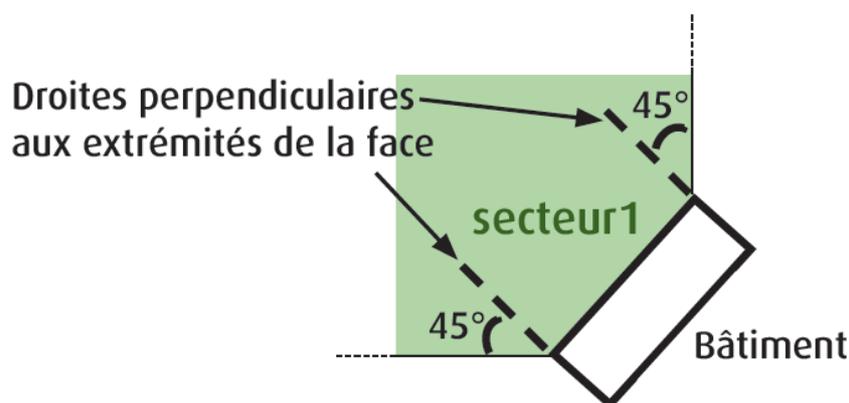


Figure 1 : Détermination du secteur 1

- Si un ou plusieurs centres d'explosion se trouvent dans ce secteur (secteur 1), la face est classée en face 1.

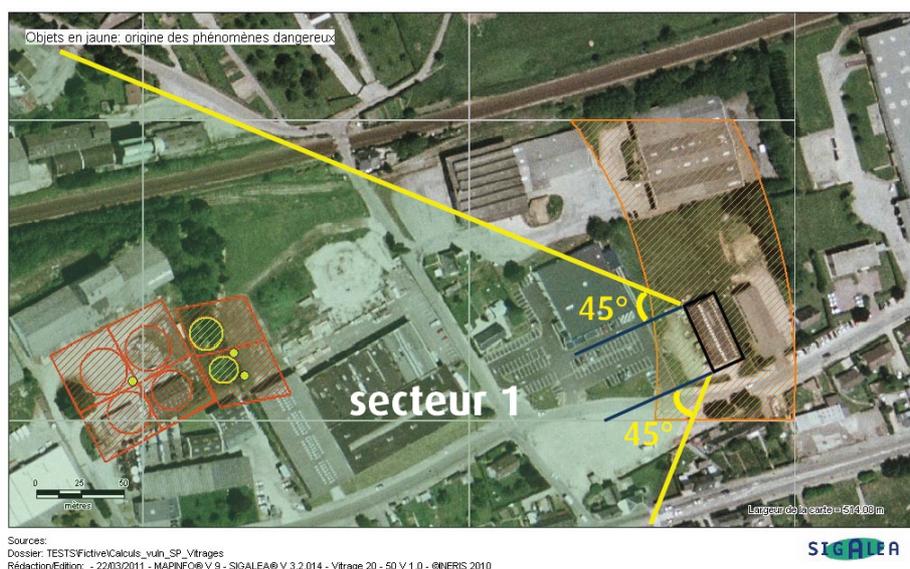


Figure 2 : Exemple de détermination du secteur 1

Au moins un centre d'explosion est situé en secteur 1 (le secteur vert de l'exemple ci-dessus), la face correspondante est donc classée en face 1.

³⁶ Dans le cas où les cartographies à disposition ne mentionnent pas clairement les sources ou les zones d'effet de ces sources, le diagnostiqueur pourra être amené à retenir comme origine des sources l'ensemble du site (zone grisée) ou alors se rapprocher de la DREAL ou de la DDT locale pour en avoir communication.

- Si aucun centre d'explosion ne se trouve dans ce secteur 1, il faut définir un secteur 2, plus large, où les angles qui étaient de 45° pour le secteur 1, seront cette fois de 90°.

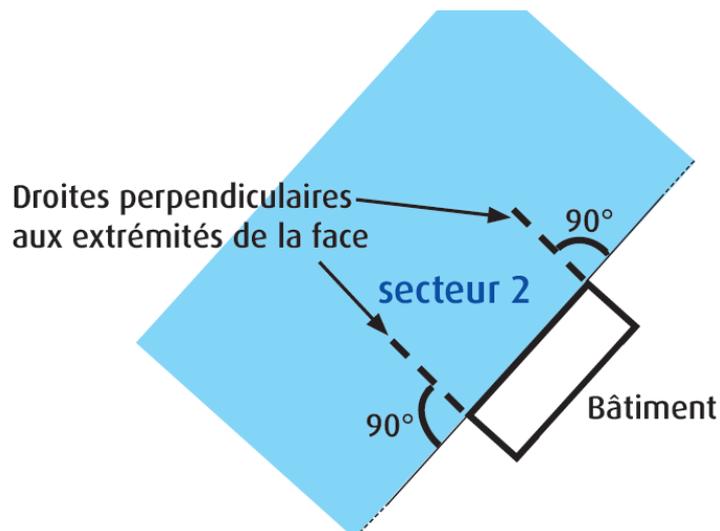


Figure 3 : Détermination du secteur 2

Si au moins un centre d'explosion se trouve dans ce secteur 2 (le secteur bleu du schéma ci-dessus), la face étudiée est classée en face 2.

- Si aucun centre d'explosion ne se trouve dans ce secteur 2, il faut définir un secteur 3, encore plus large, où les angles qui étaient de 90° pour le secteur 2, seront cette fois de 135°.

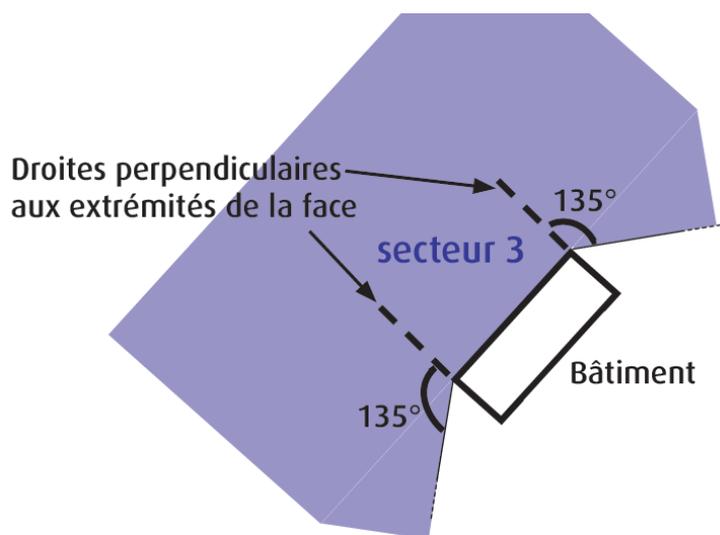


Figure 4 : Détermination du secteur 3

Si au moins un centre d'explosion se trouve dans ce secteur 3 (le secteur mauve du schéma ci-avant), la face étudiée est classée en face 3.

- Si aucun centre d'explosion ne se trouve dans ce secteur 3, la face étudiée est classée en face 4.

Étude d'un exemple

Sur ce cas réel, on établit le secteur 1 pour la face étudiée.

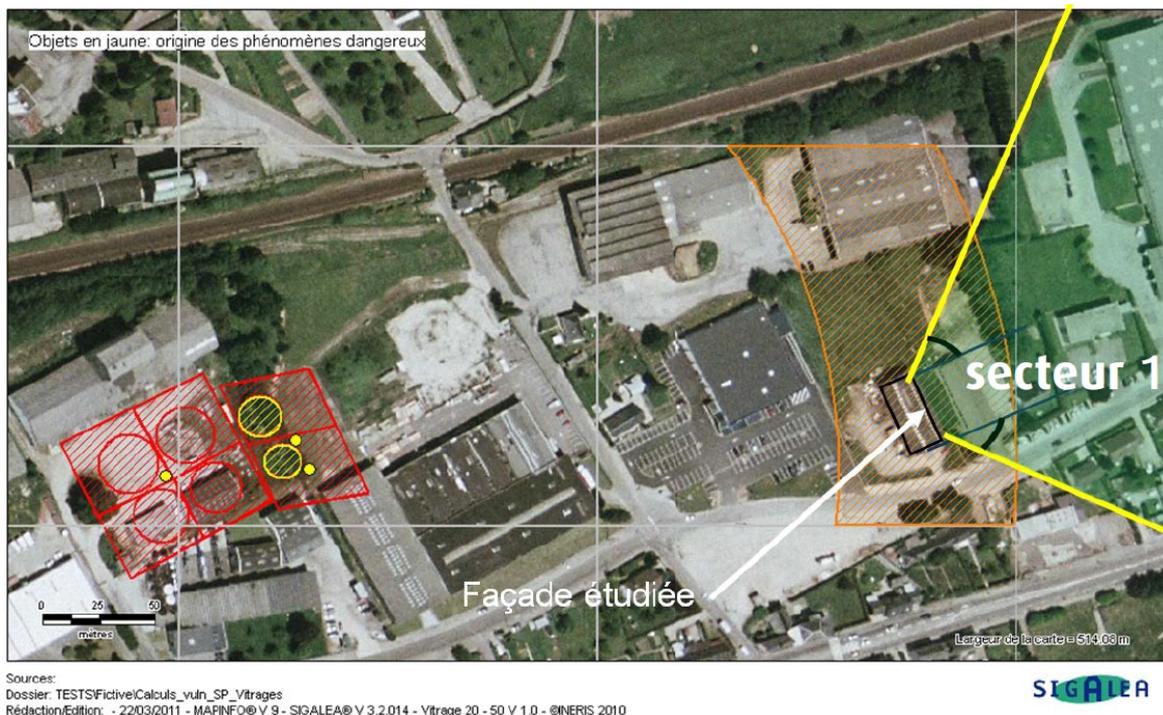


Figure 5 : Exemple – détermination du secteur 1

Aucun centre d'explosion n'est dans le secteur 1 (secteur en vert). On trace donc le secteur 2, en bleu sur la figure ci-dessous.

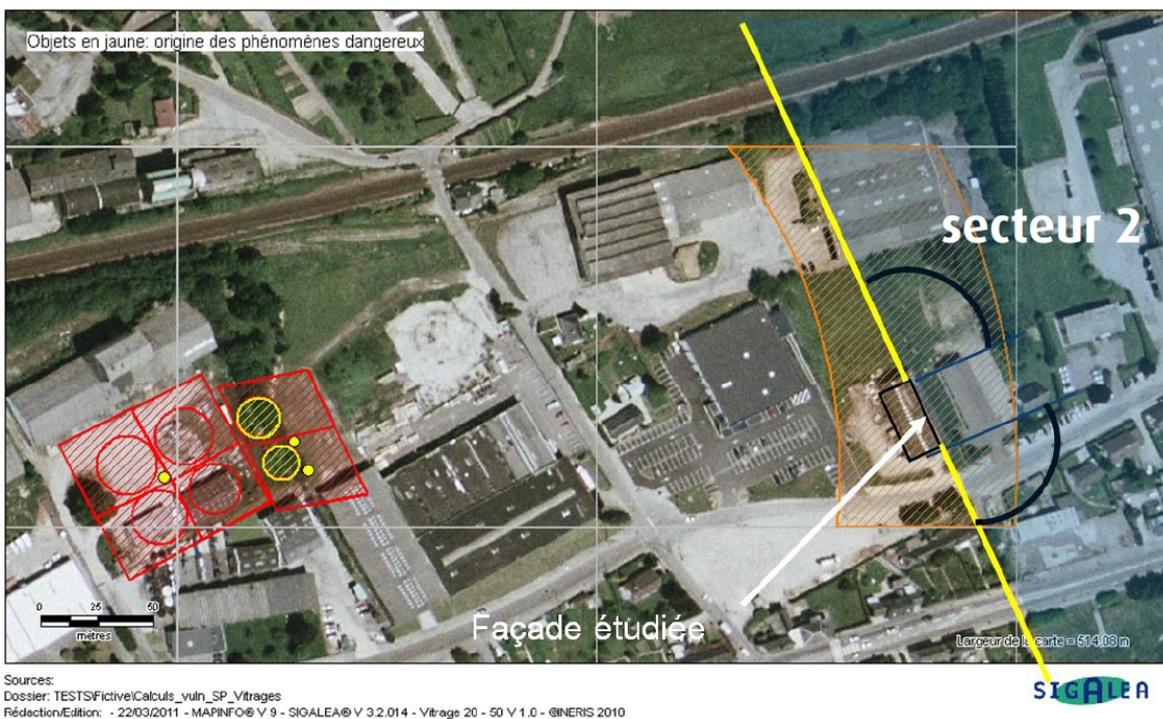


Figure 6 : Exemple – détermination du secteur 2

Aucun centre d'explosion n'est dans le secteur 2 (secteur en bleu). On trace donc le secteur 3, en violet sur la figure ci-après).

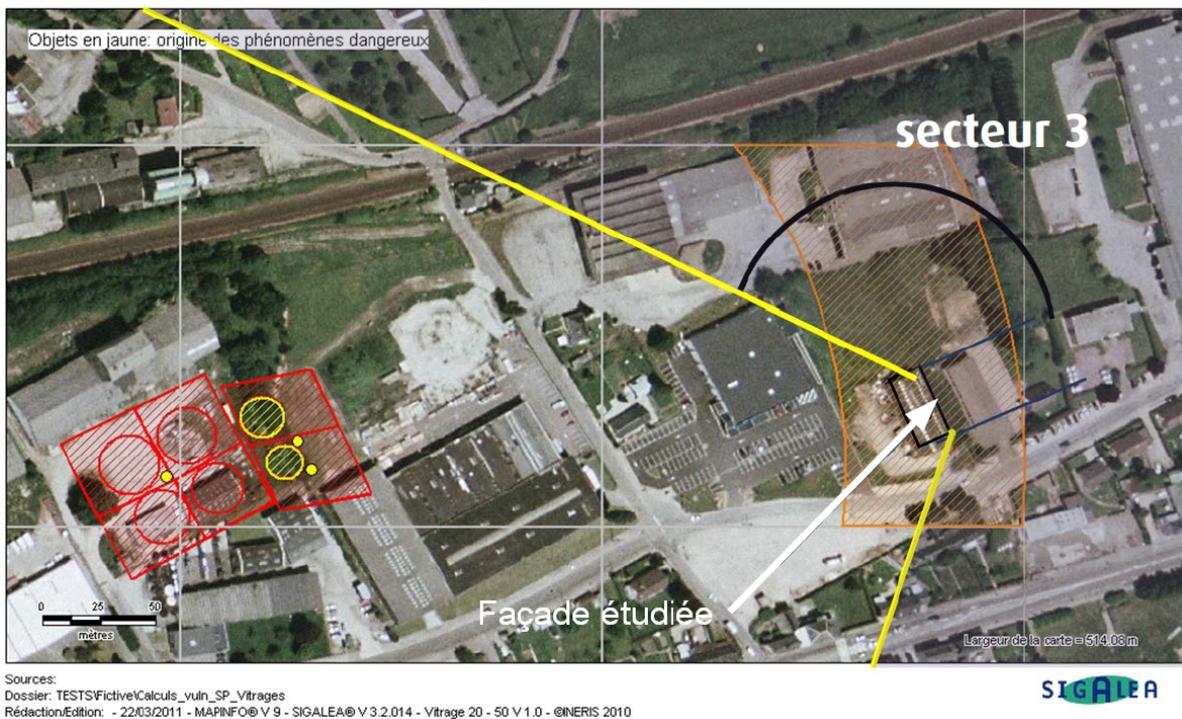


Figure 7 : Exemple – détermination du secteur 3

Aucun centre d'explosion n'est dans ce secteur 3. Par conséquent, la façade étudiée sera classée en face 4 (face la moins exposée et donc risquant de subir le moins de dommages).

En appliquant la méthode à toutes les faces du bâtiment de notre exemple, on obtient le classement suivant :

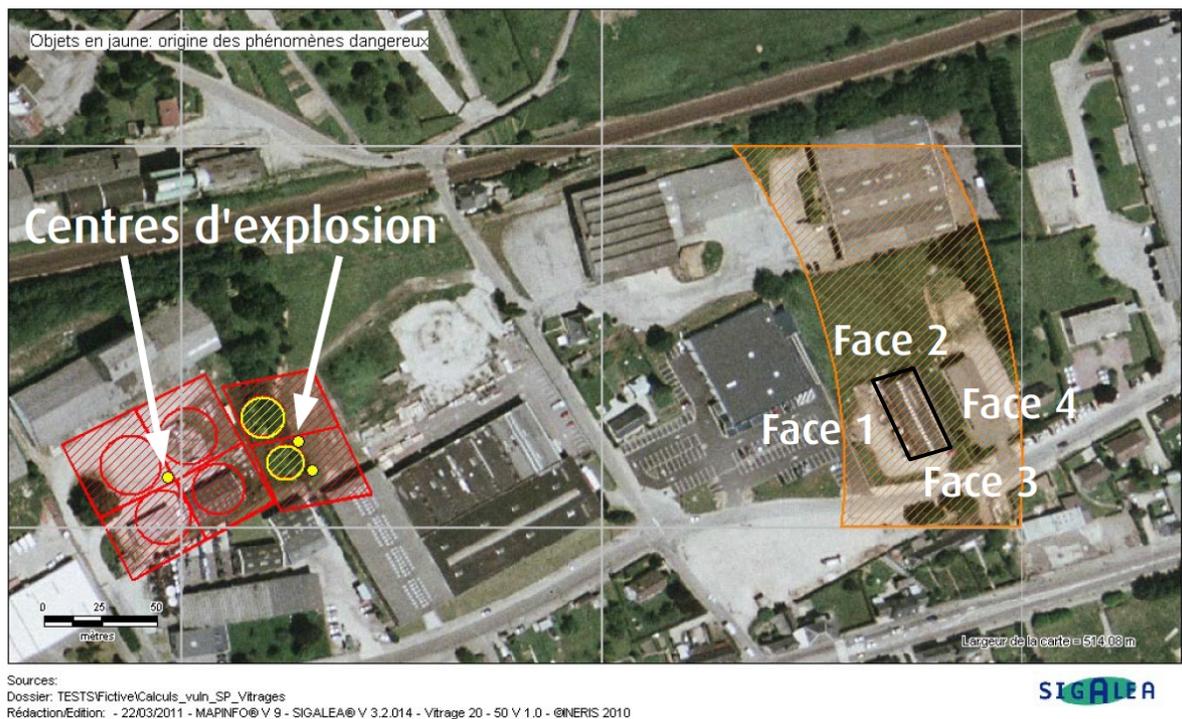


Figure 8 : Exemple – détermination des faces du bâtiment

Cas des sources d'explosion étendues

Comme évoqué au point précédent, outre les sources ponctuelles (points jaunes), les sources d'explosion peuvent être plus étendues (lignes, polygones fermés par exemple).

Pour ces sources plus étendues, le centre d'explosion sera considéré comme étant dans le secteur étudié (secteur 1, 2 ou 3) dès lors qu'une partie de la source étendue sera située à l'intérieur de ce secteur.



Sources:
Dossier: TESTS\Fictive\Calculs_vuln_SP_Vitrages
Rédaction/Édition: - 22/03/2011 - MAPINFO® V 9 - SIGALEA® V 3.2.014 - Vitrage 20 - 50 V 1.0 - ©NERIS 2010

SIGALEA

Figure 9 : Cas des sources d'explosion étendues – Exemple

Dans l'exemple ci-dessus, même si une partie seulement d'une source d'explosion étendue (représentée ici par un polygone jaune) est située dans le secteur 1, on procède comme si l'ensemble de la source étendue était en secteur 1, et on classe donc la face du bâtiment étudiée en face 1.

Annexe 2 : Remplacement complet des menuiseries – effet de surpression

1. Zone 20-50 mbar

Dans le cas du remplacement de la fenêtre dans la zone 20-50 mbar d'un effet de surpression, les fenêtres à mettre en œuvre devront respecter l'ensemble des recommandations indiquées ci-dessous, ou en cas d'impossibilité technique la plus grande partie de ces recommandations.

Ces recommandations portent sur :

- le panneau vitré ;
- le mode d'ouverture de la fenêtre (ouverture à la française, vers l'extérieur, ...) ;
- le matériau constituant le châssis (PVC, aluminium, bois) ;
- le système de fermeture de la fenêtre ;
- le mode de pose ;
- le mode de fixation du châssis dans le mur.

Rappel : Si le remplacement de la fenêtre n'est pas possible techniquement ou économiquement (dépassement des seuils de travaux obligatoire), la pose d'un film de sécurité anti-explosion sur la menuiserie existante reste toujours une solution acceptable qui permet de réduire la vulnérabilité des personnes même si les dimensions maximales indiquées dans les tableaux 3 à 6 pages 24 et 25 sont dépassées.

1.1 Choix du panneau vitré

Les panneaux vitrés de la fenêtre doivent résister ou dans une moindre mesure casser sans risques de blessures face à une onde de surpression incidente de 20 à 50 mbar.

Le dimensionnement des panneaux vitrés face aux effets de surpression dépend :

- de la zone dans laquelle se trouve le bâtiment (zone 20-35 ou 35-50 mbar) ;
- de la nature de l'onde (onde de choc ou déflagration) ;
- de l'orientation des façades du bâtiment par rapport au centre d'explosion ;
- et des dimensions des panneaux vitrés de la fenêtre à mettre en place (L longueur, I largeur).

Il peut par exemple être envisagé d'utiliser :

- un double vitrage 4/Y³⁷/4 ;
- un double vitrage feuilleté 4/Y/44.2 ou 44.2/Y/44.2 ;
- un double vitrage en verre trempé (double vitrage 8/8/8).

Les tableaux suivants présentent, pour ces différents type de vitrage, les dimensions maximales admissibles du panneau vitré (I largeur, L longueur) correspondant permettant de résister à une onde de surpression incidente de 20 à 50 mbar ou de protéger efficacement les personnes contre ces agressions en cassant sans risque de blessure.

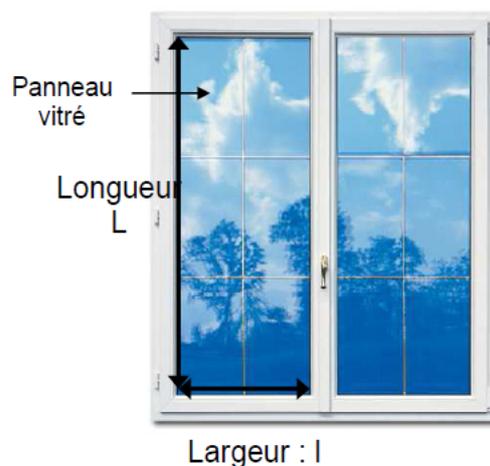


Illustration 21 : Dimensions L et I d'un panneau vitré

37 Y est l'épaisseur de la lame d'air, généralement entre 4 et 20 mm

Panneaux vitrés en double vitrage 4/Y/4							
Onde de choc							
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/l				
			1	1,5	2	3	4
20-35 mbar	Face 1	l (m)	0,70	0,55	0,40	0,35	0,35
	Face 2		0,90	0,70	0,65	0,40	0,40
	Face 3		1,15	0,90	0,80	0,55	0,50
	Face 4		1,20	0,95	0,85	0,55	0,55
35-50 mbar	Face 1	l (m)	0,55	0,40	0,30	0,25	0,25
	Face 2		0,65	0,55	0,40	0,30	0,30
	Face 3		0,90	0,70	0,65	0,40	0,40
	Face 4		0,95	0,75	0,70	0,45	0,45
Déflagration							
20-35 mbar	Face 1	l (m)	0,95	0,75	0,70	0,45	0,45
	Face 2		1,15	0,90	0,80	0,55	0,50
	Face 3		1,30	1,05	0,95	0,65	0,60
	Face 4		1,35	1,10	1,00	0,70	0,65
35-50 mbar	Face 1	l (m)	0,80	0,60	0,45	0,35	0,35
	Face 2		0,90	0,70	0,65	0,40	0,40
	Face 3		1,05	0,85	0,75	0,50	0,50
	Face 4		1,15	0,90	0,80	0,55	0,50

Tableau 29 : Panneaux vitrés en double vitrage recuit 4/Y/4 – 20-50 mbar

Panneaux vitrés en double vitrage feuilleté 44.2/Y/4 (verre feuilleté posé coté extérieur)							
Onde de choc							
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/l				
			1	1,5	2	3	4
20-35 mbar	Face 1	l (m)	1,10	0,90	0,85	0,65	0,55
	Face 2		1,30	1,05	0,95	0,75	0,65
	Face 3		1,55	1,25	1,15	0,90	0,80
	Face 4		1,65	1,35	1,25	1,05	0,90
35-50 mbar	Face 1	l (m)	0,90	0,75	0,70	0,50	0,45
	Face 2		1,00	0,80	0,80	0,55	0,50
	Face 3		1,30	1,05	0,95	0,75	0,65
	Face 4		1,35	1,10	1,00	0,80	0,70
Déflagration							
20-35 mbar	Face 1	l (m)	1,35	1,10	1,00	0,80	0,70
	Face 2		1,55	1,25	1,15	0,90	0,80
	Face 3		1,80	1,45	1,35	1,15	1,00
	Face 4		1,85	1,55	1,40	1,20	1,05
35-50 mbar	Face 1	l (m)	1,20	1,00	0,90	0,70	0,60
	Face 2		1,30	1,05	0,95	0,75	0,65
	Face 3		1,45	1,20	1,10	0,85	0,75
	Face 4		1,55	1,25	1,15	0,90	0,80

Tableau 30 : Panneaux vitrés en double vitrage feuilleté 44.2/Y/4 (verre feuilleté posé coté extérieur) – 20-50 mbar

Panneaux vitrés en double vitrage feuilleté 4/Y/44.2 (verre feuilleté posé coté intérieur)							
Onde de choc							
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/I				
			1	1,5	2	3	4
20-35 mbar	Face 1	l (m)	1,70	1,35	1,05	0,85	0,80
	Face 2		1,95	1,60	1,45	1,00	0,95
	Face 3		2,40	1,95	1,80	1,30	1,20
	Face 4		2,50	2,05	1,90	1,40	1,25
35-50 mbar	Face 1	l (m)	1,40	1,15	0,80	0,70	0,70
	Face 2		1,65	1,35	1,00	0,85	0,80
	Face 3		2,10	1,70	1,55	1,10	1,00
	Face 4		2,15	1,75	1,60	1,15	1,05
Déflagration							
20-35 mbar	Face 1	l (m)	2,15	1,75	1,60	1,15	1,05
	Face 2		2,40	1,95	1,80	1,30	1,20
	Face 3		2,70	2,25	2,10	1,60	1,40
	Face 4		2,80	2,35	2,20	1,70	1,50
35-50 mbar	Face 1	l (m)	1,85	1,50	1,40	0,95	0,90
	Face 2		2,10	1,70	1,55	1,10	1,00
	Face 3		2,35	1,90	1,75	1,25	1,15
	Face 4		2,50	2,05	1,90	1,40	1,25

Tableau 31 : Panneaux vitrés en double vitrage feuilleté 4/Y/44.2 (verre feuilleté posé coté intérieur) – 20-50 mbar

Panneaux vitrés en double vitrage feuilleté 44.2/Y/44.2							
Onde de choc							
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/I				
			1	1,5	2	3	4
20-35 mbar	Face 1	l (m)	2,15	1,75	1,60	1,15	1,05
	Face 2		2,50	2,05	1,85	1,40	1,25
	Face 3		3,15	2,55	2,30	2,10	1,65
	Face 4		3,25	2,65	2,40	2,20	1,75
35-50 mbar	Face 1	l (m)	1,80	1,45	1,20	0,90	0,85
	Face 2		2,10	1,70	1,55	1,10	1,00
	Face 3		2,65	2,20	2,00	1,50	1,35
	Face 4		2,70	2,25	2,05	1,60	1,40
Déflagration							
20-35 mbar	Face 1	l (m)	2,70	2,25	2,05	1,60	1,40
	Face 2		3,15	2,55	2,30	2,10	1,65
	Face 3		3,40	2,85	2,60	2,40	1,95
	Face 4		3,50	3,00	2,75	2,50	2,05
35-50 mbar	Face 1	l (m)	2,35	1,95	1,80	1,30	1,15
	Face 2		2,65	2,20	2,00	1,50	1,35
	Face 3		3,05	2,50	2,25	2,00	1,60
	Face 4		3,25	2,65	2,40	2,20	1,75

Tableau 32 : Panneaux vitrés en double vitrage feuilleté 44.2/Y/44.2 – 20-50 mbar

Panneaux vitrés en double vitrage trempé 8/8/8							
Onde de choc							
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/l				
			1	1,5	2	3	4
20-35 mbar	Face 1	l (m)	1,80	1,45	1,35	0,90	0,85
	Face 2		2,15	1,75	1,60	1,15	1,05
	Face 3		2,60	2,15	1,95	1,75	1,40
	Face 4		2,75	2,25	2,0	1,80	1,45
35-50 mbar	Face 1	l (m)	1.50	1.20	1.05	0.70	0.70
	Face 2		1.75	1.40	1.30	0.90	0.80
	Face 3		2.20	1.80	1.65	1.20	1.10
	Face 4		2.30	1.85	1.70	1.30	1.15
Déflagration							
20-35 mbar	Face 1	l (m)	2.30	1.85	1.70	1.30	1.15
	Face 2		2.60	2.15	1.95	1.75	1.40
	Face 3		2.90	2.40	2.15	1.80	1.65
	Face 4		3.0	2.50	2.20	1.85	1.70
35-50 mbar	Face 1	l (m)	1.95	1.60	1.45	1.0	0.95
	Face 2		2.15	1.75	1.60	1.20	1.05
	Face 3		2.45	2.0	1.85	1.55	1.25
	Face 4		2.60	2.15	1.95	1.75	1.40

Tableau 33 : Panneaux vitrés en double vitrage trempé 8/8/8 – 20-50 mbar

1.2 Choix du mode d'ouverture de la fenêtre

Le mode d'ouverture de la fenêtre doit respecter l'une des préconisations suivantes :

- les panneaux vitrés sont montés sur châssis fixe. La fenêtre ne comporte pas d'ouvrant, le vitrage est monté dans le cadre de la fenêtre qui est fixé au mur ;
- la fenêtre est munie d'ouvrants orientés vers l'extérieur (comme l'ouverture à l'anglaise ou à l'italienne) respectant les préconisations indiquées dans le paragraphe 1.3 ci-dessous ;
- les fenêtres sont munies d'ouvrants orientés vers l'intérieur à la française³⁸ respectant les préconisations indiquées dans les paragraphes 1.3 à 1.5 ci-après.

1.3 Choix du châssis

Les fenêtres doivent être munies de châssis :

- en bois ;
- en aluminium ;
- en acier ;
- en PVC à condition que l'ensemble des traverses, montants du dormant et de châssis mobile soient renforcées par des armatures en acier.

³⁸ L'ouverture à soufflet dont le système de fermeture ne comporte pas de dispositif de maintien de l'ouvrant en position semi-ouverte (compas, chaîne) est aussi un mode d'ouverture acceptable.

1.4 Choix du système de fermeture

La définition des exigences nécessaires à la bonne tenue des systèmes de fermeture dépend :

- du système d'ouverture (ouverture à la française, vers l'extérieur, coulissante, châssis fixe...)
- de la nature du châssis (PVC, bois, aluminium...)
- du système de fermeture ;
- du mode de pose (applique, tunnel, feuillure...).

Remarque : Les 3 modes de poses : applique, feuillure, tunnel peuvent être possibles à condition de respecter les exigences en termes de système de fermeture ci-après.

Rappel : Les menuiseries fixes ou ouvrant vers l'extérieur ne sont pas vulnérables du point de vue de leur système de fermeture.

Pour les menuiseries vitrées à châssis PVC ou aluminium (tout type de pose) ou bois (pose en applique), les dispositions suivantes doivent être respectées afin de contribuer à la protection des personnes :

*Fenêtre à ouverture à la française - Système de fermeture individuelle des ouvrants avec renvoi d'angle, gâche fourchette et galet champignon
(1 : armature en acier - 2 : gâche métallique avec galet-champignon - 3 : paumelle anti-dégondage - 4 : système de fermeture individuelle de l'ouvrant)*

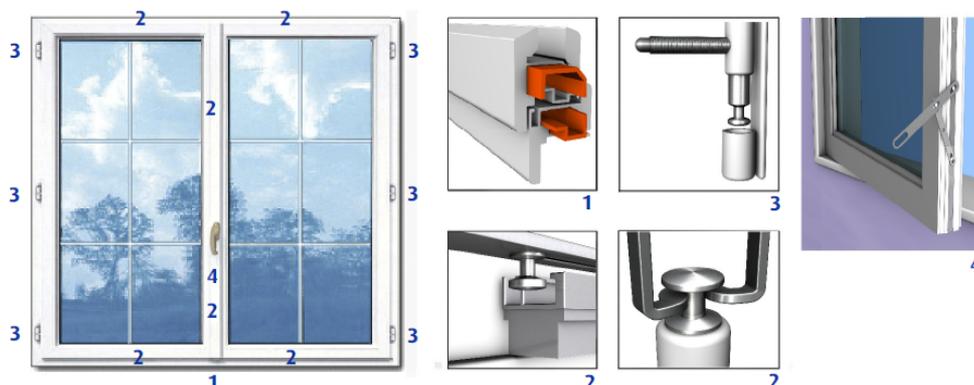


Illustration 22 : Système de fermeture à renvoi d'angle

- les traverses et montants du dormant et des châssis mobiles en PVC sont renforcés par des armatures en acier ;
- les fenêtres sont munies d'un système de fermeture individuelle des ouvrants avec renvoi d'angle constitué de gâches métalliques de sécurité anti-décrochement avec galet champignon ;
- les gâches sont fixées :
 - pour les châssis en PVC, sur les éléments en PVC par l'intermédiaire de vis de longueur suffisante pour traverser la première épaisseur de PVC et le renfort métallique ;
 - pour les châssis aluminium, sur les traverses du dormant par l'intermédiaire de vis de longueur suffisante pour traverser deux épaisseurs d'aluminium ;
 - pour les châssis en bois, la gâche est fixée sur les éléments en bois par l'intermédiaire de vis de longueur suffisante ;
- les paumelles sont munies d'un système anti-dégondage et doivent être vissées dans les dormants et les battants ;
- le nombre de points (paumelles ou points de condamnation de type gâche métallique + galet champignon) liant les ouvrants au dormant de la fenêtre doit être égal à :

$$N = 6 * S_f$$

où S_f est la surface totale de la fenêtre en m^2 .

Ils doivent être équitablement répartis dans la mesure du possible.

Pour les menuiseries en bois (pose en tunnel ou en feuillure), les dispositions suivantes doivent être respectées afin de contribuer à la protection des personnes :

Fenêtre à ouverture à la française - Système de fermeture classique à crémone 3 points avec sortie de tringle (sans renvoi d'angle)



Illustration 23 : Système de fermeture à crémone avec sortie de tringle

- le système de fermeture de la fenêtre peut être un système de fermeture à crémone avec sortie de tringle sans renvoi d'angle ;
- un système de fermeture individuelle des ouvrants avec renvoi d'angle est préférable.

Il est recommandé l'utilisation de gâches métalliques fixées à l'intérieur des traverses du dormant par l'intermédiaire d'au-moins deux vis de longueur suffisante capables de reprendre un effort de cisaillement en N égal à :

$$R = 1,05 \cdot 10^4 * \left(\frac{S_f}{N_p + 2} \right)$$

où S_f est la surface totale de la fenêtre en m^2 et N_p le nombre de paumelles de la fenêtre.

1.5 Choix du système de fixation

Les fixations de la fenêtre dans le mur doivent respecter les recommandations indiquées dans le tableau suivant. Celles-ci dépendent :

- du système de fermeture (sortie de tringle, renvoi d'angle) ;
- de l'intensité ;
- du mode de pose ;
- de l'orientation de la face.

Les dispositions suivantes doivent être respectées afin de contribuer à la protection des personnes :

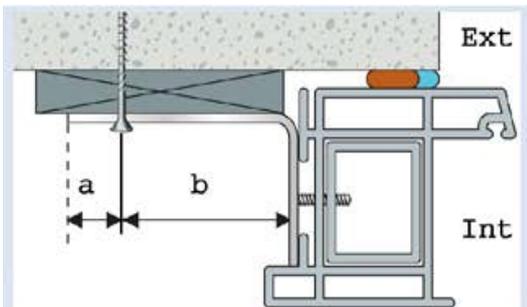
Recommandations dans la zone 20-35 mbar			
Type de pose	Intitulés	Face 1	Face 2, 3 et 4
Pose en feuillure	Emplacement des pattes de scellement principales	Voir les schémas ci-après	
	Distance maximale entre 2 pattes de scellement à la périphérie du dormant	50 cm	
Pose en tunnel	Emplacement des chevillages principaux	Voir les schémas ci-après	
	Distance maximale entre 2 chevillages à la périphérie du dormant	50 cm	
	Tenue des chevillages au cisaillement V_c (en N) ³⁹	$V_c > (C \cdot S_f) / N_f$ avec S_f la surface de la fenêtre en m ² , N_f le nombre total de chevilles et C le coefficient donné ci-dessous	
		$C = 1,3 \cdot 10^4$	$C = 1,0 \cdot 10^4$
Pose en applique	Emplacement des équerres de fixation principales	Voir les schémas ci-après	
	Distance maximale entre 2 équerres à la périphérie du dormant	50 cm	
	Les équerres de fixation doivent être fixées sur le dormant de la fenêtre par vissage direct. Elles doivent être capables de reprendre les efforts transmis par les vis de fixation. Les systèmes à clippage, clame ou à griffe sont à proscrire.		
	Tenue au cisaillement des vis de fixation dans le dormant V_v (en N) ³⁷	$V_v > (C \cdot S_f) / N_f$ avec S_f la surface de la fenêtre en m ² , N_f le nombre total de chevilles et C le coefficient donné ci-dessous	
		$C = 1,3 \cdot 10^4$	$C = 1,0 \cdot 10^4$
	Tenue à l'arrachement des chevillages dans le mur A_c (en N) ³⁷	$A_c > V_v \cdot (1 + 1,5 \cdot b/a)$	
		 <p>L'aile d'appui sur la structure porteuse est de dimension $a+b$ a : longueur entre l'axe de la vis et l'extrémité de la patte L_p : longueur de la partie de la patte accolé au mur b : $L_p - a$</p>	

Tableau 34 : Recommandations de fixation des menuiseries en zone 20-35 mbar

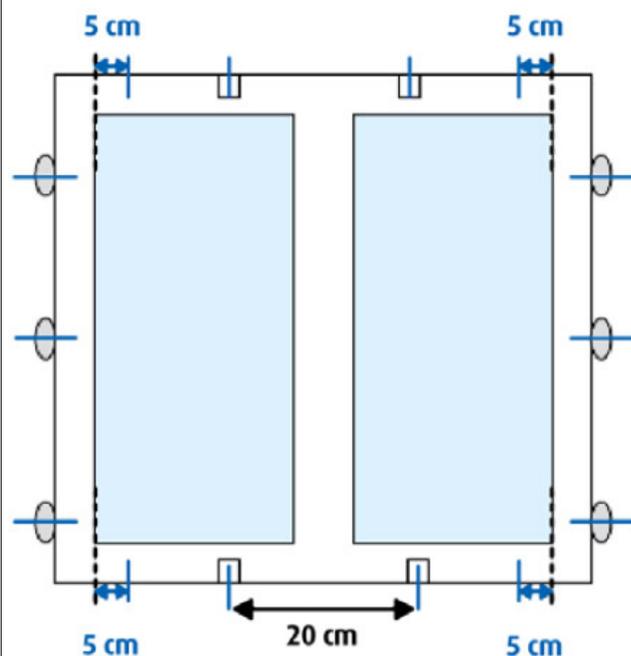
Recommandations dans la zone 35-50 mbar				
Type de pose	Intitulés	Face 1	Face 2	Face 3 et 4
Pose en feuillure	Emplacement des pattes de scellement principales	Voir les schémas ci-après		
	Distance maximale entre 2 pattes de scellement à la périphérie du dormant	25 cm	50 cm	
Pose en tunnel	Emplacement des chevillages principaux	Voir les schémas ci-après		
	Distance maximale entre 2 chevillages à la périphérie du dormant	25 cm	50 cm	
	Tenue des chevillages au cisaillement V_c (en N) ⁴⁰	$V_c > (C \cdot S_f) / N_f$ avec S_f la surface de la fenêtre en m ² , N_f le nombre total de chevilles et C le coefficient donné ci-dessous		
		C = 2,1.10 ⁴	C = 1,6.10 ⁴	C = 1,0.10 ⁴
Pose en applique	Emplacement des équerres de fixation principales	Voir les schémas ci-après		
	Distance maximale entre 2 équerres à la périphérie du dormant	25 cm	50 cm	
	Les équerres de fixation doivent être fixées sur le dormant de la fenêtre par vissage direct. Elles doivent être capables de reprendre les efforts transmis par les vis de fixation. Les systèmes à clippage, clame ou à griffe sont à proscrire.			
	Tenue au cisaillement des vis de fixation dans le dormant V_v (en N) ³⁸	$V_v > (C \cdot S_f) / N_f$ avec S_f la surface de la fenêtre en m ² , N_f le nombre total de chevilles et C le coefficient donné ci-dessous		
		C = 2,1.10 ⁴	C = 1,6.10 ⁴	C = 1,0.10 ⁴
	Tenue à l'arrachement des chevillages dans le mur A_c (en N) ³⁸	$A_c > V_v \cdot (1 + 1,5 \cdot b/a)$		
(Voir schéma du tableau précédent pour a et b)				

Tableau 35 : Recommandations de fixation des menuiseries en zone 35-50 mbar

40 Charge admissible de service

L'emplacement des fixations, quel que soit le mode de pose doit être conforme au schéma suivant :

□ Fenêtre munie d'un système de fermeture à **sortie de tringle**



Sur chacun des montants du dormant :

- Une fixation au niveau de chaque organe de rotation (paumelle) ;

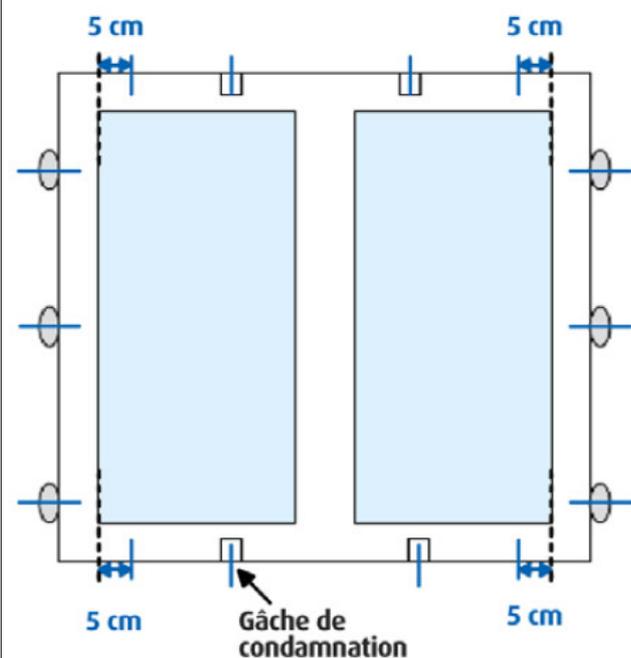
Sur la traverse haute et sur la pièce d'appui :

- Une fixation entre 5 et 10 cm maximum du bord du fond de feuillure d'un angle du dormant ;
- Une fixation de part et d'autre du meneau central et donc des points de condamnation sur le dormant : écartement maximal de 20 cm ;

Des équerres sont ensuite rajoutées, le cas échéant, afin de respecter la distance maximale permise.

Illustration 24 : Disposition des fixations principales pour les fenêtres à ouverture à la française à deux vantaux munies d'un système de fermeture à sortie de tringle en face 1 à 4 d'une construction dans la zone 20-50 mbar

□ Fenêtre munie d'un système de fermeture à **renvoi d'angle**



Sur chacun des montants du dormant :

- Une fixation au niveau de chaque organe de rotation (paumelle) ;

Sur la traverse haute et sur la pièce d'appui :

- Une fixation entre 5 et 10 cm maximum du bord du fond de feuillure d'un angle du dormant ;
- Une fixation au voisinage de chaque gâche de condamnation ;

Des équerres sont ensuite rajoutées, le cas échéant, afin de respecter la distance maximale permise.

Illustration 25 : Disposition des fixations principales pour les fenêtres à ouverture à la française avec système de fermeture à renvoi d'angle en face 1 à 4 d'une construction dans la zone 20-50 mbar

2. Zone 50-140 mbar

Dans la zone 50-140 mbar d'un effet de surpression, les fenêtres à mettre en œuvre doivent :

- soit être certifiées de classe EPR1 selon la norme EN13123-1 « Fenêtres, portes et fermetures - Résistance à l'explosion - Prescriptions et classification Partie 1 : Tube à effet de souffle (shock tube) » ;
- soit respecter l'ensemble des préconisations indiquées ci-dessous et portant selon la même méthodologie que pour la zone 20-50 mbar sur :
 - le panneau vitré ;
 - le mode d'ouverture de la fenêtre (ouverture à la française, vers l'extérieur, ...) ;
 - la nature et les caractéristiques du châssis ;
 - le système de fermeture de la fenêtre ;
 - le mode de fixation de la fenêtre dans le mur ;

Et dépendant notamment de la zone dans laquelle se trouve le bâtiment (zone 50-100 mbar et 100-140 mbar), de l'orientation du bâtiment et plus particulièrement de ses façades par rapport au centre d'explosion.

La suite de l'annexe a pour objectif de préciser l'ensemble de ces préconisations.

2.1 Choix du panneau vitré

Les panneaux vitrés de la fenêtre doivent résister ou dans une moindre mesure casser sans risques de blessures face à une onde de surpression incidente de 50 à 140 mbar.

Le dimensionnement des panneaux vitrés face aux effets de surpression dépend :

- de la zone dans laquelle se trouve le bâtiment (zone 50-100 ou 100-140 mbar) ;
- de l'orientation des façades du bâtiment par rapport au centre d'explosion ;
- et des dimensions des panneaux vitrés de la fenêtre à mettre en place (L longueur, l largeur).

Il peut par exemple être envisagé d'utiliser :

- un double vitrage 4/16/4 ;
- un double vitrage feuilleté 44.Y/8/44.Y ou 66.Y/8/66.Y (avec $Y \geq 2$) ;
- un double vitrage en verre trempé (double vitrage 8/8/8).

Les tableaux suivants présentent, pour ces différents types de vitrage, les dimensions maximales admissibles du panneau vitré (l largeur, L longueur) correspondant permettant de résister à une onde de surpression incidente de 50 à 140 mbar ou de protéger efficacement les personnes contre ces agressions en cassant sans risque de blessure.

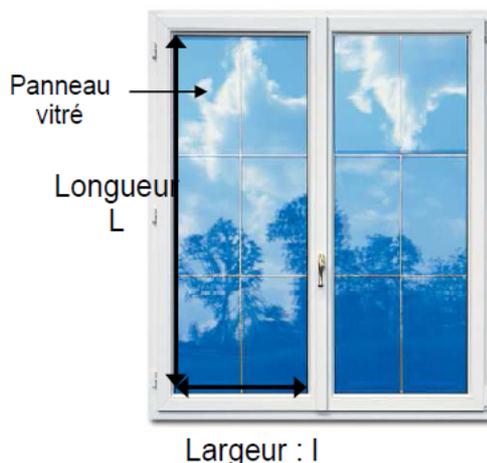


Illustration 26 : Dimensions L et l d'un panneau vitré

Nota : Les valeurs sont données pour des vitrages constitués de composants verriers en verre recuit (sauf pour le 8/8/8 où les composants sont en verre trempé). Elles sont cependant applicables de manière conservatrice si le verre considéré est un verre durci ou semi-trempé.

Panneaux vitrés en double vitrage feuilleté 4/16/4							
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/l				
			1	1,5	2	3	4
50-100 mbar	Face 1	l (m)	0.30	0.20	0.20	0.15	0.15
	Face 2		0.35	0.25	0.25	0.20	0.20
	Face 3		0.55	0.35	0.30	0.25	0.25
	Face 4		0.55	0.40	0.30	0.30	0.30
100-140 mbar	Face 1	l (m)	0.25	0.20	0.15	0.15	0.15
	Face 2		0.30	0.20	0.20	0.15	0.15
	Face 3		0.40	0.30	0.25	0.20	0.20
	Face 4		0.40	0.30	0.25	0.25	0.25

Tableau 36 : Panneaux vitrés en double vitrage 4/16/4 – 50-140 mbar

Panneaux vitrés en double vitrage feuilleté 44.Y/8/44.Y (Y ≥ 2)							
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/l				
			1	1,5	2	3	4
50-100 mbar	Face 1	l (m)	1.00	0.65	0.60	0.55	0.50
	Face 2		1.15	0.90	0.65	0.60	0.60
	Face 3		1.50	1.20	0.90	0.75	0.70
	Face 4		1.60	1.30	0.95	0.80	0.75
100-140 mbar	Face 1	l (m)	0.75	0.60	0.50	0.45	0.40
	Face 2		1.00	0.65	0.60	0.50	0.50
	Face 3		1.25	1.05	0.70	0.60	0.60
	Face 4		1.30	1.10	0.75	0.65	0.60

Tableau 37 : Panneaux vitrés en double vitrage feuilleté 44.Y/8/44.Y – 50-140 mbar

Panneaux vitrés en double vitrage feuilleté 66.Y/8/66.Y (Y ≥ 2)							
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/l				
			1	1,5	2	3	4
50-100 mbar	Face 1	l (m)	1.55	0.95	0.80	0.75	0.70
	Face 2		1.70	1.25	1.00	0.90	0.85
	Face 3		2.20	1.80	1.40	1.10	1.05
	Face 4		2.30	1.90	1.50	1.15	1.10
100-140 mbar	Face 1	l (m)	1.05	0.80	0.70	0.65	0.60
	Face 2		1.45	0.95	0.80	0.75	0.70
	Face 3		1.85	1.50	1.05	0.95	0.90
	Face 4		1.95	1.55	1.10	1.00	0.95

Tableau 38 : Panneaux vitrés en double vitrage feuilleté 66.Y/8/66.Y – 50-140 mbar

Panneaux vitrés en double vitrage trempé 8/8/8							
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/l				
			1	1,5	2	3	4
50-100 mbar	Face 1	l (m)	1.00	0.65	0.55	0.45	0.45
	Face 2		1.20	1.00	0.65	0.55	0.55
	Face 3		1.55	1.25	1.15	0.75	0.70
	Face 4		0.60	1.30	1.20	0.80	0.75
100-140 mbar	Face 1	l (m)	0.75	0.50	0.45	0.40	0.40
	Face 2		1.00	0.60	0.50	0.45	0.45
	Face 3		1.30	1.05	0.70	0.60	0.60
	Face 4		1.35	1.10	0.80	0.60	0.60

Tableau 39 : Panneaux vitrés en double vitrage trempé 8/8/8

2.2 Choix du châssis et du mode d'ouverture de la fenêtre

2.2.1 Châssis en aluminium ou en acier

Dans la zone 50-140 mbar, l'utilisation de châssis en aluminium ou en acier doit nécessairement être accompagnée des préconisations suivantes :

2.2.1.1 Fenêtres à châssis fixe et fenêtres à ouverture vers l'extérieur

Les fenêtres à châssis fixe ou les fenêtres à ouverture vers l'extérieur doivent respecter les préconisations suivantes :

- Les parcloses servant à maintenir le vitrage dans les feuillures du châssis et son système de fixation sur l'ouvrant doivent être dimensionnées afin de reprendre les efforts linéiques transmis par les panneaux vitrés et définis par :

$$F_l = \alpha \times l$$

avec l largeur du panneau vitré
 α défini dans le tableau ci-dessous :

L/l		1	1.5	2	3	4
α	Zone 50-100 mbar	$2,7 \times 10^4$	$3,2 \times 10^4$	$3,4 \times 10^4$	$3,5 \times 10^4$	$3,8 \times 10^4$
	Zone 100-140 mbar	$3,8 \times 10^4$	$4,5 \times 10^4$	$4,8 \times 10^4$	$5,0 \times 10^4$	$5,3 \times 10^4$

- Les caractéristiques géométriques (section, épaisseur) et mécaniques du profilé du châssis pour la fenêtre à châssis fixe ou de l'ensemble « dormant+ouvrant » pour la fenêtre à ouverture vers l'extérieur doivent respecter les critères suivants :

$$\sigma_l v \geq \gamma_m (Kl + w)$$

$$EI \geq \gamma_f (Kl + w)$$

avec l largeur des panneaux vitrés (en m)
 w largeur de la section du châssis (en m)
 σ_l contrainte limite élastique du matériau constituant le châssis (Pa)
 v module d'inertie (en m³)
 E module de Young du matériau constituant le châssis (en Pa)
 I moment d'inertie du profilé du châssis fixe ou du profilé équivalent à l'ensemble « dormant+ouvrant » (en m⁴)
 K coefficient donné dans le tableau ci-dessous :

L/l	1	1.5	2	3	4
K	0.495	0.581	0.623	0.644	0.687

γ_m et γ_f définis dans le tableau ci-dessous :

	Zone 50-100	Zone 100-140
γ_m	7.0×10^2	$10. \times 10^2$
γ_f	3.0×10^4	4.1×10^4

2.2.1.2 Fenêtres à ouverture vers l'intérieur

Les fenêtres munies d'ouvrants orientés vers l'intérieur doivent respecter les préconisations suivantes :

- Tout mode d'ouverture vers l'intérieur autre que l'ouverture à la française est à proscrire.
- Les fenêtres doivent être posées en feuillure, en tunnel ou en applique, en respectant les préconisations données au 2.3. Dans le cas d'une pose en applique, la fenêtre sera préalablement insérée et fixée dans un pré-cadre en acier qui devra être correctement dimensionné.
- Les parcloles servant à maintenir le vitrage dans les feuillures du châssis et son système de fixation sur l'ouvrant doivent être dimensionnées afin de reprendre les efforts linéiques transmis par les panneaux vitrés et définis par :

$$F_l = \alpha \times l$$

avec l largeur du panneau vitré

α défini dans le tableau ci-dessous :

L/l		1	1.5	2	3	4
α	Zone 50-100 mbar	2,7 x10 ⁴	3,2 x10 ⁴	3,4 x10 ⁴	3,5 x10 ⁴	3,8 x10 ⁴
	Zone 100-140 mbar	3,8 x10 ⁴	4,5 x10 ⁴	4,8 x10 ⁴	5,0 x10 ⁴	5,3 x10 ⁴

- Les fenêtres doivent être munies d'un système de fermeture individuelle des ouvrants avec renvoi d'angle constitué de gâches métalliques de sécurité anti-décrochement avec galets champignon.
- Les paumelles doivent être munies d'un système anti-dégondage et doivent être vissées dans les dormants et les ouvrants.

Fenêtre à ouverture à la française

Exemple d'un système de fixation : système de fermeture individuelle des ouvrants avec renvoi d'angle, gâche de sécurité anti-décrochement et galet champignon :

- 2 - gâche métallique avec galet-champignon
- 3 - paumelle anti-dégondage
- 4 - système de fermeture individuelle de l'ouvrant

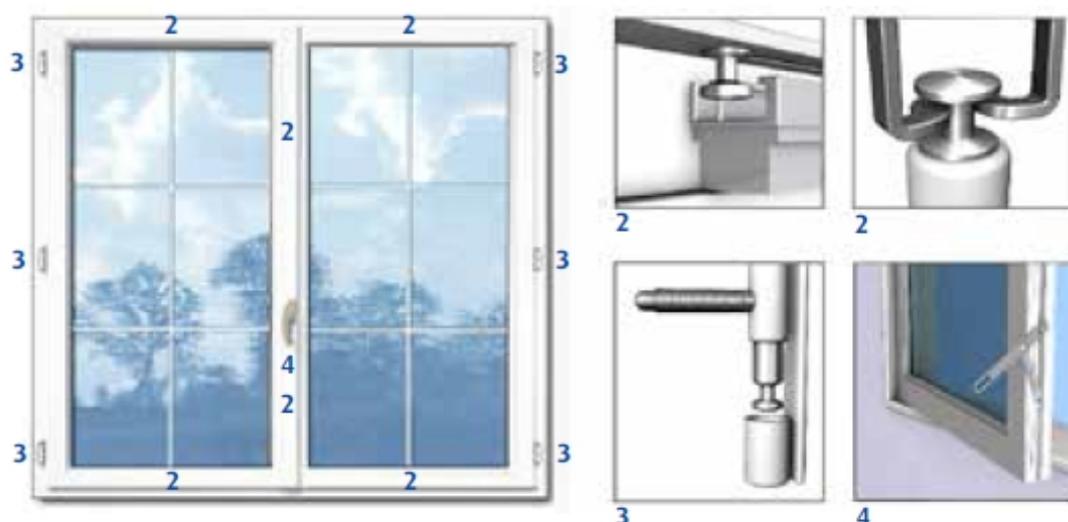


Illustration 27 : Système de fermeture classique à crémonne 3 points avec sortie de tringle (sans renvoi d'angle) d'une fenêtre à ouverture à la française

- La distance maximale entre deux points de condamnation sur le périmètre de l'ouvrant ne doit pas excéder 50 cm.

- Les caractéristiques géométriques (section, épaisseur) et mécaniques du profilé de l'ouvrant doivent respecter les critères suivants :

$$\sigma_l v \geq \gamma_{om}(Kl + w)$$

$$EI \geq \gamma_{of}(Kl + w)$$

- avec
- l largeur des panneaux vitrés (en m)
 - w largeur de la section du châssis (en m)
 - σ_l contrainte limite élastique du matériau constituant le châssis (Pa)
 - v module d'inertie (en m³)
 - E module de Young du matériau constituant le châssis (en Pa)
 - I moment d'inertie du profilé constituant l'ouvrant (en m⁴)
 - K coefficient donné dans le tableau ci-dessous :

L/l	1	1.5	2	3	4
K	0.495	0.581	0.623	0.644	0.687

γ_{om} et γ_{of} définis dans le tableau ci-dessous :

	Zone 50-100	Zone 100-140
γ_{om}	2.8×10^3	4.0×10^3
γ_{of}	1.5×10^5	2.1×10^5

- Chaque point de condamnation et sa fixation sur le châssis (ouvrant et dormant) doit être capable de reprendre les efforts transmis par les ouvrants définis par :

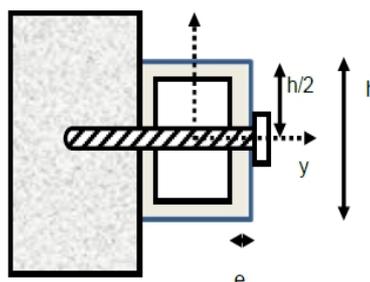
$$F_c = (C \times S_f) / N_c$$

- avec
- S_f surface de la fenêtre en m²
 - N_c nombre total de points de condamnation (paumelles + points de fermeture entre ouvrants et dormants)
 - C coefficient donné dans le tableau ci-dessous :

	Zone 50-100	Zone 100-140
C	$5,5 \times 10^4$	$7,75 \times 10^4$

- Les caractéristiques géométriques (section, épaisseur) et mécaniques du profilé du dormant doivent respecter le critère suivant :

$$\sigma_l e h \geq K S_f / N_f$$



avec	σ_l	contrainte limite élastique du matériau constituant le châssis (en Pa)
	e	épaisseur du profilé constituant le dormant
	h	hauteur du profilé constituant le dormant
	S_f	surface de la fenêtre en m ²
	N_f	nombre total de points de fixation
	K	coefficient donné dans le tableau ci-dessous :

	Zone 50-100	Zone 100-140
K	$9,5 \times 10^4$	$1,3 \times 10^5$

Nota : Quel que soit le mode de pose considéré, un système de fermeture à crémone, munie d'une tringle métallique sans renvoi d'angle s'enfonçant en partie haute et basse dans des gâches (voir illustration 28), ne permet pas de garantir le maintien de la fenêtre en position fermée. Les ouvrants peuvent alors être arrachés et projetés, causant potentiellement de graves blessures pour une personne située à quelques mètres derrière la fenêtre.



Illustration 28 : Système de fermeture classique à crémone 3 points avec sortie de tringle (sans renvoi d'angle) d'une fenêtre à ouverture à la française

2.2.2 Châssis PVC et bois

Dans la zone 50-140 mbar, l'utilisation de fenêtre en PVC ou bois doit être accompagnée d'une des mesures suivantes :

- Les panneaux vitrés sont montés sur châssis fixe. La fenêtre ne comporte pas d'ouvrant, le vitrage est monté dans le cadre de la fenêtre qui est fixé au mur. Les traverses et montants du dormant en PVC doivent être renforcés par des armatures en acier. Les caractéristiques du châssis doivent a minima vérifier les critères présentés pour les châssis fixe en aluminium ou en acier au 2.2.1.1.
- Les fenêtres sont munies d'ouvrants orientés vers l'extérieur (comme l'ouverture à l'anglaise ou à l'italienne). Les traverses et montants du dormant et des châssis mobiles en PVC doivent être renforcés par des armatures en acier. Les parclose et châssis (ouvrant+dormant) doivent a minima vérifier les critères présentés pour les fenêtres à ouverture à l'extérieur en aluminium ou en acier au 2.2.1.1.
- **Les fenêtres à ouverture à la française constituées d'un châssis en PVC ou bois sont à proscrire**, et ce quel que soit le mode de pose (tunnel, feuillure, applique). Elles ne permettent pas en effet de protéger efficacement les personnes se trouvant à l'intérieur des habitations dans la zone d'intensité 50-140 mbar.

2.3. Fixation de la fenêtre dans le mur

Les fixations de la fenêtre dans le mur doivent respecter les recommandations indiquées dans le tableau suivant. Celles-ci dépendent :

- de la zone dans laquelle se trouve le bâtiment : zone 50-100 mbar ou zone 100-140 mbar ;
- du mode de pose ;
- de l'orientation de la face.

Les dispositions suivantes doivent être respectées afin de contribuer à la protection des personnes :

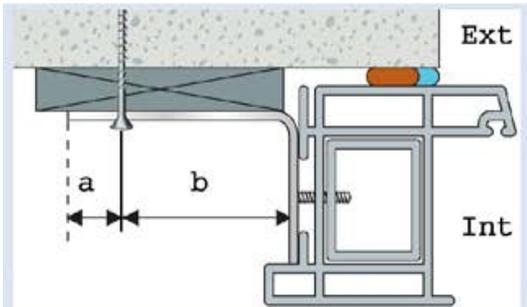
Recommandations dans la zone 50-100 mbar				
Type de pose	Intitulés	Face 1	Face 2	Face 3 et 4
Pose en feuillure	Emplacement des pattes de scellement principales	Voir les schémas ci-après		
	Distance maximale entre 2 pattes de scellement à la périphérie du dormant	25 cm		
Pose en tunnel	Emplacement des chevillages principaux	Voir les schémas ci-après		
	Distance maximale entre 2 chevillages à la périphérie du dormant	25 cm		
	Tenue des chevillages au cisaillement V_c (en N) ⁴¹	$V_c > (C \cdot S_f) / N_f$ avec S_f la surface de la fenêtre en m ² , N_f le nombre total de chevilles et C le coefficient donné ci-dessous		
		$C = 4,4 \cdot 10^4$	$C = 3,2 \cdot 10^4$	$C = 2,0 \cdot 10^4$
Pose en applique	Emplacement des équerres de fixation principales	Voir les schémas ci-après		
	Distance maximale entre 2 équerres à la périphérie du dormant	25 cm		
	Les équerres de fixation doivent être fixées sur le dormant de la fenêtre par vissage direct. Elles doivent être capables de reprendre les efforts transmis par les vis de fixation. Les systèmes à clippage, clame ou à griffe sont à proscrire.			
	Tenue au cisaillement des vis de fixation dans le dormant V_v (en N) ³⁹	$V_v > (C \cdot S_f) / N_f$ avec S_f la surface de la fenêtre en m ² , N_f le nombre total de chevilles et C le coefficient donné ci-dessous		
		$C = 4,4 \cdot 10^4$	$C = 3,2 \cdot 10^4$	$C = 2,0 \cdot 10^4$
	Tenue à l'arrachement des chevillages dans le mur A_c (en N) ³⁹	$A_c > V_v \cdot (1 + 1,5 \cdot b/a)$		
		 <p>L'aile d'appui sur la structure porteuse est de dimension $a+b$ a : longueur entre l'axe de la vis et l'extrémité de la patte l_p : longueur de la partie de la patte accolé au mur b : $l_p - a$</p>		

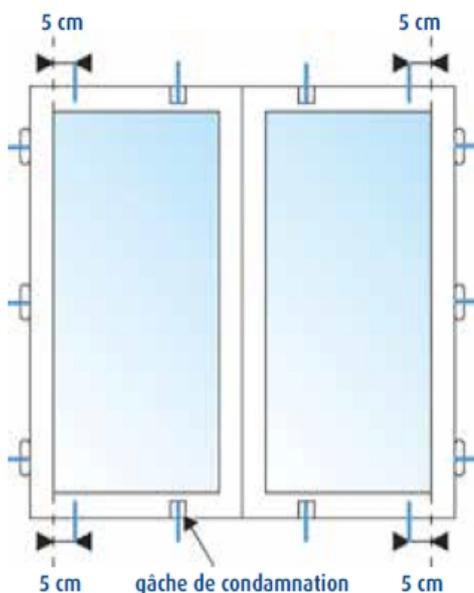
Tableau 40 : Recommandations de fixation des menuiseries en zone 50-100 mbar

41 Charge admissible de service

Recommandations dans la zone 100-140 mbar				
Type de pose	Intitulés	Face 1	Face 2	Face 3 et 4
Pose en feuillure	Emplacement des pattes de scellement principales	Voir les schémas ci-après		
	Distance maximale entre 2 pattes de scellement à la périphérie du dormant	25 cm		
Pose en tunnel	Emplacement des chevillages principaux	Voir les schémas ci-après		
	Distance maximale entre 2 chevillages à la périphérie du dormant	25 cm		
	Tenue des chevillages au cisaillement V_c (en N) ⁴²	$V_c > (C \cdot S_f) / N_f$ avec S_f la surface de la fenêtre en m ² , N_f le nombre total de chevilles et C le coefficient donné ci-dessous		
		$C = 6,2 \cdot 10^4$	$C = 4,5 \cdot 10^4$	$C = 2,8 \cdot 10^4$
Pose en applique	Emplacement des équerres de fixation principales	Voir les schémas ci-après		
	Distance maximale entre 2 équerres à la périphérie du dormant	25 cm		
	Les équerres de fixation doivent être fixées sur le dormant de la fenêtre par vissage direct. Elles doivent être capables de reprendre les efforts transmis par les vis de fixation. Les systèmes à clippage, clame ou à griffe sont à proscrire.			
	Tenue au cisaillement des vis de fixation dans le dormant V_v (en N) ⁴⁰	$V_v > (C \cdot S_f) / N_f$ avec S_f la surface de la fenêtre en m ² , N_f le nombre total de chevilles et C le coefficient donné ci-dessous		
		$C = 6,2 \cdot 10^4$	$C = 4,5 \cdot 10^4$	$C = 2,8 \cdot 10^4$
	Tenue à l'arrachement des chevillages dans le mur A_c (en N) ⁴⁰	$A_c > V_v \cdot (1 + 1,5 \cdot b/a)$ (Voir schéma du tableau précédent pour a et b)		

Tableau 41 : Recommandations de fixation des menuiseries en zone 100-140 mbar

L'emplacement des fixations, quel que soit le mode de pose doit être conforme au schéma suivant :



Sur chacun des montants du dormant :

- Une fixation au niveau de chaque organe de rotation (paumelle) ;

Sur la traverse haute et sur la pièce d'appui :

- 1 fixation entre 5 et 10 cm maximum du bord du fond de feuillure d'un angle du dormant
- 1 fixation au voisinage de chaque gâche de condamnation

Des équerres sont ensuite rajoutées, le cas échéant, afin de respecter la distance maximale permise

Illustration 29 : Emplacement des fixations principales pour les fenêtres à ouverture à la française avec système de fermeture à renvoi

42 Charge admissible de service

d'angle en face 1 à 4 d'une construction dans la zone 50-140 mbar

Annexe 3 : Réaction au feu des matériaux de construction courants

Température et flux de dégradation mécanique et d'inflammation des familles de matériaux combustibles

Dénomination		Température de dégradation (°C)		Flux de dégrad. kW/m ²	Température d'inflammation (°C)		Flux critique kW/m ²	Utilisation
		de	a		de	à		
Polyamides	PA	176	265	2.6	410		12.3	Électroménager, interrupteurs et prises de courant
Copolymère Acrylonitrile / butadiène / styrène	ABS	88	125	1.1	388		10.8	Électroménager, boîtiers téléviseurs et PC
Polyéthylène	PE PEHD PEBD	110	135	1.4	350	380	8.5	-
Polypropylène	PP PPHD PPBD	162	168	2.4	330	350	7.5	-
Polystyrène	PS	90	160	1.2	410	480	12.3	Emballages, ameublement, panneaux isolants de construction
Polychlorure de vinyle	PVC	75	105	0.9	450	500	15.5	Tuyauteries, profilés de fenêtre, gouttières
Polyméthacrylate de méthyle	PMMA	190	240	3	265	311	4.8	-
Polyéthylène téréphtalate	PET	255		4.9	350	410	8.5	Pièces électriques, cafetières, grille-pain, bouteilles
Polyoxyméthylène	POM	164	177	2.3	280	-	5.3	Robinetterie, électroménager
Polytétrafluoroéthylène	PTFE	320	340	7.8	700	-	50.8	Petites pièces techniques
Polyuréthane	PU PUR	170		2.4	272	500	5	Panneaux isolants de construction, meubles rembourrés
Polyisocyanurate	PIR	200		3.2	445		15.1	Panneaux isolants de construction
Polycarbonate	PC	-	-	-	420	480	13.1	Éléments de toiture, lanterneaux
Caoutchoucs	EPDM	-	-	-	310	440	6.6	-
Bois		250		4.7	340	500	8	Construction

Source : LNE-Efectis – Juillet 2008

Performances des matériaux et produits de construction en matière de réaction au feu

Les tableaux ci-dessous présentent la performance en réaction au feu des produits ou systèmes sous couvert de la directive « Produit de Construction » (DPC), complétée par les bases de données internes dont le LNE dispose sur les produits d'aménagement, d'ameublement et de décoration (Source : LNE-Efectis – Juillet 2008).

Nature selon DPC	Référence produit selon DPC	Euroclasses des produits				Éléments combustibles	Éléments non combustibles
		Gamme Euroclasse	Fumée	Goutte / Débris			
Finitions intérieures et extérieures des murs et des plafonds	Ardoise en fibres-ciment	A1	C	/	d0	Résine organique	Ciment
Ardoises et éléments en pierre pour toiture et bardage pour pose en discontinu	Ardoise en pierre	A1					Pierre
Produits préfabriqués en béton, normal, léger ou autoclavé aéré	Bardage béton	A1		/	/		Béton
Finitions intérieures et extérieures des murs et des plafonds	Bardage en bois	C	D	> s2	/	Bois massif Bois lamellé collé	
Finitions intérieures et extérieures des murs et des plafonds	Bardage en planches pour finition extérieure	B	D	> s2	/	Bois massif Panneau fibre de bois Panneau de particules Panneau contreplaqué	
Finitions intérieures et extérieures des murs et des plafonds	Bardage en planches pour finition intérieure	B	D	> s2	/	Bois massif Panneau fibre de bois Panneau de particules Panneau contreplaqué	
Éléments spéciaux de toiture préfabriqués en béton	Béton préfabriqué	A1					Béton
Revêtements de sol	Caillebotis	A1fl	Efl	> s2	/	Caoutchouc	Acier
Carreaux et dalles céramiques	Carreau de céramique	A1					Céramique
Carreaux de mosaïque de marbre à usage extérieur	Carreau de mosaïque de marbre	A1					Marbre
Carreaux de plâtre et liants colles à base de plâtre	Carreau de plâtre	A1					Plâtre
Carreaux et dalles céramiques	Carreau de sol rigide	A1					Céramique
Carreaux de mosaïque de marbre à usage intérieur	Carreau de terrazo	A1					Marbre
Carreaux et plaques en pierre agglomérée pour finitions murales	Carreau en pierre agglomérée	A1					Pierre
Carreaux et dalles céramiques – Revêtement de sol	Carrelage	A1					Céramique
Structures en bois – Fermes préfabriquées utilisant des connecteurs à plaque métallique emboutie	Chevron	C	D	> s2	/	Bois massif Bois lamellé collé	
Panneaux de cloison préfabriqués en plaques de plâtre	Cloison en plaques de plâtre	A2	B	≤ s2	d0	Plâtre cartonné Polystyrène PUR/PIR Phénolique	Laine minérale
Panneaux de cloison préfabriqués en plaques de plâtre	Cloison et doublage de murs et de plafonds	A2	B	≤ s2	d0	Plâtre cartonné Polystyrène PUR/PIR Phénolique	Laine minérale
Panneaux à base de bois destinés à la construction	Bois contreplaqué	B	D	≥ s2	d0	Panneau contreplaqué	

Nature selon DPC	Référence produit selon DPC	Euroclasses des produits			Éléments combustibles	Éléments non combustibles
		Gamme Euroclasse	Fumée	Goutte / Débris		
Produits préfabriqués en béton, normal, léger ou autoclavé aéré	Dalle alvéolée pour plancher	A1		/	/	Béton
Finitions intérieures et extérieures des murs et des plafonds	Dalle céramique	A1				Céramique
Produit en pierre naturelle – Dalles de revêtement de sols et d'escaliers	Dalle de pierre naturelle	A1				Pierre
Dalles en béton pour revêtement	Dalle en béton	A1		/	/	Béton
Produits préfabriqués en béton – Dalles alvéolées pour planchers	Dalle en béton armé	A1		/	/	Béton
Produits préfabriqués en béton – Prédalles pour systèmes de planchers	Dalle et poutre en béton	A1		/	/	Béton
Dalles modulaires en pierre reconstituée pour revêtements de sol (intérieurs et extérieurs)	Dalle modulaire en pierre reconstituée	A1		/	/	Pierre
Carreaux et dalles céramiques	Dalle pour plafond pour finition extérieure	A1				Céramique Marbre
Carreaux et dalles céramiques	Dalle pour plafond pour finition intérieure	A1				Céramique Marbre
Produits préfabriqués en béton – Dalles alvéolées pour planchers	Dalle précontrainte	A1		/	/	Béton
Finitions intérieures et extérieures des murs et des plafonds	Écran acoustique intérieur en fibres de bois (ate 9.2)	B	D	≥ s2	/	Panneau fibre de bois
Produits préfabriqués armés en béton de granulats légers à structure ouverte	Élément de bardage	A1		/	/	Béton
Produits de bois de charpente et produits connexes	Élément de dalle en bois lamellé collé et croisé pour le bâtiment (ate 9.2)	D		≥ s2	/	Bois lamellé collé
Maçonnerie et produits connexes	Élément de maçonnerie en béton cellulaire autoclavé	A1		/	/	Béton
Maçonnerie et produits connexes	Élément de maçonnerie en béton de granulats	A1		/	/	Béton
Maçonnerie et produits connexes	Élément de maçonnerie en pierre naturelle	A1		/	/	Pierre
Maçonnerie et produits connexes	Élément de maçonnerie en pierre reconstituée	A1		/	/	Pierre
Maçonnerie et produits connexes	Élément de maçonnerie en silico-calcaire	A1		/	/	
Éléments de maçonnerie – Briques de terre cuite	Élément de maçonnerie en terre cuite	A1		/	/	
Structures en bois – Bois lamellé collé	Élément de mur en bois	C	D	≥ s2		Panneau contreplaqué Panneau de particules Panneau fibre de bois Bois massif
Produits préfabriqués en béton, normal, léger ou autoclavé aéré	Élément de mur et de façade	A1				Béton
Produits préfabriqués armés en béton de granulats légers à structure ouverte	Élément de mur non porteur	A1				Béton
Produits préfabriqués armés en béton de granulats légers à structure ouverte	Élément de mur porteur	A1				Béton
Éléments en plâtre pour plafonds suspendus	Élément de plafond en plâtre	A1	B	< s2	d0	Plâtre cartonné

Nature selon DPC	Référence produit selon DPC	Euroclasses des produits			Éléments combustibles	Éléments non combustibles	
		Gamme Euroclasse	Fumée	Goutte / Débris			
Produits préfabriqués armés en béton de granulats légers à structure ouverte	Élément de plancher	A1				Béton	
Relatif à certains éléments de structures en bois	Élément de plancher en bois	C	D	≥ s2	d0	Bois massif Panneau de particules Panneau fibre de bois	
Relatif à certains produits préfabriqués en béton	Élément de plancher nervuré	A1				Béton	
Éléments spéciaux de toiture préfabriqués en béton	Élément de toiture	A1				Béton	
Structures en bois – Bois lamellé collé	Élément de toiture en bois	C	D	≥ s2	d0	Bois lamellé collé Panneau de particules Panneau fibre de bois	
Matériaux en bois et à base de bois dans les éléments d'escaliers	Élément d'escalier en bois	C	D	≥ s2	d0	Bois massif Panneau de particules	
Produits préfabriqués en béton, normal, léger ou autoclavé aéré	Élément linéaire de structure	A1				Béton	
Structures en bois – Fermes préfabriquées utilisant des connecteurs à plaque métallique emboutie	Élément pour ferme en bois	C	D	≥ s2	d0	Bois massif	
Produits préfabriqués en béton, normal, léger ou autoclavé aéré	Élément préfabriqué armé en béton cellulaire	A1				Béton	
Produits préfabriqués en béton, normal, léger ou autoclavé aéré	Élément préfabriqué en béton de granulats légers à structure ouverte	A1				Béton	
Produits préfabriqués en béton, normal, léger ou autoclavé aéré	Élément structurel	A1				Béton	
Éléments de construction en acier et en aluminium	Élément structurel de construction métallique	A				Acier Aluminium	
Produits de maçonnerie	Enduit à base de plâtre	A1		≥ s2	d0	Plâtre	
Enduits de parement plastiques extérieurs et intérieurs	Enduit de parement plastique	/		/	/		
Produits à base de plâtre	Enduit extérieur	A1		/	/	Plâtre	
Produits à base de plâtre	Enduit intérieur	A1		/	/	Plâtre	
Produits à base de plâtre	Enduit pour joint	A1		/	/	Plâtre	
Produits préfabriqués en béton – Escaliers	Escalier	A1		/	/	Béton	
Élément de construction en acier et en aluminium	Escalier métallique	A1		/	/	Acier Aluminium	
Systèmes composites pour l'isolation thermique extérieure avec enduit	ETICS	B	D	/	/	Polystyrène	Enduit minérale
Revêtements de sol résilients, textiles et stratifiés	Feuille de plastique et de caoutchouc	C	E			Caoutchouc PVC	
Produits d'isolation thermique	Isolant thermique élaboré in situ à base de mousse de polyuréthane	B	C	≥ s2	d0	PUR/PIR	Acier
Produits d'isolation thermique	Isolant thermique élaboré in situ à base de mousse de polyuréthane projetée	B	C	≥ s2	d0	PUR/PIR	Acier

Nature selon DPC	Référence produit selon DPC	Euroclasses des produits			Éléments combustibles	Éléments non combustibles
		Gamme Euroclasse	Fumée	Goutte / Débris		
Produits d'isolation thermique	Isolant thermique élaboré in situ à base de perlite expansée	A1		/	/	Perlite
Produits d'isolation thermique	Isolant thermique élaboré in situ à base de vermiculite exfoliée	A1		/	/	Vermiculite
Produits d'isolation thermique	Isolant thermique en vrac élaboré in situ à base de laine minérale	A1		≥ s2	d0	Plâtre cartonné
Produits d'isolation thermique	Isolant thermique manufacturé à base de vermiculite exfoliée (EV)	A1		/	/	Vermiculite
Produits d'isolation thermique	Isolant thermique manufacturé en fibre de bois	/				
Produits d'isolation thermique	Isolant thermique manufacturé en laine de bois	/				
Produits d'isolation thermique	Isolant thermique manufacturé en laine minérale	A1	F	≥ s2	d0	Kraft
Produits d'isolation thermique	Isolant thermique manufacturé en liège expansé	/				
Produits d'isolation thermique	Isolant thermique manufacturé en mousse de polystyrène extrudé	D	E	/	/	Polystyrène
Produits d'isolation thermique	Isolant thermique manufacturé en mousse phénolique	C	D	≥ s2	d0	Phénolique
Produits d'isolation thermique	Isolant thermique manufacturé en mousse polyéthylène	D	E	≥ s2	/	Polyéthylène souple
Produits d'isolation thermique	Isolant thermique manufacturé en mousse rigide de polyuréthane	C	D	≥ s2	d0	PUR/PIR
Produits d'isolation thermique	Isolant thermique manufacturé en mousse rigide de PU et polyisocyanurate	C	D	≥ s2	d0	PUR/PIR
Produits d'isolation thermique	Isolant thermique manufacturé en perlite expansée	A2		/	/	Perlite
Produits d'isolation thermique	Isolant thermique manufacturé en polystyrène expansé	D	E	s1	/	Polystyrène
Produits d'isolation thermique	Isolant thermique manufacturé en silicate de calcium	A1		s1	d0	Silicate de calcium Ciment (liant)
Produits d'isolation thermique	Isolant thermique manufacturé en verre cellulaire	A1				Mousse de verre
Finitions intérieures et extérieures des murs et plafonds	Lambris	B	D	≥ s2	/	PVC Bois
Revêtements de sol résilients, textiles et stratifiés	Linoléum	Cfl	Dfl	/	/	Liège (farine amalgamée) Bois (farine amalgamée)
Revêtements de sol résilients, textiles et stratifiés	Liège	D	E	≥ s2	/	Liège
Mur rideau	Mur-rideau					
Panneaux à base de bois destinés à la construction	Panneau à base de bois	B	D	≥ s2	d0	Panneau de particules Panneau contreplaqué Bois massif Panneau fibre de bois
Panneaux à base de bois destinés à la construction	Panneau à base de bois non revêtu	B	D	≥ s2	d0	Panneau de particules Panneau contreplaqué Bois massif Panneau fibre de bois
Panneaux à base de bois destinés à la construction	Panneau à base de bois plaqué	B	D	≥ s2	d0	Panneau contreplaqué

Nature selon DPC	Référence produit selon DPC	Euroclasses des produits				Éléments combustibles	Éléments non combustibles
		Gamme Euroclasse	Fumée	Goutte / Débris			
Panneaux à base de bois destinés à la construction	Panneau à bois de bois revêtu	B	D	≥ s2	d0	Panneau de particules Panneau fibre de bois Stratifié	
Panneaux à base de bois destinés à la construction	Panneau à base de bois surfacé	B	D	≥ s2	d0	Bois massif	
Finitions intérieures et extérieures des murs et des plafonds	Panneau de fibre et de plâtre, grandes dimensions pour maisons préfabriquées	A2	B	≥ s2	d0	Cellulose (fibre)	Plâtre Verre (fibres)
Panneaux à base de bois destinés à la construction	Panneau de fibres	C	D	≥ s2	d0		
Panneaux à base de bois (osb)	Panneau de lamelles minces, longues et orientées (o.s.b.)	B	D	≥ s2	d0	Panneau fibre de bois	
Panneaux à base de bois	Panneau de particules	B	D	≥ s2	d0	Panneau de particules	
Panneaux à base de bois destinés à la construction	Panneau en bois massif	D		≥ s2	d0	Bois massif	
Panneaux à base de bois destinés à la construction	Panneau léger composite autoporteur	/					
Relatif aux panneaux légers composites autoporteurs de toitures	Panneau léger composite autoporteur pour utilisation en toiture	/					
Panneaux à base de bois destinés à la construction	Panneau modulaire de construction (ate 9.2)	/					
Panneaux sandwichs autoportants, isolants, double peau à parement métallique	Panneau sandwich	A1	D	≤ s3	d0	PUR/PIR Polystyrène	Acier Aluminium Laine minérale Mousse de verre
Planchers et parquets en bois	Parquet	Bfl	Dfl	s1	/	Bois massif Panneau de particules Stratifié	
Produit de plafonds	Plafond suspendu	A1	B	?	d0	Laine minérale surfacée Plâtre cartonné Vermiculite	
Produit de plafonds	Plafond suspendu anti vibration et avec isolant acoustique (ate 9.2)	/					
Produit de plafonds	Plafond tendu	B		> s2	d0	PVC Polyester (fibre)	
Revêtements de sol	Plancher en bois	Bfl	Dfl	s1	/	Bois massif Panneau de particules Panneau fibre de bois	
Produits à base de plâtre	Plaque de plâtre	A2		s1	d0		Plâtre
Produits à base de plâtre	Plaque de plâtre armée de fibres	A2	B	s1	d0	Cellulose (fibre)	Plâtre Verre (fibres)
Produits à base de plâtre	Plaque de plâtre armée de tissu	/					
Produits à base de plâtre	Plaque de plâtre fibrée	A2	B	s1	d0	Cellulose (fibre)	Plâtre Verre (fibres)
Plaques planes en fibres-ciment	Plaque plane en fibres-ciment	A1					Ciment Verre (fibres)

Nature selon DPC	Référence produit selon DPC	Euroclasses des produits				Éléments combustibles	Éléments non combustibles
		Gamme Euroclasse	Fumée	Goutte / Débris			
Plaques profilées en fibres-ciment	Plaque profilée en fibres-ciment	A1					Ciment Verre (fibres)
Plaques d'éclairage profilées en matériau plastique simple paroi pour couverture, bardage plafonds	Plaque profilée en plastique	B	D	≥ s2	d0	Polycarbonate PVC Polyester stratifié	
Produits de protection des structures contre le feu et joints résistants au feu	Plaque, panneau semi-rigide, panneau flexible, de protection au feu	/					
Produits de protection au feu – Produits projetés et kits à base de produits projetés pour la protection au feu	Produit de protection au feu	/					
Produits à base de bois	Produit de structure en bois lamellé collé	B	D	≥ s2	d0	Bois lamellé collé	
Produits à base de bois	Produit de structure en bois massif	B	D	≥ s2	d0	Bois massif	
Structures en bois – LVL (Lamibois)	Produit de structure LVL	B	D	≥ s2	d0	Bois laminé	
Structures en bois – LVL (Lamibois)	Produit de structure Lamibois	B	D	≥ s2	d0	Bois laminé	
Produits à base de bois	Produit en bois collé	B	D	≥ s2	d0	Panneau de particules Panneau fibre de bois Panneau contreplaqué Bois laminé	
Produits modulaires – Plaquette de pierre naturelle	Produit en pierre naturelle	A1				Pierre Marbre	
Produits à base de plâtre	Produit en staff	A1				Plâtre	
Finition des sols	Revêtement de sol stratifié résilient	Bfl	Dfl	s1	/	PVC Caoutchouc	
Finition des sols	Revêtement de sol stratifié rigide	Bfl	Dfl	s1	/		
Finition des sols	Revêtement de sol textile (dalle)	Bfl	Dfl	s1	/		
Produits de protection des structures contre le feu, calfeutrements et joints résistant au feu	Revêtement intumescent et ablatif	/					
Finitions de murs	Revêtement mural décoratif	A2	D	≤ s2	d0	Cellulose PVC	Toile de verre
Finitions de murs	Revêtement mural en lé	A2	D	≤ s2	d0	Cellulose PVC	Toile de verre
Finitions de murs	Revêtement mural en pierre naturelle	A1					
Surfaces multi-sports à l'intérieur	Sol sportif	Bfl	Dfl	≤ s3		PVC Caoutchouc Panneau de particules Stratifié Résine Epoxy	

Nature selon DPC	Référence produit selon DPC	Euroclasses des produits			Éléments combustibles	Éléments non combustibles
		Gamme Euroclasse	Fumée	Goutte / Débris		
Finitions intérieures et extérieures des murs et des plafonds	Stratifié décoratif haute pression	B	D	> s2	d0	Cellulose Résine organique Panneau de particules
Produits pour évacuation et assainissement	Tube en polychlorure de vinyle non plastifié	B	C	> s2	d0	PVC
Produits pour évacuation et assainissement	Tube en polyéthylène	C	D	/	/	Polyéthylène rigide
Produits pour évacuation et assainissement	Tube en polypropylène	C	D	/	/	Polypropylène
Kits de toiture translucide autoporteurs non verriers	Kit de toiture translucide autoporteur	B	D	≥ s2	d0	Polycarbonate PVC
Produits bois, charpente et produits connexes	Kit pour construction à ossature en bois	C	D	≥ s2	d0	Panneau fibre de bois Panneau de particules Panneau contreplaqué Bois massif

Performance des produits d'aménagement et d'ameublement en matière de réaction au feu

Matériaux classés par flux minimal d'auto-inflammation (Source : LNE-Efectis – Juillet 2008).

Famille	Sous-Famille	Nom	Température d'inflammation (°C)	Flux minimal d'auto-inflammation (kW/m ²)
Bois, papiers et matériaux naturels	Bois et végétaux	Pin de Géorgie	203	2.5
Bois, papiers et matériaux naturels	Papiers et cartons	Papier	224	3.0
Bois, papiers et matériaux naturels	Bois et végétaux	Erable	232	3.3
Bois, papiers et matériaux naturels	Bois et végétaux	Cyprès	241	3.5
Bois, papiers et matériaux naturels	Bois et végétaux	Bois référence NIST	250	3.8
Bois, papiers et matériaux naturels	Bois et végétaux	Chêne	257	4.1
Polyacryliques	divers	PMMA Polycast (1,59 mm)	278	4.8
Polyuréthanes	-	Polyuréthane (S353M)	280	4.9
Polyacétals Polyalcools et polyacétates	Polyacétals	Polyoxyméthylène (POM)	281	4.9
Polyacétals Polyalcools et polyacétates	Polyacétals	Polyoxyméthylène (POM)	300	5.7
Polyacryliques	-	Polyméthylméthacrylate (Plexiglas, PMMA)	310	6.1
Bois, papiers et matériaux naturels	Bois et végétaux	Panneau de fibres agglomérées, BD (S119M)	330	7.1
Polyoléfines	-	Polypropylène (PP)	334	7.3
Celluloses	divers	Fibre cellulose pour isolation (13 mm)	265	8.0
Polyacryliques	divers	PMMA noir	266	8.0
Polystyrènes et polyphényles	-	Polystyrène (PS)	366	9.0
Autres / divers		Panneau dur (S159M)	372	9.4
Polyacryliques	divers	PMMA (FIN)	311	9.5
Polyacryliques	divers	PMMA Type G (1.27 cm)	378	9.8
Autres / divers		Bardeau d'asphalte	378	9.8
Polystyrènes et polyphényles	Mousse	Polystyrène mousse		10.0
Polyesters	Ignifugé	Polyester 2 + fibres de verre		10.0
Polyesters	Ignifugé	Polyester 3 + fibres de verre		10.0

Famille	Sous-Famille	Nom	Température d'inflammation (°C)	Flux minimal d'auto-inflammation (kW/m²)
Polyesters	Ignifugé	Polyester 5 + fibres de verre		10.0
Polymères chlorés	-	Polyvinylchlorure (PVC)		10.0
Polymères à base de butadiène	-	Styrène-butadiène (SB)		10.0
Bois, papiers et matériaux naturels	Bois et végétaux	Chêne rouvre (red oak)		10.0
Bois, papiers et matériaux naturels	Bois et végétaux	Sapin de Douglas (Douglas fir)		10.0
Bois, papiers et matériaux naturels	Bois et végétaux	Sapin de Douglas traité FR		10.0
Bois, papiers et matériaux naturels	Bois et végétaux	Panneau de particules	302	10.0
Bois, papiers et matériaux naturels	Papiers et cartons	Papier léger		10.0
Bois, papiers et matériaux naturels	Papiers et cartons	Papier lourd		10.0
Bois, papiers et matériaux naturels	Bois et végétaux	Panneau en bois (S178M)	385	10.2
Bois, papiers et matériaux naturels	Papiers et cartons	Carton gris (S118M)	390	10.5
Polyacryliques	divers	PMMA (PX)	311	10.6
Polyacryliques	-	Polyméthylméthacrylate (Plexiglas, PMMA)		11.0
Polyoléfines	-	Polypropylène (PP)	334	11.3
Polyacétals Polyalcools et polyacétates	Polyacétals	Polyoxyméthylène (POM)	281	11.5
Bois, papiers et matériaux naturels	Autres	Panneau de gypse + papier peint (S142M)	412	12.1
Polystyrènes et polyphényles	-	Polystyrène (PS)		13.0
Polyacétals Polyalcools et polyacétates	Polyacétals	Polyoxyméthylène (POM)		13.0
Polyuréthanes	Ignifugé	Polyuréthane mousse rigide FR	350	13.0
Polyuréthanes	-	Polyuréthane rigide		13.0
Polystyrènes et polyphényles	-	Polystyrène (BASF Hyalite)	366	14.0
Polyuréthanes	-	Polyisocyanurate (5,08 cm)	445	14.7
Autres / divers		Bardeau de fibres de verre	445	14.7
Polyoléfines	-	Polyéthylène HD		15.0
Polyoléfines	divers	Polyéthylène à structure croisée (XLPE)		15.0
Polyoléfines	-	Polypropylène (PP)		15.0
Polystyrènes et polyphényles	Mousse	Polystyrène mousse		15.0
Polycarbonates	-	Polycarbonate		15.0

Famille	Sous-Famille	Nom	Température d'inflammation (°C)	Flux minimal d'auto-inflammation (kW/m ²)
Polyesters	Ignifugé	Polyester 4 + fibres de verre		15.0
Polyesters	divers	Panneau de polyvinylester		15.0
Polymères chlorés	-	Polyvinylchlorure (PVC) rigide		15.0
Polymères chlorés	-	Polyvinylchlorure (PVC) rigide		15.0
Polymères chlorés	divers	Feuilles de Polyvinylchlorure (PVC) rigide 2		15.0
Cables électriques		Polyéthylène/Polyvinylchlorure 1		15.0
Cables électriques		Polyéthylène à structure croisée / Néopropène 1		15.0
Polycarbonates	divers	Panneau de polycarbonate		16.0
Autres / divers		Mousse de Latex		16.0
Polyoléfines	-	Polyéthylène (PE)	363	17.0
Polymères chlorés	divers	Panneau de Polyvinylchlorure (PVC)		17.0
Cables électriques		Silicone / PVC 1		19.0
Autres / divers		Phenolic		20.0
Bois, papiers et matériaux naturels	Autres	Panneau de gypse FR (1,27 mm)	510	20.9
Polycarbonates	divers	Polycarbonate (1,52 mm)	528	22.9
Cables électriques		Silicone 2		23.0
Polymères chlorés	divers	Tissus de Polyvinylchlorure (PVC) rigide 2		26.0
Polymères fluorés	-	Tefzel ETFE		27.0
Bois, papiers et matériaux naturels	Autres	Panneau de gypse (1,27 mm)	565	27.5
Autres / divers		Phenolic 1 + fibres de verre		33.0
Bois, papiers et matériaux naturels	Bois et végétaux	Contreplaqué FR (1,27 cm)	620	35.6
Polystyrènes et polyphényles	-	Polystyrène (5,08 cm)	630	37.3
Polymères fluorés	-	Polyfluoroéthylène-propylène (Téflon FEP)		38.0
Polyuréthanes	-	Polyuréthane rigide		40.0
Polymères fluorés	-	Polytétrafluoroéthylène (Téflon TFE - PTFE)		50.0
Polymères fluorés	-	Polytétrafluoroéthylène (Téflon TFE - PTFE)		50.0

Annexe 4 : Abaques de détermination de l'objectif de perméabilité à l'air de la pièce de confinement – effet toxique

Abaques applicables aux bâtiments résidentiels « standards »

Les abaques ci-après s'appliquent à tous les bâtiments résidentiels existants, hors ceux construits entièrement en application de la RT 2012 (voir page 114 pour ces derniers).

Les abaques seront utilisés pour les diagnostics des bâtiments résidentiels, uniquement pour la détermination des valeurs de l'objectif cible de perméabilité à l'air des pièces de confinement (n_{50}) lorsque les règlements des PPRT ne les fixeront pas. Elles ne peuvent se substituer à celles prescrites.

Les valeurs « n_{50} » ainsi déterminées le sont en tenant compte de l'arrêt des ventilations volontaires et de l'obturation de toutes les entrées d'air dans tout le bâtiment.

En cas d'application des dispositions du 9.4.3.2 relatives aux entrées d'air, se référer en complément aux tableaux y figurant pour la détermination des « n_{50} cibles ».

Choix de l'abaque :

L'abaque à retenir dépend de trois conditions :

1. La condition atmosphérique

Retenir l'abaque selon l'une des conditions atmosphériques suivantes :

Condition atmosphérique retenue dans le PPRT :	3A – 3B – 3E – 3F	5B – 5C – 5D	10C – 10D
Abaques à retenir :	3F	5D	10D

Tableau 42 : Choix de l'abaque à utiliser selon les conditions atmosphériques

D'une manière générale, retenir l'abaque ayant le même chiffre (il indique la vitesse du vent) que la condition retenue dans le PPRT.

2. La typologie du bâtiment

Retenir « Maison individuelle » (1) ou « Immeuble collectif » (2) selon la typologie du bâtiment étudié.

3. L'exposition du local de confinement

Retenir « exposé » (1) ou « abrité » (2) suivant la situation du local de confinement choisi, comme déterminé au 9.2.2.

Lecture des « n_{50} » :

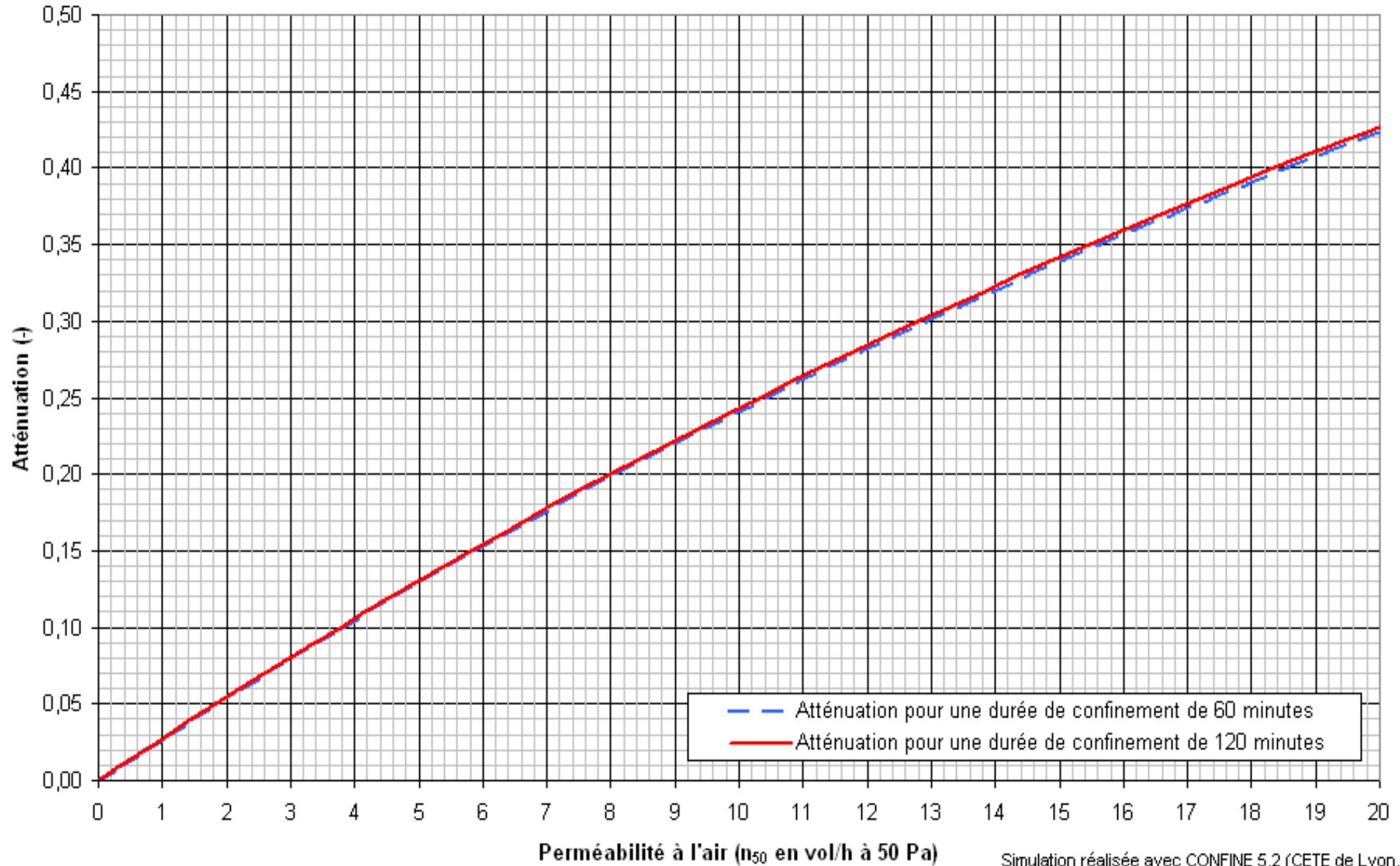
Utiliser la courbe rouge (trait plein) qui correspond à un confinement de 2h.



Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 3F-11

Maison individuelle - Local de confinement : Exposé au vent

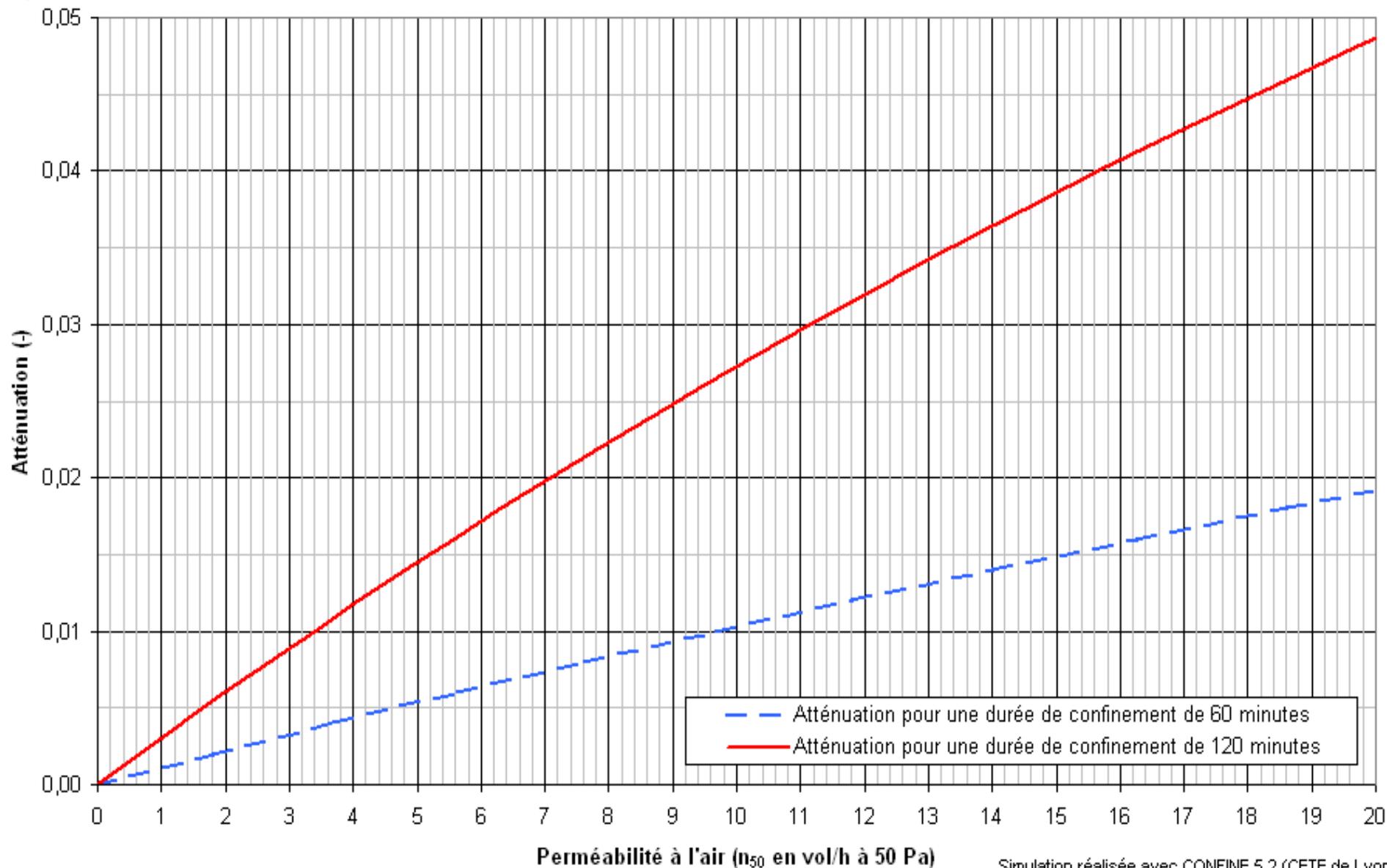




Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 3F-12

Maison individuelle - Local de confinement : Abrisé du vent

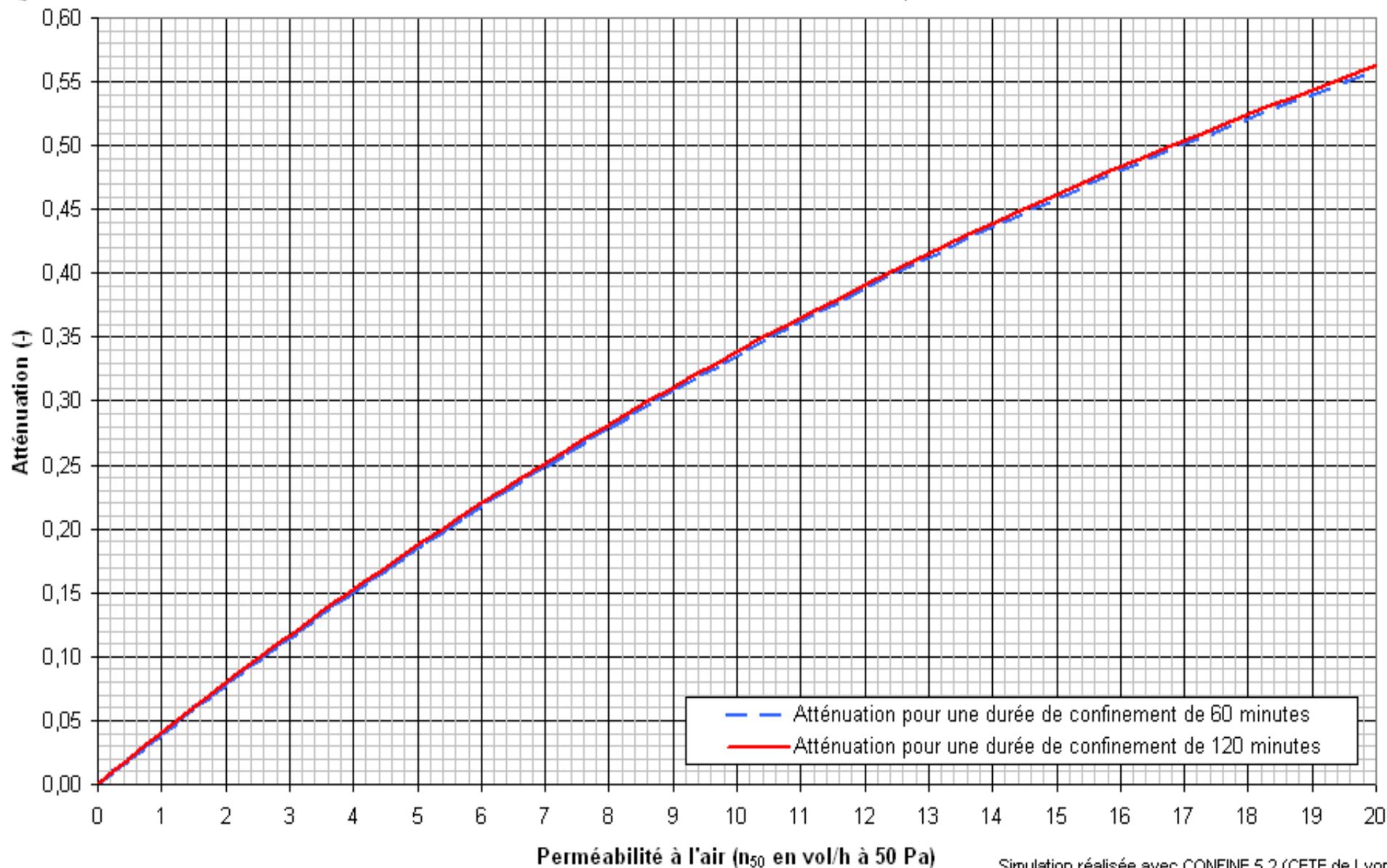


Simulation réalisée avec CONFINE 5.2 (CETE de Lyon, 2013)



Atténuation de la concentration dans le local confiné

Bâtiment collectif - Local de confinement : Exposé au vent



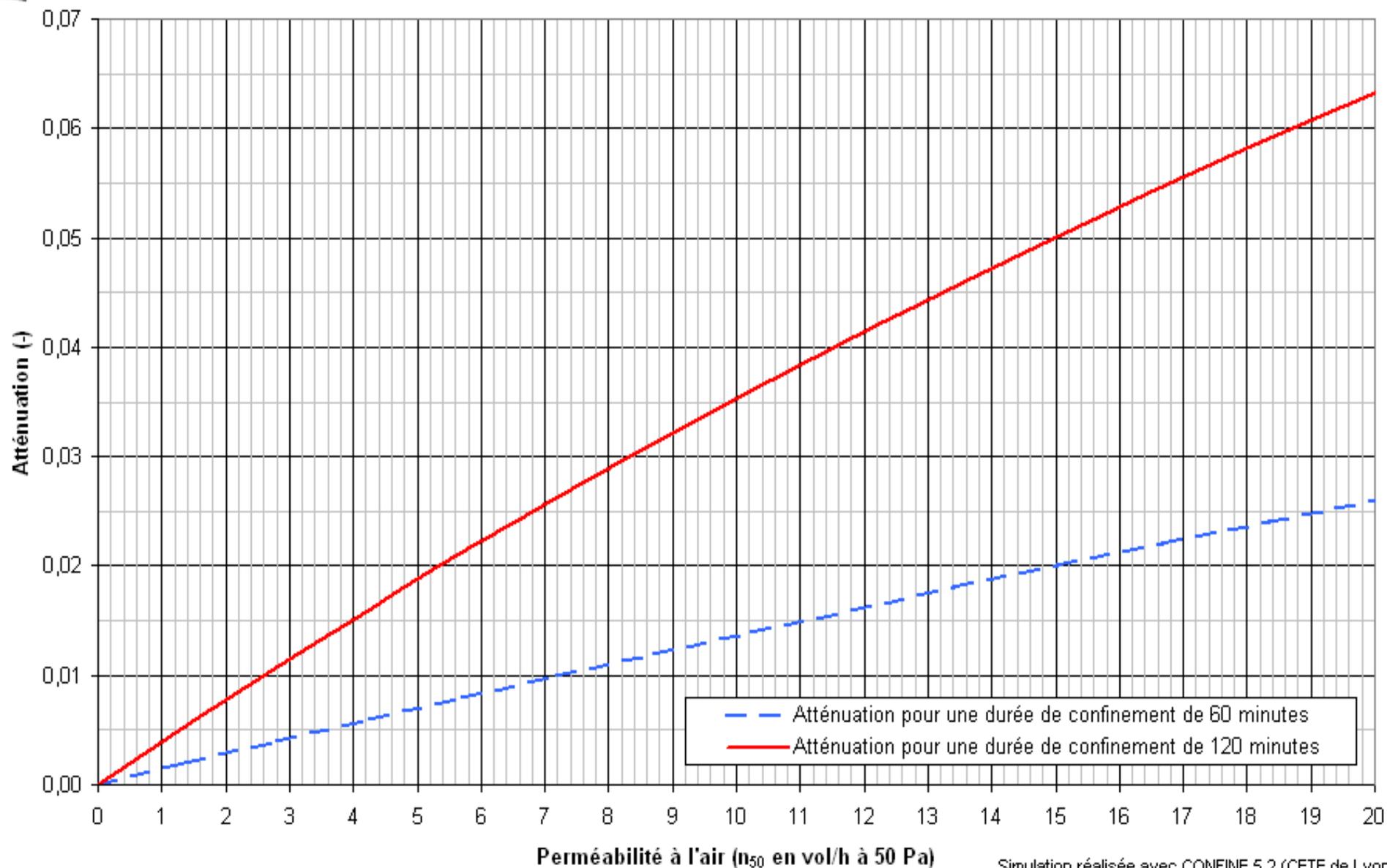
Simulation réalisée avec CONFINE 5.2 (CETE de Lyon, 2013)



Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 3F-22

Bâtiment collectif - Local de confinement : Abrisé du vent



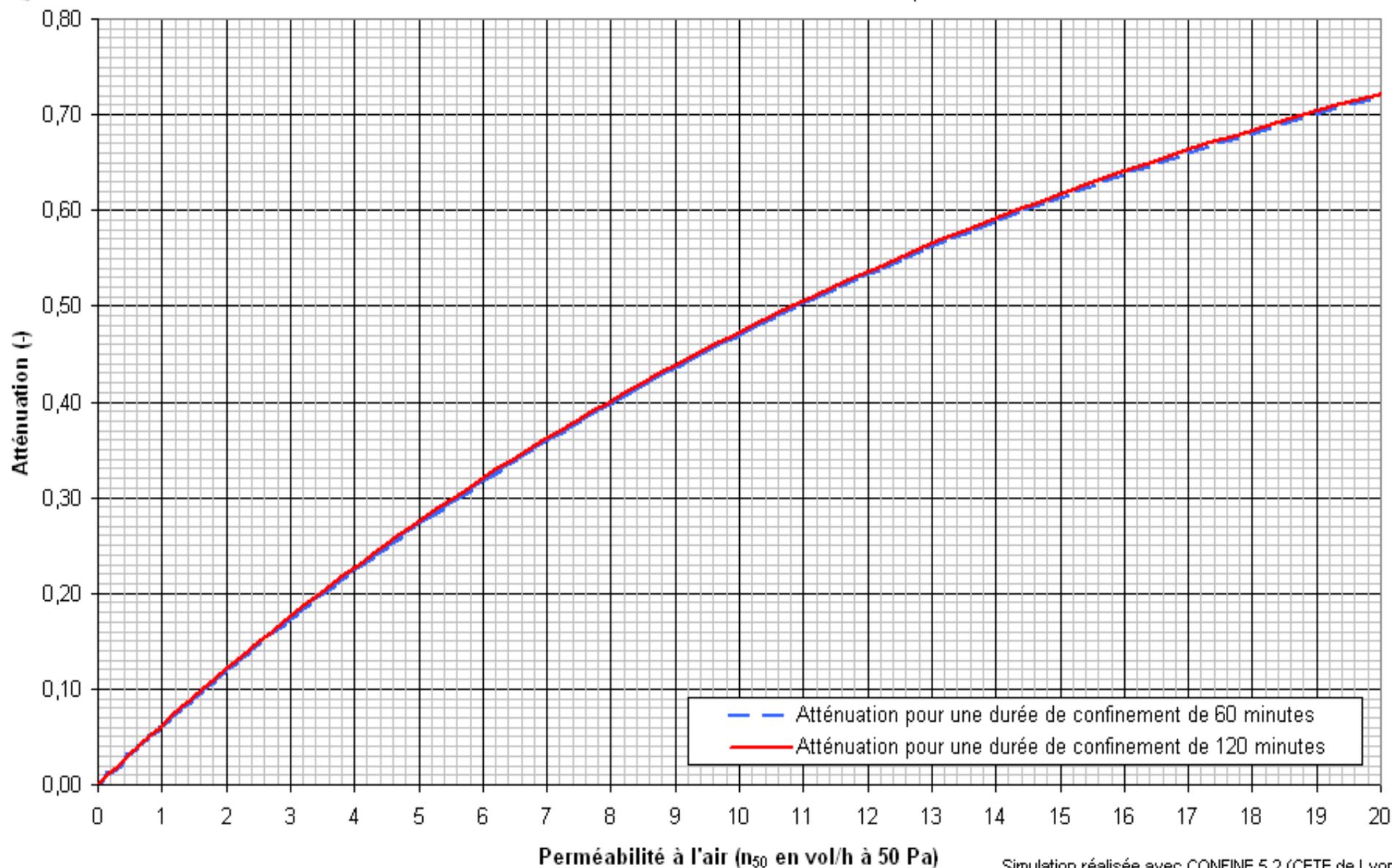
Simulation réalisée avec CONFINE 5.2 (CETE de Lyon, 2013)



Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 5D-11

Maison individuelle - Local de confinement : Exposé au vent



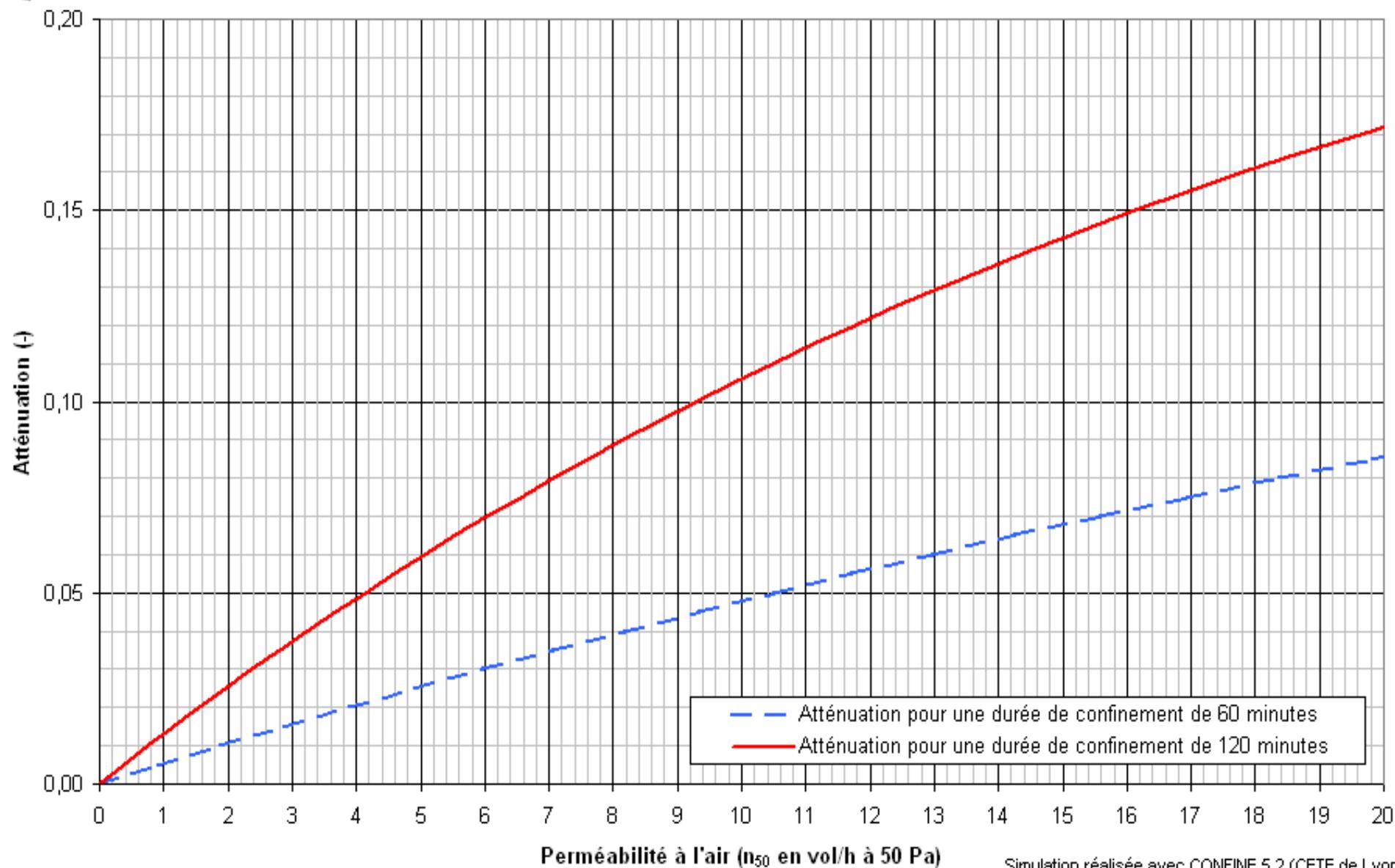
Simulation réalisée avec CONFINE 5.2 (CETE de Lyon, 2013)



Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 5D-12

Maison individuelle - Local de confinement : Abrisé du vent



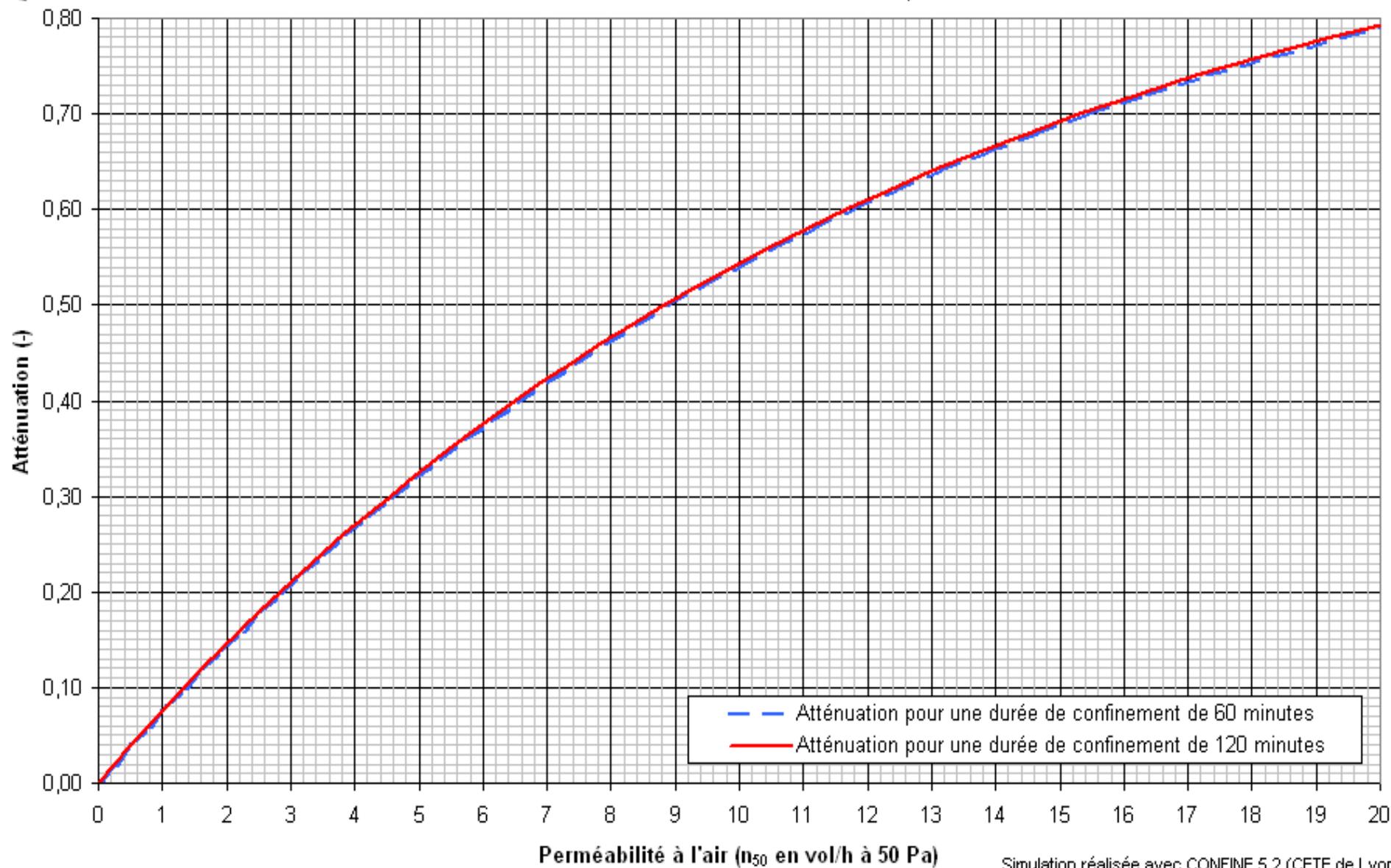
Simulation réalisée avec CONFINE 5.2 (CETE de Lyon, 2013)



Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 5D-21

Bâtiment collectif - Local de confinement : Exposé au vent



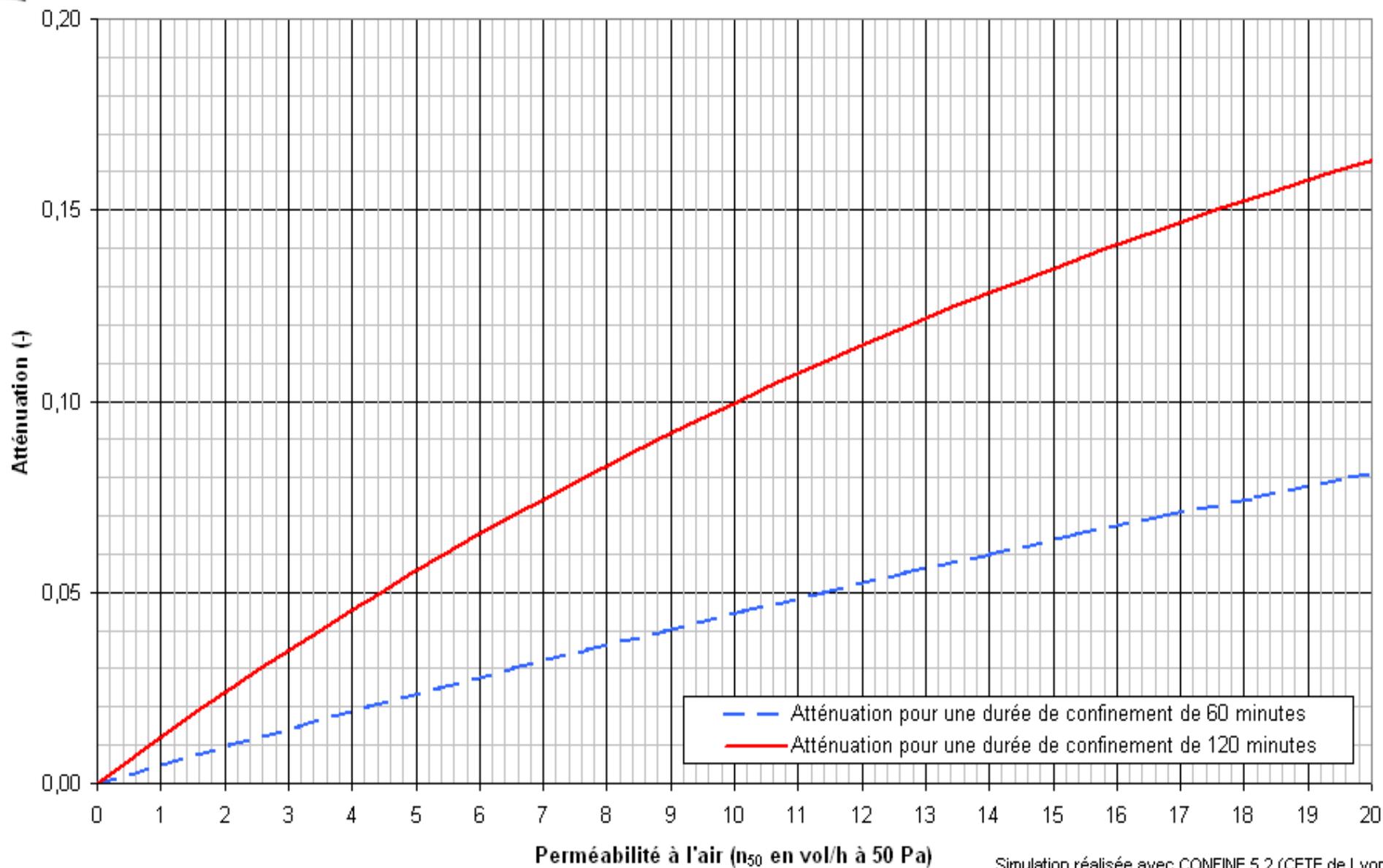
Simulation réalisée avec CONFINE 5.2 (CETE de Lyon, 2013)



Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 5D-22

Bâtiment collectif - Local de confinement : Abrisé du vent



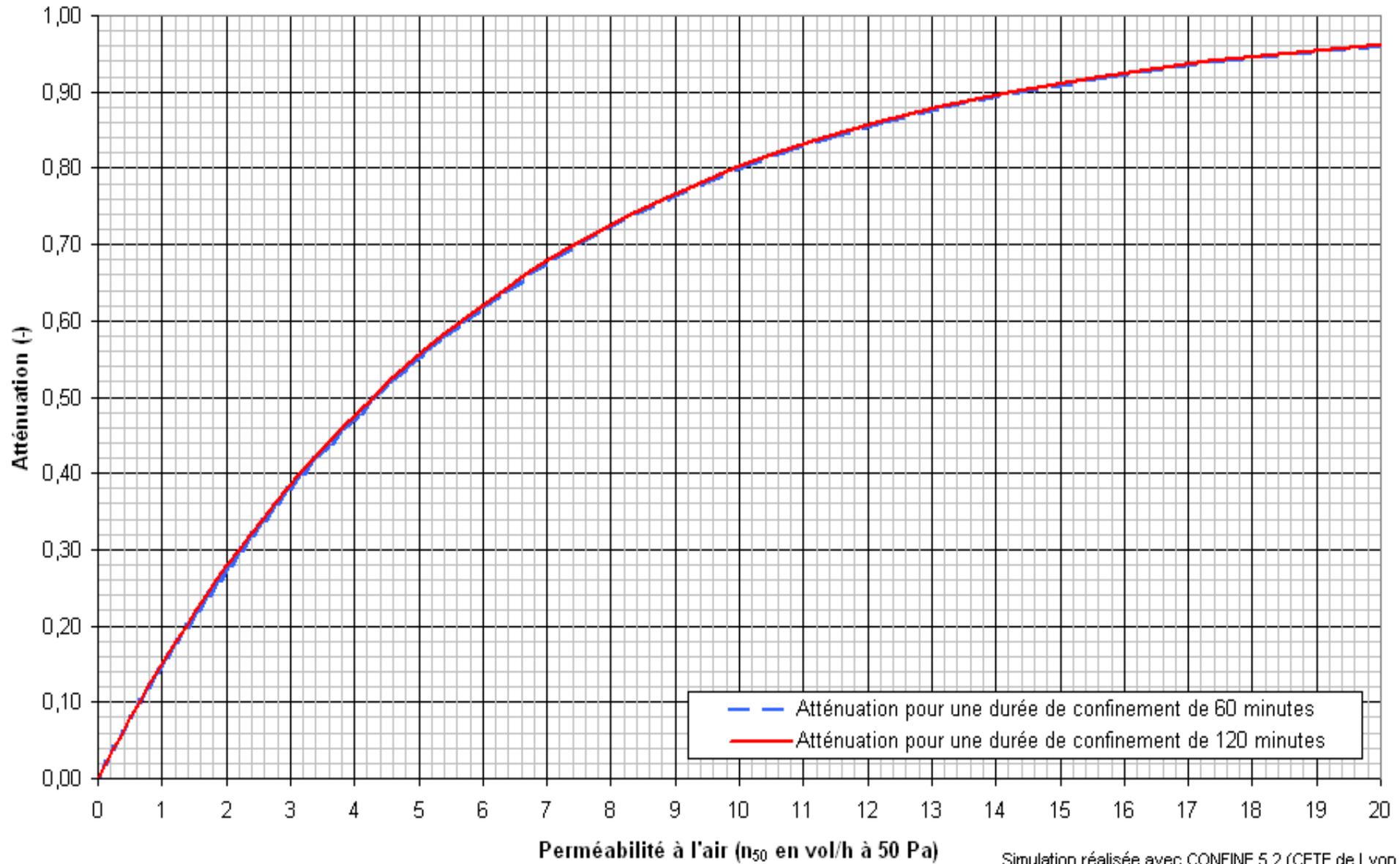
Simulation réalisée avec CONFINE 5.2 (CETE de Lyon, 2013)



Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 10D-11

Maison individuelle - Local de confinement : Exposé au vent



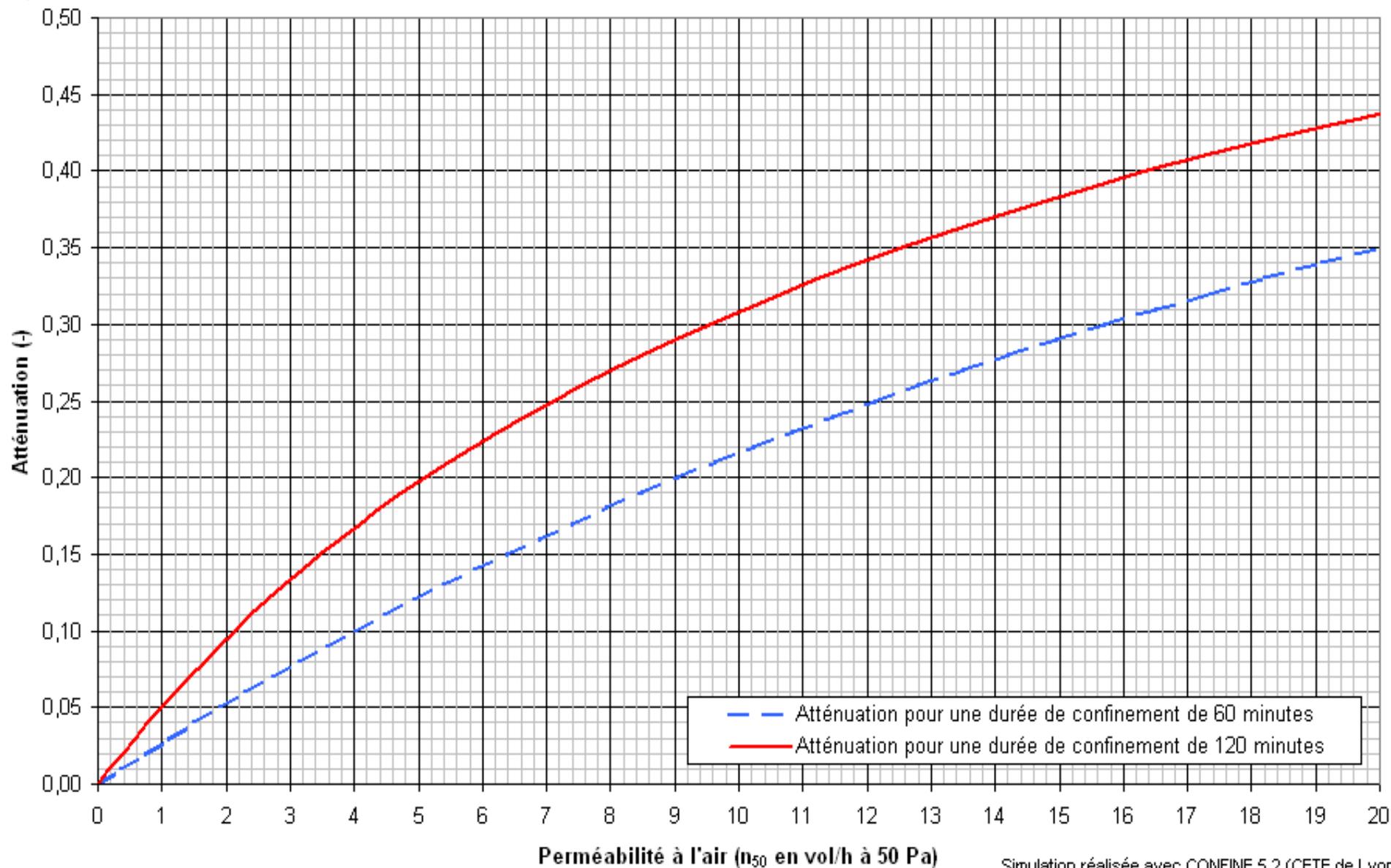
Simulation réalisée avec CONFINE 5.2 (CETE de Lyon, 2013)



Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 10D-12

Maison individuelle - Local de confinement : Abrisé du vent



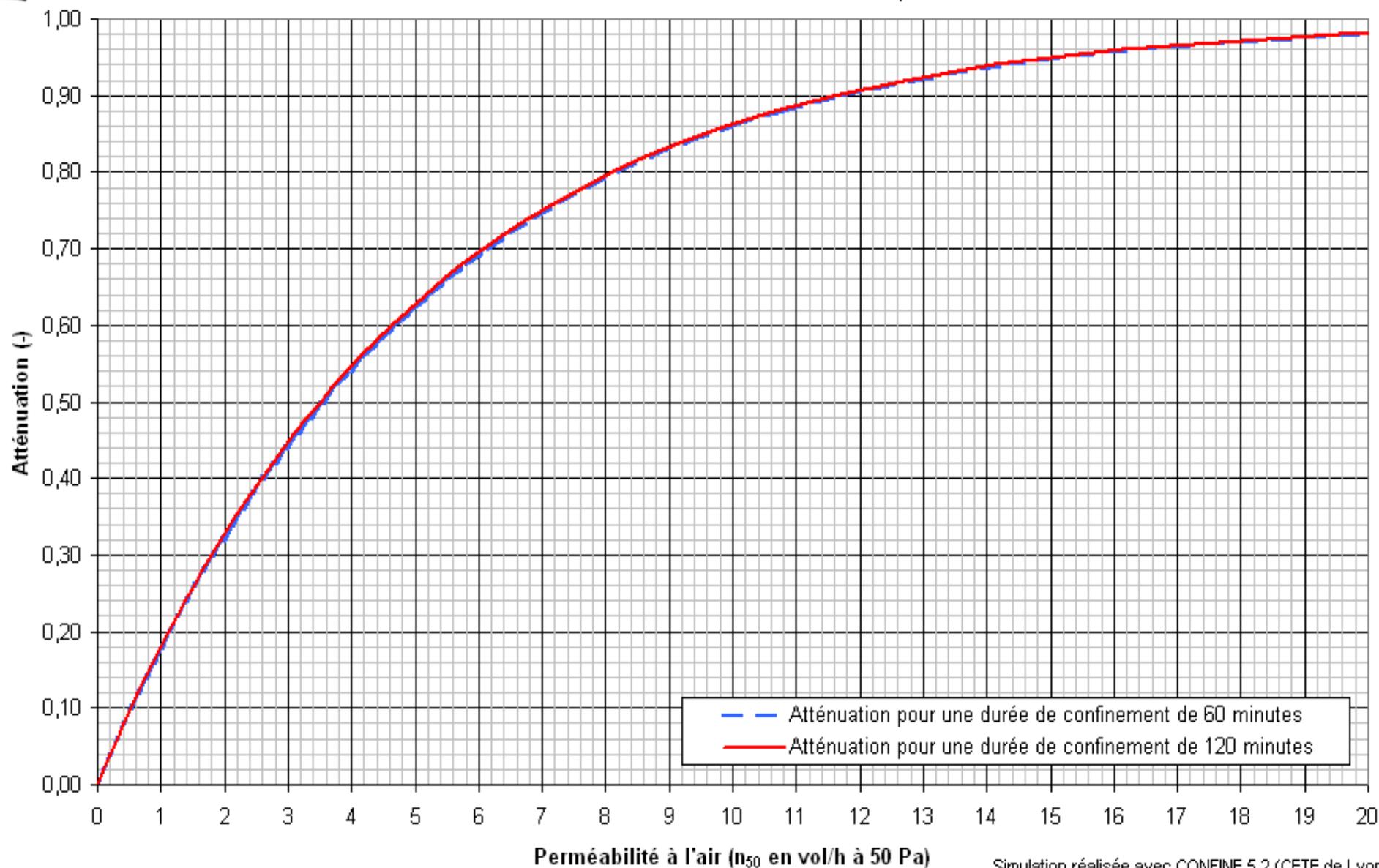
Simulation réalisée avec CONFINE 5.2 (CETE de Lyon, 2013)



Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 10D-21

Bâtiment collectif - Local de confinement : Exposé au vent



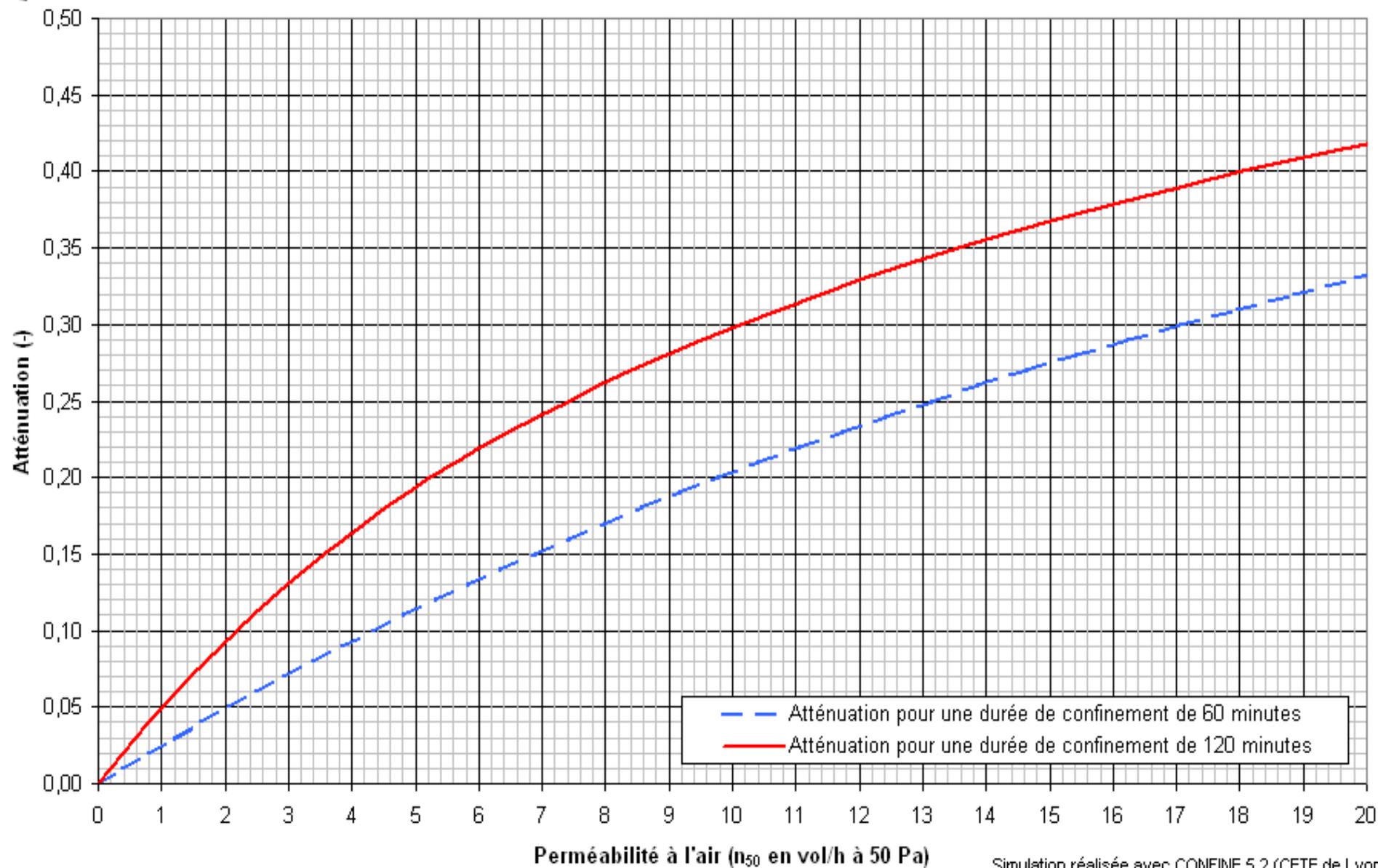
Simulation réalisée avec CONFINE 5.2 (CETE de Lyon, 2013)



Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 10D-22

Bâtiment collectif - Local de confinement : Abrisé du vent



Simulation réalisée avec CONFINE 5.2 (CETE de Lyon, 2013)

Abaques applicables aux bâtiments résidentiels construits en application de la RT 2012

Les abaques ci-après ne s'appliquent que pour les bâtiments neufs ou existants, construits entièrement en application de la RT 2012.

Les abaques seront utilisés pour les diagnostics des bâtiments résidentiels, uniquement pour la détermination des valeurs de l'objectif cible de perméabilité à l'air des pièces de confinement (n_{50}) lorsque les règlements des PPRT ne les fixeront pas. Elles ne peuvent se substituer à celles prescrites sauf pour les projets neufs, dans le cas où les règlements des PPRT ne précisent pas de valeur « n_{50} » applicables spécifiquement aux bâtiments construits en application de la RT 2012.

Les valeurs « n_{50} » ainsi déterminées le sont en tenant compte de l'arrêt des ventilations volontaires et de l'obturation de toutes les entrées d'air dans tout le bâtiment.

En cas d'application des dispositions du 9.4.3.2 relatives aux entrées d'air, se référer en complément aux tableaux y figurant pour la détermination des « n_{50} cibles ».

Choix de l'abaque :

L'abaque à retenir dépend de trois conditions :

1. La condition atmosphérique

Retenir l'abaque selon l'une des conditions atmosphériques suivantes :

Condition atmosphérique retenue dans le PPRT :	3A – 3B – 3E – 3F	5B – 5C – 5D	10C – 10D
Abaques à retenir :	3F	5D	10D

Tableau 43 : Choix de l'abaque à utiliser selon les conditions atmosphériques

D'une manière générale, retenir l'abaque ayant le même chiffre (il indique la vitesse du vent) que la condition retenue dans le PPRT.

2. La typologie du bâtiment

Retenir « Maison individuelle » (1) ou « Immeuble collectif » (2) selon la typologie du bâtiment étudié.

3. L'exposition du local de confinement

Retenir « exposé » (1) ou « abrité » (2) suivant la situation du local de confinement choisi, comme déterminé au 9.2.2.

Pour les locaux « exposés au site industriel », il sera fait usage des abaques applicables aux bâtiments résidentiels standards.

Lecture des « n_{50} » :

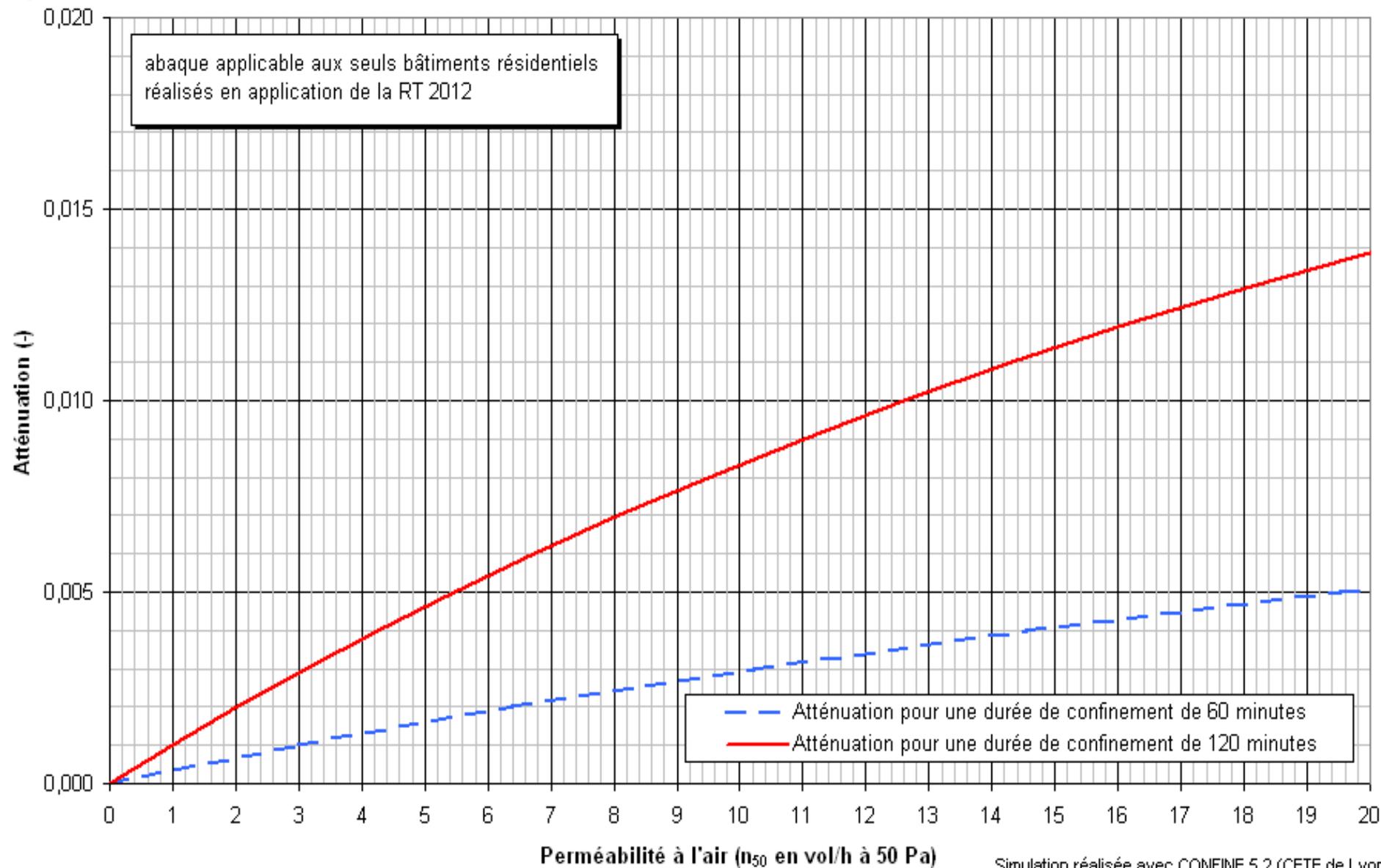
Utiliser la courbe rouge (trait plein) qui correspond à un confinement de 2h.



Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 3F-12
(RT 2012)

Maison individuelle - Local de confinement : Abrisé du vent

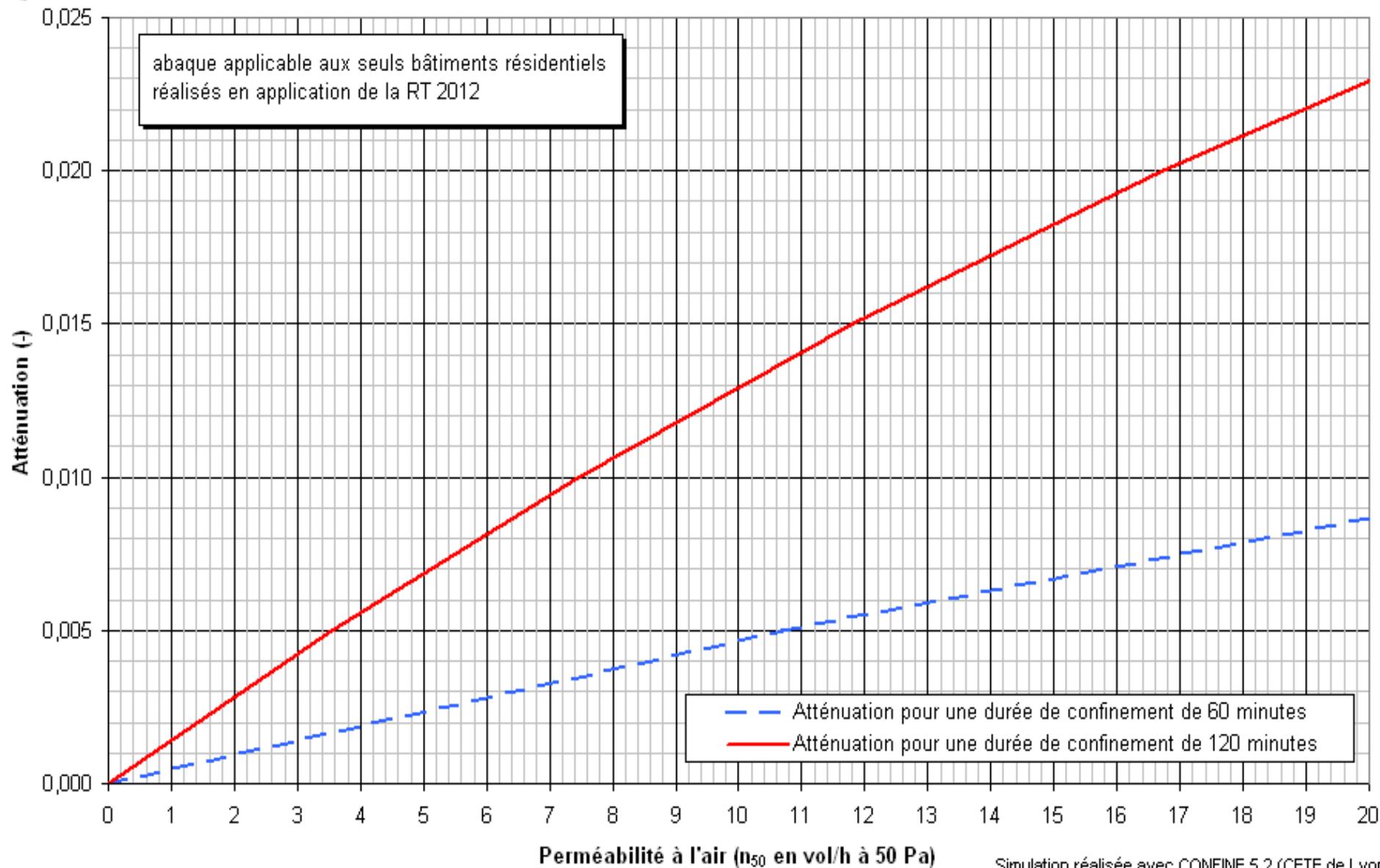




Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 3F-22
(RT 2012)

Bâtiment collectif - Local de confinement : Abrisé du vent



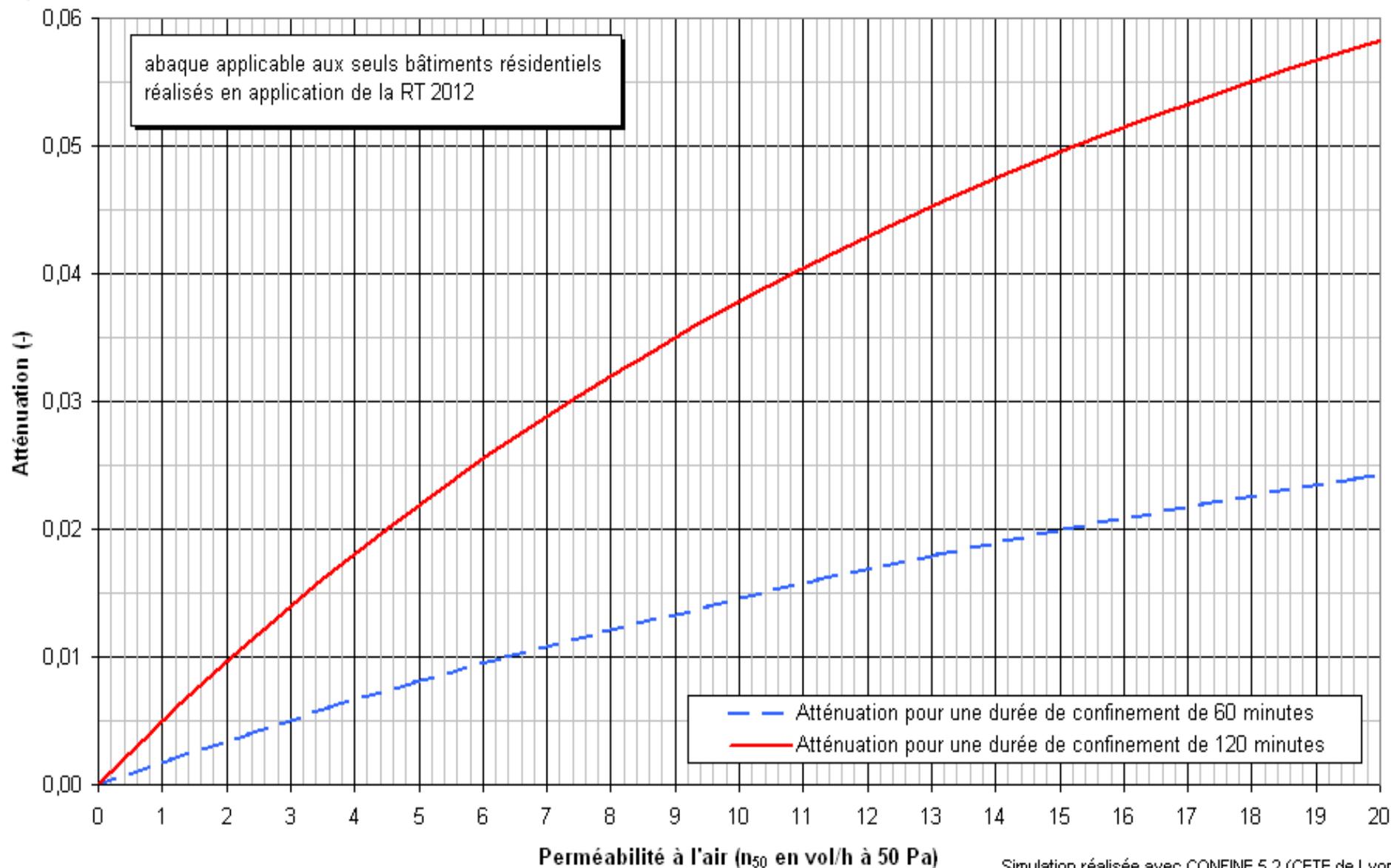
Simulation réalisée avec CONFINE 5.2 (CETE de Lyon, 2013)



Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 5D-12
(RT 2012)

Maison individuelle - Local de confinement : Abrisé du vent

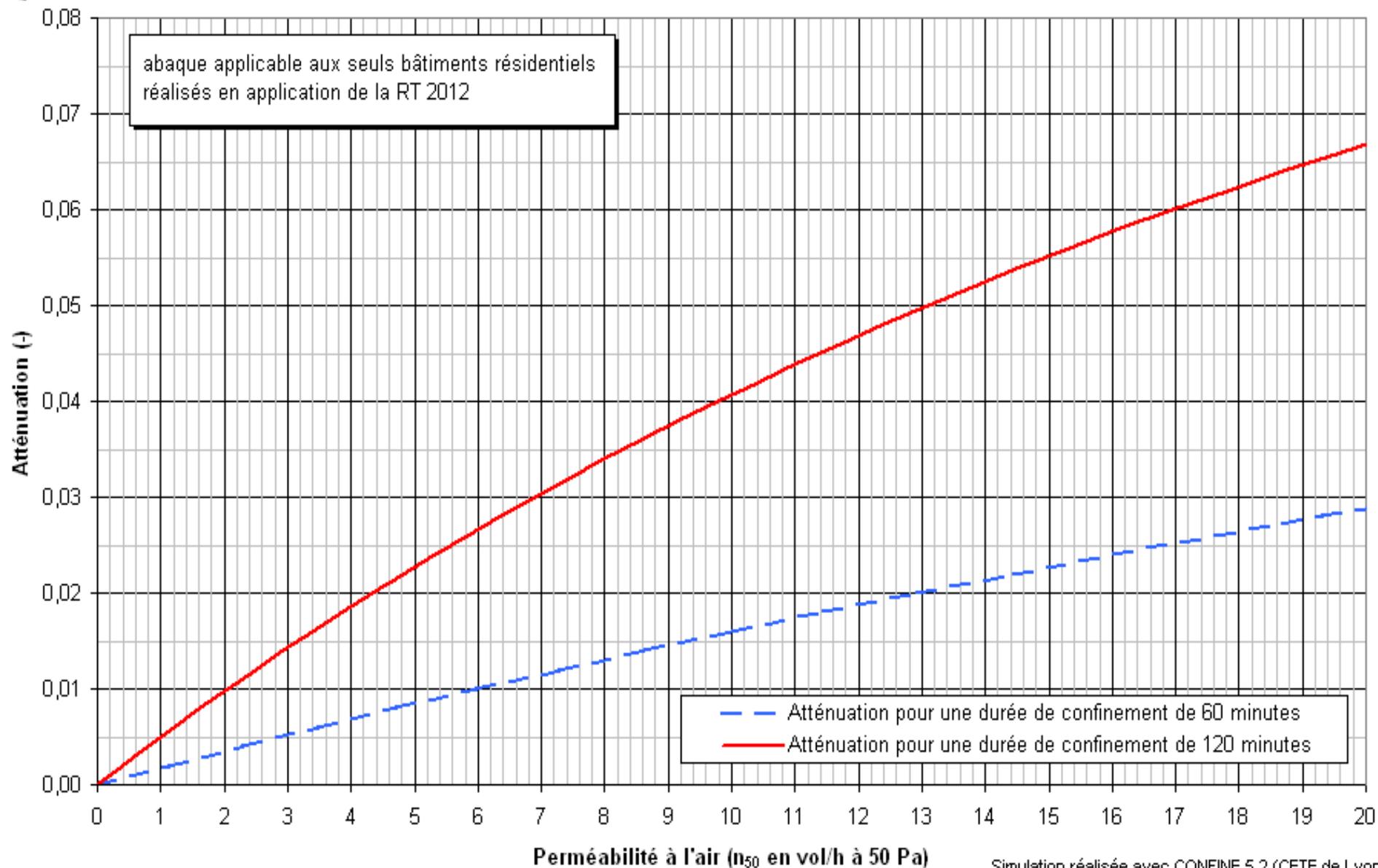




Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 5D-22
(RT 2012)

Bâtiment collectif - Local de confinement : Abrisé du vent

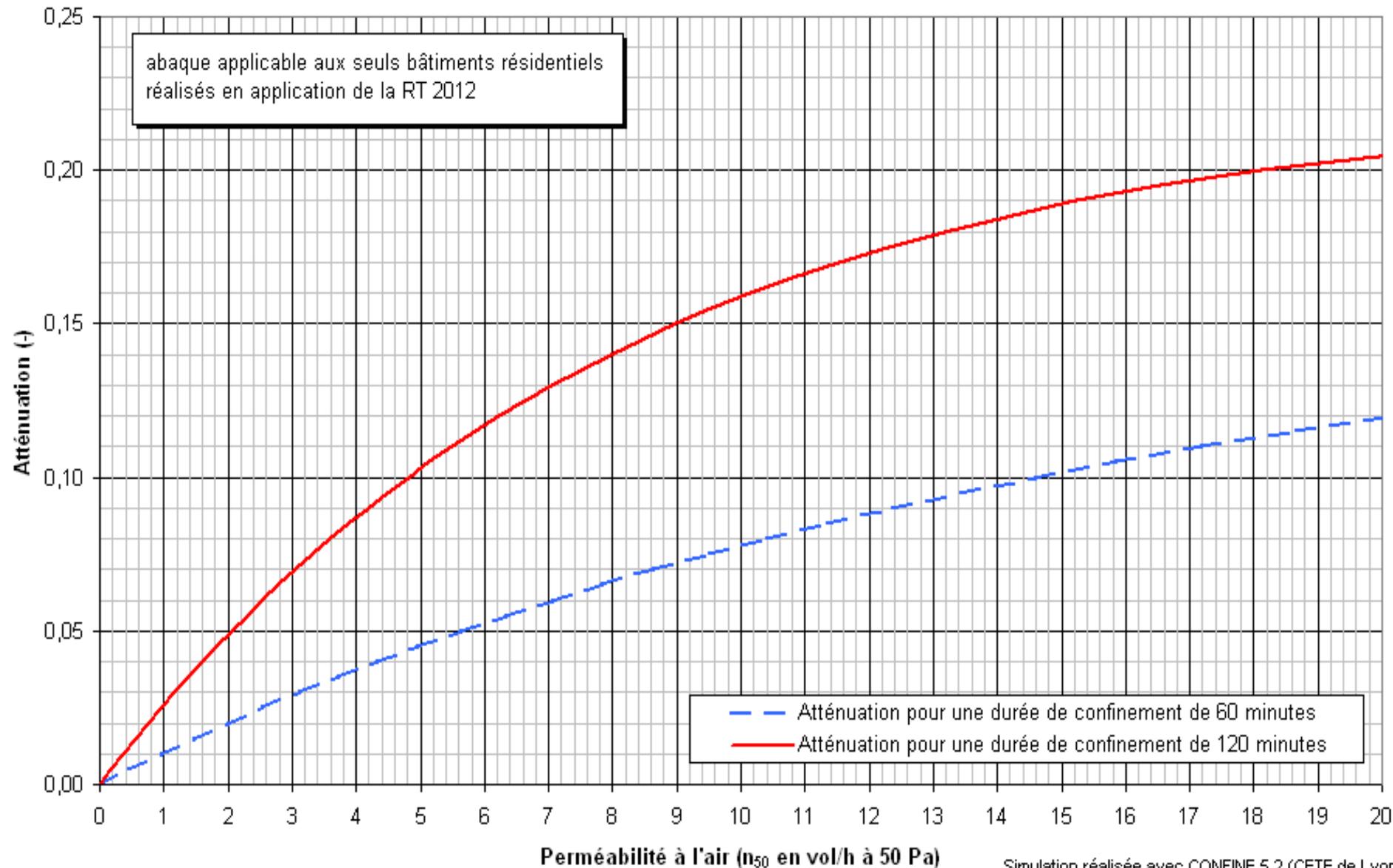




Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 10D-12
(RT 2012)

Maison individuelle - Local de confinement : Abrisé du vent

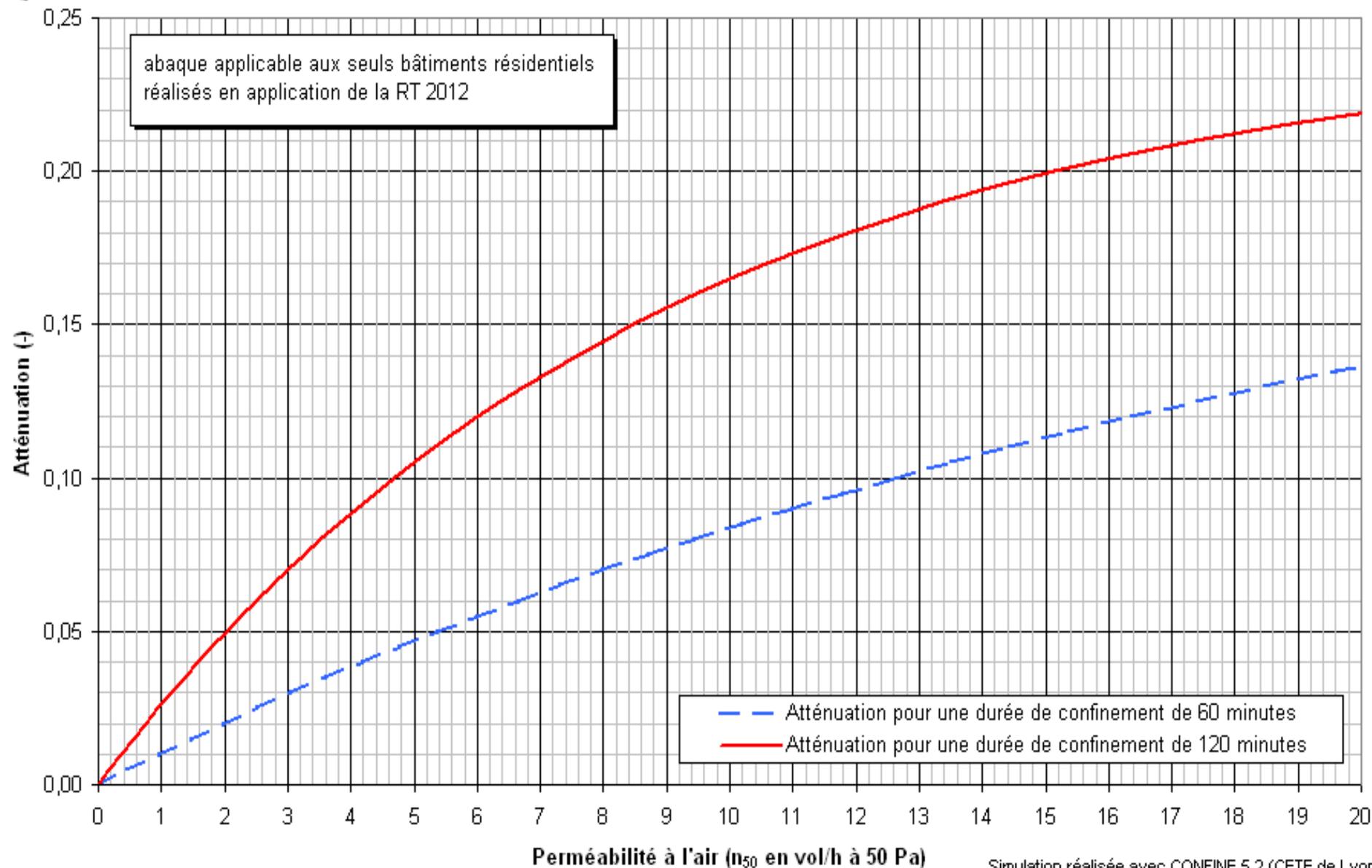




Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 10D-22
(RT 2012)

Bâtiment collectif - Local de confinement : Abrisé du vent



Simulation réalisée avec CONFINE 5.2 (CETE de Lyon, 2013)

Annexe 5 : Fiche de consignes pour le confinement – effet toxique

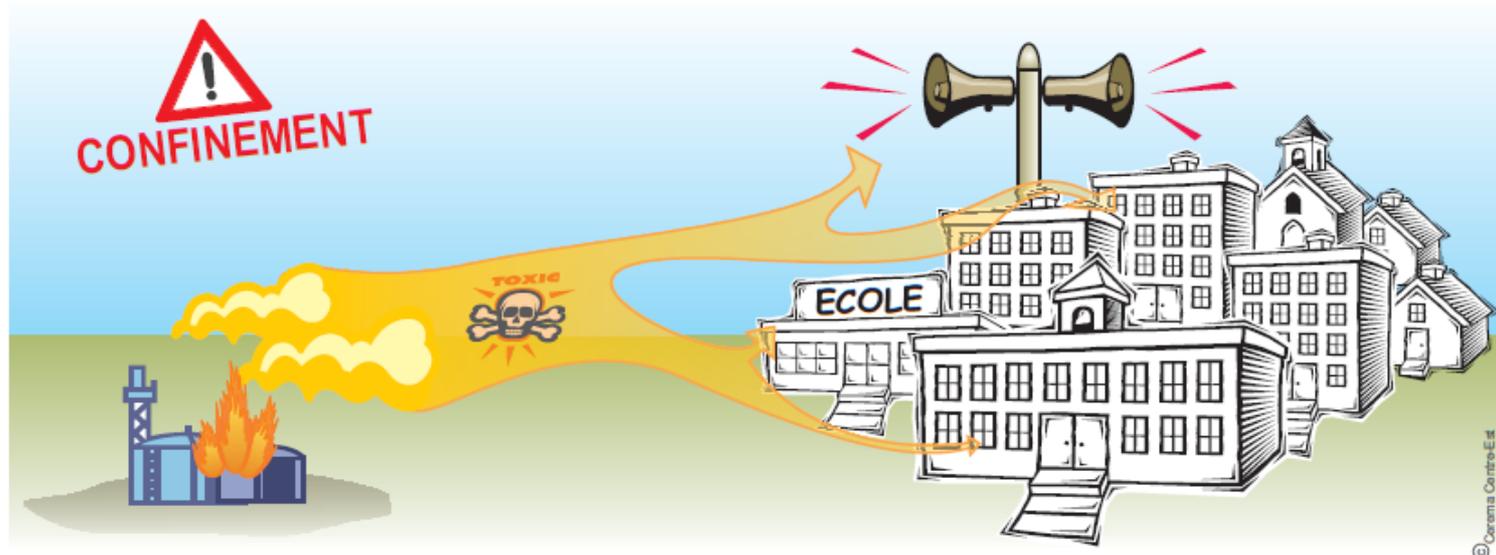
La Direction territoriale Centre-Est du Cerema (ex. CETE de Lyon) a établi la fiche de consignes disponible en page suivante, précisant les règles comportementales pour un confinement efficace :

- avant l'alerte ;
- au moment de l'alerte ;
- durant l'alerte ;
- juste après l'alerte ;

et la maintenance nécessaire du dispositif de confinement.

La fiche peut être complétée par des dispositions locales relative à l'alerte, et par des mesures adaptées à chaque bâtiment.

La protection passe par l'appropriation du dispositif de confinement, aussi il est utile de proposer aux occupants de revoir régulièrement les fiches de consignes, et de faire des exercices de simulation.



© Cerema Centre-Est

AVANT L'ALERTE ?

Organiser un exercice annuel d'alerte pour :

INFORMER

- ▶ Diffuser, afficher la fiche de consigne et renseigner sur la procédure de mise à l'abri.
- ▶ Faire connaître les locaux aménagés pour le confinement et les cheminements pour y parvenir.



La fiche de consignes

Les plans du bâtiment

PRÉPARER

- ▶ Se familiariser avec les consignes du confinement et en particulier :
 - l'arrêt de la ventilation et le cas échéant du chauffage ;
 - la fermeture des fenêtres ;
 - le renforcement de l'étanchéité des fenêtres par pose d'adhésif aux liaisons ouvrants dormants ;
 - l'obturation des bouches de ventilation.

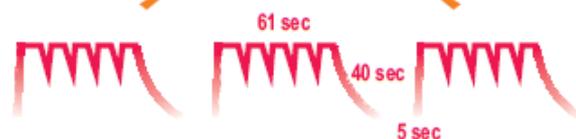


Les cheminements d'accès

Le local de confinement

ECOUTER

- ▶ Faire écouter et reconnaître le signal sonore de début et de fin d'alerte.
- ▶ Vérifier que toutes les personnes entendent la sirène.
- ▶ S'assurer que l'alerte donnée par la sirène ne soit pas confondue avec un autre signal d'alerte (incendie, ...).



Signal national d'alerte
(Son modulé)



Signal national de fin d'alerte
(Son continu)

AU MOMENT de L'ALERTE ?



NE PAS FAIRE

Bannir les mauvais réflexes !

- ▶ Ne pas aller chercher ses enfants à l'école.
- ▶ Ne pas prendre la fuite en voiture, vous risquez d'être bloqués dans les embouteillages et l'habitacle de votre voiture est très perméable.
- ▶ Ne pas aller aux portes de l'usine.
- ▶ Ne pas téléphoner.
- ▶ Ne pas fumer.



FAIRE

De bons réflexes pour mieux agir !



Rester dans le bâtiment ou se diriger vers le bâtiment le plus proche :

- ▶ Pénétrer dans le bâtiment par les entrées disposant d'un sas, s'il y en a.
- ▶ Ouvrir les portes du sas en deux temps.

Avant d'entrer dans le local de confinement :

- ▶ Fermer toutes les portes et fenêtres du bâtiment ou du logement ouvrant sur l'extérieur.
- ▶ Arrêter la ventilation du bâtiment si l'arrêt n'est pas prévu dans le local de confinement.
- ▶ Arrêter les autres systèmes d'échanges d'air avec l'extérieur (hottes, chauffage à air soufflé,...).
- ▶ Fermer les entrées et sorties d'air volontaires qui sont "obturables".
- ▶ Arrêter le cas échéant le chauffage.
- ▶ Se diriger rapidement vers le local de confinement.
- ▶ Limiter l'ouverture des portes du local de confinement afin de minimiser la pénétration des polluants à l'intérieur de celui-ci.



Les premiers gestes dans le local de confinement :

- ▶ Arrêter la ventilation si l'arrêt est prévu dans le local.
- ▶ Arrêter le chauffage dans le local de confinement lorsque cela est possible.
- ▶ Fermer les entrées et sorties d'air volontaires "obturables", puis renforcer l'étanchéité par "colmatage" à l'aide de rubans adhésifs.

Pour se protéger efficacement d'un nuage toxique, la présence d'un local de confinement très performant ne suffit pas à elle seule : il faut aussi savoir comment l'utiliser. Pour cela, rien de tel que de bons réflexes !



Utiliser les sas d'entrée



Fermer portes et fenêtres



Stopper les ventilation



Fermer les entrées d'air



Arrêter le chauffage



Entrer dans le local
Ne pas polluer le local

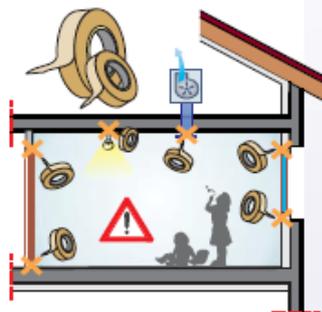


Obturer et scotcher
Les entrées d'air volontaires

- ▶ Vérifier que toutes les personnes devant être présentes le sont.
- ▶ Faire asseoir les personnes présentes.
- ▶ Renforcer l'étanchéité à l'air du local par "colmatage" des liaisons sensibles et des éventuelles points d'infiltration :
 - Les portes et fenêtres intérieures et extérieures du local
 - Les coffres de volets roulants
 - Les trappes et éléments traversant les parois
 - Les points de passage des équipements électriques installés sur les parois (prises de courant, interrupteurs, éclairage...)
- ▶ Mettre en marche la radio et se caler sur la fréquence d'émission régionale (*France Bleue*).



Faire l'appel



Scotcher les points d'infiltration



Allumer la radio

DURANT L'ALERTE ?



A l'intérieur du local de confinement ...

- ▶ S'armer de patience.
- ▶ Rester calme.
- ▶ Ne pas fumer.
- ▶ Occuper les enfants par des jeux calmes pour garantir un air respirable.
- ▶ Ecouter la radio.
- ▶ Si les pompiers ou une autorité publique (Mairie) vous contactent, suivez leurs consignes.
- ▶ Si vous sentez des picotements, placer un linge humide contre le visage et respirer à travers.



Pendant la durée du confinement, prise souvent inférieure à 2 heures, les effets secondaires comme l'augmentation de la température intérieure et de la concentration en dioxyde de carbone, ou encore la raréfaction de l'oxygène, ne posent pas de problème dans la mesure où le volume minimal par personne est respecté.

Attention ! Ces effets secondaires augmentent avec l'activité des personnes confinées. Pour cela, il convient de rester le plus calme possible.



JUSTE APRÈS L'ALERTE ?



- ▶ Ouvrir en grand portes et fenêtres.
- ▶ Enlever le ruban adhésif des portes et fenêtres, des entrées et sorties d'air, des bouches de transfert....
- ▶ Remettre en service :
 - Les bouches de ventilation et de transfert (passage de l'air libre) ;
 - La ventilation ;
 - Le chauffage (en période hivernale).



Aérer abondamment le local et le bâtiment

Remettre en service

MAINTENANCE

AU LENDEMAIN DE L'ALERTE Remettre à niveau l'armoire du local !

- ▶ Enlever les piles du récepteur radio, et les remplacer éventuellement.
- ▶ Remettre la longueur de ruban adhésif utilisée.
- ▶ Renouveler le stock d'eau potable.

La rédaction d'une fiche de consignes, propre à chaque établissement, permet d'entériner une approche globale de prévention des risques à l'échelle de l'établissement. Seule une telle approche peut assurer la sécurité des personnes en cas de crise.

Il s'agit en effet de mettre en relation, d'un côté les mesures structurelles sur le bâtiment et sur le local de confinement, qui peuvent être prescrites par le Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT), et d'un autre côté, les règles comportementales qui ne sont pas du ressort d'un PPRT, mais des plans de secours : Plan Particulier d'Intervention (PPI), Plan Communal de Sauvegarde (PCS), Plan Particulier de Mise en Sécurité (PPMS).

UNE FOIS PAR AN Assurer une maintenance complète !

- ▶ S'assurer du bon fonctionnement de la coupure de la ventilation et du chauffage.
- ▶ S'assurer du bon fonctionnement des clapets anti-retour dans les conduits de ventilation s'il y a lieu.
- ▶ Remplacer le stock de piles destiné au récepteur radio et à la lampe.
- ▶ Vérifier le bon fonctionnement du récepteur radio.
- ▶ Vérifier l'état des joints des fenêtres et des portes.
- ▶ Vérifier la péremption des rouleaux de rubans adhésifs. La date de mise en place doit être notée sur les rouleaux afin de pouvoir les remplacer tous les deux ans.



La réalisation d'un exercice d'alerte annuel est une bonne occasion de faire le point sur la maintenance.



RAPPEL Matériel et équipements à prévoir !

- ▶ Quelques bouteilles d'eau, même si un point d'eau existe dans le local.
- ▶ Un seau en l'absence de sanitaires.
- ▶ Du ruban adhésif de largeur 40 à 50 mm minimum et en quantité suffisante.
- ▶ Un escabeau pour faciliter le colmatage manuel.
- ▶ Des jeux, de la lecture pour occuper les personnes confinées.
- ▶ Des linges, un poste de radio autonome, une lampe de poche.
- ▶ Un exemplaire de la fiche de consignes.

 **Cerema**
Centre-est

Vos contacts au Cerema Centre-Est :

Département Construction Aménagement Projet
Unité Maîtrise de l'Énergie et des Transferts d'Air
46 rue St-Théobald BP 128
38081 L'ISLE-D'ABEAU Cedex
Contact : Pierre Planet Tél : 04.74.27.51.52
Mél. : pierre.planet@cerema.fr

Annexe 6 : Fiches de relevé terrain par effet

Effet de Surpression – 20-50 mbar – Fiche relevé vitrage

Effets auxquels le vitrage est exposé

Surpression	Intensité	<input type="checkbox"/> 20-35 mbar <input type="checkbox"/> 35-50mbar	
	Type d'onde	<input type="checkbox"/> Onde de choc (détonation)	<input type="checkbox"/> Déflagration
	Orientation	Façade n°	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4

Description de la menuiserie

Schéma de la menuiserie		
Type de menuiserie	Nombre de vantaux	
	Dimensions tableau	Hauteur : Largeur :
	Châssis	<input type="checkbox"/> Bois <input type="checkbox"/> PVC avec renforts métalliques <input type="checkbox"/> PVC sans renforts métalliques <input type="checkbox"/> Aluminium <input type="checkbox"/> Acier
	Vétuste	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
	Mode d'ouverture	<input type="checkbox"/> Châssis fixe <input type="checkbox"/> Ouverture vers l'extérieur <input type="checkbox"/> Ouverture vers l'intérieur à la française <input type="checkbox"/> Autre
	Mode de pose	<input type="checkbox"/> Applique <input type="checkbox"/> Feuillure <input type="checkbox"/> Tunnel
	Nombre de paumelles	
Vitrage	Type	<input type="checkbox"/> Simple vitrage mm <input type="checkbox"/> Double vitrage/...../..... <input type="checkbox"/> Autre :
	Dimensions vitrage	Hauteur : Largeur :
	Rapport L/l	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 1,5 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 à 6 <input type="checkbox"/> > 6
Système de fermeture	Type	<input type="checkbox"/> Tringle <input type="checkbox"/> Renvoi d'angle
	Fermeture individuelle des ouvrants	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
	Gâches	<input type="checkbox"/> Métalliques <input type="checkbox"/> Plastiques
	Galets champignons et gâches anti-décrochements	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
	Nombre de points de condamnation	
	Paumelles anti-dégondages	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non

Effet de surpression – 50-140 mbar

Effets auxquels le bâtiment est exposé

Surpression	Intensité	<input type="checkbox"/> 50-60 mbar <input type="checkbox"/> 60-70 mbar <input type="checkbox"/> 70-80 mbar	<input type="checkbox"/> 80-90 mbar <input type="checkbox"/> 90-100 mbar <input type="checkbox"/> 100-110 mbar	<input type="checkbox"/> 110-120 mbar <input type="checkbox"/> 120-130 mbar <input type="checkbox"/> 130-140 mbar
	Type d'onde	<input type="checkbox"/> Onde de choc (détonation)		<input type="checkbox"/> Déflagration
	Temps d'application	<input type="checkbox"/> 0-20 ms <input type="checkbox"/> 20-100 ms <input type="checkbox"/> 100-150 ms <input type="checkbox"/> 150-500 ms <input type="checkbox"/> > 500 ms	<input type="checkbox"/> 0-20 ms <input type="checkbox"/> 20-50 ms <input type="checkbox"/> 50-150 ms <input type="checkbox"/> 150-1000 ms <input type="checkbox"/> > 1000 ms	

Schéma de la construction

Murs

Hauteur	<input type="checkbox"/> H ≤ 3 m <input type="checkbox"/> 3 < H ≤ 4 m <input type="checkbox"/> H > 4 m		
Nature	<input type="checkbox"/> Béton armé <input type="checkbox"/> Bloc de béton plein <input type="checkbox"/> Pierre de taille	Catégorie A	
	<input type="checkbox"/> Parpaings <input type="checkbox"/> Brique pleine		
	<input type="checkbox"/> Brique creuse <input type="checkbox"/> Bloc de terre cuite <input type="checkbox"/> Moellons	Catégorie B	
	<input type="checkbox"/> Béton cellulaire		
	<input type="checkbox"/> Torchis/pisé <input type="checkbox"/> Vétuste	Catégorie C	
	<input type="checkbox"/> Bois <input type="checkbox"/> Autre :	Étude approfondie	
Orientation	Façade n°	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	
	Façade n°	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	
	Façade n°	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	
	Façade n°	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	

Toiture

Charpente	<input type="checkbox"/> Bois <input type="checkbox"/> Béton <input type="checkbox"/> Métallique <input type="checkbox"/> Autre
Couverture	<input type="checkbox"/> Petits éléments <input type="checkbox"/> Grands éléments <input type="checkbox"/> Terrasse
Pente	<input type="checkbox"/> < 25° <input type="checkbox"/> > 25°

Menuiseries vitrées

Façade	Menuiserie	Dimensions tableau

Effet thermique continu

Effets auxquels le bâtiment est exposé

Thermique continu	Intensité	<input type="checkbox"/> 3-5 kW/m ²	<input type="checkbox"/> 5-8 kW/m ²
-------------------	-----------	--	--

Schéma de la construction

Murs des façades exposées

Nature	<input type="checkbox"/> Béton armé <input type="checkbox"/> Bloc de béton plein <input type="checkbox"/> Pierre de taille <input type="checkbox"/> Parpaings <input type="checkbox"/> Brique pleine <input type="checkbox"/> Bloc de terre cuite <input type="checkbox"/> Brique creuse <input type="checkbox"/> Moellons <input type="checkbox"/> Béton cellulaire <input type="checkbox"/> Torchis/pisé <input type="checkbox"/> Bois <input type="checkbox"/> Autre :
Épaisseur du mur	
Isolation	<input type="checkbox"/> Polystyrène (PSE/PSX) <input type="checkbox"/> Laine verre/roche (LDV/LDR) <input type="checkbox"/> Polyuréthane (PUR/PIR) <input type="checkbox"/> Autre : <input type="checkbox"/> Aucun
Épaisseur isolant	<i>(uniquement pour les façades en bardage bois)</i>

Toiture

Charpente	<input type="checkbox"/> Bois <input type="checkbox"/> Béton <input type="checkbox"/> Métallique <input type="checkbox"/> Autre
Isolation	Nature isolant <input type="checkbox"/> PSE/PSX <input type="checkbox"/> LDV/LDR <input type="checkbox"/> PUR/PIR <input type="checkbox"/> Autre : <input type="checkbox"/> Aucun
	Épaisseur
Protection mécanique	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <i>(uniquement pour les toitures terrasses)</i>

Menuiseries vitrées des façades exposées

Châssis	<input type="checkbox"/> Bois <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> Aluminium <input type="checkbox"/> Acier
Vitrage	<input type="checkbox"/> Simple vitrage <input type="checkbox"/> Double vitrage <input type="checkbox"/> Plastique
Dimensions des panneaux vitrés	Hauteur : <input type="checkbox"/> < 2,2 m <input type="checkbox"/> > 2,2 m Surface : <input type="checkbox"/> < 2 m ² <input type="checkbox"/> > 2 m ²
% surface translucide	<input type="checkbox"/> < 30 % <input type="checkbox"/> 30 à 50 % <input type="checkbox"/> > 50 %
Volets	<input type="checkbox"/> Bois <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> Métallique <input type="checkbox"/> Aucun

Portes des façades exposées

Nature	<input type="checkbox"/> Bois <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> Métallique
Épaisseur de la porte	<i>(uniquement pour les portes en bois massif)</i>
Isolant	<input type="checkbox"/> PSE/PSX <input type="checkbox"/> LDV/LDR <input type="checkbox"/> PUR/PIR <input type="checkbox"/> Aucun

Matériaux des façades exposées sensibles au feu

Nature	Classement réaction au feu	Température de dégradation thermique

Éléments singuliers des façades exposées

Traversée de câbles ou de canalisations de fluides	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Gouttières	<input type="checkbox"/> Zinc <input type="checkbox"/> PVC

Bouches de ventilation ou d'aération	<input type="checkbox"/> Plastique (PVC) <input type="checkbox"/> Métallique
--------------------------------------	--

Effet thermique continu – local de mise à l'abri

Effets auxquels le bâtiment est exposé

Thermique continu	Intensité	<input type="checkbox"/> 3-5 kW/m ² <input type="checkbox"/> 5-8 kW/m ²
-------------------	-----------	---

Schéma du local de mise à l'abri

Nombre de personnes à mettre à l'abri	
Dimensions du local	Surface : m ² Hauteur : m

Menuiseries vitrées des façades exposées de l'enveloppe du bâtiment

Châssis	<input type="checkbox"/> Bois <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> Aluminium <input type="checkbox"/> Acier
Vitrage	<input type="checkbox"/> Simple vitrage <input type="checkbox"/> Double vitrage <input type="checkbox"/> Plastique
Dimensions des panneaux vitrés	Hauteur : <input type="checkbox"/> < 2,2 m <input type="checkbox"/> > 2,2 m Surface : <input type="checkbox"/> < 2 m ² <input type="checkbox"/> > 2 m ²
% surface translucide	<input type="checkbox"/> < 30 % <input type="checkbox"/> 30 à 50 % <input type="checkbox"/> > 50 %
Volets	<input type="checkbox"/> Bois <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> Métallique <input type="checkbox"/> Aucun

Façades exposées du local

Nature	<input type="checkbox"/> Béton armé <input type="checkbox"/> Bloc de béton plein <input type="checkbox"/> Pierre de taille <input type="checkbox"/> Parpaings <input type="checkbox"/> Brique pleine <input type="checkbox"/> Bloc de terre cuite <input type="checkbox"/> Brique creuse <input type="checkbox"/> Moellons <input type="checkbox"/> Béton cellulaire <input type="checkbox"/> Torchis/pisé <input type="checkbox"/> Bois <input type="checkbox"/> Autre :
Épaisseur du mur	
Isolation	<input type="checkbox"/> Polystyrène (PSE/PSX) <input type="checkbox"/> Laine verre/roche (LDV/LDR) <input type="checkbox"/> Polyuréthane (PUR/PIR) <input type="checkbox"/> Autre : <input type="checkbox"/> Aucun
Épaisseur isolant	(uniquement pour les façades en bardage bois)
Menuiseries vitrées	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non

Parois intérieures du local

Plafond	Donne sur un volume habité	<input type="checkbox"/> Oui (combles aménagés ou étage) <input type="checkbox"/> Non (combles perdus)	
	Nature		
	Isolation	<input type="checkbox"/> PSE/PSX <input type="checkbox"/> LDV/LDR <input type="checkbox"/> PUR/PIR <input type="checkbox"/> Autre :	Épaisseur : cm
Cloisons	Nature		
Portes	Nature		
Plancher	Donne sur un volume habité	<input type="checkbox"/> Oui (local à l'étage) <input type="checkbox"/> Non (local au rez-de-chaussée)	
	Nature		
	Isolation	<input type="checkbox"/> PSE/PSX <input type="checkbox"/> LDV/LDR <input type="checkbox"/> PUR/PIR <input type="checkbox"/> Autre :	Épaisseur : cm

Effet thermique transitoire

Effets auxquels le bâtiment est exposé

Thermique transitoire – boule de feu	Intensité	<input type="checkbox"/> 600-1000 [(kW/m ²) ^{4/3}].s <input type="checkbox"/> 1000-1800 [(kW/m ²) ^{4/3}].s
Thermique transitoire – feu de nuage	Intensité	<input type="checkbox"/> SEI-SEL <input type="checkbox"/> > SEL/SELS
Effet simultané surpression	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	

Schéma de la construction

Structure porteuse apparente du bâtiment

Nature des éléments directement exposés	<input type="checkbox"/> Béton <input type="checkbox"/> Métallique <input type="checkbox"/> Bois <input type="checkbox"/> Autre
---	---

Couverture

Nature	<input type="checkbox"/> Petits éléments <input type="checkbox"/> Grands éléments <input type="checkbox"/> Terrasse <input type="checkbox"/> Autre			
Isolation <i>(pour couverture en petits éléments)</i>	<input type="checkbox"/> Combustible <input type="checkbox"/> Non combustible	Épaisseur :cm		
	Fixation solidaire à la charpente	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non		
Combles <i>(pour couverture en petits éléments)</i>	<input type="checkbox"/> Aménagés <input type="checkbox"/> Perdus <input type="checkbox"/> Plancher béton ou hourdis <input type="checkbox"/> Plancher léger (bois, plâtre, métallique...)			

Menuiseries vitrées des façades exposées

Châssis	<input type="checkbox"/> Bois <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> Aluminium <input type="checkbox"/> Acier
Vitrage	<input type="checkbox"/> Simple vitrage <input type="checkbox"/> Double vitrage <input type="checkbox"/> Polymère
Dimensions des panneaux vitrés	Hauteur : <input type="checkbox"/> < 2,2 m <input type="checkbox"/> > 2,2 m Surface : <input type="checkbox"/> < 2 m ² <input type="checkbox"/> > 2 m ² <i>(uniquement pour les châssis PVC ou aluminium dans la zone 1000-1800 [(kW/m²)^{4/3}].s)</i>

Fiche relevé multi-effets

Effets auxquels le bâtiment est exposé

Surpression	Intensité	<input type="checkbox"/> Zone 20-50mbar <input type="checkbox"/> 20-35 mbar <input type="checkbox"/> 35-50 mbar	<input type="checkbox"/> Zone 50-140mbar <input type="checkbox"/> 50-60 mbar <input type="checkbox"/> 100-110 mbar <input type="checkbox"/> 60-70 mbar <input type="checkbox"/> 110-120mbar <input type="checkbox"/> 70-80 mbar <input type="checkbox"/> 120-130 mbar <input type="checkbox"/> 80-90 mbar <input type="checkbox"/> 130-140 mbar <input type="checkbox"/> 90-100mbar
	Type d'onde	<input type="checkbox"/> Onde de choc (détonation)	<input type="checkbox"/> Déflagration
	Temps d'application	<input type="checkbox"/> 0-20 ms <input type="checkbox"/> 20-100 ms <input type="checkbox"/> 100-150ms <input type="checkbox"/> 150-500 ms <input type="checkbox"/> t > 500 ms	<input type="checkbox"/> 0-20 ms <input type="checkbox"/> 20-50 ms <input type="checkbox"/> 50-150 ms <input type="checkbox"/> 150-1000 ms <input type="checkbox"/> > 1000 ms
Thermique continu	Intensité	<input type="checkbox"/> 3-5 kW/m ² <input type="checkbox"/> 5-8 kW/m ²	
Thermique transitoire – boule de feu	Intensité	<input type="checkbox"/> 600-1000 [(kW/m ²) ^{4/3}].s <input type="checkbox"/> 1000-1800 [(kW/m ²) ^{4/3}].s	
Thermique transitoire – feu de nuage	Intensité	<input type="checkbox"/> SEI-SEL <input type="checkbox"/> > SEL/SELS	

Schéma de la construction

Murs

Hauteur	<input type="checkbox"/> H ≤ 3 m <input type="checkbox"/> 3 < H ≤ 4 m <input type="checkbox"/> H > 4 m
Nature	<input type="checkbox"/> Béton armé <input type="checkbox"/> Bloc de béton plein <input type="checkbox"/> Béton cellulaire <input type="checkbox"/> Pierre de taille <input type="checkbox"/> Parpaings <input type="checkbox"/> Brique pleine <input type="checkbox"/> Brique creuse <input type="checkbox"/> Bloc de terre cuite <input type="checkbox"/> Moellons <input type="checkbox"/> Torchis/pisé <input type="checkbox"/> Bois <input type="checkbox"/> Autre :
Vétuste	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Épaisseur du mur	
Isolation	<input type="checkbox"/> Polystyrène (PSE/PSX) <input type="checkbox"/> Laine verre/roche (LDV/LDR) <input type="checkbox"/> Polyuréthane (PUR/PIR) <input type="checkbox"/> Autre : <input type="checkbox"/> Aucune
Épaisseur isolant	<i>(uniquement pour les façades en bardage bois)</i>

Toiture

Charpente	<input type="checkbox"/> Bois <input type="checkbox"/> Béton <input type="checkbox"/> Métallique <input type="checkbox"/> Autre			
Couverture	<input type="checkbox"/> Petits éléments <input type="checkbox"/> Grands éléments <input type="checkbox"/> Terrasse <input type="checkbox"/> Autre			
Pente	<input type="checkbox"/> < 25° <input type="checkbox"/> > 25°			
Isolation	Nature isolant	<input type="checkbox"/> PSE/PSX <input type="checkbox"/> LDV/LDR <input type="checkbox"/> PUR/PIR <input type="checkbox"/> Autre :		
	Épaisseur :cm			
	Fixation solidaire à la charpente : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non			
Protection mécanique	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <i>(uniquement pour les toitures terrasses)</i>			
Combles	<input type="checkbox"/> Aménagés <input type="checkbox"/> Perdus <input type="checkbox"/> Plancher béton ou hourdis <input type="checkbox"/> Plancher léger (bois, plâtre, métallique...)			

Menuiseries vitrées

Châssis	<input type="checkbox"/> Bois <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> Aluminium <input type="checkbox"/> Acier			
Vitrage	<input type="checkbox"/> Simple vitrage <input type="checkbox"/> Double vitrage <input type="checkbox"/> Polymère			
Dimensions des panneaux vitrés	Hauteur : <input type="checkbox"/> < 2,2 m <input type="checkbox"/> > 2,2 m		Surface : <input type="checkbox"/> < 2 m ² <input type="checkbox"/> > 2 m ² <i>(uniquement pour les châssis PVC ou aluminium)</i>	
% surface translucide	<input type="checkbox"/> < 30 % <input type="checkbox"/> 30 à 50 % <input type="checkbox"/> > 50 %			
Volets	<input type="checkbox"/> Bois <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> Métallique <input type="checkbox"/> Aucun			
Pour l'effet surpression, il est nécessaire de réaliser un relevé détaillé par menuiserie ou par type de menuiserie :				

Portes

Nature	<input type="checkbox"/> Bois <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> Métallique			
Épaisseur de la porte	<i>(uniquement pour les portes en bois massif)</i>			
Isolant	<input type="checkbox"/> PSE/PSX <input type="checkbox"/> LDV/LDR <input type="checkbox"/> PUR/PIR <input type="checkbox"/> Aucun			

Matériaux des façades exposées sensibles au feu

Nature	Classement réaction au feu	Température de dégradation thermique

Éléments singuliers des façades exposées

Traversée de câbles ou de canalisations de fluides	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Gouttières	<input type="checkbox"/> Zinc <input type="checkbox"/> PVC
Bouches de ventilation ou d'aération	<input type="checkbox"/> Plastique (PVC) <input type="checkbox"/> Métallique

Annexe 7 : Précisions sur le mode opératoire et le rapport d'essai de la mesure de la perméabilité à l'air des locaux de confinement – effet toxique

Ce document s'applique prioritairement aux mesures initiales réalisées avant travaux dans le cadre des diagnostics de vulnérabilité des locaux d'habitations existants, mais s'applique également aux mesures pouvant être réalisées après travaux⁴³.

Réalisation de la mesure

La mesure de perméabilité à l'air des locaux de confinement est exécutée conformément à la norme NF EN ISO 9972 traitant de la performance énergétique des bâtiments (AFNOR - octobre 2015), et aux dispositions du guide d'application GA P50-784 qui sont expressément visées au présent document.

Les dispositions de la norme et du guide sont complétées par les précisions suivantes qui portent sur :

- les définitions : indicateur à retenir, volume intérieur ;
- la méthode utilisée et la préparation du bâtiment et du local testé ;
- le mode opératoire de la mesure ;
- l'expression des incertitudes sur les valeurs mesurées.

Précisions complémentaires pour la mesure de perméabilité à l'air des locaux de confinement

1. Définitions :

- ◆ L'indicateur à retenir est le taux de renouvellement d'air sous une différence de pression de 50 Pascals (*paragraphe 6.3.2 de la norme*), il est noté n_{50} .
- ◆ Le volume intérieur à prendre en compte pour le calcul du « n_{50} » est le volume intérieur de l'ensemble du local testé (*paragraphe 6.1.1 de la norme*), il est noté V . Il peut comprendre plusieurs pièces, notamment des sanitaires dans le cas des bâtiments non résidentiels. Le volume des placards, et celui des pléniums en cas de faux plafonds non étanches à l'air, sont comptés.

2. Méthode utilisée, préparation du bâtiment et du local testé :

La méthode utilisée pour la mesure de la perméabilité à l'air des locaux de confinement est la méthode 3 (*paragraphe 5.2.1 de la norme*).

Tous les espaces du bâtiment (pièce, cellier, cave, garage, combles) situés et en contact direct autour du volume du local testé, sont mis à la même pression atmosphérique que l'extérieur. Ouvrir pour cela les fenêtres ou portes donnant sur l'extérieur des espaces voisins, et les trappes d'accès aux combles sauf si situées dans le local testé. Dans le cas de logements dans un immeuble collectif, il est admis que les ouvertures de pièces voisines n'étant pas celles du logement considéré puissent rester fermées. Le rapport d'essai précisera les dispositions prises.

Les ventilations et autres systèmes volontaires de transfert d'air sont arrêtés dans tout le bâtiment. Les siphons sont remplis (*paragraphe 5.2.2 de la norme*).

Les portes de placards et les portes de communication entre pièces pouvant composer le local de confinement, sont maintenues ouvertes (*paragraphe 5.2.4 de la norme*).

Pour les besoins de la méthode 3 appliquée à l'objet de l'essai, les autres dispositions prises sont celles du local dans son état en situation de confinement en considérant les dispositifs installés activés. Tout ce qui relève uniquement de règles comportementales complémentaires (installation d'adhésif pendant le confinement selon les matériels à disposition) ne doit pas être pris en compte au stade de la mesure.

⁴³ Cette mesure n'est pas prévue dans les montants de travaux ouvrant droits aux aides financières

Les ouvertures intentionnelles de l'enveloppe du local testé (*paragraphe 5.2.3 de la norme*) sont conditionnées comme suit :

- les fenêtres, portes et trappes sont fermées ;
- les ouvertures de ventilation naturelle, mécanique ou de conditionnement d'air débouchant dans le local sont :
 - pour la mesure initiale :
 - x colmatées si elles ne disposent pas de dispositif d'obturation ;
 - x simplement fermées dans le cas contraire ;
 - pour la mesure après travaux :
 - x les ouvertures sont simplement fermées au moyen du dispositif d'obturation mis en place ;
 - x si une ouverture ne possède aucun dispositif de fermeture, elle doit être laissée ouverte, sauf si le diagnostic des travaux a clairement précisé un autre moyen de l'obturer en cas de confinement, suivre alors les dispositions prévues présentes dans le local ;
 - x si une ouverture est un terminal d'un réseau de ventilation équipé de dispositifs de fermeture automatique (clapet par exemple) ils sont laissés dans leur position de fermeture automatique à l'arrêt de la ventilation, et l'ouverture est laissée ouverte ;
 - x les systèmes d'étanchéité des bas de porte (portes d'entrée dans le local sauf celle pouvant servir pour l'appareillage de la mesure) sont activés s'ils sont manuels, ils sont laissés en leur état « porte fermée » s'ils sont automatiques ;
- les autres ouvertures non destinées à la ventilation ou au conditionnement d'air sont fermées si elles disposent d'un dispositif de fermeture, sinon laissées en l'état ;
- ne pas prendre de mesures supplémentaires pour améliorer l'étanchéité à l'air de l'enveloppe du local.

Dans le cas de mesures complémentaires aux mesures initiales, destinées à approcher la valeur n_{50} du local testé selon les travaux de renforcement envisagés, tout colmatage supplémentaire est admis. Les mesures sont alors seulement des éléments d'appréciation pour l'opérateur pour les prescriptions de travaux, elles sont mentionnées aux diagnostics mais ne font pas l'objet de rapport d'essai.

3. Mode opératoire de la mesure :

En complément du paragraphe 5.1.1 de la norme NF EN ISO 9972, l'opérateur :

- veille au choix du mode opératoire choisi (dépressurisation ou pressurisation) notamment en cas de présence de clapet automatique de fermeture placé sur un réseau de ventilation, de conditionnement d'air ou autre système volontaire de transfert d'air (hotte par exemple), débouchant dans le local testé ;
- décide du choix d'implantation du système de mesure, fonction de l'appareillage utilisé et des conditions in-situ, ce choix est précisé dans le rapport de mesure.

Les étapes du mode opératoire de la mesure de la perméabilité à l'air des locaux de confinement sont précisées aux articles du paragraphe 5.3 de la norme NF EN ISO 9972, complétés par :

- **paragraphe 5.3.1 – Contrôle préliminaire**
 - le contrôle repose sur l'intégralité de l'enveloppe du local testé ;
 - aucun colmatage manquant ou défectueux n'est effectué pour l'essai, autre que sur les ouvertures de ventilation naturelle, mécanique ou de conditionnement d'air comme précisé au point 2 ci-avant ;
- **paragraphe 5.3.2 – Température et vent**
 - les dispositions du paragraphe 5.3.2 du GA P50-784 s'appliquent à la mesure de la perméabilité à l'air des locaux de confinement ;
 - les températures sont relevées à l'intérieur du local de confinement et à l'extérieur du bâtiment ;

- **paragraphe 5.3.3 – Différence de pression à débit nul**
 - les dispositions du paragraphe 5.3.3 du GA P50-784 s'appliquent à la mesure de la perméabilité à l'air des locaux de confinement.
- **paragraphe 5.3.4 – Séquence de différences de pression**
 - les dispositions du paragraphe 5.3.4 du GA P50-784 s'appliquent à la mesure de la perméabilité à l'air des locaux de confinement ;
 - en cas de local testé très étanche, pour le cas où l'appareillage de mesure ne permettrait pas de respecter le palier de différence de pression la plus faible, il est admis que l'essai appliqué à l'objet de la mesure, soit réalisé avec les dispositions dérogatoires suivantes :
 - la différence de pression la plus faible peut être supérieure à 10 Pa et à cinq fois la valeur de la différence de pression à débit nul avant essai (Δp_{01}) ;
 - la différence de pression la plus faible est alors celle la plus basse pouvant être atteinte par l'appareillage de mesure utilisé pour les conditions de l'essai.
 - le rapport d'essai justifiera du recours aux dérogations admises à la norme, s'il y a lieu.

4. Expression des incertitudes sur les valeurs mesurées

La norme NF EN ISO 9972 recommande une méthode en son annexe C pour estimer l'intervalle de confiance pour les valeurs de débit de fuite d'air à une variation de pression donnée . Cette méthode permet de déterminer les valeurs $q_{50,\min}$ et $q_{50,\max}$ représentant les bornes inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance à 95 % du débit à 50 Pa.

En complément du paragraphe 8.2 de la norme NF EN ISO 9972, l'incertitude du volume intérieur du local testé est égale à 3 % si le calcul a été réalisé à partir de plans jugés conformes à la réalité, ou si le volume a été mesuré avec précision in situ. Ce pourcentage peut être augmenté jusqu'à 10 % lorsque les plans ne sont pas jugés fiables, ou lorsque la mesure sur place présente des difficultés. Cette incertitude est nommée σ_v .

En complément du paragraphe 8.3 de la norme NF EN ISO 9972, l'intervalle de confiance à 95 % sur le débit de fuite à 50 Pa, notée σ_{q50} , est estimé avec l'équation suivante :

$$\sigma_{q50} = \frac{q_{50,\max} - q_{50,\min}}{2 * q_{50}}$$

Par convention, l'incertitude globale sur le taux de renouvellement d'air à 50 Pa (n_{50}),notée σ_{n50} , est estimée par l'équation suivante :

$$\sigma_{n50} = \left(\sigma_{q50}^2 + \sigma_v^2 \right)^{1/2}$$

Le rapport d'essai

Le rapport d'essai est structuré conformément au chapitre 7 du guide d'application GA P50-784. Il comprend les éléments mentionnés, complétés ou modifiés de ses paragraphes 7.1 à 7.8 successifs, selon les dispositions suivantes :

7.1 Information sur l'essai et le matériel

Les informations à fournir à cette rubrique sont :

- les informations sur le bâtiment sur l'unité de logement ou d'usage objet du dispositif de confinement, et sur le local testé lui-même

Les renseignements à fournir sont :

- la date de l'essai ;
 - l'adresse du bâtiment, l'année de construction, la typologie (maison individuelle, bâtiment collectif d'habitation, commerce, bureau, industrie, service, mixte, type d'établissement...), s'il s'agit d'un bâtiment existant ou d'un projet neuf (préciser alors le numéro de l'autorisation d'urbanisme) ;
 - la situation dans le bâtiment de l'unité d'usage objet du dispositif de confinement, s'il y a lieu (cas de logement individuel, bureaux, commerce, etc, dans un bâtiment accueillant d'autres lieux d'usage) ;
 - la pièce (ou la composition de l'ensemble des pièces attenantes et communicantes) retenue pour le local de confinement objet de la mesure, sa situation « abritée » ou « exposée » aux sources du site industriel, l'objectif « n_{50} cible » à respecter en matière de perméabilité à l'air, et le volume V du local ainsi testé accompagné d'une estimation de son incertitude σ_v .
- les informations sur le client

Les renseignements à fournir sont le nom et l'adresse de la personne ou de la société qui commande la mesure, et son rôle dans l'opération. Il peut s'agir du propriétaire, de l'occupant ou du gestionnaire des lieux, mais aussi d'un bureau d'étude ou d'un diagnostiqueur.

- les coordonnées de la société réalisant les mesures de perméabilité à l'air

Les renseignements à fournir sont le nom de l'intervenant et le nom de la société, adresse, téléphone, adresse électronique, ainsi que les éléments liés à la qualification 8711 « QUALIBAT » si l'intervenant en est titulaire, ou l'équivalence.

- la méthode d'essai

Le rapport contient les éléments du paragraphe 7.1.4 du GA P50-784.

La méthode retenue pour l'essai est la méthode 3.

- l'objet de l'essai

L'essai est réalisé dans le cadre de la mise en œuvre des mesures de protections prévues aux PPRT, destiné à mesurer la perméabilité à l'air de locaux destinés au confinement de personnes, et à identifier les défauts de leurs enveloppes. Deux situations sont à prendre en compte :

- l'essai est réalisé **avant travaux** dans le cadre d'un diagnostic de vulnérabilité, et sert à déterminer le niveau de perméabilité à l'air initial du local testé, et à identifier les défauts de son enveloppe ;
 - l'essai est réalisé **après travaux**, et sert à vérifier le niveau de perméabilité à l'air du local de confinement testé par rapport au niveau cible exigé, à identifier les fuites résiduelles.
- le matériel utilisé

Le rapport contient les éléments du paragraphe 7.1.6 du GA P50-784.

7.2 Essai selon la norme NF EN ISO 9972, méthode 3

- Températures et conditions climatiques

Le rapport contient les éléments du paragraphe 7.2.1 du GA P50-784.

- Synthèses des pressions à débit nul

Le rapport contient les éléments du paragraphe 7.2.2 du GA P50-784.

- Résultats en dépressurisation et/ou en pressurisation

Le rapport contient les éléments du paragraphe 7.2.3 du GA P50-784.

- Exploitation des données mesurées

Le rapport précise à ce chapitre les coefficients :

- C_{env} , C_L , n ainsi que leurs intervalles de confiances à 95 % calculés selon l'annexe informative C de la norme NF EN ISO 9972 ;
- la valeur du débit de fuite à 50 Pa (q_{50}) ainsi que son intervalle de confiance à 95 %, $\sigma_{q_{50}}$, calculé selon le point 4 « Expression des incertitudes sur les valeurs mesurées » du chapitre « Réalisation de la mesure » ci-avant.
- le taux de renouvellement d'air à 50Pa (n_{50}), ainsi que son intervalle de confiance à 95 %, $\sigma_{n_{50}}$, calculé selon le point 4 « Expression des incertitudes sur les valeurs mesurées » du chapitre « Réalisation de la mesure » ci-avant.
- Enregistrement des critères de la norme NF EN ISO 9972

Le rapport précise les critères suivants d'application de la norme NF EN ISO 9972 :

- la vitesse de vent est inférieure ou égale à 6 m/s ou comprise entre 0 et 3 inclus sur l'échelle de Beaufort ;
- les valeurs absolues $\Delta p_{0,1+}$, $\Delta p_{0,1-}$, $\Delta p_{0,2+}$, $\Delta p_{0,2-}$, sont inférieures ou égales à 5 Pa ;
- l'essai comprend au moins 5 paliers de pression à peu près équidistants et l'écart entre deux paliers ne dépasse pas 10 Pa ;
- un des paliers de pression mesurée est supérieur ou égal à 50 Pa ;
- l'essai présente une incertitude sur le q_{50} inférieure à 15 % ;
- « n » se situe entre 0,5 et 1 ;
- le coefficient de corrélation « r^2 » de la droite [$q_{pr} = C_L (\Delta p_r)^n$] est supérieur ou égal à 0,98 ;
- la différence de pression minimale mesurée est égale (à ± 3 Pa) en valeur absolue, à 10 Pa ou à cinq fois la valeur absolue de la différence de pression à débit nul avant essai ($\Delta p_{0,1}$), en retenant la valeur la plus grande.

Le dernier critère peut ne pas être respecté suivant les précisions complémentaires au paragraphe 5.3.4 du GA P50-784, portées au chapitre « Réalisation de la mesure » ci-avant. La justification de ce non respect est indiquée aux commentaires généraux de l'essai.

7.3 Analyse des résultats

- Perméabilité à l'air sous 50 Pa

Cette rubrique situe l'indicateur « n_{50} mesuré » par rapport à l'objectif « n_{50} cible » à respecter pour le local testé en matière de perméabilité à l'air.

- Diagnostic qualitatif de l'enveloppe

Le rapport contient les éléments du paragraphe 7.3.2 du GA P50-784.

7.4 Commentaires généraux

Cette rubrique comprend les justifications de non respect éventuel des critères de la norme, notamment si recours au cas dérogatoire pour le critère du palier de différence de pression la plus faible admis en cas de local testé très étanche (cf/ paragraphe 5.3.4 complété du GA P50-784).

Elle comprend également toute autre information jugée pertinente pour la compréhension du rapport.

7.5 État des ouvertures du bâtiment et du local testé pendant l'essai

Cette rubrique précise l'état en cours d'essai :

- des systèmes de ventilations du bâtiment et des autres systèmes volontaires de transfert d'air,
- des ouvertures des espaces du bâtiment situés autour du volume du local testé,
- des ouvertures du local testé,

en s'appuyant sur les dispositions précisées au point 2 (Méthode utilisée, préparation du bâtiment et du local testé) du chapitre « Réalisation de la mesure » ci-avant.

7.6 Courbes des débits de fuites

Le rapport contient les éléments du paragraphe 7.6 du GA P50-784.

7.7 Pressions à débit nul

Le rapport contient les éléments du paragraphe 7.7 du GA P50-784.

7.8 Informations supplémentaires

Cette partie contient toute information supplémentaire jugée pertinente.

Rédaction :

- CEREMA : Michaël Bentley, Julien Lacogne, Mathieu Maupetit et Pierre Planet
- INERIS : Benjamin Le Roux, Emilie Rasooly et Mathieu Reimeringer

**Direction générale de la prévention des risques
Service des risques technologiques**

92055 La Défense Cedex

Contacts : travaux-pprt@developpement-durable.gouv.fr



Juillet 2016