

Sommaire

Éditorial	2
Avertissements - Remerciements	3
OBJET DU RÉFÉRENCIEL	4
DOMAINES D'APPLICATION	8
- Pourquoi ? Quels objectifs visés par les travaux de prévention ?	8
- Pour qui ? Quelles cibles du référentiel ?	8
- Pour quels effets et quelles intensités ?	8
- Pour quels types de bâtiments ?	9
- Synergies entre travaux : thermique, confort	10
LES PRINCIPES DE RENFORCEMENT DES BÂTIMENTS D'HABITATION EXISTANTS	11
- Les principes de renforcement pour l'effet thermique	11
- Les principes de renforcement pour l'effet de surpression	13
- Les principes de renforcement pour l'effet toxique	15
FICHES TRAVAUX	
- Sommaire des fiches	18
FINANCEMENT	107
LA STRATÉGIE DE HIÉRARCHISATION DES TRAVAUX	108
- Principes de la phase de hiérarchisation des travaux	108
- Proposition de critères techniques	109
L'ACCOMPAGNEMENT DES PARTICULIERS SOUMIS À DES PRESCRIPTIONS DE TRAVAUX AU TITRE D'UN PPRT	111
ÉTUDE DE CAS	113
- Étude de cas 01 et variante : Risque toxique	114
- Étude de cas 02 : Risque surpression A	120
- Étude de cas 03 : Risque surpression B	124
- Étude de cas 04 : Risque thermique A	126
- Étude de cas 05 : Risque thermique B	128
- Étude de cas 06 : Risque surpression C	130
- Étude de cas 07 : Risque surpression et thermique transitoire	132
- Étude de cas 08 : Risque surpression et toxique	135

Éditorial

À la suite de la catastrophe d'AZF, le Parlement a adopté la loi du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages.

Mesure phare de cette loi, les plans de prévention des risques technologiques (PPRT) 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. Après une phase de réduction des risques à la source financée par l'industriel à l'origine des risques, ils prévoient des restrictions de l'urbanisation future autour du site industriel, des travaux de renforcement des bâtiments riverains, voire des mesures foncières (expropriations et délaissement) dans les secteurs les plus exposés aux risques.

Environ 400 bassins industriels répartis sur plus de 800 communes font l'objet d'un PPRT : 20 000 à 30 000 logements sont concernés par des prescriptions de travaux de renforcement.

Ce référentiel a été élaboré pour expliciter les mesures de renforcement des maisons individuelles. Il se veut avant tout être un outil d'aide à la mise en œuvre des travaux. Ce référentiel a donc été conçu pour une utilisation pratique grâce à la mise à disposition de fiches travaux et d'études de cas. Ces dernières, constituées comme des documents autonomes, illustrent la démarche de sélection au sein du référentiel des travaux de prévention les plus adéquats en fonction des risques encourus et décrivent les bonnes pratiques de mise en œuvre pour une prévention efficace.

Pour en savoir plus sur les PPRT : <http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/-site-national-PPRT-.html>

Avertissement

Les mesures proposées dans ce document n'ont pas de valeur réglementaire. Les éléments techniques des travaux de prévention répertoriés dans ce document sont conformes à la réglementation, néanmoins ils ne se substituent pas aux prescriptions des plans de prévention des risques, aux normes techniques ou aux règles professionnelles, notamment dans des domaines qui ne sont pas l'objet de ce document (ventilation, résistance structurelle, performances thermiques et acoustiques, accessibilité du bâtiment...)

Ce guide doit constituer une invitation pour tous les acteurs de la construction à mettre en œuvre les travaux de prévention dans l'habitat individuel existant en zones exposées aux risques technologiques. La liste de travaux n'est ni exhaustive ni définitive. Les travaux proposés restent au niveau des principes et doivent permettre d'accompagner la profession en couvrant la majorité des situations de prévention.

Le document est susceptible d'être mis à jour. La dernière version disponible est téléchargeable à l'adresse suivante :

<http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr>

L'utilisation de ce document ne saurait engager la responsabilité des organisations ayant contribué à sa rédaction.

Amiante :

L'usage de l'amiante a été totalement interdit en 1997. Il est toujours présent dans de très nombreux bâtiments construits avant cette date. Les matériaux et produits contenant de l'amiante peuvent libérer des fibres d'amiante en cas d'usure anormale ou lors d'interventions dégradant le matériau (perçage, ponçage, découpe, friction...). La réalisation de travaux doit être précédée d'un diagnostic amiante si celui-ci n'a pas été fait. Les travaux correspondant doivent être réalisés par une entreprise qualifiée.

Si le propriétaire décide d'entreprendre lui-même les travaux, il est responsable des éventuelles conséquences pour lui et son voisinage.

La réglementation applicable vise la protection des travailleurs (code du travail dont décret du 4 mai 2012) et la protection de la population contre les risques liés à une exposition à l'amiante (code de la santé publique).

Pour en savoir plus :

- <http://www.logement.gouv.fr/amiante>
- <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Amiante,884-.html>
- <http://social-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/batiments/article/le-reperage-de-l-amiante-dans-les-batiments>

Remerciements

L'élaboration de ce référentiel a été pilotée par la **DGPR** et la **DGALN** avec l'appui du **CEREMA** et de l'**INERIS**.

Cette élaboration a été effectuée dans le cadre d'un groupe de travail composé en outre des organismes suivants :

- **APAVE-COPREC**
- **Bureau VERITAS**
- **CAPEB**
- **CICF/CINOVE**
- **FFACB**
- **FFB**
- **FFPV**
- **FFSA**
- **GEPA**
- **SOCOTEC**
- **SYNTEC Ingénierie**
- **UMF**

Les membres de ce groupe sont remerciés pour leur précieuse collaboration et leur implication dans la rédaction ou la relecture de ce référentiel.

- Illustrations : Thierry Bel
- Mise en page : Antoine Jardot et Alexandra Duquenne

OBJET DU RÉFÉRENTIEL

L'objectif de ce document est :

- de lister et de présenter un panel de travaux pouvant être mis en œuvre dans un bâtiment d'habitation existant afin d'améliorer la protection des personnes au vue des effets technologiques identifiés (surpression, thermique ou toxique) et du diagnostic établi le cas échéant par un professionnel ;
- de donner aux professionnels les clés pour orienter le maître d'ouvrage lors de la sélection des mesures de renforcement, parmi celles identifiées dans le diagnostic ;
- de préciser les conditions et moyens de mise en œuvre des travaux sur des bâtiments existants simples, à usage d'habitation.

Il n'a pas vocation à décrire comment réaliser un diagnostic pour lequel il existe des professionnels formés et un guide spécifique.

À quelle étape utiliser ce référentiel ?

La démarche de réalisation de travaux de prévention des risques technologiques dans l'habitat existant suit plusieurs étapes successives :

- 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, A L'AIDE D'UN PROFESSIONNEL, UN PANEL DE TRAVAUX** pouvant être mis en œuvre au vu du diagnostic ;
- 4. FAIRE RÉALISER LES TRAVAUX.**

Des dispositifs d'accompagnement peuvent être prévus par les pouvoirs publics pour la mise en œuvre de cette démarche de réalisation des travaux.

Les propriétaires concernés pourront se renseigner en mairie pour savoir s'il existe un tel dispositif sur leur commune.

Les étapes 1 et 2 à réaliser par le maître d'ouvrage ne seront pas développées dans ce référentiel

Étape 1 :

S'informer sur les effets auxquels la construction concernée est exposée et connaître l'objectif de performance à atteindre

Le PPRT comprend notamment un plan de zonage réglementaire et un règlement.

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 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 relatives à la protection des personnes. Par exemple, il pourra être demandé que le bâti protège les occupants pour un effet thermique de 5 kW/m².

Le propriétaire a l'obligation d'assurer la protection des occupants de ses biens contre les effets identifiés. Néanmoins le coût des travaux obligatoires à mettre en œuvre pour atteindre les objectifs de performance précisés dans le règlement ne pourra pas excéder 20 000 euros ou 10 % de la valeur vénale ou estimée du bien.

Au-delà de ces seuils, les travaux ne sont pas imposés par le PPRT et ne sont pas éligibles à des aides financières.

... Les étapes 1 et 2 à réaliser par le maître d'ouvrage ne seront pas développées dans ce référentiel ...

Étape 2 :

Diagnostiquer la vulnérabilité de la construction par rapport aux risques technologiques en déroulant une méthodologie adaptée

Les travaux de renforcement potentiels à réaliser varient en fonction de l'exposition du bien et de sa typologie bâtementaire pour les effets thermiques (continus et transitoires) et les effets de surpression, mais également en fonction de la perméabilité à l'air initiale du futur local de confinement pour les effets toxiques.

Pour déterminer au mieux les travaux de renforcement à mettre en œuvre, la réalisation d'un diagnostic technique préalable par un professionnel formé est vivement conseillée (même si le propriétaire peut prendre l'initiative de le réaliser lui même). Ce 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 et éventuellement combinés. Il listera les travaux à réaliser et pourra proposer une évaluation du coût ainsi qu'une hiérarchisation de ces travaux.

Un dispositif de financement est prévu pour la réalisation des diagnostics et des travaux prescrits. Jusqu'à 90 % des coûts du diagnostic et des travaux peuvent être pris en charge par le biais d'un crédit d'impôt et de participations des collectivités territoriales et des industriels (cf. p.107 sur le financement).

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 peut également comprendre 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 comme local de confinement ;
- d'une mesure de perméabilité à l'air du local choisi, avec identification des fuites à traiter pour l'atteinte de l'objectif prescrit ;
- d'une identification des systèmes de ventilation du bâtiment et de la détermination des moyens de leur arrêt rapide.

Le guide de réalisation des diagnostics de la vulnérabilité de l'habitat existant face aux risques technologiques présente pour chaque effet la méthode de diagnostic.

La liste des diagnostiqueurs et ce guide sont disponibles sur le site internet : installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr

L'étape 3 pourra être plus ou moins importante en fonction du coût effectif des travaux identifiés dans le diagnostic

Étape 3 : Sélectionner, à l'aide d'un professionnel, un panel de travaux pouvant être mis en œuvre au vu du diagnostic

Si le coût effectif des travaux listés par le diagnostiqueur ou par le propriétaire est inférieur aux seuils de 20 000 euros ou de 10 % de la valeur vénale ou estimée du bien (cf. article L.515-16-2 du code de l'environnement), le propriétaire devra mettre en œuvre obligatoirement tous les travaux de renforcement identifiés dans un délai de 8 ans à compter de l'approbation du plan (ou avant le 1^{er} janvier 2021 si le plan a été approuvé avant le 1^{er} janvier 2013).

Il pourra cependant sélectionner, avec l'aide du professionnel en charge de la réalisation des travaux, les procédés et techniques les plus adéquats pour parvenir à une protection optimale sur la base des devis proposés.

Si le coût effectif des travaux listés par le diagnostiqueur ou par le propriétaire est supérieur à un des deux seuils de 20 000 euros ou de 10 % de la valeur vénale ou estimée du bien, le propriétaire n'aura pas l'obligation de réaliser l'ensemble des travaux :

- il devra réaliser les travaux jusqu'à atteindre le seuil le plus bas en hiérarchisant les travaux afin d'atteindre une protection optimale ;
- il pourra toujours choisir de réaliser tous les travaux au-delà de ce seuil pour une plus forte protection.

En cas de hiérarchisation des travaux, 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. Une fiche spécifique intitulée « **La stratégie de hiérarchisation des travaux** » (cf. p. 108) est intégrée dans ce guide pour éclairer le choix de ceux qui pourront être mis en œuvre.

L'étape 4 repose sur le savoir-faire des professionnels

Étape 4 : Faire réaliser les travaux

Les professionnels mettront en œuvre les travaux décidés par le maître d'ouvrage dans le respect des règles professionnelles et pourront s'appuyer pour cela sur les fiches ci-après (p.18 et suivantes).

DOMAINES D'APPLICATION

Pourquoi ? Quels objectifs visés par les travaux de prévention ?

La politique française de prévention des risques industriels a pour objectif de **protéger les personnes**. Cette protection des personnes peut alors se traduire par un renforcement de tout ou partie de l'habitation.

Pour qui ? Quelles cibles du référentiel ?

Ce guide s'adresse aux professionnels (entreprises du BTP, artisans, architectes, maîtres d'œuvre). Il peut intéresser les bureaux d'étude et autres professionnels auxquels les propriétaires pourraient faire appel pour réaliser un diagnostic. Ces derniers disposent en outre d'un guide pour la réalisation des diagnostics de l'habitat existant et peuvent s'inscrire à des journées techniques dédiées au diagnostic PPRT.

Pour quels effets et quelles intensités ?

Les objectifs sont mis en évidence dans les fiches travaux via la symbolique suivante :

• **Thermique**



• **Surpression**



• **Toxique**



Les effets pris en compte dans ce référentiel sont :

- l'effet thermique continu pour des intensités de 3 à 8 kW/m² ;
- l'effet thermique transitoire boule de feu pour des intensités de 600 à 1 800 [kW/m²]^{4/3}.s ;
- l'effet surpression pour des intensités de 20 à 140 mbar ;
- l'effet toxique, quel que soit le niveau de perméabilité à l'air (n₅₀) prescrit.

Nota : L'effet thermique transitoire de type feu de nuage n'est pas traité dans le présent document car si le bâtiment est situé en dehors du feu de nuage, aucun travaux de renforcement n'est nécessaire et s'il est situé dans le feu de nuage, il convient de faire réaliser une étude spécifique pour définir les éventuels travaux de renforcement. De plus, dans ce dernier cas, les logements font en principe l'objet de mesures foncières dans le règlement du PPRT.

Pour quels types de bâtiments ?

Le guide vise les bâtis d'habitation existants situés en zone à risque au regard des aléas technologiques (effet thermique, effet de surpression et effet toxique).

Il recense la majorité des travaux applicables aux maisons individuelles



Ces travaux peuvent également s'appliquer, sous certaines conditions, à des immeubles d'habitation collectifs



Certains points de vigilance sur l'application du guide sont signalés dans les fiches :

- applicabilité des fiches à certaines géométries de bâtiments ;
- cas d'effets multiples ;
- précautions particulières de mise en œuvre...

Pour quels corps d'état ?



charpente



maçonnerie



couverture



façades



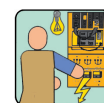
menuiserie



plâtrerie



finitions



électricité



plomberie

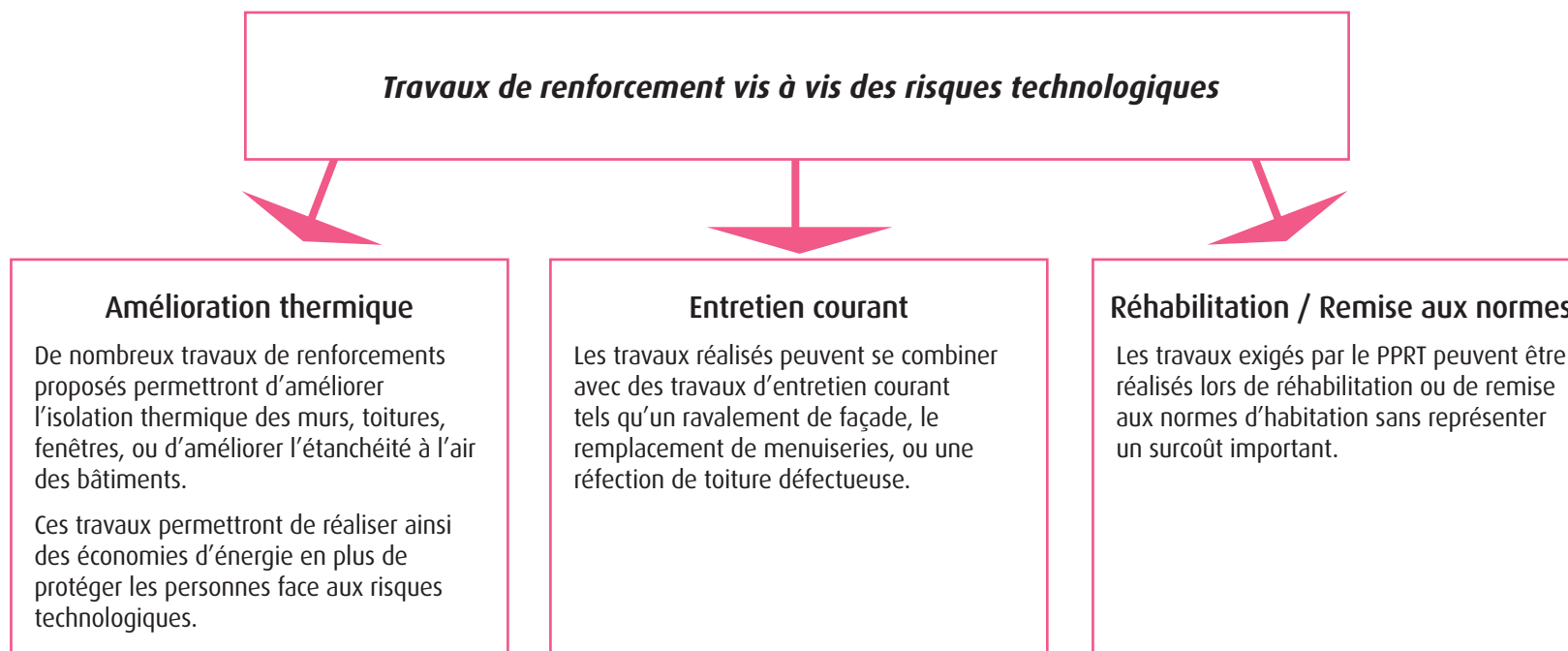


ventilation

... DOMAINES D'APPLICATION

Synergies entre travaux : thermique, entretien, réhabilitation...

Certains travaux de prévention des risques technologiques auront une synergie avec :



LES PRINCIPES DE RENFORCEMENT DES BÂTIMENTS D'HABITATION EXISTANTS

Les principes de renforcement pour l'effet thermique

Les caractéristiques de l'effet thermique

L'effet thermique est généré par le rayonnement thermique d'un incendie ou une explosion. Il est qualifié de **continu** pour des phénomènes de plus de deux minutes (feux de nappe, feux de solides et jets enflammés) et se traduit par un flux thermique exprimé en kW/m^2 .

Il est qualifié de **transitoire** quand il dure moins de deux minutes (boule de feu et feu de nuage) et se traduit par une dose thermique exprimée en $[\text{kW/m}^2]^{4/3} \cdot \text{s}$.

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

Effet thermique continu	Effet thermique transitoire
3 kW/m^2	600 $[\text{kW/m}^2]^{4/3} \cdot \text{s}$
5 kW/m^2	1 000 $[\text{kW/m}^2]^{4/3} \cdot \text{s}$
8 kW/m^2	1 800 $[\text{kW/m}^2]^{4/3} \cdot \text{s}$

À titre indicatif,

- à midi, en été et sous l'équateur, le rayonnement solaire est de 1 kW/m^2 ;
- une dose thermique de $100 [\text{kW/m}^2]^{4/3} \cdot \text{s}$ correspond au seuil des brûlures au 1^{er} degré.

	Zone d'intensité	Principales mesures de renforcement bâtiment d'habitation individuelle (données à titre d'exemple)
Effet thermique continu	> à 8 kW/m^2 (très grave)	Une étude spécifique est nécessaire afin de définir précisément les mesures de renforcement.
	5 à 8 kW/m^2 (grave)	Renforcement de l'isolation thermique de l'enveloppe du bâtiment (toiture, murs, vitrages) ou Aménagement d'un local de mise à l'abri. Dans tous les cas : Remplacement des matériaux extérieurs inflammables par des matériaux classés B-s1, d0 ou M1 et température de dégradation supérieure à 280°C.
	3 à 5 kW/m^2 (significatif)	Renforcement de l'isolation thermique de l'enveloppe du bâtiment (toiture) ou Aménagement d'un local de mise à l'abri. Dans tous les cas : Remplacement des matériaux extérieurs inflammables par des matériaux classés C-s2, d0 ou M2 et température de dégradation supérieure à 200°C.
Effet thermique transitoire	> à 1 800 $(\text{kW/m}^2)^{4/3} \cdot \text{s}$ (très grave)	Une étude spécifique est nécessaire afin de définir précisément les mesures de renforcement.
	1 000 à 1 800 $(\text{kW/m}^2)^{4/3} \cdot \text{s}$ (grave)	Renforcement des vitrages par la pose d'un film filtrant ou remplacement par un double vitrage. Mise en place d'un isolant solidaire de la charpente si effet thermique combiné avec effet de surpression.
	600 à 1 000 $(\text{kW/m}^2)^{4/3} \cdot \text{s}$ (significatif)	Mise en place d'un isolant solidaire de la charpente si effet thermique combiné avec effet de surpression.

... LES PRINCIPES DE RENFORCEMENT DES BÂTIMENTS D'HABITATION EXISTANTS - Effet thermique

Les conséquences sur les personnes et les bâtiments

Une exposition des personnes peut conduire à des brûlures de la peau et des voies respiratoires pouvant provoquer des effets létaux sur les personnes.

Sous l'effet de la chaleur, la température à l'intérieur du bâtiment peut atteindre des niveaux critiques, les fenêtres peuvent se dégrader, les vitrages casser, un incendie peut se propager à l'intérieur du bâtiment. La structure du bâtiment peut aussi s'affaiblir et s'effondrer.

Les bâtiments, correctement dimensionnés, peuvent apporter une protection vis à vis de ces effets.

Les principes de renforcement 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 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.

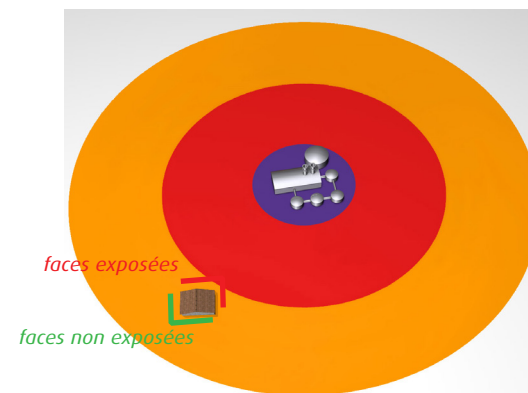
Dans tous les cas, il faudra également s'assurer que les façades exposées du bâtiment ne comportent pas de matériaux inflammables.

Les parties d'ouvrage à traiter pour définir les mesures de renforcement

Les parties d'ouvrage à traiter dépendent de l'orientation des façades du bâtiments.

Elles peuvent être regroupées selon les grandes catégories suivantes :

- 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.



Plus on s'éloigne du feu, plus l'intensité thermique s'atténue.

Le renforcement des faces dépend de leur orientation.

Par exemple pour les effets thermiques continus, seules la toiture et les façades "directement exposées" sont potentiellement susceptibles de faire l'objet de travaux de renforcement, les autres façades étant non vulnérables.

Les principes de renforcement pour l'effet de surpression

Les caractéristiques de l'effet de surpression

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

On distingue 4 seuils réglementaires : 20 mbar, 50 mbar, 140 mbar et 200 mbar, formant quatre zones d'intensité : 20-50 mbar, 50-140 mbar, 140-200 mbar et >200 mbar *.

Le type d'onde de surpression générée (déflagration et onde de choc) et sa durée sont également considérés. L'orientation du bâtiment par rapport à l'origine de l'explosion est également importante.

À titre indicatif, une surpression de 2-3 mbar correspond au «bang» supersonique.

(*) Des zonages plus fins sont néanmoins disponibles auprès des DREAL/DDT afin de déterminer les travaux au plus juste.

Zone d'intensité	Principales mesures de renforcement bâtiment d'habitation individuelle (données à titre d'exemple)
Zone d'intensité >200 mbar (très grave)	Une étude spécifique est nécessaire.
Zone d'intensité 140-200 mbar (grave)	
Zone d'intensité 50-140 mbar (significatif)	<p>Renforcement éventuel des murs de maçonnerie d'une ou plusieurs façades du bâtiment (fonction de la nature des parois).</p> <p>Renforcement éventuel de la charpente en bois par un doublage des fermes selon la pente de la toiture (> 25°) et l'orientation du bâtiment.</p> <p>Remplacement d'une couverture en grands éléments (fibrociment, bardage métallique) par une couverture en petits éléments (ardoises, tuiles).</p> <p>Remplacement des fenêtres (fenêtres avec double vitrage feuilleté 66.4/8/66.4, avec système de fermeture renforcé, châssis résistant, ou fenêtre EPR 1 suivant la norme EN 13123-1).</p>
Zone d'intensité 20-50 mbar (faible)	<p>Renforcement des fenêtres :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mise en place d'un film de sécurité anti-explosion, remplacement des panneaux vitrés <p>Remplacement de la fenêtre (fenêtre avec double vitrage feuilleté 44.2/8/44.2, système de fermeture renforcé, châssis en bois, aluminium ou PVC (avec renfort métallique)).</p>

Les conséquences sur les personnes et les bâtiments

Les effets de l'onde de surpression dépendent de la zone d'intensité dans laquelle se trouve l'habitation. Les effets de la surpression sont principalement indirects, dus à la projection de débris des fenêtres et des vitres ou à l'effondrement d'une partie de la structure. Dans les zones d'intensité élevée (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.

Les principes de renforcement en fonction de l'intensité de l'effet surpression

En zone 20-50 mbar, correspondant à des effets indirects par bris de vitres, 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 structures, le diagnostic de vulnérabilité des bâtiments de type habitation individuelle porte sur l'ensemble du bâtiment. Il peut être nécessaire de renforcer les différentes parties du bâtiment (murs, charpente, fenêtres...) afin d'en améliorer leur résistance mécanique.

Les parties d'ouvrages à traiter pour définir les mesures de renforcement

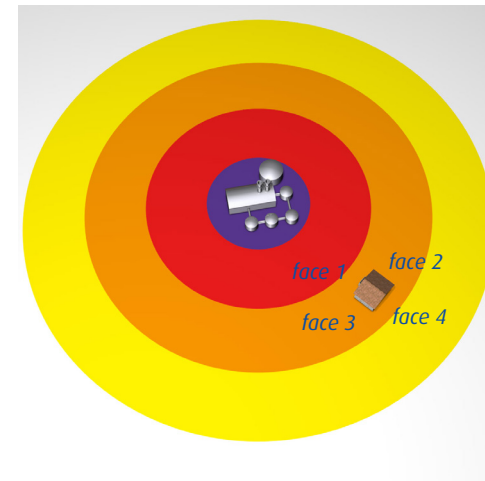
Pour les habitations individuelles en zone 20-50 mbar, les travaux de renforcement portent uniquement sur les menuiseries vitrées. Ils dépendent de l'orientation de chacune des façades du bâtiment.

En zone 50-140 mbar, les travaux de renforcement peuvent porter également dans certains cas sur les murs, la charpente et la couverture. Ils dépendent de :

- l'orientation du bâtiment par rapport au centre d'explosion. Celle-ci ayant une influence sur le niveau d'endommagement du bâtiment ;
- les 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.

Rappel :

Les bâtiments à ossature métallique ou bois devront faire l'objet d'un diagnostic approfondi spécifique, et ne sont pas traités dans ce guide pour ce qui concerne leur renforcement structurel vis à vis de la surpression.



Plus on s'éloigne de l'explosion, plus l'intensité de l'onde s'atténue.

Elle s'exprime en millibars (mbar).

Le renforcement des faces dépend de leur orientation.

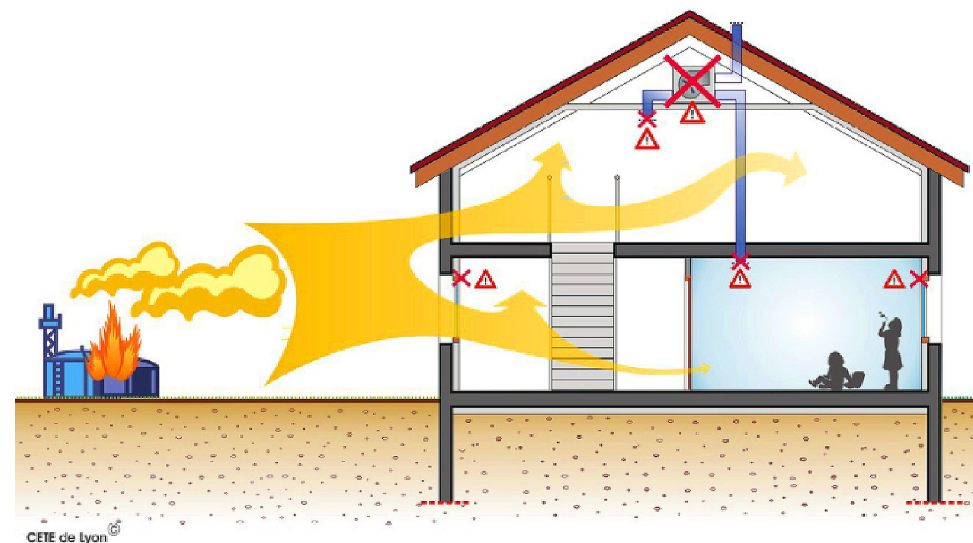
Les principes de renforcement pour l'effet toxique

Les caractéristiques de l'effet toxique

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

L'effet toxique est caractérisé par un taux d'atténuation qui 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 ne s'exposent pas à des effets irréversibles. Ce taux dépendra des produits concernés. Pour les bâtiments d'habitation, les PPRT traduisent cet objectif de diminution en un objectif de perméabilité à l'air maximale des locaux de confinement (n_{50} exprimé en vol/h).

A titre indicatif, pour un local de 25 m³ (pièce de 10 m² environ), une perméabilité à l'air (n_{50}) de 0,6 vol/h correspond à un $Q_{4Pa-surf}$ de 0,07 m³/(h.m²), soit un trou 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 $Q_{4Pa-surf}$ de 0,89 m³/(h.m²), soit un trou dans la paroi d'une taille proche d'un billet de 5 €.



Les conséquences sur les personnes et les bâtiments

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

Ses effets 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.

Les principes de protection vis à vis de l'effet toxique

Le principe consiste à mettre à l'abri les personnes d'un logement, d'un ERP (établissement recevant du public), d'un bâtiment industriel ou de tout autre bâtiment dans un local « étanche à l'air » ou tout du moins « peu perméable à l'air » permettant de satisfaire le taux d'atténuation caractérisant l'effet toxique vis-a-vis duquel il faut se protéger, et ainsi de limiter les concentrations auxquelles les personnes sont exposées.

L'enveloppe du bâtiment est une première barrière à la pénétration du nuage toxique.

Les parties d'ouvrages à traiter pour définir les mesures de renforcement

Le confinement est la solution technique proposée dans les PPRT pour protéger les populations de l'aléa toxique. Mettre en œuvre une stratégie de confinement comporte plusieurs aspects :

1. Création d'un local de confinement de taille adaptée au nombre de personnes à protéger, dont la localisation dans le bâtiment sera choisie pour en optimiser l'efficacité ;
2. Renforcement de l'étanchéité à l'air du local de confinement adapté au phénomène le plus contraignant susceptible d'impacter le bâtiment ;
3. Mise en œuvre de dispositions techniques nécessaires à l'efficacité du confinement, notamment l'installation d'un système de coupure rapide des ventilations avec la mise en œuvre de dispositifs d'obturation des entrées d'air dans tout ou partie des logements, sas d'entrée... ;
4. Mise en place de règles comportementales à respecter avant, pendant et après la crise.

Attention : *Il faudra veiller à la pérennité des travaux de confinement dans la vie du bâtiment (trous supplémentaires dans les parois, seuils des portes, vieillissements des joints...).*

FICHES TRAVAUX

Sommaire des fiches



Local de protection	Local-01 - Local de mise à l'abri	nouvelle fiche 10/2016		
	Local-02 - Local de confinement			mise à jour 10/2016
Murs de maçonnerie ou en béton	M-01 - Murs de maçonnerie ou en béton - Isolation thermique	mise à jour 10/2016		
	M-02 - Murs de maçonnerie - Renforcement de la résistance mécanique		mise à jour 10/2016	
Toitures en charpente bois et éléments de couverture	C-01 - Couverture en petits éléments - Isolation thermique	01/2014		
	C-02 - Couverture en grands éléments - Isolation thermique	01/2014		
	C-03 - Couverture en grands éléments - Remplacement ou renforcement mécanique		mise à jour 10/2016	
	C-04 - Charpente en bois - Renforcement de la résistance mécanique		mise à jour 10/2016	
Toitures terrasses	TT-01 - Toiture terrasse maçonnée ou en béton - Isolation thermique	01/2014		
Menuiseries	Men-01 - Menuiseries vitrées - Renforcement thermique	mise à jour 10/2016		
	Men-02 - Menuiseries vitrées - Occultation des vitrages	mise à jour 10/2016		
	Men-03 - Menuiseries vitrées - Mise en place de film de sécurité anti-explosion		mise à jour 10/2016	
	Men-04 - Menuiseries vitrées - Remplacement des panneaux vitrés		mise à jour 10/2016	
	Men-05 - Menuiseries vitrées - Remplacement complet - Surpression - 20-50 mbar		mise à jour 10/2016	
	Men-06 - Menuiseries vitrées - Remplacement complet - Surpression - 50-140 mbar		nouvelle fiche 10/2016	
	Men-07 - Menuiseries vitrées du local de confinement - Remplacement complet - Toxique			mise à jour 10/2016
	Men-08 - Menuiseries vitrées du local de confinement - Renforcement de l'étanchéité à l'air			mise à jour 10/2016
	Men-09 - Renforcement de l'étanchéité à l'air des fenêtres de toit du local de confinement			mise à jour 10/2016
	Men-10 - Renforcement de l'étanchéité à l'air des coffres de volets roulants du local de confinement			mise à jour 10/2016

... FICHES TRAVAUX ...



Parties d'ouvrage	Intitulé des fiches	Thermique	Surpression	Toxique
Portes	Port-01 - Porte extérieure - Renforcement de la résistance thermique	<i>mise à jour 10/2016</i>		
	Port-02 - Portes et trappes du local de confinement - Renforcement de l'étanchéité à l'air			01/2014
	Port-03 - Porte intérieure du local de confinement - Changement du bloc porte			01/2014
Parois	Par-01 - Isolation du plafond (ou du plancher) du local de mise à l'abri	<i>nouvelle fiche 10/2016</i>		
	Par-02 - Colmatage jointif autour des éléments traversants ou encastrés dans les parois ou les planchers du local de confinement			01/2014
	Par-03 - Renforcement de l'étanchéité à l'air des parois du local de confinement			01/2014
	Par-04 - Réalisation d'un plafond étanche dans le local de confinement			01/2014
	Par-05 - Renforcement de l'étanchéité à l'air des planchers du local de confinement			01/2014
Équipements techniques	Equip-01 - Ventilation - Mise en place d'une commande d'arrêt rapide			<i>mise à jour 10/2016</i>
	Equip-02 - Ventilation - Rendre obturable les grilles et entrées d'air			<i>mise à jour 10/2016</i>
	Equip-03 - Ventilation - Mise en place de dispositifs de fermeture automatique sur les gaines de ventilation			<i>mise à jour 10/2016</i>
	Equip-04 - Ventilation - Pose d'une grille d'air obturable sur la porte d'accès au local de confinement			01/2014
	Equip-05 - Arrêt et dispositif obturable pour les hottes et autres systèmes de flux d'air volontaires			01/2014
	Equip-06 - Renforcement de l'étanchéité à l'air des boîtiers de commandes, prises électriques ou autres dans le local de confinement			<i>nouvelle fiche 10/2016</i>
	Equip-07 - Fermeture des cheminées à foyer ouvert			01/2014
	Equip-08 - Arrêt du chauffage			01/2014
Travaux particuliers	TP-01 - Véranda - Renforcement		<i>nouvelle fiche 10/2016</i>	

Nota : - Les fiches *Men.05* et *Men.06* de la version de janvier 2014 du référentiel travaux ont été supprimées dans la présente version.
 - La fiche "Le local de confinement" numérotée *Equip-01* dans la version de janvier 2014 a été renumérotée *Local-02*.
 - Les autres fiches ont fait l'objet d'une renumérotation en conséquence.

FINANCEMENT

Les travaux de prévention des risques technologiques dans un logement existant bénéficient d'un dispositif de financement prévu par la loi lorsque le propriétaire est une personne physique (et, dans une moindre mesure, lorsque le propriétaire est associé dans une société civile immobilière). Ce dispositif concerne les diagnostics préalables aux travaux et les travaux eux-mêmes.

Dans la limite des plafonds précisés ci-après, et pour les propriétaires d'habitation, au minimum 90 % du coût des travaux peut être pris en charge.

Crédit d'impôt *

Le propriétaire, personne physique, d'un logement affecté à son habitation principale ou à celle de son locataire bénéficie d'un crédit d'impôt en application de l'article 200 quater A du code général des impôts.

Le crédit d'impôt (40 %) pour les diagnostics préalables aux travaux et pour les travaux prescrits par un PPRT bénéficie de dispositions dérogatoires plus favorables :

- le montant du dispositif est plafonné à 20 000 euros par logement ;
- les dépenses éligibles sont retenues dans la limite d'un plafond pluriannuel qui s'apprécie du 1^{er} janvier 2015 au 31 décembre 2017 (et non sur une période de cinq années consécutives comprises entre le 1^{er} janvier 2005 et le 31 décembre 2017).

Les travaux doivent être réalisés par l'entreprise qui fournit les matériaux et/ou les équipements.

Participations des collectivités territoriales et des exploitants *

Les propriétaires d'habitation (principale et secondaire) bénéficient d'une participation des collectivités territoriales qui perçoivent tout ou partie de la contribution économique territoriale et des exploitants des installations à l'origine du risque dans les conditions prévues à l'article L.515-19 du code de l'environnement.

Ces participations doivent financer 50 % des travaux prescrits réalisés avec une participation maximale de 10 000 euros lorsque ce coût est supérieur à 20 000 euros. Des accords locaux peuvent permettre dans certains cas de financer jusqu'à 60 % des travaux prescrits réalisés.

Elles sont réparties à parts égales entre les collectivités territoriales et les exploitants. Dans le cas où plusieurs collectivités territoriales et/ou plusieurs exploitants sont concernés la répartition de leurs participations respectives est fixée, en l'absence d'accord entre eux, par arrêté préfectoral.

Elles sont versées aux propriétaires au plus tard 2 mois après la présentation des factures.

Elles n'ont pas à être déduites pour le calcul du crédit d'impôt précédemment mentionné.

LA STRATÉGIE DE HIÉRARCHISATION DES TRAVAUX

Principes de la phase de hiérarchisation des travaux

Dans le cas où le coût des travaux de renforcement dépasserait un des seuils de prescription fixés à l'article L.515-16-1 du code de l'Environnement (voir « **Objet du référentiel - Étape 3** »), le propriétaire qui ne souhaiterait pas aller au delà devra faire un choix dans les travaux listés.

Démarche de hiérarchisation

Le diagnostic réalisé préalablement 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 énumérés ci-dessous.

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

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.

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 » par effet

cf. Propositions suivantes

Proposition de critères techniques

<p>Thermique</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Thermique continu : <p>Lorsque les travaux à réaliser pour une protection de l'enveloppe pour une durée de 2 heures sont trop importants, l'identification et l'aménagement d'un local de mise à l'abri en façade abritée est à privilégier.</p> <p>Dans le cas où l'habitation est constituée de murs de maçonnerie ou béton d'épaisseur courante et d'une toiture correctement isolée, aucun travaux n'est en général à prévoir sur les parois de séparation entre le local et le reste du bâtiment.</p> <p>Cette mesure doit être accompagnée si besoin au préalable d'un remplacement/occultation des menuiseries vitrées de l'enveloppe en façade exposée si leur surface est trop importante.</p> <p>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.</p>
<p>Surpression</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Intensité comprise entre 20 et 50 mbar <p>Le renforcement des panneaux vitrés des menuiseries vitrées paraît prioritaire car :</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'objectif de performance est à considérer comme un objectif de performance vis à vis des panneaux vitrés ; - les principaux effets redoutés sont ceux liés à la projection de bris de vitres au travers de la pièce. <p>Les mesures de renforcement à privilégier sont la pose d'un film de sécurité anti-explosion ou le remplacement du panneau vitré.</p> <p>Le renforcement des fenêtres se fera, en priorité sur les façades les plus exposées au risque et se poursuivra éventuellement sur les autres faces du bâtiment.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intensité comprise entre 50 et 140 mbar <p>Le renforcement des menuiseries extérieures vitrées reste prioritaire car cela reste l'une des parties les plus vulnérables des bâtiments de type habitation individuelle.</p> <p>Il convient de renforcer, avant les éléments non structuraux, les murs de maçonnerie et la toiture.</p>

... LA STRATÉGIE DE HIÉRARCHISATION DES TRAVAUX

Toxique	<p>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 :</p> <ul style="list-style-type: none">- 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 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 ou en privilégiant le recours à une diminution de leur mise en œuvre au profit d'un renforcement supplémentaire de l'étanchéité à l'air des locaux de confinement (<i>voir chapitre 9.4.3.2 du Guide de réalisation des diagnostics</i>).
Plusieurs types d'effets	<p>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...</p> <p>On peut citer, de manière non exhaustive :</p> <ul style="list-style-type: none">- 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⁽¹⁾ ou d'aléas⁽²⁾ ;- se protéger en réalisant les travaux qui concourent à la réduction de la vulnérabilité face à plusieurs effets à la fois.

(1) Très grave, grave ou significatif

(2) TF+, TF, F+, F, M+, M ou Fai

L'ACCOMPAGNEMENT DES PARTICULIERS SOUMIS À DES PRESCRIPTIONS DE TRAVAUX AU TITRE D'UN PPRT

Lors des Assises Nationales des Risques Technologiques en octobre 2014, la ministre de l'environnement, de l'énergie et de la mer a annoncé que tous les riverains devaient pouvoir disposer d'un accompagnement par un opérateur en partenariat avec l'Agence nationale de l'habitat (Anah) car le renforcement d'une habitation face à un risque technologique est un projet complexe.

Le mode d'organisation qui est privilégié est d'intégrer une composante risque technologiques dans les opérations menées par l'Anah : opérations programmées d'amélioration de l'habitat (OPAH) ou programmes d'intérêts généraux (PIG) envisagés ou en cours. Cette organisation permet en effet une approche globale des différentes problématiques d'un logement. La maîtrise d'ouvrage des OPAH et PIG est assurée par les collectivités.

Le 23 décembre 2015, l'Anah a écrit une note détaillant les modalités d'intégration des composantes risques technologiques dans ces opérations.

Le volet risque technologique du dispositif d'accompagnement est intégralement financé par l'État.

Les opérateurs logements travaillant habituellement avec l'Anah et participant désormais également à l'accompagnement dans le cadre des PPRT sont en charge des missions suivantes :

- informer le propriétaire des prescriptions du PPRT ;
- réaliser le diagnostic du logement ;
- faire un bilan financier avec le propriétaire ;
- proposer une liste de travaux ;
- aider le propriétaire à choisir les travaux les plus adaptés ;
- assister le propriétaire dans la consultation des entreprises et dans l'examen des devis ;
- proposer au propriétaire en fonction du bilan financier établi des solutions de financement adaptées (notamment avance des aides) ;
- suivre les travaux ;
- aider le propriétaire à monter le dossier de financement.

ÉTUDES DE CAS

Étude de cas 01 et variante - Risque toxique

Étude de cas 02 - Risque surpression A

Étude de cas 03 - Risque surpression B

Étude de cas 04 - Risque thermique A

Étude de cas 05 - Risque thermique B

Étude de cas 06 - Risque surpression C

Étude de cas 07 - Risque surpression et thermique transitoire

Étude de cas 08 - Risque surpression et toxique



Étude de cas 01 - Risque toxique

Situation du bien vis-a-vis du risque

Le logement est une maison individuelle située dans une zone affectée par un effet toxique sur le Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT) de la commune.

Le règlement de la zone prescrit la réalisation d'un dispositif de confinement correctement dimensionné pour protéger les occupants de l'habitation, en respectant les objectifs de performance suivants en terme de niveau de perméabilité à l'air du local de confinement, selon l'exposition des locaux de confinement :

- $n_{50} = 5,4 \text{ vol/h}$ (à 50 Pascal) si le local est **abrité** du site industriel
- $n_{50} = 1,6 \text{ vol/h}$ (à 50 Pascal) si le local est **exposé** au site industriel

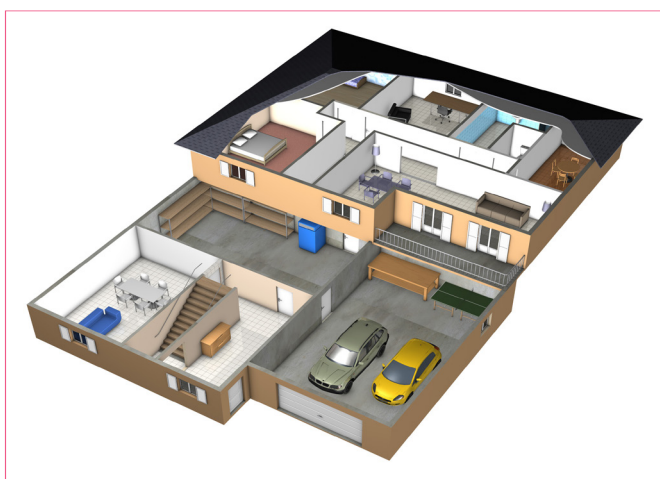
Le contexte de l'habitation

Les propriétaires occupants sont un **un couple avec 2 enfants**. La maison comporte 2 niveaux et des **combles non aménagés** :

- **Rez-de-chaussée** : 1 garage, 1 cellier, 1 pièce de vie et 1 hall d'entrée avec escalier conduisant à l'étage ;
- **Étage** : 2 chambres, 1 bureau, 1 séjour, 1 cuisine, 1 salle-de-bain et WC.

Le chauffage est produit par des radiateurs à eau chaude situés dans les pièces de vie (hors garage et cellier). La chaudière est dans le garage. La ventilation est « simple-flux », avec bouches d'extraction dans la cuisine, WC, salle de bain. Les fenêtres des pièces de vie ont des entrées d'air.

- Valeur vénale du bien (VVB) : 250 000 €
- **Obligation de travaux** : **20 000 €** (travaux limités à 10 % de la VVB plafonnés à 20 000 €).



Le diagnostic

Le diagnostic est établi en considérant le choix final du local de confinement fait par les propriétaires : **le bureau situé à l'étage** est en situation « abritée » du site industriel : n_{50} à atteindre = 5,4 vol/h.

Une mesure réalisée indique, en l'état de la pièce, son niveau de perméabilité à l'air actuel : $n_{50} = 7,2 \text{ vol/h}$.

Le diagnostic fait ressortir des défauts d'étanchéité à l'air de l'enveloppe de la pièce, suivant un degré d'importance :

- fuites importantes au niveau de la fenêtre ;
- fuites importantes aux traversées du plancher par les tuyaux de chauffage ;
- fuites moyennes au niveau de la jonction du plancher sur les 3 cloisons périphériques intérieures ;
- fuites légères à des traversées des cloisons salle de bain et chambre ;
- fuites assez importantes au débouché de gaine d'éclairage au plafond ;
- fuites très légères aux blocs de commandes électriques (prises et interrupteurs) ;
- la porte d'accès à la pièce n'est pas étanche à l'air et est détalonnée pour permettre la ventilation de pièce à pièce.



Le diagnostic liste les travaux suivants :

1. Arrêt des flux d'air volontaires

- mettre en place un arrêt coup de poing de la ventilation dans la pièce de confinement (le tableau électrique est dans le garage) (voir fiche **Equip.01**)
- mettre en place des entrées d'air obturables à la place de celles existantes de la maison (2 au RdC et 6 à l'étage) (voir fiche **Equip.02**)
- mettre des clapets automatiques sur les gaines de ventilation et sur les extractions (cuisine, WC et salle de bain) (voir fiche **Equip.03**)
- mettre un dispositif d'arrêt sur l'extraction de la hotte de cuisine (voir fiche **Equip.05**)

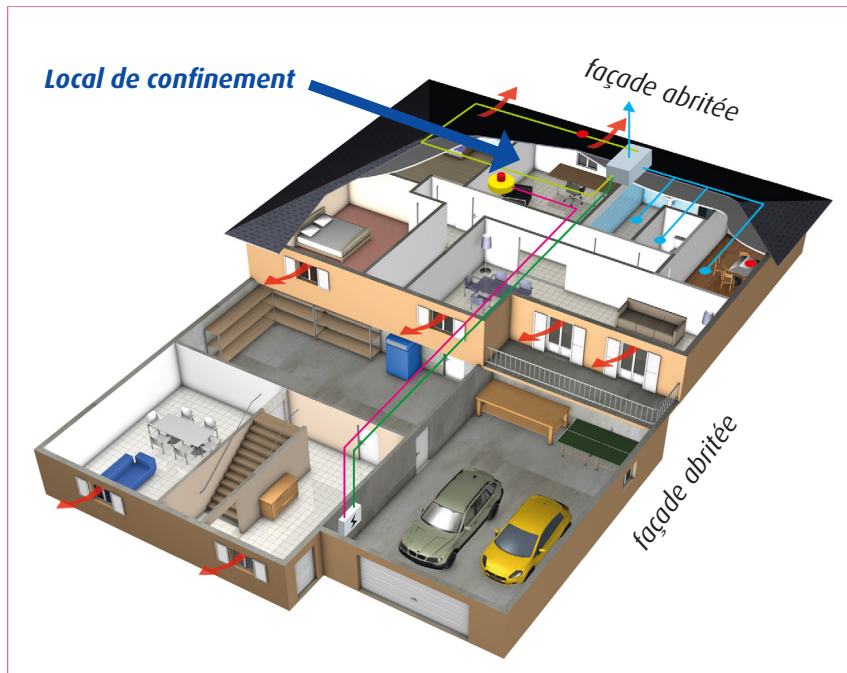
2. Renforcement du local de confinement

Travaux prioritaires

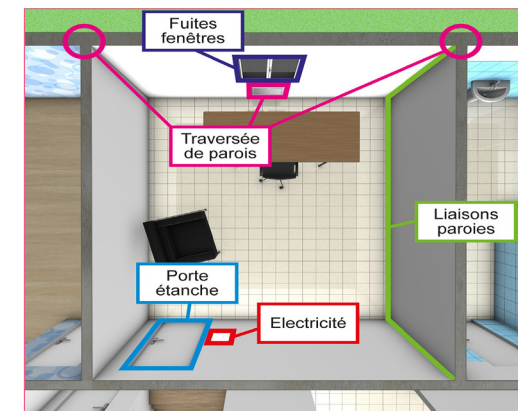
- renforcer l'étanchéité à l'air de la porte (voir fiche **Port.02**)
- mettre une grille obturable sur la porte (voir fiche **Equip.04**)

Travaux non hiérarchisés

- renforcer l'étanchéité à l'air de la fenêtre (voir fiche **Men.08**)
- colmater les traversées de parois (voir fiche **Par.02**)
- colmater les fuites linéaires sol / cloisons (voir fiche **Par.03**)
- boucher les gaines électriques / boîtiers (voir fiche **Equip.06**)



Local de confinement





... Étude cas 01 - Risque toxique

Sélectionner les travaux adéquats dans le référentiel

Le choix des travaux de renforcement est réalisé par le maître d'ouvrage en fonction de ses attentes, dans l'objectif d'une protection complète en adéquation avec les opportunités de travaux combinés.

En lien avec un professionnel du bâtiment, en se basant sur les conclusions du diagnostic, les travaux possibles de renforcement sont étudiés en fonction de leur mise en oeuvre possible sur l'habitation, leur coût et les attentes des propriétaires.

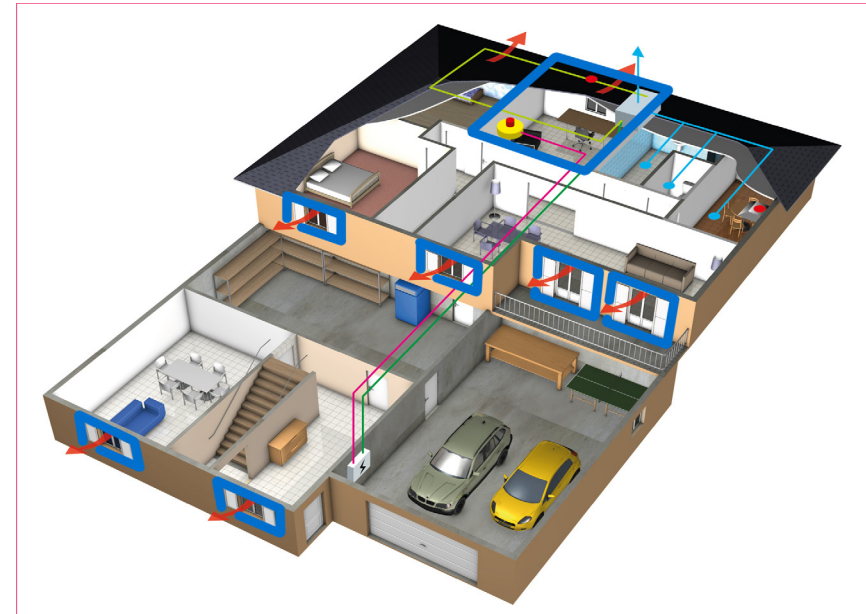
Synthèse

• Travaux sur la ventilation :

- Mise en oeuvre d'arrêt rapide de la ventilation
- Mise en oeuvre de 8 entrées d'air obturables
- Mise en oeuvre d'un clapet sur la hotte de cuisine
- Mise en oeuvre de 3 clapets sur les gaines de ventilation

• Travaux de renforcement de l'étanchéité à l'air du local de confinement :

- Renforcement de l'étanchéité à l'air de la fenêtre
- Colmatage des fuites linéaires sol / cloisons
- Colmatage des traversées de parois
- Colmatage des gaines électriques / boîtiers
- Renforcement de l'étanchéité à l'air de la porte
- Pose d'une grille obturable sur la porte



Total du coût des mesures de renforcement * : 2 000 à 3 500 €

Le coût des travaux est inférieur au seuil de prescription ; tous les travaux nécessaires à l'atteinte de l'objectif cible prescrit (n_{50}) doivent donc être réalisés :

- les travaux sur la ventilation ;
- les travaux de renforcement de l'étanchéité à l'air du local de confinement.

Le dispositif de financement permet de prendre en charge au minimum 90 % du coût des travaux.

(*) Coûts indicatifs, hors diagnostic, et conditions d'interventions particulières éventuelles à considérer (ex : présence d'amiante)



Pour la variante, le diagnostic retient la possibilité de ne pas recourir à l'obligation de mettre des entrées d'air obturables dans les pièces hors le local de confinement.

En application du chapitre 9.4.3.2 du « Guide diagnostic », pour un objectif prescrit $n_{50} = 5,4$ vol/h, l'objectif cible est $n_{50} = 4,0$ vol/h (maison individuelle et local abrité).

1. Arrêt des flux d'air volontaires

- mettre en place un arrêt coup de poing de la ventilation dans la pièce de confinement (le tableau électrique est dans le garage) (voir fiche **Equip.01**)
- mettre en place une entrée d'air obturable sur la menuiserie de la pièce de confinement (voir fiche **Equip.02**)
- mettre un dispositif d'arrêt sur l'extraction de la hotte de cuisine (voir fiche **Equip.05**)

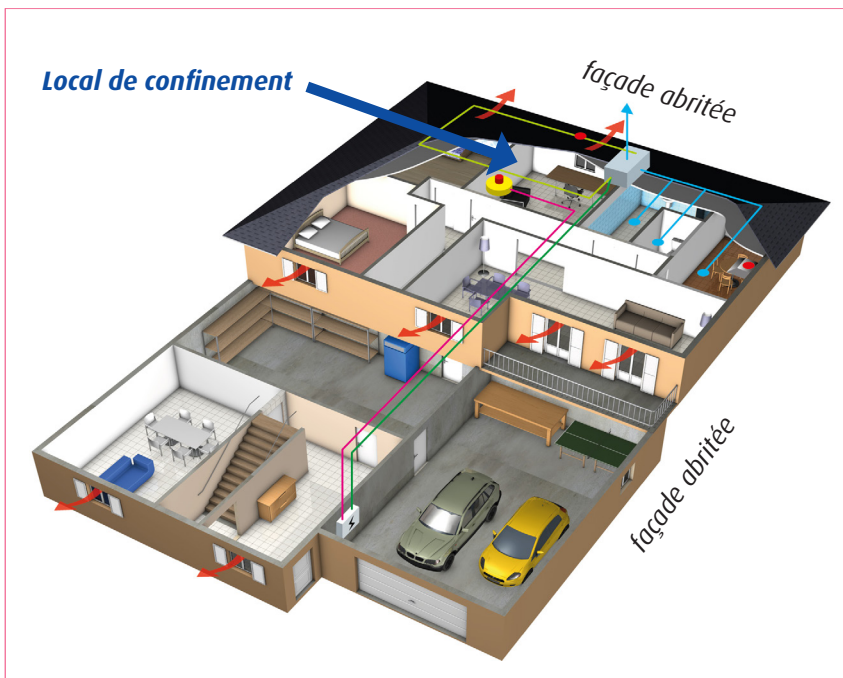
2. Renforcement du local de confinement

Travaux prioritaires

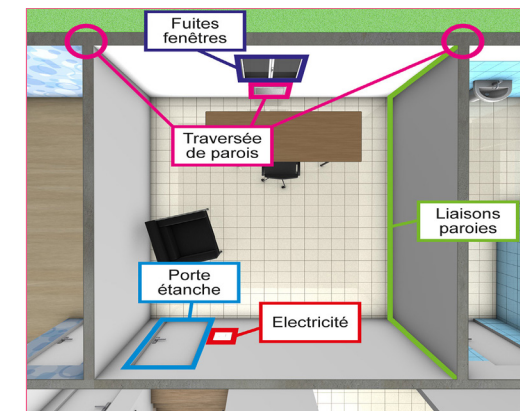
- renforcer l'étanchéité à l'air de la porte (voir fiche **Port.02**)
- mettre une grille obturable sur la porte (voir fiche **Equip.04**)

Travaux non hiérarchisés

- remplacer la fenêtre (voir fiche **Men.07**)
- colmater les traversées de parois (voir fiche **Par.02**)
- colmater les fuites linéaires sol / cloisons (voir fiche **Par.03**)
- boucher les gaines électriques / boîtiers (voir fiche **Equip.06**)



Local de confinement





... Étude cas 01 variante - Risque toxique

Sélectionner les travaux adéquats dans le référentiel

Le choix des travaux de renforcement est réalisé par le maître d'ouvrage en fonction de ses attentes, dans l'objectif d'une protection complète en adéquation avec les opportunités de travaux combinés.

En lien avec un professionnel du bâtiment, en se basant sur les conclusions du diagnostic, les travaux possibles de renforcement sont étudiés en fonction de leur mise en oeuvre possible sur l'habitation, leur coût et les attentes des propriétaires.

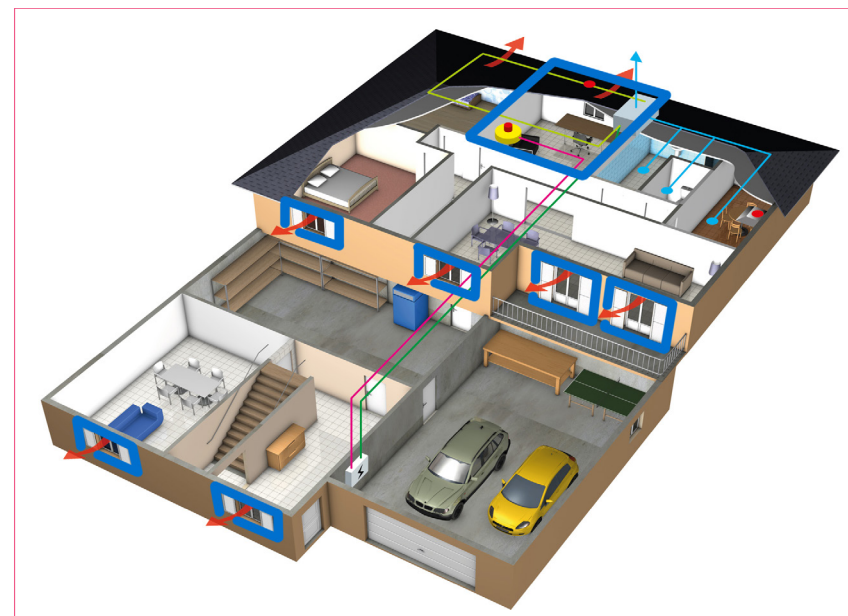
Synthèse

• Travaux sur la ventilation :

- Mise en œuvre d'arrêt rapide de la ventilation
- Mise en place d'une entrée d'air obturable (pièce de confinement)
- Mise en œuvre d'un clapet sur la hotte de cuisine

• Travaux de renforcement de l'étanchéité à l'air du local de confinement :

- Remplacement de la fenêtre
- Colmatage des fuites linéaires sol / cloisons
- Colmatage des traversées de parois
- Colmatage des gaines électriques / boîtiers
- Renforcement de l'étanchéité à l'air de la porte
- Pose d'une grille obturable sur la porte



Total du coût des mesures de renforcement * : 3 000 à 5 000 €

Le coût des travaux est inférieur au seuil de prescription ; tous les travaux nécessaires à l'atteinte de l'objectif cible prescrit (n_{50}) doivent donc être réalisés :

- les travaux sur la ventilation ;
- les travaux de renforcement de l'étanchéité à l'air du local de confinement.

Le dispositif de financement permet de prendre en charge au minimum 90 % du coût des travaux.

(*) Coûts indicatifs, hors diagnostic, et conditions d'interventions particulières éventuelles à considérer (ex : présence d'amiante)



Étude de cas 02 - Risque surpression A

Situation du bien vis-a-vis du risque

Le logement est une maison individuelle située dans une zone affectée par un effet surpression sur le Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT) de la commune.

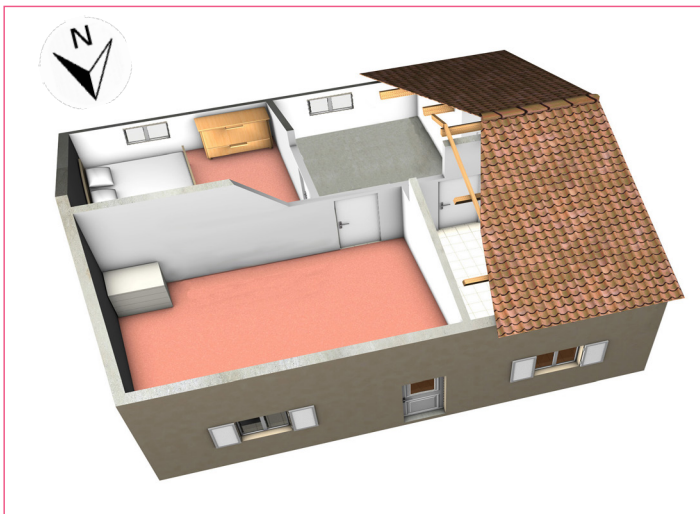
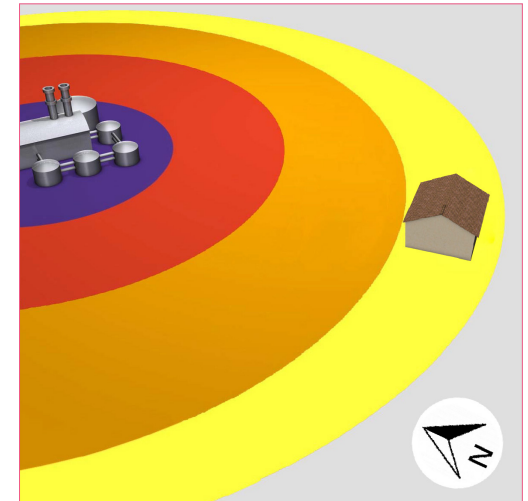
Le règlement de la zone prescrit la réalisation de travaux de renforcement, en respectant les objectifs de performance fixés à : **une onde de surpression de type onde de choc ; zone 35-50 mbar.**

Le contexte de l'habitation

Les propriétaires occupants sont **un couple de retraités.**

La maison comporte un niveau et des combles non aménagés :

- **Rez-de-chaussée** : 1 pièce de vie, 1 chambre, 1 cuisine et 1 salle-de-bain et WC ;
- **Étage** : combles non aménagés.
- Valeur vénale du bien (VVB) : 150 000 €
- **Obligation de travaux** : **15 000 €** (travaux limités à 10 % de la VVB plafonnés à 20 000 €).



Le diagnostic

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

L'objectif de performance du règlement du PPRT est par ailleurs à considérer comme un objectif vis-à-vis des panneaux vitrés.

Compte tenu de l'objectif de performance, et des différentes cartographies disponibles en annexe du règlement, le diagnostic a permis :

- de préciser l'orientation des façades, les dimension tableau des fenêtres, les dimensions et le type de panneaux vitrés ;
- d'apprécier leur vulnérabilité (voir tableau ci-après).



Le diagnostic liste les travaux suivants :

Façades	Référence et description de l'ouverture	Diagnostic
Nord	2 fenêtres à deux vantaux à ouverture à la française de dimensions 1,00 x 1,60 m Panneaux vitrés en double vitrage 4/16/4 de dimensions 0,35 x 1,40 m	Panneau vitré vulnérable : Mise en place d'un film de sécurité anti-explosion / Remplacement des panneaux vitrés (Fiche Men.03 / Men.04) Ou remplacement complet de la fenêtre (Fiche Men.05)
	1 porte d'entrée vitrée de dimensions 0,80 x 2,15 m Panneau vitré en simple vitrage 4 mm de 0,25 x 0,50 m	
Sud	2 fenêtres à deux vantaux à ouverture à la française de dimensions 1,00 x 1,60 m Panneaux vitrés en double vitrage 4/16/4 de dimensions 0,35 x 1,40 m	Panneau vitré non vulnérable
Est	1 fenêtre à deux vantaux à ouverture à la française de dimensions 1,00 x 1,40 m Panneaux vitrés en simple vitrage 4mm de dimensions 0,40 x 1,20 m Fenêtre vétuste	Panneau vitré vulnérable : impossibilité de poser un film de sécurité, dimensions trop importantes donc remplacement des panneaux vitrés (Fiche Men.04) Ou remplacement de la fenêtre (Fiche Men.05)



... Étude cas 02 - Risque surpression A

Sélectionner les travaux adéquats dans le référentiel

Le choix des travaux de renforcement est réalisé par le maître d'ouvrage en fonction de ses attentes, dans l'objectif d'une protection complète en adéquation avec les opportunités de travaux combinés.

En lien avec un professionnel du bâtiment, en se basant sur les conclusions du diagnostic, les travaux possibles de renforcement sont étudiés en fonction de leur mise en oeuvre possible sur l'habitation, leur coût et les attentes des propriétaires.

Synthèse

Façades	Référence et description de l'ouverture
Nord	Mise en place d'un film de sécurité anti-explosion
	Mise en place d'un film de sécurité anti-explosion
Sud	
Est	Remplacement de la fenêtre par une fenêtre à ouverture à la française à 2 vantaux en châssis PVC (avec armature en acier) munie de double vitrage feuilleté 4/12/44.2 avec système de fermeture à renvoi d'angle avec gâche fourchette et gâlet champignon, fixé correctement au mur.

Nota : La fenêtre en façade Est étant vétuste (châssis dégradé, simple vitrage de grande dimension) et compte tenu des autres travaux à réaliser, le propriétaire a choisi de remplacer cette menuiserie.



Total du coût des mesures de renforcement* : 2 400 à 3 000 €

Le coût des travaux est inférieur au seuil de prescription ; tous les travaux nécessaires à l'atteinte de l'objectif doivent donc être réalisés. Le dispositif de financement permet de prendre en charge au minimum 90 % du coût des travaux.

(*) Coût indicatif hors diagnostic, et conditions d'interventions particulières éventuelles à considérer (ex : présence d'amiante)



Étude de cas 03 - Risque surpression B

Situation du bien vis-a-vis du risque

Le logement est une maison individuelle située dans une zone affectée par un effet surpression sur le Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT) de la commune.

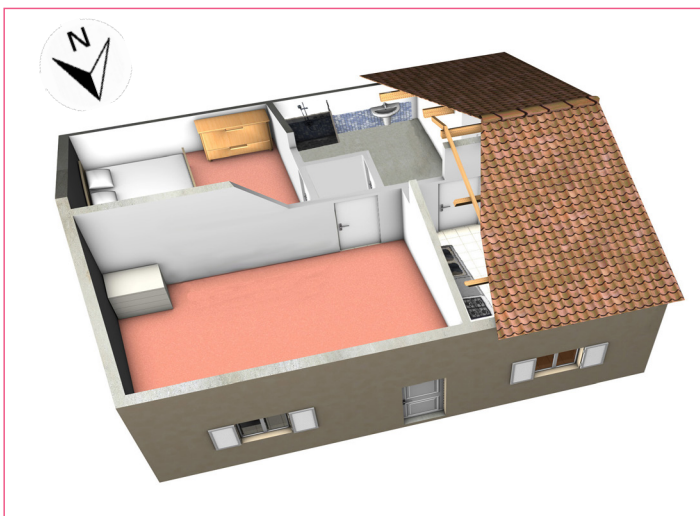
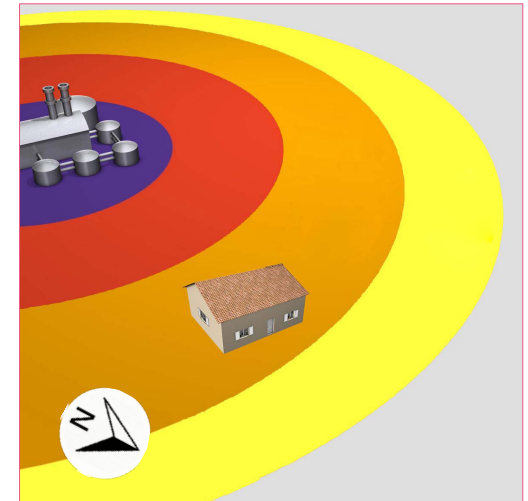
Le règlement de la zone prescrit la réalisation de travaux de renforcement, en respectant les objectifs de performance fixés à : **une onde de surpression de type déflagration, zone 50-140 mbar d'une durée de 150-1000 ms.**

Le contexte de l'habitation

Les propriétaires occupants sont **un couple de retraités.**

La maison comporte un seul niveau et des combles non aménagés :

- **Rez-de-chaussée** : 1 pièce de vie, 1 chambre, 1 cuisine et 1 salle-de-bain et WC ;
- **Étage** : combles non aménagés.
- Valeur vénale du bien (VVB) : 160 000 €
- **Obligation de travaux** : **16 000 €** (travaux limités à 10 % de la VVB plafonnés à 20 000 €).



Le diagnostic

Compte tenu de l'objectif de performance, et des différentes cartographies disponibles en annexe du règlement, le diagnostic a permis d'optimiser l'objectif de performance, de décrire la construction de l'habitation et d'apprécier sa vulnérabilité.

Il conclut aux principes de renforcement associés :

- **Murs** en brique creuse (**non vulnérable**) ;
- **Charpente** en bois de pente inférieure à 25° et **couverture** en petits éléments (**non vulnérable**) ;
- **Fenêtres** : le diagnostic a précisé l'orientation des faces et les dimensions des menuiseries (**vulnérable**).
- **Porte d'entrée** en bois sans isolation (**non vulnérable**).

Le diagnostic liste les travaux suivants :

- **Menuiseries** : - Remplacement (Fiche **Men.06**) ;



Sélectionner les travaux adéquats dans le référentiel

Le choix des travaux de renforcement est réalisé par le maître d'ouvrage en fonction de ses attentes, dans l'objectif d'une protection complète en adéquation avec les opportunités de travaux combinés.

En lien avec un professionnel du bâtiment, en se basant sur les conclusions du diagnostic, les travaux possibles de renforcement sont étudiés en fonction de leur mise en œuvre possible sur l'habitation, leur coût et les attentes des propriétaires.

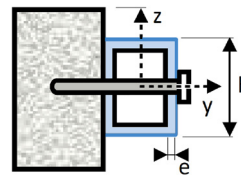
Synthèse

• Remplacement des menuiseries

Remplacement des 5 fenêtres par des fenêtres à ouverture à la française à 2 vantaux, de dimensions entre tableaux de 1,20 m x 1,40 m posées en tunnel et constituées de :

- double vitrage feuilleté 44.2/8/44.2 ;
- parclose résistant à un effort linéique de 19 kN/m
- système de fermeture individuelle des ouvrants à renvoi d'angle avec gâches métalliques de sécurité anti-décrochement et galets champignon et de paumelles munies d'un système anti-dégondage et vissées dans les dormants et les battants – Nombre de points de condamnations = 10 + résistance à un effort de 6.6 kN ;
- châssis en acier respectant les caractéristiques suivantes :
 - ouvrant : Inertie > $2,80 \times 10^{-8} \text{ m}^4$, module d'inertie > $4,00 \times 10^{-6} \text{ m}^3$
 - dormant : épaisseur (e) x largeur du profilé (h) > $2,80 \times 10^{-5} \text{ m}^2$

Celles-ci seront fixées dans le mur de maçonnerie par 20 points de fixations. La visserie sera résistante à un effort de cisaillement de 3.7 kN.



Total du coût des mesures de renforcement *: 12 000 à 15 000 €

Le coût des travaux est inférieur au seuil de prescription ; tous les travaux nécessaires à l'atteinte de l'objectif doivent donc être réalisés. Le dispositif de financement permet de prendre en charge au minimum 90 % du coût des travaux.

(*) Coûts indicatifs, hors diagnostic, et conditions d'interventions particulières éventuelles à considérer (ex : présence d'amiante)



Étude de cas 04 - Risque thermique A

Situation du bien vis-a-vis du risque

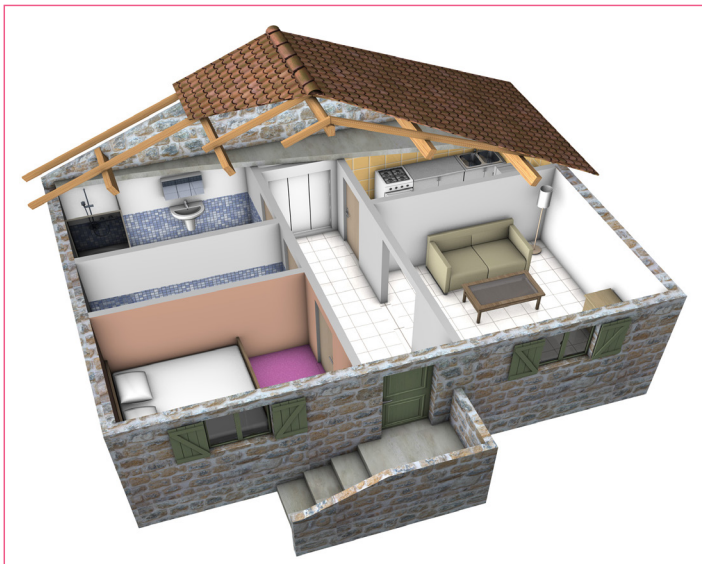
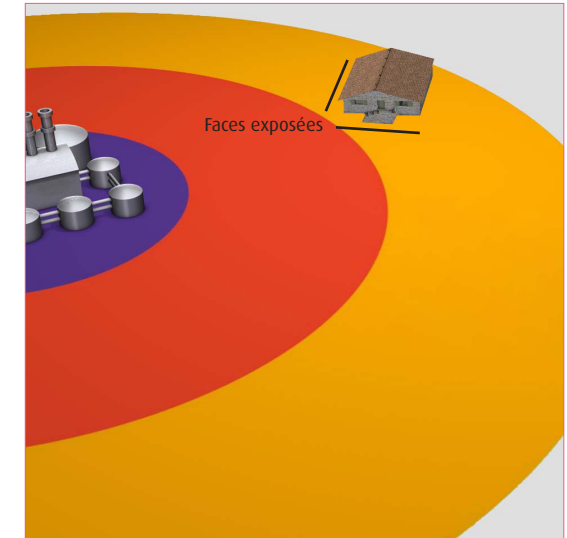
Le logement est une maison individuelle située dans une zone affectée par un effet thermique continu sur le Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT) de la commune.

Le règlement de la zone prescrit la réalisation de travaux de renforcement, en respectant les objectifs de performance fixés à : **3-5 kW/m²**.

Le contexte de l'habitation

La maison comporte un niveau et des combles non aménagés :

- **Rez-de-chaussée** : 1 pièce de vie, 1 chambre, 1 cuisine, 1 WC et 1 salle-de-bain ;
- **Étage** : combles non aménagés.
- Valeur vénale du bien (VVB) : 150 000 €
- **Obligation de travaux** : **15 000 €** (travaux limités à 10 % de la VVB plafonnés à 20 000 €).



Le diagnostic

Le diagnostic a permis de décrire la constitution de l'habitation et sa vulnérabilité :

- **Murs** en pierre naturelle de 40 cm sans isolation (**non vulnérable**) ;
- **Couverture** en tuiles mécaniques sur charpente bois, non isolée (**vulnérable**) ;
- **Fenêtres** en bois avec simple vitrage (**non vulnérable**) ;
- **Volets** en bois (**non vulnérable**) ;
- **Porte d'entrée** en bois sans isolation (**vulnérable**).

Le diagnostic liste les travaux suivants :

- **Couvertures** : - Isolation (Fiche **C.01**) ;
- **Portes** : - Renforcement (Fiche **Port.01**).



Sélectionner les travaux adéquats dans le référentiel

Le choix des travaux de renforcement est réalisé par le maître d'ouvrage en fonction de ses attentes, dans l'objectif d'une protection complète en adéquation avec les opportunités de travaux combinés.

En lien avec un professionnel du bâtiment, en se basant sur les conclusions du diagnostic, les travaux possibles de renforcement sont étudiés en fonction de leur mise en œuvre possible sur l'habitation, leur coût et les attentes des propriétaires.

Synthèse

- **Isolation de la couverture et remplacement de la porte**

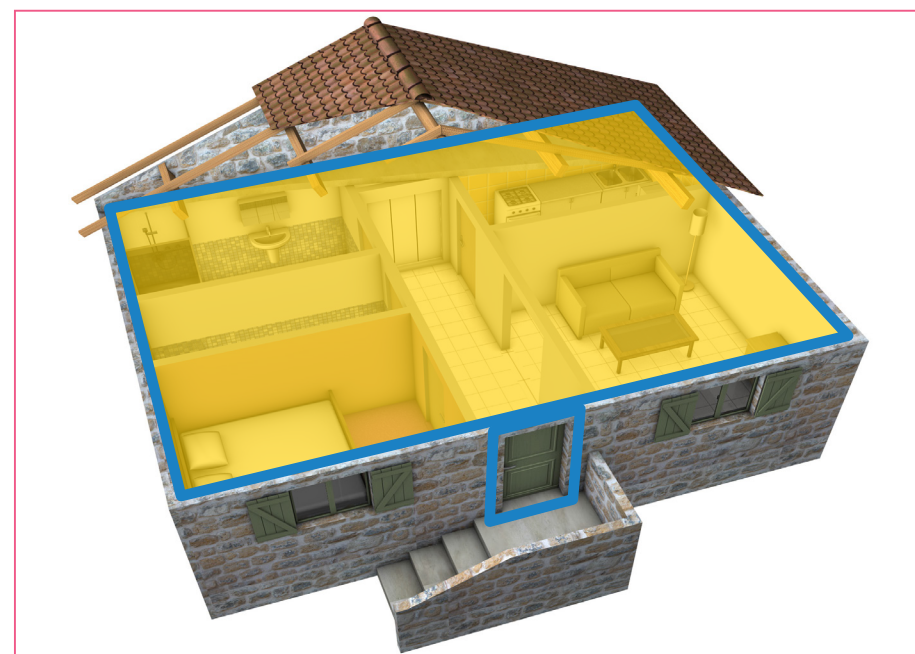
Les combles étant non aménagés, la couverture sera isolée par la pose de laine de verre sur le plancher des combles. La porte d'entrée étant dans un état passable, le propriétaire a décidé de la remplacer.

- **Couverture :** 500 à 1 000 €
- **Porte :** 1 800 à 2 100 €

Total du coût des mesures de renforcement * : 2 300 à 3 100 €

Le coût des travaux est inférieur au seuil de prescription ; tous les travaux nécessaires à l'atteinte de l'objectif doivent donc être réalisés. Le dispositif de financement permet de prendre en charge au minimum 90 % du coût des travaux.

(*) Coûts indicatifs, hors diagnostic, et conditions d'interventions particulières éventuelles à considérer (ex : présence d'amiante)





Étude de cas 05 - Risque thermique B

Situation du bien vis-a-vis du risque

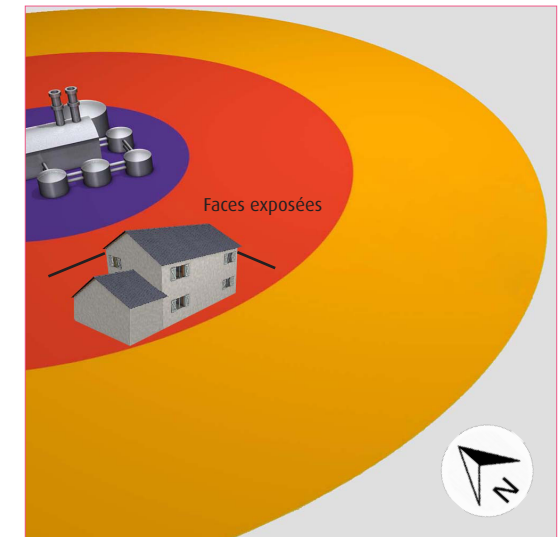
Le logement est une maison individuelle située dans une zone affectée par un effet thermique continu sur le Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT) de la commune.

Le règlement de la zone prescrit la réalisation de travaux de renforcement, en respectant les objectifs de performance fixés à : **5-8 kW/m²**.

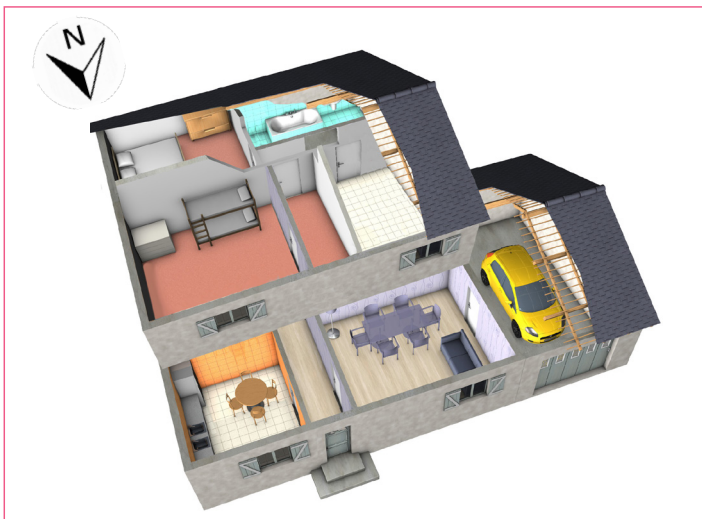
Le contexte de l'habitation

La maison comporte un niveau et des combles aménagés :

- **Rez-de-chaussée** : 1 garage, 1 cellier, 1 pièce de vie, 1 chambre, 1 cuisine, 1 WC et 1 hall d'entrée avec escalier conduisant à l'étage ;
- **Étage** : 2 chambres et 1 salle-de-bain.
- Valeur vénale du bien (VVB) : 170 000 €
- **Obligation de travaux** : **17 000 €** (travaux limités à 10 % de la VVB plafonnés à 20 000 €).



Une cartographie annexée au PPRT situe les zones et sources des effets thermiques.



Le diagnostic

Le diagnostic a permis de décrire la constitution de l'habitation et sa vulnérabilité :

- **Murs** en briques creuses de 15 cm sans isolation (**vulnérable**) ;
- **Couverture** en ardoises sur charpente bois, isolée par 10 cm de laine de roche (**non vulnérable**) ;
- **Fenêtres** : chassis en aluminium avec double vitrage (**non vulnérable**) (dimensions standards) ;
- **Volets** en bois (**non vulnérable**) ;
- **Porte d'entrée** : PVC sans isolation et porte de garage en métal sans isolation également (**vulnérable**).

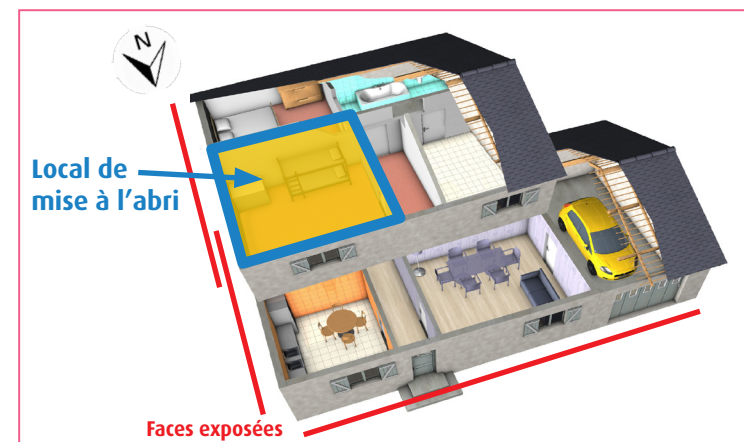
La réduction de la vulnérabilité de l'enveloppe nécessitant des travaux importants susceptibles de dépasser les seuils de travaux prescrits, le propriétaire décide d'aménager un local de mise à l'abri (voir Fiche **Local.01**).



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

Aucune pièce abritée par rapport aux sources des effets thermiques n'ayant la surface suffisante pour mettre à l'abri tous les occupants de la maison, le propriétaire a choisi la chambre à l'étage en façade exposée comme local de mise à l'abri.

- **Menuiseries vitrées de l'enveloppe en façades exposées** : menuiseries alu de dimensions standards et surface vitrée < 50 % de la surface des façades exposées → **OK**
- **Parois extérieures du local en façades exposées** : mur d'épaisseur courante (15 cm) → **OK**
- **Menuiserie vitrée du local en façade exposée** : prévoir un dispositif d'occultation → **Fiche Men.02**
- **Toiture du local** : toiture du bâtiment isolée → **OK**
- **Parois intérieures du local** : cloisons et plancher ont une résistance thermique supérieure à 0,3 m².K/W → **OK**



Sélectionner les travaux adéquats dans le référentiel

Le choix des travaux de renforcement est réalisé par le maître d'ouvrage en fonction de ses attentes, dans l'objectif d'une protection complète en adéquation avec les opportunités de travaux combinés.

En lien avec un professionnel du bâtiment, en se basant sur les conclusions du diagnostic, les travaux possibles de renforcement sont étudiés en fonction de leur mise en œuvre possible sur l'habitation, leur coût et les attentes des propriétaires.

Synthèse

- **Pose d'un dispositif d'occultation de la fenêtre dans la chambre retenue comme local de mise à l'abri**

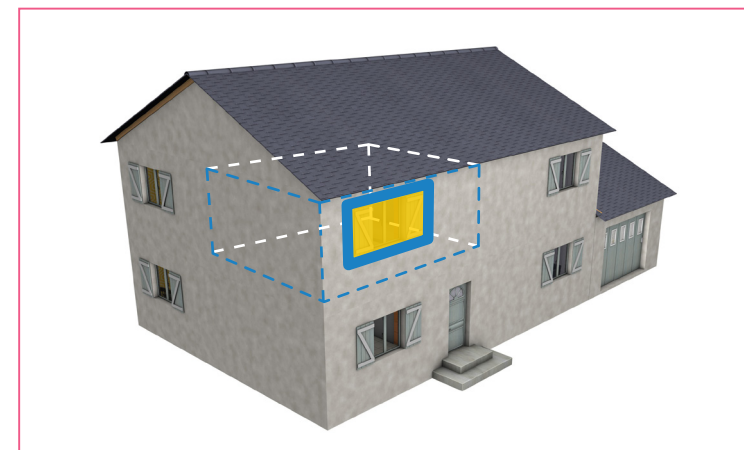
Le propriétaire décide de remplacer les volets battants en bois par un volet roulant en aluminium.

- **Volet roulant** : 600 à 800 €

Total du coût des mesures de renforcement * : 600 à 800 €

Le coût des travaux est supérieur au seuil de prescription. tous les travaux nécessaires à l'atteinte de l'objectif doivent donc être réalisés. Le dispositif de financement permet de prendre en charge au minimum 90 % du coût des travaux.

(*) Coûts indicatifs, hors diagnostic, et conditions d'interventions particulières éventuelles à considérer (ex : présence d'amiante)





Étude de cas 06 - Risque surpression C

Situation du bien vis-à-vis du risque

Le logement est une maison individuelle située dans une zone affectée par un effet de surpression et par un effet thermique transitoire sur le Plan de Prévention des Risques Industriels (PPRI) de la commune.

Le règlement de la zone prescrit la réalisation de travaux de renforcement, en respectant les objectifs de performance :

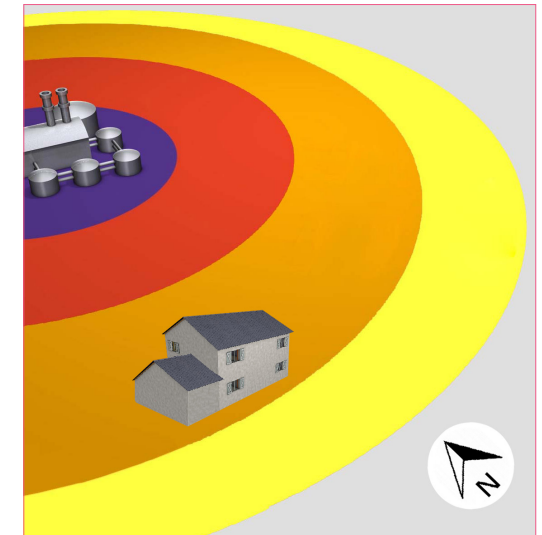
Effets de surpression : Onde de surpression de type onde de choc - zone 50-140 mbar.

Le contexte de l'habitation

Les propriétaires occupants sont **un couple avec deux enfants**.

La maison comporte un niveau et des combles aménagés :

- **Rez-de-chaussée** : 1 cellier, 1 pièce de vie, 1 cuisine, 1 chambre, 1 WC et 1 hall d'entrée avec escalier conduisant à l'étage ;
- **Étage** : 2 chambres, 1 pièce peu utilisée et servant de stockage et 1 salle-de-bain avec WC.
- Valeur vénale du bien (VVB) : 170 000 €
- **Obligation de travaux** : 17 000 € (travaux limités à 10 % de la VVB plafonnés à 20 000 €).



Le diagnostic

Compte tenu des objectifs de performance, et des différentes cartographies disponibles en annexe du règlement, le diagnostic a permis de décrire la constitution de l'habitation, de préciser l'orientation de ses façades, et d'apprécier sa vulnérabilité :

- **Murs** en parpaings : (**non vulnérable**) ;
- **Couverture** en ardoises sur charpente bois de pente inférieure à 25°, isolée par 10 cm de laine de roche solidaire de la charpente (**non vulnérable**) ;
- **Fenêtres** : le diagnostic a précisé les dimensions des menuiseries, la nature des châssis, les dimensions et le type de panneaux vitrés : fenêtre de dimensions 1.20 m x 1.60 m à ouverture à la française à 2 vantaux en châssis aluminium, panneau en double vitrage 4/16/4 (**vulnérable**) ;
- **Porte d'entrée** en bois sans isolation (**non vulnérable**).

Le diagnostic liste les travaux suivants :

- **Menuiseries** : - Remplacement (Fiche **Men.06**).



Sélectionner les travaux adéquats dans le référentiel

Le choix des travaux de renforcement est réalisé par le maître d'ouvrage en fonction de ses attentes, dans l'objectif d'une protection complète en adéquation avec les opportunités de travaux combinés.

En lien avec un professionnel du bâtiment, les travaux possibles de renforcement sont étudiés en fonction de leur mise en œuvre possible sur l'habitation, leur coût et les attentes des propriétaires.

Synthèse

- **Remplacement des menuiseries**

Remplacement de l'ensemble des 12 fenêtres par des fenêtres à ouverture à la française à 2 vantaux en châssis aluminium posées en tunnel et constituées de double vitrage 44.2/8/44.2 avec parclozes résistantes, système de fermeture individuelle des ouvrants à renvoi d'angle avec gâches métalliques de sécurité anti-décrochement, galets champignon et de paumelles munies d'un système anti-dégondage et vissées dans les dormants et les battants dont le châssis, le nombre de points de fixation dans le mur et la visserie respectera les préconisations de la fiches Men.06.

Total du coût des mesures de renforcement : 26 400 à 33 000 €

Le coût total des travaux de renforcement dépassant le seuil de prescription, le propriétaire a soit la possibilité d'aller au-delà et de réaliser l'ensemble des travaux ou de faire un choix dans les travaux listés. Différentes stratégies de hiérarchisation peuvent lui être proposées dans le cadre du diagnostic. 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. Ci-dessous trois exemples.

Cas 1 – Se protéger face aux effets de surpression sur les façades les plus exposées

Il est décidé par le propriétaire de prioriser les travaux sur les façades les plus exposées aux effets de surpression. Ainsi le propriétaire décide de remplacer l'ensemble des 6 fenêtres des façades Nord et Est pour un coût égal au seuil des 10% de la vénale du bien.

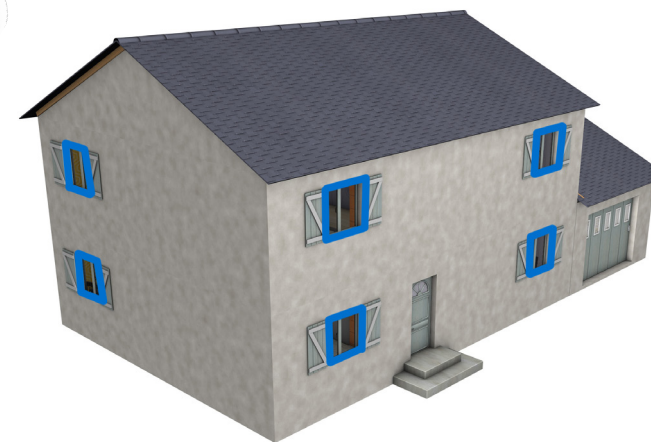
Cas 2 – améliorer la protection face aux effets de surpression au regard de l'usage du logement

La cuisine, la pièce à vivre au RDC, les 2 chambres des enfants à l'étage, étant les espaces de vie principaux, le propriétaire décide de réaliser les travaux en priorité sur ces espaces. Ainsi le propriétaire décide de remplacer les 2 fenêtres de la pièce à vivre et les 3 fenêtres des deux chambres à l'étage pour faire face aux effets de surpression.

Pour atteindre le montant de 10% de la valeur vénale du bien, les panneaux vitrés des fenêtres de la cuisine, des deux fenêtres de la chambre du couple, de la salle de bain et de la pièce de stockage seront également munis de film de sécurité anti-explosion.

Cas 3 – Réalisation de la totalité des travaux de renforcement

Le couple décide de se protéger totalement vis à vis du risque et réalise l'ensemble des travaux de renforcement, au-delà des 10 %. Les travaux seront financés à la hauteur des 10 % de la VVB.





Étude de cas 07 - Risque surpression et thermique transitoire

Situation du bien vis-a-vis du risque

Le logement est une maison individuelle située dans une zone affectée par un effet de surpression et par un effet thermique transitoire sur le Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT) de la commune.

Le règlement de la zone prescrit la réalisation de travaux de renforcement, en respectant les objectifs de performance :

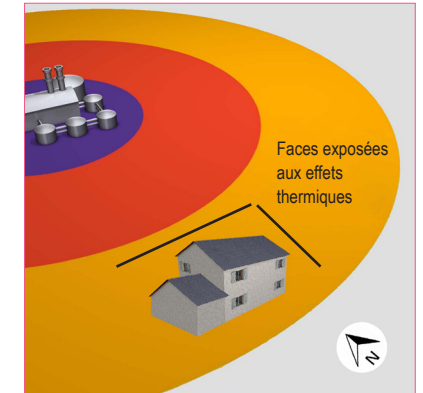
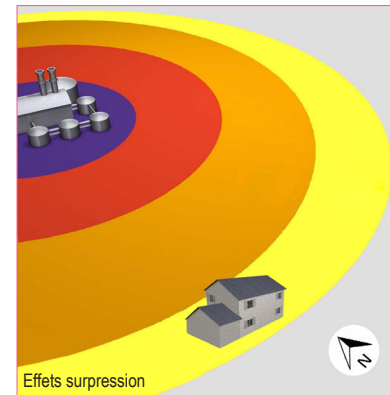
- **Effets de surpression : Onde de surpression de type onde de choc ; zone 35-50 mbar ;**
- **Effets thermiques transitoires : Boule de feu – zone 600-1000 (kW/m²)^{4/3}.**

Le contexte de l'habitation

Les propriétaires occupants sont **un couple avec deux enfants**.

La maison comporte un niveau et des combles aménagés :

- **Rez-de-chaussée** : 1 cellier, 1 pièce de vie, 1 cuisine, 1 chambre, 1 WC et 1 hall d'entrée avec escalier conduisant à l'étage ;
- **Étage** : 2 chambres, 1 pièce peu utilisée et servant de stockage et 1 salle-de-bain avec WC.
- **Valeur vénale du bien (VVB)** : 160 000 €
- **Obligation de travaux** : 16 000 € (travaux limités à 10 % de la VVB plafonnés à 20 000 €).



Le diagnostic

Compte tenu des objectifs de performance, et des différentes cartographies disponibles en annexe du règlement, le diagnostic a permis de décrire la constitution de l'habitation, de préciser l'orientation de ses façades, et d'apprécier sa vulnérabilité :

- **Murs** en parpaings : (**non vulnérable**) ;
- **Couverture** en ardoises sur **charpente bois** de pente inférieure à 25°, isolée par 10 cm de laine de roche solidaire de la charpente (**non vulnérable**) ;
- **Fenêtres** : le diagnostic a précisé les dimensions des menuiseries, les dimensions et le type de panneaux vitrés, la nature des châssis et du système de fermeture de la fenêtre) : châssis en aluminium avec double vitrage 4/16/4 (**vulnérable**) ;
- **Porte d'entrée** en bois sans isolation voir tableau ci-après (**non vulnérable**) ;
- **Volets** en bois (**non vulnérable**).



Le diagnostic liste les travaux suivants :

Façades	Description de l'ouverture	Diagnostic / Travaux
<p>Nord et Est (façades exposées aux effets thermiques et face 1 vis-à-vis des effets de surpression)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - RDC : cuisine, pièce à vivre, chambre / 1er étage : 2 chambres, pièce stockage - 6 fenêtres de dimensions 1.20 m x 1.60 m à ouverture à la française à 2 vantaux en châssis aluminium, panneau en double vitrage 4/16/4 de dimensions 0,55 x 1,40 m et système de fermeture standard 	<p>Fenêtres Vulnérables (panneaux vitrés, système de fermeture, fixation) Remplacement aux effets de surpression complet de la fenêtre (Fiche Men.05 et Men. 01)</p>
<p>Sud (face 4 vis-à-vis des effets de surpression)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - RDC : chambre, pièce à vivre / 1er étage : pièce stockage et salle de bain - 4 fenêtres de dimensions 1.20 m x 1.60 m à ouverture à la française à 2 vantaux en châssis aluminium Panneau en double vitrage 4/16/4 de dimensions 0.50 x 1,40 m 	<p>Pour s'assurer non seulement de la tenue du panneau vitré mais aussi du maintien de la fenêtre en position fermé au passage de l'onde de surpression et assurer ainsi la protection vis à vis du flux thermique.</p> <p>Panneaux vitrés vulnérables : Mise en place d'un film de sécurité anti-explosion / Remplacement des panneaux vitrés ((Fiche Men.03 / Men.04 et Men.01) Ou remplacement complet de la fenêtre (Fiche Men.05)</p>
<p>Ouest (face 4 vis-à-vis des effets de surpression)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Chambre : 1 fenêtre à deux vantaux à ouverture à la française de dimensions 1,00 x 1,40 m - Panneaux vitrés en simple vitrage 4mm de dimensions 0,40 x 1,20 m Fenêtre vétuste 	<p>Panneau vitré vulnérable : impossibilité de poser un film de sécurité, dimensions trop importantes donc remplacement des panneaux vitrés (Fiche Men.04) Ou remplacement de la fenêtre (Fiche Men.05)</p>



... Étude cas 07 - Risque surpression et thermique transitoire

Sélectionner les travaux adéquats dans le référentiel

Le choix des travaux de renforcement est réalisé par le maître d'ouvrage en fonction de ses attentes, dans l'objectif d'une protection complète en adéquation avec les opportunités de travaux combinés.

En lien avec un professionnel du bâtiment, les travaux possibles de renforcement sont étudiés en fonction de leur mise en œuvre possible sur l'habitation, leur coût et les attentes des propriétaires.

Synthèse

- Fenêtres Nord et Est : Remplacement complet des fenêtres en façade Nord et Est pour faire face aux effets de surpression et thermiques transitoires : Remplacement par des fenêtres à ouverture à la française à 2 vantaux en châssis bois munies de double vitrage feuilleté 4/12/44.2 avec système de fermeture à renvoi d'angle avec gâche fourchette et galet champignon, fixé correctement au mur : 13 200 à 16 000 euros ;
- Fenêtres Sud : Pose d'un film de sécurité anti-explosion sur l'ensemble des panneaux vitrés : 800 à 1200 euros ;
- Fenêtre Ouest : Remplacement des panneaux vitrés : 600 à 1000 euros / Remplacement de la fenêtre : 2200 à 2600 euros.

Total du coût des mesures de renforcement : 14 800 à 19 800 €

Le coût total des travaux de renforcement dépassant le seuil de prescription, le propriétaire a soit la possibilité d'aller au-delà et de réaliser l'ensemble des travaux ou de faire un choix dans les travaux listés. Différentes stratégies de hiérarchisation peuvent lui être proposées dans le cadre du diagnostic. 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. Ci-dessous trois exemples.

Cas 1 – se protéger en priorité face aux effets thermiques transitoires et se protéger face aux effets de surpression sur les façades les plus exposées

Il est décidé par le propriétaire de prioriser les travaux sur les façades exposées aux effets thermiques transitoires correspondant également aux façades les plus exposées aux effets de surpression. Ainsi le propriétaire décide de remplacer l'ensemble des fenêtres des façades Nord et Est pour un coût égal au seuil des 10% de la vénale du bien.

Cas 2 – améliorer la protection face aux effets de surpression et thermiques transitoires au regard de l'usage du logement

La cuisine, la pièce à vivre au RDC, les 2 chambres des enfants à l'étage, étant les espaces de vie principaux, le propriétaire décide de réaliser les travaux en priorité sur ces espaces. Ainsi le propriétaire décide de :

- remplacer les fenêtres de la cuisine et de la pièce à vivre au RDC de la façade Nord ainsi que des deux chambres à l'étage situées en façade Nord (soit 4 fenêtres) pour faire face aux effets de surpression et thermiques transitoires ;
- de remplacer la fenêtre vétuste située en façade Ouest de la chambre d'un de ses enfants, permettant à la fois d'améliorer la protection vis à vis des effets de surpression mais aussi de réaliser des économies d'énergie ;
- de poser un film de sécurité anti-explosion sur les panneaux vitrés des fenêtres en façade Sud de la pièce à vivre.

Pour atteindre le montant de 10% de la valeur vénale du bien, les panneaux vitrés de la salle de bain (façade Sud), de la pièce de stockage et de la chambre du couple (en façades Est et Sud) seront également munis de film de sécurité anti-explosion.

Cas 3 – Réalisation de la totalité des travaux de renforcement

Le couple décide de se protéger totalement vis à vis du risque et réalise l'ensemble des travaux de renforcement, au-delà des 10 %. Les travaux seront financés à la hauteur des 10 % de la VVB.



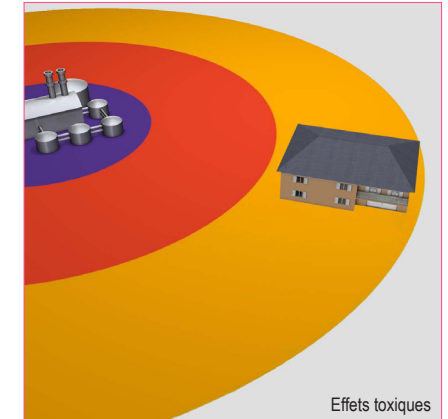
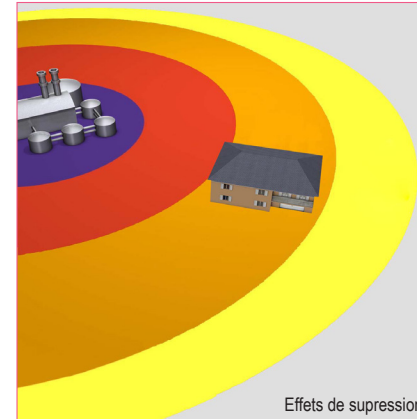
Étude de cas 08 - Risque surpression et toxique

Situation du bien vis-a-vis du risque

Le logement est une maison individuelle située dans une zone affectée par un effet de surpression et un effet toxique sur le Plan de Prévention des Risques Industriels (PPRI) de la commune.

Le règlement de la zone prescrit la réalisation de travaux de renforcement, en respectant les objectifs de performance :

- **Surpression : 50-140 mbar et plus particulièrement une onde de surpression de type déflagration, zone 50-100 mbar d'une durée de 100-150 ms;**
- **Toxique : niveau de perméabilité à l'air du local de confinement, selon l'exposition des locaux de confinement :**
 - n50 = 5,4 vol/h (à 50 Pascal) si le local est abrité du site industriel ;
 - n50 = 1,6 vol/h (à 50 Pascal) si le local est exposé au site industriel.



Le contexte de l'habitation

Les propriétaires occupants sont **un couple avec deux enfants**.

La maison comporte 2 niveaux et des combles non aménagés :

- **Rez-de-chaussée** : 1 garage, 1 cellier, 1 pièce de vie et 1 hall d'entrée avec escalier conduisant à l'étage ;
- **Étage** : 2 chambres, 1 bureau, 1 séjour, 1 cuisine, 1 salle-de-bain et WC.

Le chauffage est produit par des radiateurs à eau chaude situés dans les pièces de vie (hors garage et cellier). La chaudière est dans le garage. La ventilation est « simple-flux », avec bouches d'extraction dans la cuisine, WC, salle de bain. Les fenêtres des pièces de vie ont des entrées d'air.

- **Valeur vénale du bien (VVB) :** 250 000 €
- **Obligation de travaux :** 20 000 € (travaux limités à 10 % de la VVB plafonnés à 20 000 €).





Le diagnostic

Le diagnostic a permis de décrire la construction de l'habitation et d'apprécier sa vulnérabilité.

Diagnostic vis-à-vis des effets de surpression :

- **Murs** en parpaings : (**non vulnérable**) ;
- **Charpente bois** de pente inférieure à 25° avec couverture en tuile (**non vulnérable**) ;
- **Fenêtres** : Le diagnostic a permis de préciser l'orientation des façades et les dimensions des menuiseries (**vulnérable**).

Diagnostic vis-à-vis des effets toxiques :

Le diagnostic est établi en considérant le choix final du local de confinement fait par les propriétaires : le bureau situé à l'étage est en situation « abritée » du site industriel : n50 prescrit = 5,4 vol/h.

Variante 1 :

Le diagnostic établi par ailleurs à l'aide des informations transmises par les services de l'Etat que les effets toxiques et les effets de surpression sont des effets combinés indépendants.

Variante 2 :

Le diagnostic établi par ailleurs, à l'aide des informations transmises par les services de l'Etat, que le bâtiment est soumis à des effets combinés concomitants toxique et surpression. Dans ce cas, il est recommandé de réaliser une étude spécifique afin de déterminer le n50 cible tenant compte d'une dégradation potentielle de l'enveloppe du bâtiment (menuiserie) du fait des effets de surpression. À défaut, il peut être considéré que la dégradation de l'enveloppe conduit à considérer le local de confinement comme étant exposé au site industriel quel que soit sa position dans le bâtiment. Ainsi l'objectif cible est n50=1,6 vol/h.

Une mesure réalisée indique, en l'état de la pièce, son niveau de perméabilité à l'air actuel : n50 = 7,2 vol/h.

Le diagnostic fait ressortir des défauts d'étanchéité à l'air de l'enveloppe de la pièce, suivant un degré d'importance :

- fuites importantes au niveau de la fenêtre ;
- fuites moyennes au niveau de la jonction du plancher sur les 3 cloisons périphériques intérieures ;
- fuites légères à des traversées des cloisons salle de bain et chambre ;
- fuites assez importantes au débouché de gaine d'éclairage au plafond ;
- fuites très légères aux blocs de commandes électriques (prises et interrupteurs) ;
- la porte d'accès à la pièce n'est pas étanche à l'air et est détalonnée pour permettre la ventilation de pièce à pièce.



... Étude cas 08 - Risque surpression et toxique

Le diagnostic liste les travaux suivants :

Vis-à-vis des effets de surpression

- **Menuiseries** : Remplacement (Fiche **Men.06**).

Vis-à-vis des effets de toxiques

1. Arrêt des flux d'air volontaires

- mettre en place un arrêt coup de poing de la ventilation dans la pièce de confinement (le tableau électrique est dans le garage) (voir fiche **Equip.01**) ;
- mettre en place des entrées d'air obturables à la place de celles existantes de la maison (2 au RdC et 6 à l'étage) (voir fiche **Equip.02**) ;
- mettre des clapets automatiques sur les gaines de ventilation et sur les extractions (cuisine, WC et salle de bain) (voir fiche **Equip.03**) ;
- mettre un dispositif d'arrêt sur l'extraction de la hotte de cuisine (voir fiche **Equip.05**).

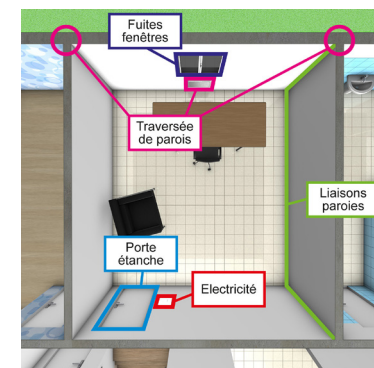
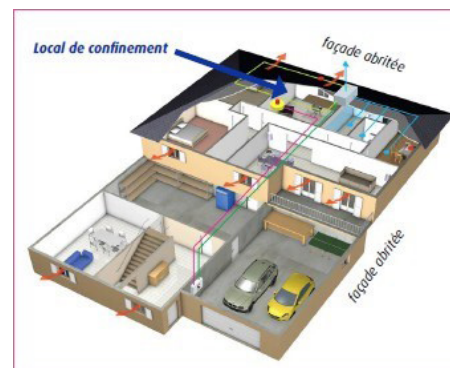
2. Renforcement du local de confinement

Travaux prioritaires :

- renforcer l'étanchéité à l'air de la porte (voir fiche **Port.02**) ;
- mettre une grille obturable sur la porte (voir fiche **Equip.04**).

Travaux non hiérarchisés :

- améliorer l'étanchéité de la fenêtre ou remplacement de la fenêtre (voir fiche **Men.07**)
- colmater les traversées de parois (voir fiche **Par.02**)
- colmater les fuites linéaires sol / cloisons (voir fiche **Par.03**)
- boucher les gaines électriques / boîtiers (voir fiche **Equip.06**)





Sélectionner les travaux adéquats dans le référentiel

Le choix des travaux de renforcement est réalisé par le maître d'ouvrage en fonction de ses attentes, dans l'objectif d'une protection complète en adéquation avec les opportunités de travaux combinés. **En lien avec un professionnel du bâtiment, les travaux possibles de renforcement sont étudiés en fonction de leur mise en œuvre possible sur l'habitation, leur coût et les attentes des propriétaires :**

Synthèse

- **Travaux sur menuiseries (vis-à-vis des effets de surpression) :** 24 000 à 30 000 €

Remplacement de l'ensemble des 10 fenêtres vis-à-vis des effets de surpression par des fenêtres à ouverture à la française à 2 vantaux, de dimensions entre tableaux de 1,20 m x 1,40 m posées en tunnel et constituées de :

- double vitrage feuilleté 44.2/8/44.2 ;
- parclose résistante à un effort linéique de 19 kN/m ;
- système de fermeture individuelle des ouvrants à renvoi d'angle avec gâches métalliques de sécurité anti-décrochement et galets champignon et de paumelles munies d'un système anti-dégondage et vissées dans les dormants et les battants – Nombre de points de condamnations = 10 + résistance à un effort de 6.6 kN ;
- châssis en acier respectant les caractéristiques suivantes :
 - ouvrant : Inertie > $2,80 \times 10^{-8} \text{ m}^4$, module d'inertie > $4,00 \times 10^{-6} \text{ m}^3$;
 - dormant : épaisseur (e) x largeur du profilé (h) > $2,80 \times 10^{-5} \text{ m}^2$.
- Celles-ci seront fixées dans le mur de maçonnerie par 20 points de fixation. La visserie sera résistante à un effort de cisaillement de 3,7 kN.
- **Travaux vis-à-vis des effets toxiques :** 2 000 à 3 500 €
 - Travaux sur la ventilation :
 - mise en œuvre d'arrêt rapide de la ventilation ;
 - mise en œuvre de 8 entrées d'air obturables ;
 - mise en œuvre d'un clapet sur la hotte de cuisine ;
 - mise en œuvre de 3 clapets sur les gaines de ventilation.
 - Travaux de renforcement de l'étanchéité à l'air du local de confinement :
 - améliorer l'étanchéité de la fenêtre (voir ci-dessus) (Variante 1) / Remplacer la fenêtre (Variante 2)
 - Colmatage des fuites linéaires sol / cloisons
 - Colmatage des traversées de parois
 - Colmatage des gaines électriques / boîtiers
 - Renforcement de l'étanchéité à l'air de la porte
 - Pose d'une grille obturable sur la porte.

Total du coût des travaux de renforcement : 25 000 à 33 500 €



... Étude cas 08 - Risque surpression et toxique

Variante 1 : Effets combinés indépendants

Le coût total des travaux de renforcement dépassant le seuil de prescription, le propriétaire a soit la possibilité d'aller au-delà et de réaliser l'ensemble des travaux ou de faire un choix dans les travaux listés. Différentes stratégies de hiérarchisation peuvent lui être proposées dans le cadre du diagnostic. 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. Ci-dessous quelques exemples.

Cas 1 – se protéger en priorité face à l'effet toxique, protéger le local et la façade la plus exposée vis-à-vis des effets de surpression

Le propriétaire fait le choix de se protéger en priorité face à l'effet toxique. Il décide donc de réaliser l'ensemble des travaux relatifs à la ventilation et au renforcement de l'étanchéité à l'air du local de confinement

Il décide également de se protéger en partie vis-à-vis des effets de surpression en remplacement la menuiserie du local de confinement, dans lequel ils se rendront en cas d'alerte, par une menuiserie adaptée aux effets de surpression ainsi que 5 des 6 fenêtres sur la façade la plus exposée aux effets de surpression (fenêtre du hall d'entrée non renforcée).

Cas 2– se protéger en priorité face à l'effet toxique et protéger le logement vis à vis d'un effet de surpression d'intensité moindre

Le propriétaire fait le choix de se protéger en priorité face à l'effet toxique. Il décide donc de réaliser l'ensemble des travaux relatifs à la ventilation et au renforcement de l'étanchéité à l'air du local de confinement.

Il décide par ailleurs de protéger son logement pour faire face à une intensité moindre (20-50 mbar) vis-à-vis des effets de surpression en remplaçant la fenêtre du local de confinement (ce qui améliorera encore davantage l'étanchéité de celui-ci face aux effets toxiques), de remplacer les panneaux vitrés des fenêtres qui le nécessite et en posant un film de sécurité anti-explosion sur les autres menuiseries.

Cas 3 – améliorer en priorité la protection face aux effets de surpression en tenant compte de l'usage du bâtiment

Le propriétaire fait le choix d'améliorer en priorité la façade exposée aux effets de surpression. Le coût total des travaux dépassant toutefois le seuil des 20 000 euros, il décide pour cet effet de prioriser les travaux sur les espaces de vie principaux du logement. Ainsi il décide de remplacer l'ensemble des fenêtres de la pièce à vivre du RDC, la cuisine, le séjour, la chambre de l'enfant et le bureau à l'étage. Les menuiseries de l'entrée, de la salle de bain et de la chambre parentale ne sont pas renforcées et l'habitation ne dispose pas de local de confinement.

Cas 4 – Réalisation de la totalité des travaux de renforcement

Le couple décide de se protéger totalement vis à vis des risques et réalise l'ensemble des travaux de renforcement, au-delà des 20 000 euros. Les aides pour les travaux seront financées à la hauteur de 20 000 euros.



Variante 2 : Effets combinés concomitants

Le coût total des travaux de renforcement dépassant le seuil de prescription, le propriétaire a soit la possibilité d'aller au-delà et de réaliser l'ensemble des travaux ou de faire un choix dans les travaux listés. Différentes stratégies de hiérarchisation peuvent lui être proposées dans le cadre du diagnostic. 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. Ci-dessous trois exemples possibles.

Cas 1 – se protéger en priorité face à l'effet toxique et améliorer la protection vis-à-vis de l'effet de surpression au regard de l'usage du logement

Le propriétaire fait le choix de se protéger en priorité face à l'effet toxique. Il décide donc de réaliser l'ensemble des travaux relatif à la ventilation et au renforcement de l'étanchéité à l'air du local de confinement et de remplacer la menuiserie du local de confinement par une menuiserie adaptée aux effets de surpression afin d'assurer l'étanchéité du local face au nuage toxique en cas d'accident industriel. L'ensemble des travaux permettant d'atteindre le n50 cible associé à une dégradation potentielle de l'étanchéité de l'enveloppe du bâtiment par l'effet de surpression.

Les espaces tels que la pièce à vivre du RDC, le séjour de l'étage, la chambres de l'enfant et le bureau à l'étage étant les espaces de vie principaux du logement, le propriétaire décide de remplacer les menuiseries de ces pièces par des menuiseries adaptées pour faire face aux effets de surpression. Aucun renforcement n'est fait sur les autres menuiseries. L'ensemble de ces travaux sont réalisés pour le seuil des 20 000 euros.

Cas 2 – se protéger en priorité face à l'effet toxique et protéger le reste du logement vis à vis d'un effet de surpression d'intensité moindre

Le propriétaire fait le choix de se protéger en priorité face à l'effet toxique. Il décide donc de réaliser l'ensemble des travaux relatif à la ventilation et au renforcement de l'étanchéité à l'air du local de confinement et de remplacer la menuiserie du local de confinement par une menuiserie adaptée aux effets de surpression afin d'assurer l'étanchéité du local face au nuage toxique en cas d'accident industriel. L'ensemble des travaux permettant d'atteindre le n50 cible associé à une dégradation potentielle de l'étanchéité de l'enveloppe du bâtiment par l'effet de surpression.

Pour compléter les travaux dans la limite des 20 000 euros, il décide de protéger le reste de son logement pour faire face à une intensité moindre (20-50 mbar) vis-à-vis des effets de surpression en remplaçant les panneaux vitrés qui le nécessite et en posant un film de sécurité anti-explosion sur les autres menuiseries.

Cas 3 – Réalisation de la totalité des travaux de renforcement

Le couple décide de se protéger totalement vis à vis du risque et réalise l'ensemble des travaux de renforcement, au-delà des 20 000 euros. Les travaux seront financés à la hauteur de 20 000 euros

Janvier 2022

Direction générale de la prévention des risques
Service des risques technologiques

**Direction générale de l'aménagement,
du logement et de la nature**
**Sous-direction de la qualité et du
développement durable dans la construction**

92055 La Défense Cedex
Contacts : travaux-pprt@developpement-durable.gouv.fr

