

GUIDE PPRT

Complément technique

relatif à

l'effet toxique

Version 1.1

(Addendum n°1 et Mise à jour de la version 1.0 du 08 juillet 2008)



03 octobre 2013

Version 1.0 (juillet 2008)

Ce document a été réalisé sous la maîtrise d'ouvrage de la Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques du ministère de L'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire (MEEDDAT/DGPR) : Cédric Bourillet, Fabrice Arki et Christian Venet.

Il a été coordonné par le Certu (Jacques Salager), avec la participation des contributions :

- du CETE de Lyon (Gaëlle Guyot, François-Rémi Carrié) pour les aspects étanchéité à l'air des bâtiments et modélisation des échanges aérauliques,
- de l'INERIS (Guillaume Chanteneuve, Frédéric Antoine) pour les aspects dispersion atmosphérique de produits toxiques et toxicité des produits.

Nous remercions l'ensemble des personnes ayant également contribué à la réalisation de ce dossier par leurs observations, compléments ou fourniture de données : Sylvie Vigneron (Certu), Daniel Limoges (CETE de Lyon), Maryline Crovoisier et Fabien Masson (Driré Midi-Pyrénées, Rémy Bouet (INERIS).

Version 1.1

Le document initial a été conçu en vue de proposer aux services instructeurs une démarche de définition de prescriptions applicables sur le bâti, neuf ou existant, pour protéger les personnes exposées à des aléas toxiques, dans le cadre de l'élaboration des PPRT.

Aujourd'hui des PPRT sont approuvés, nombre sont en cours d'études pour leur approbation prochaine. Le « Complément technique relatif à l'effet toxique » est ainsi devenu un document de référence pour les bureaux d'études et toute personne devant réaliser des mesures de protection contre le risque toxique dans des bâtiments situés dans des zones de prescriptions ou de recommandations de ces PPRT opposables. Son emploi dépasse le cadre même de son usage initial à destination des seuls services de l'État, pour la définition de prescriptions.

Par ailleurs, l'expérience du CETE de Lyon en matière de perméabilité à l'air des bâtiments, renforcée depuis par les nombreuses études qu'il a menées ou suivies sur le sujet, l'ont amené à relever, dans ce document, des points nécessitant d'être redéfinis ou précisés.

La réglementation thermique 2012 (RT 2012) entrée en totale application au 01/01/2013, a induit des évolutions dans la perméabilité à l'air des bâtiments qui sont construits sous cette nouvelle réglementation.

Ces considérations ont amené le CETE de Lyon (PCI Risque toxique), sous la maîtrise d'ouvrage de la Direction Générale de la Prévention des Risques du ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE/DGPR), à établir des modifications au document d'origine. Ces modifications et précisions ont fait l'objet d'un addendum n°1 en date du 3 octobre 2013 rédigé par le CETE de Lyon (Gaëlle Guyot et Pierre Planet).

La présente version 1.1 du « Complément technique – Effet toxique » est une version consolidée du document initial intégrant cet addendum n°1, pour disposer d'un document unique approprié.

Octobre 2013

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| Préambule..... | 9 |
| 1. Présentation du complément technique toxique..... | 11 |
| 1.1. Démarche d'étude préconisée..... | 11 |
| 1.2. Coordination PPRT/PPI/PCS..... | 11 |
| 1.3. Limites du complément technique..... | 12 |
| 2. Rappels sur les principes de protection des personnes vis-à-vis de l'effet toxique..... | 13 |
| 2.1. L'aléa toxique..... | 13 |
| 2.2. Le confinement..... | 13 |
| 2.3. Objectif de performance assigné au dispositif de protection..... | 14 |
| 3. Conditions d'application du présent complément toxique..... | 15 |
| 3.1. Concomitance d'effets..... | 15 |
| 3.2. Rappel des principes de réglementation du guide PPRT..... | 16 |
| 3.3. Démarche de caractérisation du confinement..... | 17 |
| 4. Caractérisation du phénomène dangereux dimensionnant..... | 19 |
| 4.1. Rappels sur la caractérisation des aléas..... | 19 |
| 4.2. Identification des phénomènes dangereux toxiques impactant chaque zone d'aléa toxique..... | 20 |
| 4.3. Recherche du phénomène dangereux le plus contraignant..... | 20 |
| 4.3.1. Nuage toxique conventionnel | 21 |
| 4.3.2. Calcul du « taux d'atténuation cible » de chaque produit..... | 22 |
| 4.3.3. Phénomène dangereux et « taux d'atténuation cible » dimensionnant..... | 23 |
| 4.3.4. Recherche des « concentrations seuils »..... | 23 |
| 5. Caractérisation du bâti..... | 25 |
| 5.1. Protection assurée par le bâti..... | 25 |
| 5.2. Caractéristiques ayant une influence sur le confinement..... | 25 |
| 5.2.1. La géométrie du bâtiment..... | 26 |
| 5.2.2. La perméabilité de l'enveloppe du bâtiment..... | 26 |
| 5.2.3. L'usage du bâtiment | 26 |

| | |
|--|-----------|
| 5.3. Typologie et méthode de calcul..... | 27 |
| 5.4. Bâtiments neufs et Réglementation thermique 2005 (RT 2005)..... | 30 |
| 5.5. Prise en compte d'une perméabilité à l'air mesurée..... | 31 |
| 5.6. Ventilation du bâtiment..... | 31 |
| 5.7. Appareils de chauffage à combustion dans les bâtiments..... | 31 |
| 6. Caractérisation du confinement : cas des bâtiments résidentiels..... | 33 |
| 6.1. Identification du local de confinement..... | 33 |
| 6.1.1. Évaluation du nombre de personnes à confiner..... | 33 |
| 6.1.2. Nombre de locaux..... | 33 |
| 6.1.3. Dimensions..... | 34 |
| 6.1.4. Localisation..... | 34 |
| 6.1.4.1. Caractérisation des façades..... | 34 |
| 6.1.4.2. Position du local de confinement..... | 34 |
| 6.2. Dispositions techniques générales..... | 35 |
| 6.2.1. Dispositions applicables à l'enveloppe du bâtiment..... | 35 |
| 6.2.1.1. Limitation des flux d'airs volontaires pendant la crise..... | 35 |
| 6.2.1.2. Perméabilité de l'enveloppe du bâtiment..... | 36 |
| 6.2.1.3. Sas d'entrée dans le bâtiment..... | 36 |
| 6.2.1.4. Chauffage du bâtiment..... | 36 |
| 6.2.2. Dispositions applicables au local de confinement..... | 37 |
| 6.2.2.1. Porte d'accès au local de confinement..... | 37 |
| 6.2.2.2. Équipements contre-indiqués dans les locaux de confinement..... | 37 |
| 6.2.3. Dispositions complémentaires..... | 37 |
| 6.2.3.1. Sas d'entrée dans le local..... | 37 |
| 6.2.3.2. Matériel à prévoir dans le local de confinement..... | 37 |
| 6.2.3.3. Sanitaires dans le local..... | 38 |
| 6.2.3.4. Point d'eau dans le local de confinement..... | 39 |
| 6.3. Détermination de la perméabilité à l'air du local de confinement..... | 39 |
| 6.3.1. Choix d'un abaque..... | 39 |
| 6.3.1.1. Typologie de bâtiment..... | 39 |
| 6.3.1.2. Exposition du local par rapport au site industriel..... | 40 |
| 6.3.1.3. Choix des conditions atmosphériques..... | 40 |
| 6.3.2. Utilisation des abaques..... | 40 |
| 6.3.3. Interprétation des résultats..... | 41 |
| 6.3.3.1. Précision de la valeur de perméabilité à l'air..... | 41 |
| 6.3.3.2. Cas d'un niveau de protection requis très élevé..... | 41 |
| 6.3.3.3. Cas d'un niveau de protection requis faible..... | 42 |
| 6.3.3.4. Gradation des dispositions constructives et valeur de perméabilité à l'air..... | 42 |

| | |
|--|-----------|
| 6.4. Mesure de perméabilité à l'air du local après travaux..... | 43 |
| 7. Caractérisation du confinement : cas d'un bâtiment non résidentiel..... | 45 |
| 7.1. Identification du local de confinement..... | 45 |
| 7.1.1. Évaluation du nombre de personnes à confiner..... | 45 |
| 7.1.2. Nombre de locaux..... | 46 |
| 7.1.3. Dimensions..... | 46 |
| 7.1.4. Localisation..... | 46 |
| 7.1.4.1. Caractérisation des façades..... | 46 |
| 7.1.4.2. Position du local de confinement..... | 47 |
| 7.2. Dispositions techniques générales..... | 48 |
| 7.2.1. Dispositions applicables à l'enveloppe du bâtiment..... | 48 |
| 7.2.1.1. Limitation des flux d'airs volontaires pendant la crise..... | 48 |
| 7.2.1.2. Perméabilité à l'air de l'enveloppe du bâtiment..... | 49 |
| 7.2.1.3. Sas d'entrée des bâtiments..... | 49 |
| 7.2.1.4. Chauffage du bâtiment..... | 49 |
| 7.2.2. Dispositions applicables au local de confinement..... | 50 |
| 7.2.2.1. Portes d'accès aux locaux de confinement..... | 50 |
| 7.2.2.2. Aménagement de sanitaires avec accès sécurisé depuis le local | 50 |
| 7.2.2.3. Point d'eau..... | 51 |
| 7.2.2.4. Équipements contre-indiqués dans les locaux de confinement..... | 51 |
| 7.2.3. Dispositions complémentaires..... | 51 |
| 7.2.3.1. Sas d'entrée pour le local de confinement..... | 51 |
| 7.2.3.2. Matériel à prévoir dans le local de confinement..... | 51 |
| 7.3. Perméabilité à l'air du local de confinement : cahier des charges pour une étude spécifique | 52 |
| 7.3.1. But de l'étude spécifique et rendus attendus..... | 53 |
| 7.3.2. Choix de l'outil de modélisation (hypothèses figées)..... | 53 |
| 7.3.3. Choix des données d'entrée (hypothèses non figées)..... | 54 |
| 7.3.3.1. La représentation géométrique du bâtiment..... | 54 |
| 7.3.3.2. Valeurs de perméabilité à l'air de l'enveloppe du bâtiment..... | 55 |
| 7.3.3.2.1. Calcul standard..... | 55 |
| 7.3.3.2.2. Calcul sur mesure..... | 55 |
| 7.3.3.3. Conditions extérieures..... | 56 |
| 7.4. Mesure de perméabilité à l'air | 56 |
| 7.4.1. Mesure de perméabilité à l'air de l'enveloppe du bâtiment..... | 56 |
| 7.4.2. Sur le local de confinement après travaux..... | 57 |

| | |
|---|-----------|
| 8. Recommandations comportementales..... | 59 |
| 8.1. Un point impératif : le maintien effectif du rôle tampon de l'enveloppe de bâtiment..... | 59 |
| 8.2. Gérer les moments les plus sensibles de l'alerte, via le plan de confinement | 60 |
| 8.3. Les différentes étapes chronologiques : la fiche de consignes..... | 60 |

ANNEXES

| | |
|---|-----------|
| Annexe A – Rappels et précisions sur les aléas toxiques..... | 65 |
| 1. Rappel du guide PPRT..... | 65 |
| 2. Compléments sur les phénomènes toxiques..... | 66 |
| 2.1. Conditions de rejet..... | 67 |
| 2.2. Conditions météorologiques..... | 68 |
| 2.3. Seuils liés à la toxicité des rejets..... | 70 |
| 2.4. Temps d'arrivée d'un nuage toxique..... | 71 |
| 2.5. Cas particulier des phénomènes combinés..... | 72 |
| Annexe B – Techniques de confinement..... | 73 |
| Deux types de confinement complémentaires..... | 73 |
| Le confinement non-structurel..... | 73 |
| Le confinement structurel..... | 75 |
| Annexe C - La perméabilité à l'air..... | 77 |
| 1. Définition et indicateurs..... | 77 |
| 2. Perméabilités constatées..... | 78 |
| 2.1. État du parc actuel de logements..... | 78 |
| 2.2. État du parc actuel de bâtiments non résidentiels..... | 79 |
| 2.3. Référentiels de la perméabilité à l'air..... | 79 |
| 2.4. Grille d'appréciation qualitative de la perméabilité à l'air..... | 81 |
| 3. En pratique : comment atteindre l'objectif de perméabilité pour les locaux de confinement ? | 82 |
| 3.1. Éléments de retour d'expérience..... | 82 |
| 3.2. Pour une construction neuve..... | 82 |
| 3.3. Pour une construction existante..... | 82 |
| Annexe D – Éléments de détermination pratiques du calcul des taux d'atténuation, et application à la perméabilité à l'air dans les bâtiments résidentiels..... | 83 |
| 1. Éléments issus de la caractérisation des aléas..... | 83 |
| 1.1. Liste des phénomènes dangereux toxiques impactant chaque zone d'aléa toxique..... | 83 |
| 1.2. Détermination du taux d'atténuation cible..... | 83 |

| | |
|--|------------|
| 2. Détermination de la perméabilité maximale requise dans les bâtiments résidentiels..... | 86 |
| Annexe E – Abaques applicables aux bâtiments résidentiels « standards »..... | 89 |
| Annexe F – Abaques applicables aux bâtiments résidentiels en application de la RT 2012 | 103 |
| Annexe G - Aménagement d'un local de confinement | 111 |
| 1. Pour viser une bonne étanchéité à l'air du local de confinement et de l'enveloppe du bâtiment..... | 111 |
| 1.1. Menuiseries extérieures et du local de confinement..... | 112 |
| 1.2. Trappes et éléments traversant les parois | 113 |
| 1.3. Équipements électriques..... | 113 |
| 1.4. Liaisons entre parois..... | 114 |
| 2. Autres travaux pour l'efficacité et l'opérationnalité du confinement..... | 114 |
| 3. Équipement du local : prévoir aussi la vie dans le local pendant l'alerte..... | 115 |
| 4. Inciter à l'appropriation du local de confinement par les utilisateurs..... | 116 |
| 5. Estimation financière des prestations..... | 116 |
| 5.1. Coûts globaux estimés par type de bâtiment, y compris conseil, maîtrise d'œuvre, et mesure d'étanchéité..... | 117 |
| 5.2. Estimation Financière par prestation | 117 |
| Annexe H – Obturation des entrées d'air des systèmes de ventilation..... | 120 |
| Annexe I – Précisions sur les études de confinement..... | 124 |
| Annexe J – Bibliographie..... | 126 |

Préambule

Instaurés par la loi « Risques » du 30 juillet 2003, les plans de prévention des risques technologiques (PPRT) ont pour objectif de protéger les populations du risque industriel par une maîtrise de l'urbanisation autour des sites à risques et la réduction de la vulnérabilité des enjeux exposés.

A l'intérieur du périmètre d'exposition aux risques, le PPRT :

- ◆ réglemente la réalisation d'aménagements ou d'ouvrages, la construction ou l'extension des constructions existantes en les interdisant ou en les subordonnant au respect de prescriptions,
- ◆ prescrit des mesures de protection des populations face aux risques encourus, relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions régulièrement autorisées et devenues définitives.
- ◆ définit des recommandations tendant à renforcer la protection des populations face aux risques encourus.

Le guide méthodologique PPRT précise la mise en œuvre pratique de la procédure d'élaboration d'un PPRT. Pour chacun des trois types d'effet, il précise, en particulier, les dispositions prévues par la loi pour la maîtrise de l'urbanisation future et les mesures physiques à appliquer sur le bâti existant en fonction du niveau d'aléa. Il précise les principes de réglementation, mais renvoie à des compléments techniques la définition des prescriptions applicables par type d'effet, ainsi que les objectifs de performance devant être atteints.

Parmi les trois types d'effets pouvant être générés par un site industriel, le risque toxique est particulier dans la mesure où les individus ne sont pas aptes à juger par eux-mêmes de l'importance du danger.

Le présent complément technique propose une démarche de définition de prescriptions applicables sur le bâti, neuf ou existant, dans le but de protéger les personnes exposées de l'aléa toxique.

Les prescriptions doivent être adaptées au niveau d'aléa toxique auquel sont soumis les enjeux.

Elles ont vocation à être inscrites dans le règlement du PPRT.

Le présent document est une version consolidée de la version 1.0 du 8 juillet 2008, intégrant l'addendum n° 1 du 3 octobre 2013.

1. Présentation du complément technique toxique

1.1. Démarche d'étude préconisée

Pour chacune des zones du périmètre d'étude pour laquelle le guide PPRT propose une mesure de confinement, la démarche propose de décrire les composantes d'un dispositif de confinement capable de protéger les personnes qui s'y réfugient en attendant la fin de l'alerte ou une évacuation sécurisée par les services de secours.

A cette fin, la démarche se décompose en plusieurs étapes :

- Détermination du phénomène dangereux dimensionnant, c'est à dire le plus contraignant des phénomènes dangereux générés par le site, vis-à-vis de la protection des personnes,
- Caractérisation du bâti, par ensemble homogène, afin d'évaluer la protection « de base » apportée par la construction seule,
- Identification du local de confinement et définition des dispositions techniques générales lui permettant d'assurer le rôle de local de confinement,
- Calcul de la perméabilité à l'air du local de confinement nécessaire pour atteindre l'objectif de performance,
- Transcription des résultats sous forme de prescriptions adaptées,
- Énoncé de recommandations de comportement à mettre en œuvre préalablement à la crise, pendant la crise et après la crise. Les recommandations générales présentées dans ce document devront être débattues et validées avec les autorités communales (PCS) et les services de secours (PPI).

Une méthode simplifiée d'application de cette démarche est décrite dans ce document pour les bâtiments à usage d'habitation.

Pour les bâtiments autres que les bâtiments à usage d'habitation, bâtiments et usages dont les caractéristiques sont toujours spécifiques, le présent complément propose une démarche d'analyse à mettre en œuvre dans le cadre d'une étude spécifique.

1.2. Coordination PPRT/PPI/PCS

Les prescriptions et recommandations que le PPRT peut édicter sur le bâti sont de nature structurelle.

Or, l'efficacité des éléments structurels du bâti pour se protéger du risque industriel toxique peut être améliorée très sensiblement par des comportements à mettre en œuvre en période de crise.

Toutefois, le PPRT ne peut, à lui seul, ni prescrire, ni recommander des règles comportementales. C'est en effet le PPI qui prévoit l'organisation et l'intervention des secours lorsqu'un accident est susceptible d'avoir des effets au-delà de l'enceinte de l'établissement. En particulier, il prescrit les mesures d'information et de protection au profit des populations et, le cas échéant, les schémas d'évacuation de celle-ci. Il peut donc proposer des règles de comportement à mettre en œuvre en cas d'accident.

Les services de secours peuvent trouver avantage à la prescription et à la recommandation de certaines mesures structurelles concernant le bâti, notamment lorsque ces mesures sont de nature à amoindrir ou à retarder les effets sur les personnes.

Ainsi, la prescription de création d'un local de confinement dans le cadre du PPRT devra être considérée comme un outil au service de la politique de secours. Un local de confinement doit être considéré comme une aide apportée par le PPRT aux responsables des secours. Il permettra aux personnes exposées d'attendre, dans un lieu isolé, la fin de l'alerte ou l'arrivée des secours chargés de les évacuer.

Dès lors, la prescription d'un dispositif de confinement dans le cadre du PPRT ne peut être considérée isolément du plan de secours. Sa pertinence devra être évaluée non seulement en fonction de l'adéquation de sa performance au risque potentiel mais aussi en lien avec les services de secours dans le cadre du PPI.

De même, les recommandations comportementales ont vocation à figurer dans les documents d'information préventive, en particulier le PCS. La coordination avec les autorités communales est donc également indispensable avant toute inscription dans le règlement du PPRT.

1.3. Limites du complément technique

Ce guide n'a pas pour vocation de décrire avec précision les techniques de construction ou les matériaux à utiliser pour atteindre un niveau de performance déterminé. Il se limite aux principes à mettre en œuvre pour créer un confinement et aux modalités de calcul de l'objectif de performance à atteindre en terme de perméabilité à l'air.

Il peut être complété par les documents relatifs à l'étanchéité à l'air et au confinement, notamment ceux édités par le CETE de Lyon (voir bibliographie en Annexe J).

2. Rappels sur les principes de protection des personnes vis-à-vis de l'effet toxique

2.1. L'aléa toxique

La seule manifestation de l'aléa toxique susceptible d'avoir une incidence sur les populations exposées à l'extérieur du site, est la dispersion atmosphérique avec création d'un nuage toxique. En effet, les autres risques, ingestion ou contact cutané avec une substance toxique, ne concernent que les salariés de l'installation directement exposés.

Contrairement à d'autres effets, l'aléa toxique ne peut être qualifié indépendamment de la substance dispersée, par une valeur unique de concentration de polluant dans un nuage toxique. En effet, le(s) gaz dispersé(s) suite à la réalisation d'un phénomène dangereux, n'ont pas tous, à concentration égale, les mêmes effets sur l'être humain.

Pour chaque substance ou mélange, les concentrations à partir desquelles apparaissent les effets irréversibles, les effets létaux ou létaux significatifs, sont des seuils représentatifs de la toxicité d'un produit, ou d'un mélange.

Trois seuils sont définis par l'arrêté du 29 septembre 2005 « arrêté PCIG » :

- le seuil des effets irréversibles (SEI) délimite la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine ».
- le seuil des effets létaux (SEL) délimite la « zone des dangers graves pour la vie humaine ». Ce seuil correspond à une concentration létale pour 1% des personnes exposées (CL 1%).
- le seuil des effets létaux significatifs (SELS) délimite la « zone des dangers très graves pour la vie humaine ». Ce seuil correspond à une concentration létale pour 5% des personnes exposées (CL 5%).

2.2. Le confinement

Le confinement est la solution technique proposée dans le cadre des 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. Adaptation de la perméabilité à l'air du local de confinement au phénomène dangereux le plus contraignant susceptible d'impacter le bâtiment,
3. Mise en œuvre d'autres dispositions techniques permettant au local de confinement d'atteindre ou de conserver sa pleine efficacité pendant la durée du confinement, et de permettre aux personnes exposées de surmonter la crise dans des conditions optimales (installation d'un système de coupure de ventilation, sas d'entrée, etc...),
4. Définition de règles comportementales à respecter avant, pendant et après la crise.

2.3. Objectif de performance assigné au dispositif de protection

Les caractéristiques du local de confinement, conjuguées à celles du bâtiment dans lequel il se situe, devront garantir que le taux de renouvellement d'air du local de confinement est suffisamment faible pour maintenir la concentration en produit toxique dans le local, après 2 heures de confinement, en deçà de la concentration maximale admissible définie pour chaque produit toxique ou chaque mélange identifié. Cette concentration maximale admissible est définie égale au seuil des effets irréversibles pour une durée d'exposition de deux heures (SEI 2h). C'est une valeur propre à chaque produit ou mélange toxique.

La perméabilité à l'air du local de confinement devra être dimensionnée pour respecter l'objectif de performance face à la réalisation du « **phénomène dangereux le plus contraignant** ». Le phénomène dangereux le plus contraignant peut être défini comme étant celui qui présente le plus faible rapport entre la concentration maximale admissible à l'intérieur du local et la concentration du nuage toxique extérieur. Ce rapport, appelé « **taux d'atténuation** », devra être calculé pour chaque phénomène dangereux susceptible d'impacter l'enjeu. Le phénomène dangereux le plus contraignant, c'est à dire celui dont le taux d'atténuation est le plus faible, sera utilisé pour dimensionner la perméabilité du (des) local (locaux) de confinement. Les modalités de calcul sont précisées au paragraphe 4.3.2.

Dans certains cas précisés par la DGPR, il est possible de prendre en compte des hypothèses spécifiques utilisées pour le dimensionnement du dispositif de confinement.

Objectif de performance

Concentration dans le local après 2 heures de confinement, inférieure au seuil des effets irréversibles défini pour une durée d'exposition de 2 heures (SEI 2h) pour tout produit toxique susceptible de dispersion atmosphérique accidentelle.

3. Conditions d'application du présent complément toxique

En s'appuyant sur le guide méthodologique PPRT, les zones du périmètre d'étude dans lesquelles les constructions peuvent être autorisées sont définies durant la phase de stratégie du PPRT. Ces autorisations peuvent être assorties de prescriptions sur le bâti pour diminuer la vulnérabilité de celui-ci aux effets toxiques. De même, sont définis au niveau de la phase de stratégie, les principes de confinement à mettre en œuvre sur le bâti existant soumis à l'aléa toxique.

Seront arrêtées dans un premier temps, les zones du périmètre d'étude dans lesquelles il convient de fixer des prescriptions ou des recommandations conformément aux principes de réglementation figurant dans le tableau 30 (page 94) et le tableau 32 (page 96) du guide méthodologique PPRT (version oct. 2007).

Préalablement à la décision, l'avis des services de secours devra être sollicité sur les modalités de constructibilité et sur l'opportunité du confinement dans le secteur étudié. En effet, il convient de s'assurer de l'efficacité du confinement en s'assurant que deux heures après l'ordre de se confiner, une des deux options au moins sera réalisée :

- soit, l'alerte sera terminée, permettant alors aux personnes confinées de sortir et d'aérer le local de confinement,
- soit les services de secours auront terminé l'évacuation sécurisée des personnes confinées.

En tant que complément technique au guide méthodologique PPRT, le présent complément vient alors préciser les prescriptions techniques de réduction de la vulnérabilité du bâti vis-à-vis de l'effet toxique.

Pour les zones du périmètre PPRT soumises à prescriptions ou recommandations relatives à l'effet toxique, l'instructeur mettra en œuvre la démarche de caractérisation du confinement décrite dans les chapitres 4 à 8 du présent document.

3.1. Concomitance d'effets

Le présent complément technique traite des cas de concomitance avec des effets thermiques ou de surpression qui ne remettent pas en cause la structure du bâtiment et la protection des personnes aux intensités rencontrées.

Si les effets thermiques ou de surpression concomitants aux effets toxiques s'avéraient d'intensité telle que l'intégrité du bâtiment et du local de confinement ne soit pas assurée, l'étude et la mise en œuvre du confinement serait totalement inutile.

En cas de renforcement du bâti par rapport aux effets thermiques ou de surpression, il convient de s'assurer que les travaux mis en œuvre assurent également l'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment avant toute application du complément toxique.

S'il n'est pas possible d'assurer l'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment, une étude spécifique peut être mise en œuvre pour le calcul de l'étanchéité à l'air du local de confinement (cf chapitre 7.3). Cette étude considérera le bâtiment sans enveloppe. Il conviendra alors de vérifier que l'intégrité du local de confinement est assurée.

Par exemple si l'effet toxique est combiné avec une surpression détruisant les ouvertures vitrées, le confinement devra être calculé comme étant situé dans un bâtiment sans enveloppe et devra, par lui-même, résister à l'effet de surpression (absence de fenêtre).

Autre exemple : sur les secteurs où le filmage des vitres est suffisant pour faire face à l'effet de surpression, il conviendra d'envisager un filmage assurant également l'étanchéité à l'air des ouvertures traitées.

3.2. Rappel des principes de réglementation du guide PPRT

Le guide PPRT définit les principes de réglementation des zones exposées à l'aléa toxique en fonction du niveau d'aléa.

Dans les zones TF+ et TF, le principe d'interdiction stricte s'applique : aucune construction nouvelle n'est autorisée. Toutefois, la réalisation ou l'extension d'ouvrages techniques, indispensables aux activités ou industries déjà installées, peut être envisagée dans la mesure où la densité de personnel est faible, et sous réserve de prescriptions techniques : locaux de confinement.

Le bâti résidentiel existant est inscrit automatiquement en secteur d'expropriation possible en niveau d'aléa TF+ (modulable selon contexte local en niveau TF) et en secteur de délaissement possible en niveau d'aléa TF. L'inscription en secteur d'expropriation possible des activités est modulable dès le niveau TF+.

Il est rappelé qu'aucune prescription ne peut être imposée sur des biens existants inscrits dans un secteur d'expropriation possible.

Pour tous les locaux d'activités tolérés, la création de locaux de confinement avec obligation de performance est obligatoire, « même si cette mesure technique ne permet de faire face qu'à un aléa moins important ».

Dans les zones F+ et F, le principe d'interdiction prévaut également. Mais des aménagements ou des constructions indispensables au fonctionnement des activités existantes peuvent être tolérés dans la mesure où ils n'augmentent pas l'exposition au risque de la population. Les prescriptions de confinement sont obligatoires pour les activités autorisées.

Le bâti résidentiel existant est inscrit automatiquement en secteur de délaissement possible en niveau d'aléa F+ (modulable selon contexte local en niveau F). L'inscription en secteur de délaissement possible des activités est modulable dès le niveau F+.

Pour le bâti existant, établissements sensibles, ERP, locaux d'activités et d'habitation, la création de locaux de confinement avec obligation de performance est obligatoire.

Dans les zones M+, les constructions nouvelles sont autorisées de façon très limitative, sous réserve de prescriptions, dans deux cas : aménagement de constructions existantes non destinées à accueillir de nouvelles populations et construction, en faible densité, des dents creuses. A ce titre, les ERP et l'habitat collectif sont à proscrire. Toute autorisation de construction est assortie de prescriptions obligatoires de confinement.

Pour les locaux d'activité existants, la création de locaux de confinement avec obligation de performance est obligatoire.

Pour les établissements sensibles et les ERP existants, la prescription de création de locaux de confinement avec obligation de performance peut être adaptée en fonction du contexte local.

Les locaux d'habitation existants font l'objet quant à eux de recommandations de mise en œuvre de confinement.

Dans les zones M, les constructions nouvelles sont autorisées plus largement sous réserve de prescriptions, à l'exception des ERP difficilement évacuables.

Pour les locaux d'activité existants, la création de locaux de confinement avec obligation de performance est obligatoire.

Pour les établissements sensibles et les ERP existants, la prescription de création de locaux de confinement avec obligation de performance peut être adaptée en fonction du contexte local.

Les locaux d'habitation existants font l'objet quant à eux de recommandations de mise en œuvre de confinement.

Dans les zones Fai, les constructions nouvelles sont autorisées.

Des recommandations de mise en œuvre de confinement pour toute construction, neuve ou existante, implantée dans ces zones, seront précisées dans le PPRT.

3.3. Démarche de caractérisation du confinement

Dans les zones où une prescription ou une recommandation doit être formulée, conformément aux principes ci-dessus, le chargé d'étude devra caractériser le confinement selon la méthode du présent complément technique.

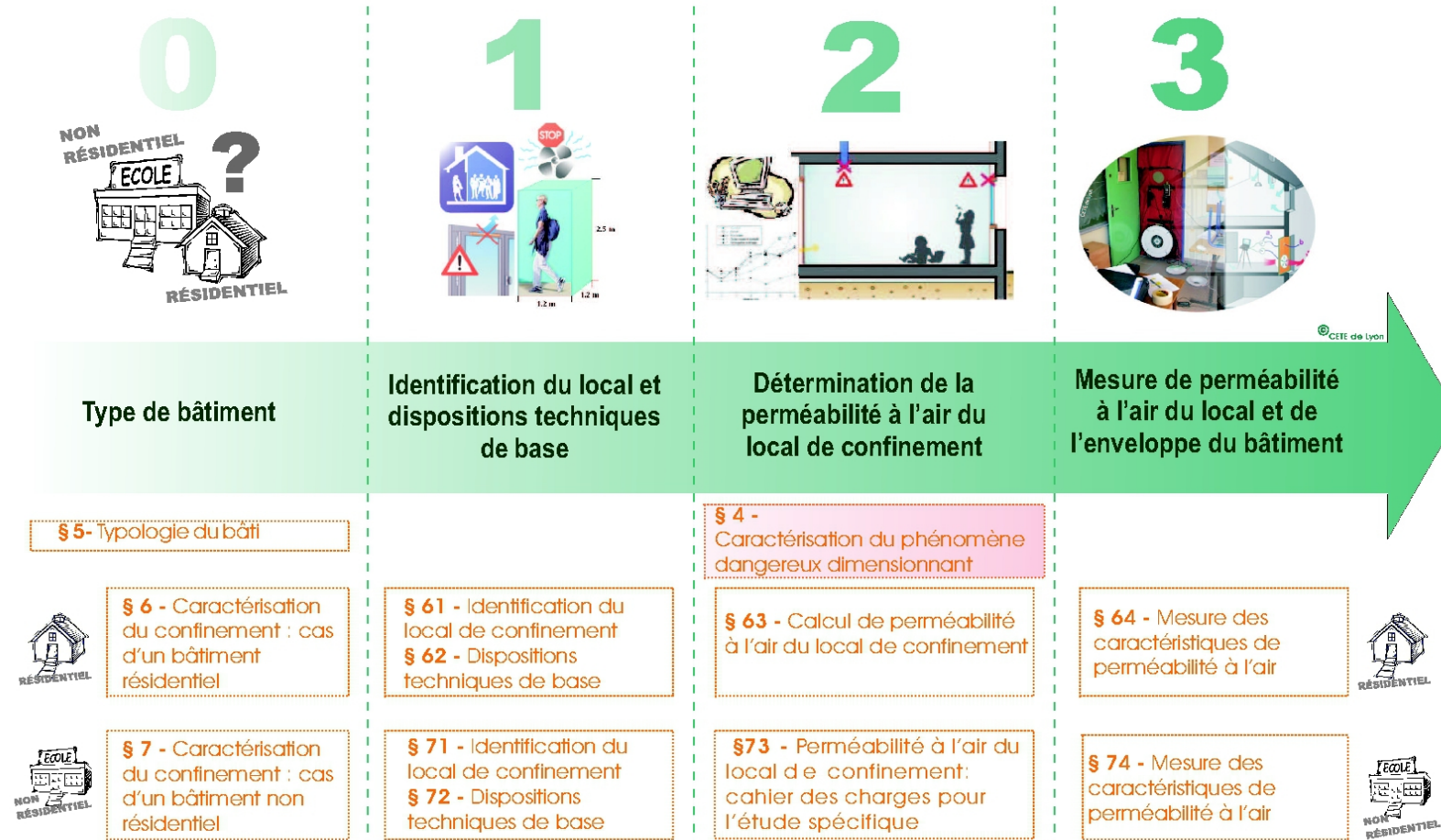
Il caractérisera le phénomène dangereux dimensionnant pour l'enjeu ou la zone étudié (chapitre 4).

Il caractérisera le bâtiment (chapitre 5).

Il définira les dispositions techniques générales, caractérisera le local de confinement et précisera les mesures à effectuer après travaux conformément au chapitre 6 pour les bâtiments résidentiels, ou au chapitre 7 pour les autres bâtiments.

Le schéma synoptique de la méthode de caractérisation du confinement illustre la démarche générale et précise, pour chaque type de bâtiment, les chapitres et paragraphes dans lesquels sont décrites les différentes étapes.

Schéma synoptique de la caractérisation du confinement



Les numéros de paragraphes correspondent au plan du Complément technique

4. Caractérisation du phénomène dangereux dimensionnant

Définir l'effet toxique dimensionnant impose de manipuler des informations relatives aux phénomènes dangereux toxiques susceptibles d'intervenir au niveau de l'installation et des concepts et données relatifs à la toxicité des produits. Cette analyse nécessite donc une collaboration étroite des instructeurs de PPRT (DRIRE et DDTM), éventuellement de l'exploitant et d'organismes spécialisés dans la connaissance et la caractérisation de produits toxiques (INERIS, ...)

4.1. Rappels sur la caractérisation des aléas

La cartographie des aléas fournit en chaque point du territoire, un niveau d'aléa toxique allant de TF+ à Fai. L'attribution d'un niveau d'aléa prend en compte les probabilités d'occurrence des phénomènes dangereux et leurs niveaux d'intensité. Pour dimensionner le confinement, il est nécessaire de remonter à la cartographie des intensités.

Le tableau suivant récapitule la traduction de la définition des niveaux d'aléa toxique en termes de concentration des nuages toxiques susceptibles d'impacter les enjeux vulnérables.

| Niveau d'aléa toxique | Niveau d'intensité maximal des effets toxiques | Classe de probabilité | Concentration | Valeur majorante de la concentration |
|-----------------------|---|-----------------------|--|--------------------------------------|
| TF+ et TF | Très grave | > 5E | > CL 5% (SELS) | Non définie |
| F+ | | < 5E | | |
| F | Grave | > D | entre CL 5% (SELS) et CL 1% (SEL) | CL 5% (SELS) |
| M+ | | 5E à D | | |
| M | Significatif | < 5E | entre CL1% (SEL) et SEI | CL 1% (SEL) |
| M | | > D | | |
| Fai | Significatif Bris de vitres (effets indirects) | 5E à D | Non traité, car aucune prescription possible. <i>(recommandations possibles avec CL 1%)</i> | |

Les enjeux situés dans la zone des effets « très graves » pour la vie humaine d'au moins un phénomène dangereux toxique, sont susceptibles d'être exposés à des concentrations supérieures au seuil des effets létaux significatifs (CL5%) sans qu'il soit possible de définir une valeur majorante de la concentration du nuage affectant cette zone. Le recours à une évaluation d'une concentration dite « conventionnelle » sera nécessaire.

4.2. Identification des phénomènes dangereux toxiques impactant chaque zone d'aléa toxique

Les produits toxiques ont des effets très variables sur le corps humain. La recherche du scénario dimensionnant passe par une analyse des niveaux d'intensité des effets, produit par produit. En effet, il n'est pas possible de déterminer a priori si les caractéristiques techniques requises pour protéger les personnes confinées d'un nuage de forte toxicité mais de concentration relativement faible, sont plus contraignantes que celles requises pour les protéger d'un nuage de faible toxicité mais de concentration plus élevée.

Dans le cadre de cette démarche, la probabilité d'occurrence de chaque phénomène dangereux ne peut pas être prise en compte. L'objectif étant de protéger, dans la limite du possible, les personnes de tous les phénomènes dangereux toxiques retenus pour le PPRT, le dimensionnement du dispositif de protection considérera chaque dispersion atmosphérique accidentelle dans son niveau d'intensité maximal correspondant à la zone d'aléa.

Les zones d'aléa toxique seront étudiées une à une pour limiter l'analyse de chacune aux phénomènes dangereux l'impactant.

L'étude d'une zone d'aléa toxique commencera donc en dressant la liste des phénomènes l'impactant, à partir de la caractérisation des aléas réalisée avec le logiciel SIGALEA

Pour chacun de ces phénomènes dangereux, le niveau d'intensité des effets sera noté ainsi que le(s) produit(s) toxique(s) concerné(s).

Par regroupement des phénomènes dangereux mettant en jeu le même produit toxique, l'instructeur déterminera le niveau d'intensité maximal atteint pour chaque produit.

4.3. Recherche du phénomène dangereux le plus contraignant

Chaque dispersion atmosphérique accidentelle est caractérisée par la concentration du nuage toxique et par une durée d'exposition au nuage toxique.

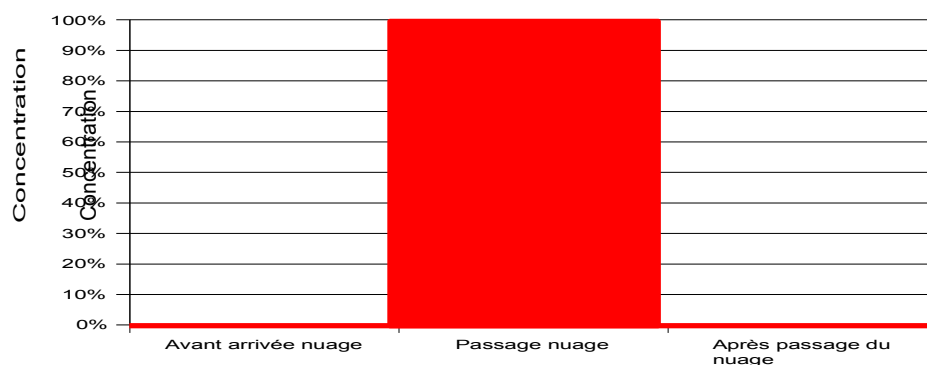
Les effets sur la vie humaine dépendent de la toxicité du (ou des) produit(s), et de la durée d'exposition (Annexe A). La « dose » de produit toxique inhalée détermine les effets de l'exposition au nuage toxique. Ainsi, l'exposition à un nuage de forte concentration pendant une courte durée aura les mêmes effets qu'une exposition plus longue à un nuage de concentration moindre.

Afin de comparer les différents phénomènes dangereux, il est pris pour hypothèse que chaque phénomène dangereux expose les enjeux à un nuage toxique « conventionnel ».

4.3.1. Nuage toxique conventionnel

Dans la présente analyse, la réalisation d'un phénomène dangereux sera conventionnellement représentée, au niveau de l'enjeu ou de la zone étudiée, par une exposition d'une heure à un nuage toxique de concentration constante.

La représentation graphique de la concentration du nuage en éléments toxiques est en forme de « créneau » de durée 1h et de concentration constante.



Evolution de la concentration du nuage

En conséquence toutes les concentrations et seuils pris en compte dans la démarche seront relatifs à une durée d'exposition d'une heure.

Durée conventionnelle de passage du nuage = 1 heure

La concentration du nuage conventionnel correspondant à un produit sera établie à partir du niveau d'intensité d'effet maximal auquel l'enjeu ou la zone étudiée est exposé par les phénomènes dangereux mettant en jeu ce produit.

Lorsque le niveau d'intensité des effets est « significatif » ou « grave », il est possible d'établir une valeur majorante de la concentration du nuage toxique en prenant respectivement la concentration létale (CL1%) et concentration létale significative (CL5%) du gaz ou mélange étudié.

Lorsque le niveau d'intensité des effets est « très grave », il n'est pas possible de prendre un seuil d'effets comme valeur de concentration majorante. Le recours à l'évaluation d'une concentration dite « conventionnelle » établie à partir de données réelles ou estimées est alors nécessaire. Une méthodologie de détermination de la concentration maximale s'appliquant pendant 1 heure sur un bâtiment dans la zone d'intensité très grave, est détaillée dans la note de l'INERIS : « PPRT Effets toxiques – Note explicative sur le calcul du taux d'atténuation cible dans la zone d'intensité très grave » du 20 décembre 2012.

Par application de cette méthodologie, des valeurs majorantes de ces concentrations maximales pour une heure, peuvent être recherchées pour les zones des effets « très graves ». Les valeurs majorantes peuvent être uniques applicables à toute une zone d'effet très grave, ou multiples recherchées chacune pour des parties homogènes de zones, définies par leur destination (résidentielle, activités...) ou la typologie des constructions existantes ou futures autorisées. La concentration « conventionnelle » propre à chaque zone ainsi identifiée est déterminée par la valeur de la concentration majorante sur la zone, c'est-à-dire celle du lieu de la plus forte concentration.

Le tableau ci-dessous résume la règle à appliquer :

| Niveau d'intensité des effets | Concentration retenue | Zones de niveau d'aléa toxique |
|-------------------------------|---|--|
| Très Grave | Concentration « conventionnelle » déterminée selon les modalités définies ci-dessus | TF+ TF F+ ($po^* < 5E$) |
| Grave | CL 5% (1h) – SELS (1h) | F+ ($po^* > D$) F M+ ($po^* < 5E$) |
| Significatif | CL 1% (1h) – SEL (1h) | M+ ($po^* > D$) M Fai ($po^* < 5D$) |

(*) po = classe de probabilité d'occurrence

4.3.2. Calcul du « taux d'atténuation cible » de chaque produit

Le « taux d'atténuation cible » relatif à chaque produit est la division de la concentration correspondant au seuil des effets irréversibles (SEI 2h) par la concentration du nuage conventionnel établie au paragraphe 4.3.1

$$\text{Taux Atténuation Cible}_{\text{produit}} = \frac{SEI(2h00)_{\text{produit}}}{\text{Concentration nuage}(1h00)_{\text{produit}}}$$

Le respect de ce « taux d'atténuation cible » pour chaque produit permet de respecter l'objectif de performance vis à vis de l'effet toxique. Plus la valeur du « taux d'atténuation cible » est faible, plus contraignante sera la valeur de perméabilité à l'air du local de confinement.

Le calcul du « taux d'atténuation cible » doit impérativement être fait pour chaque produit et chaque mélange susceptible d'impacter l'enjeu ou la zone d'aléa étudié.

En effet, il peut être plus contraignant, du point de vue de la perméabilité à l'air, de protéger les personnes exposées à un nuage les situant dans la zone des effets graves d'un produit toxique, par rapport à un nuage les situant dans la zone des effets très graves d'un autre produit. Par exemple, un nuage (durée 1h00) d'ammoniac expose les enjeux situés en zone des effets « significatifs » à une concentration de 3400 ppm (SEL 1h) et nécessite un taux d'atténuation cible de 7,4 % pour une protection au SEI 2h (250 ppm), alors qu'un nuage de chlore expose les enjeux situés en zone des effets « graves » à une concentration de 127 ppm (SEL 1h) et nécessite qu'un taux d'atténuation cible de 11 % pour une protection au SEI 2h (14 ppm).

Pour les mélanges, le « taux d'atténuation cible » est établi à partir des concentrations et seuils équivalents issus de l'étude de danger. A défaut, il peut être évalué par application d'une formule mettant en jeu les « taux d'atténuation cible » des gaz composant le mélange. Les formules d'additivité à appliquer sont présentées en Annexe D.

4.3.3. Phénomène dangereux et « taux d'atténuation cible » dimensionnant

Le « taux d'atténuation cible » retenu pour dimensionner la perméabilité du confinement sera la plus faible des valeurs obtenues parmi les taux calculés pour chaque produit ou mélange.

Ainsi, le taux retenu, qui satisfait à l'objectif de protéger les personnes du phénomène dangereux le plus contraignant, garantit une protection vis-à-vis de tous les autres phénomènes dangereux pris isolément. Il garantit ainsi l'atteinte de l'objectif de performance.

4.3.4. Recherche des « concentrations seuils »

L'instructeur de PPRT devra alors rechercher, dans les documents de l'étude de dangers (EDD) ¹, auprès de documents officiels ou d'organismes compétents les valeurs de concentration correspondant aux seuils nécessaires à son analyse : seuils d'effets létaux significatifs (SELS ou CL 5%), seuils d'effets létaux (SEL ou CL 1 %), seuils d'effets irréversibles (SEI) et valeurs estimées de concentration pour les enjeux exposés à des effets très graves. Les valeurs retenues pour les concentrations des nuages toxiques devront correspondre à une durée d'exposition de 1 heure. Les seuils d'effets irréversibles (SEI) retenus comme concentration à ne pas dépasser dans le local devront correspondre à une durée d'exposition de 2 heures. Pour les valeurs n'étant pas disponibles dans les bases de données, les éléments à prendre en compte pour leur détermination sont précisés par la DGPR.

Pour les mélanges, les valeurs des seuils ci-dessus seront issus préférentiellement des études de danger (EDD) réalisées par l'exploitant. Si certaines de ces valeurs ne sont pas disponibles, elles pourront être établies à partir des seuils de chaque produit toxique identifié dans le mélange et de la composition du mélange selon des règles d'additivité (voir Annexe D).

Le cas de survenue simultanée de plusieurs phénomènes dangereux n'a pas été envisagé dans la méthode générale. En effet, il est impossible de déterminer a priori quelle combinaison de phénomènes dangereux pourrait survenir. Par ailleurs, envisager la survenue simultanée de tous les phénomènes dangereux conduirait à une disproportion du dimensionnement. Toutefois, si l'instructeur est informé, par l'exploitant (EDD), la DRIRE, ou toute autre source, que plusieurs phénomènes dangereux sont liés et concomitants, il conviendra de les envisager conjointement en les considérant comme un phénomène dangereux unique et en mettant en œuvre, le cas échéant, les règles d'additivité citées ci-dessus.

¹Le document (MEDD) «Principes généraux pour l'élaboration et la lecture des études de dangers des installations classées soumises à autorisation avec servitudes d'utilité publique (28 déc 2006) » propose, dans son annexe 1, un tableau (A2) de caractérisation des produits dangereux et de leurs caractéristiques.

5. Caractérisation du bâti

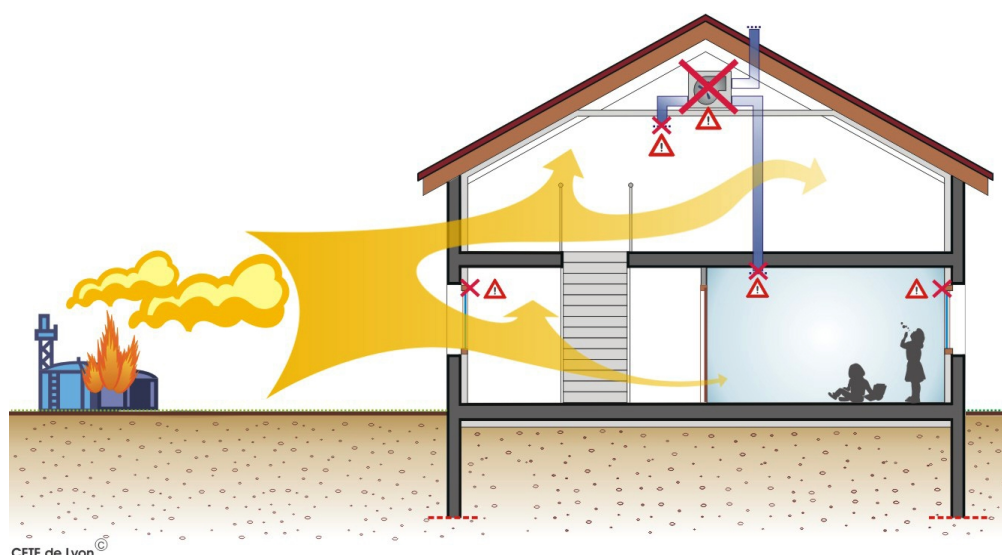
5.1. Protection assurée par le bâti

Réfugiées dans un local de confinement, les personnes sont protégées du nuage toxique par deux barrières successives.

L'enveloppe générale du bâtiment assure un premier niveau de protection dès lors que les entrées d'air volontaires sont réduites (portes et fenêtres closes, bouches d'aération closes, ventilations stoppées, ...).

Les cloisons et la porte du local de confinement constituent une deuxième enveloppe.

En réduisant les échanges avec l'air extérieur, chacune de ces enveloppes retarde la pénétration du produit dans le local de confinement et ralentit l'augmentation de la concentration toxique dans le local. Ainsi, les personnes confinées peuvent attendre la fin d'alerte ou une évacuation sécurisée par les services de secours dans un local dont l'air reste « respirable ».



5.2. Caractéristiques ayant une influence sur le confinement

Trois caractéristiques d'un bâtiment ont une très forte influence sur les conditions de mise en œuvre d'un confinement :

1. la géométrie du bâtiment ;
2. la perméabilité de l'enveloppe extérieure ;
3. l'usage du bâtiment.

Ces trois facteurs ne sont pas totalement indépendants. En effet, une rencontre sportive ne peut pas s'organiser dans un bâtiment de type « maison individuelle ». En revanche, un cabinet médical peut être installé dans un bâtiment usage d'habitation (maison individuelle ou bâtiment collectif).

5.2.1. La géométrie du bâtiment

La géométrie générale (taille et proportions) influe la pénétration du polluant dans le bâtiment.

Trois grandes familles de bâtiments ont été identifiées :

1. la maison individuelle, pour laquelle il existe des caractéristiques géométriques « standard » peuvent être définies ;
2. l'immeuble collectif à usage d'habitation ou de services, pour lequel des caractéristiques géométriques « standard » peuvent être définies ;
3. les autres bâtiments, pour lesquels il est impossible de définir de géométrie « standard ».

5.2.2. La perméabilité de l' enveloppe du bâtiment

L'expérience du CETE de Lyon, déjà ancienne, lui a permis de constituer une base de données des valeurs de perméabilité à l'air des bâtiments ².

Pour certaines typologies de bâtiments, mieux ou plus fréquemment étudiées, des valeurs couramment rencontrées pourront être utilisées. Dans le présent complément technique, une valeur n'est retenue pour une catégorie que si l'ensemble des observations tendent à démontrer un comportement homogène des bâtiments qui la composent. La valeur retenue correspond alors à la valeur de perméabilité à l'air observée dans 95 % des cas étudiés par le CETE de Lyon pour la catégorie considérée.

L'analyse des données du CETE de Lyon et le retour d'expériences sur des études de confinement récentes, ont permis ainsi de distinguer trois catégories de bâtiments :

1. la maison individuelle (valeur « standard ») ;
2. les bâtiments collectifs d'habitations à usage familial (valeur « standard ») ;
3. les autres bâtiments (avec des valeurs différentes suivant leur typologie).

5.2.3. L'usage du bâtiment

L'usage du bâtiment influe directement sur la taille du local de confinement à créer à travers le nombre de personnes à protéger. Pour les bâtiments non résidentiels, le nombre de personnes est établi conformément aux règles appliquées pour la sécurité incendie. Dans certains cas, le nombre de personnes est si important qu'il faut considérer que les performances du bâtiment dans son ensemble doivent protéger les personnes présentes au moment de la consigne de confinement.

On distingue donc deux cas :

1. les usages correspondant à un confinement de type familial, limité à quelques personnes qu'il est possible de confiner dans une pièce ;
2. les usages imposant de prévoir le confinement d'un nombre important de personnes (employés, visiteurs, ...) qui nécessitent un dispositif beaucoup plus important.

² Le présent complément technique s'est appuyé sur la base de données du Cete de Lyon.

5.3. Typologie et méthode de calcul

Le croisement des trois facteurs présentés au paragraphe précédent permet de regrouper les constructions en fonction de leur géométrie générale, du type de construction, et de la facilité a priori à organiser un confinement. Ce croisement conduit à la définition des typologies ci-dessous :

| Typologie | Description | Géométrie « standard » (O/N) | Valeur de la perméabilité à l'air de l'enveloppe prise pour le dimensionnement du confinement | Usage du bâtiment |
|-----------|---|------------------------------|---|--|
| 1 | Bâtiments résidentiels à usage familial : type « maison individuelle » | O | Valeur « Standard » | Résidentiel familial |
| 2 | Bâtiments résidentiels à usage familial : type « bâtiment collectif d'habitation » | O | Valeur « Standard » | Résidentiel familial |
| 3 | Autres bâtiments d'habitation ou de résidence, hébergement collectif d'accueil, hôtels, restaurants, bureaux, bâtiments d'enseignement, établissements sanitaires | N | Valeur spécifique | Usage collectif imposant un dispositif plus complexe |
| 4 | Bâtiments pour autres usages : industries, salles polyvalentes, salles de sport, surfaces commerciales, etc. | N | Valeur spécifique | Usage collectif imposant un dispositif plus complexe |

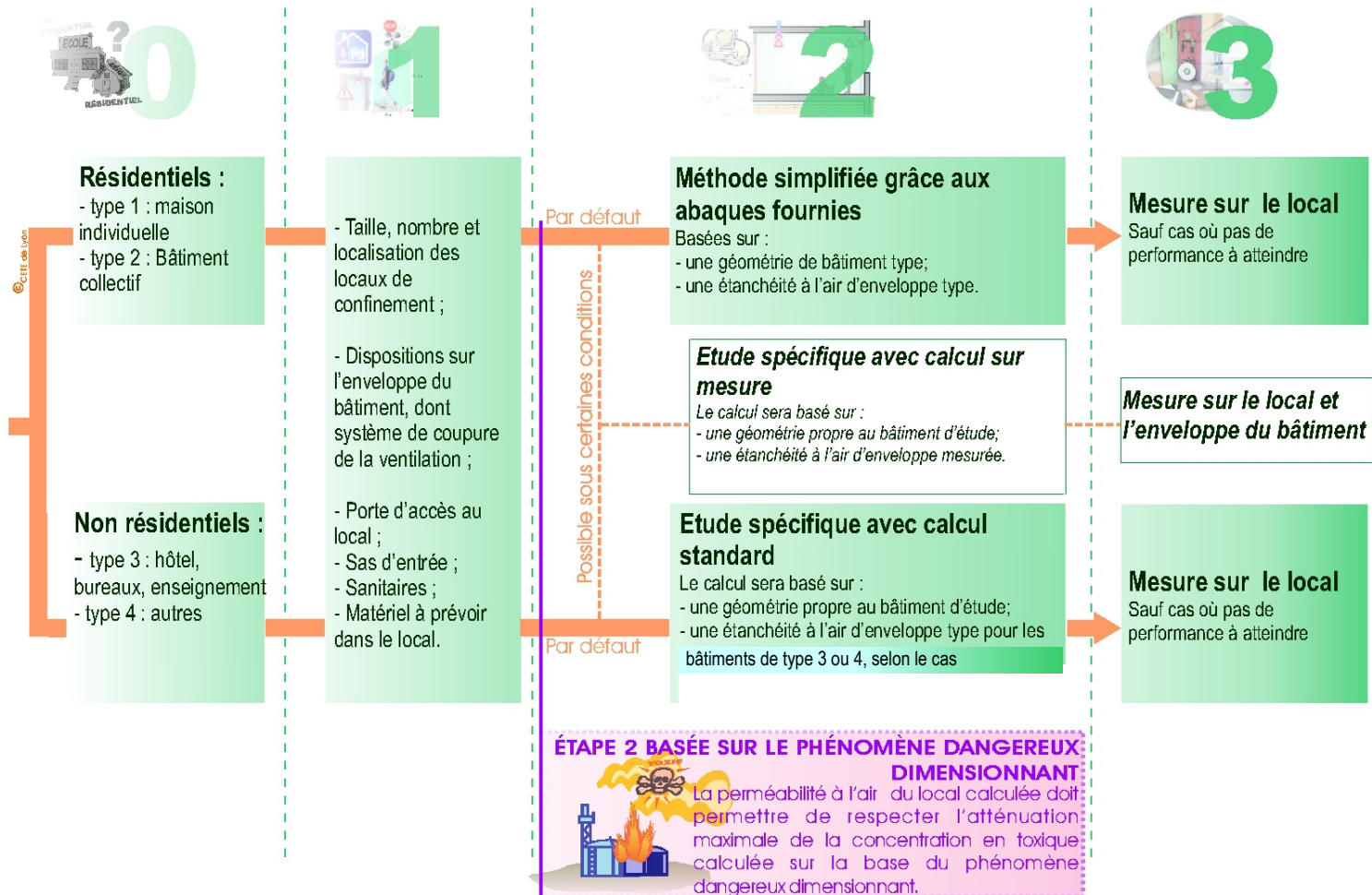
La typologie 1 (maison individuelle) est retenue pour les bâtiments résidentiels à usage familial accueillant jusqu'à deux logements.

A chaque typologie est associée une méthode de calcul de la perméabilité à l'air requise du local de confinement.

| Typologie | Description | Calcul de perméabilité à l'air du local par défaut |
|-----------|---|--|
| 1 | Bâtiments résidentiels à usage familial : « maison individuelle » | Méthode simplifiée (utilisation des abaques « maison individuelle ») |
| 2 | Bâtiments résidentiels à usage familial : « bâtiment collectif d'habitation » | Méthode simplifiée (utilisation des abaques « bâtiment collectif ») |
| 3 | Autres bâtiments d'habitation ou de résidence, hébergement collectif d'accueil, hôtels, restaurants, bureaux, bâtiments d'enseignement, établissements sanitaires | Étude spécifique avec calcul standard (modélisation avec $Q_{4Pa-surf}$ définis au 7.3.3.2.1. suivant la typologie, ou sans enveloppe) |
| 4 | Bâtiments pour autres usages : industries, salles polyvalentes, salles de sport, surfaces commerciales, etc. | |

Quelle que soit la typologie, il peut être envisagé de réaliser une étude spécifique avec calcul d'après mesure (modélisation du bâtiment avec la perméabilité à l'air de l'enveloppe mesurée), mais elle induit des coûts supplémentaires en termes de mesure de perméabilité à l'air et d'études de modélisation.

Démarche détaillée de la caractérisation du confinement



5.4. Bâtiments neufs et Réglementation thermique 2005 (RT 2005)

L'article R.111-20 du Code de la Construction et de l'Habitation (CCH) relatif aux caractéristiques thermiques des constructions, modifié par le décret n°2010-1269 du 26 octobre 2010, a introduit l'application de la Réglementation Thermique 2012 (RT 2012). Elle s'est substituée à la RT 2005 de manière différée suivant les types de bâtiments.

La **RT 2005** distingue des valeurs « de référence » et des valeurs « par défaut » de perméabilité à l'air de l'enveloppe des bâtiments. Pour un bâtiment neuf réalisé en application de celle-ci, plusieurs raisons ont justifié la prescription du respect, pour l'ensemble du bâtiment, de la valeur de référence en terme de perméabilité à l'air :

1. Cela permet d'améliorer considérablement l'effet « tampon » de l'ensemble du bâti et de rendre ainsi le local de confinement plus performant ;
2. Le surcoût de construction pour un bâtiment neuf est quasiment nul dès lors que cet objectif est pris en considération dès la conception ;
3. Cette prescription est peu contraignante puisque le maître d'ouvrage peut faire valoir une bonne étanchéité à l'air dans le calcul du coefficient énergétique, lui, permettant ainsi de justifier du respect de la RT 2005. En effet, le calcul de ce coefficient énergétique faisant intervenir plusieurs postes, une bonne étanchéité à l'air lui permet d'être moins exigeant sur d'autres postes de consommation (chauffage, éclairage, etc...).

La valeur de la perméabilité à l'air de la RT 2005 ne pourra être acceptée pour le calcul de la perméabilité à l'air du local, que si la preuve de son respect est apportée par une mesure. En effet, dans le cadre du confinement, l'incidence de cette valeur sur la protection des personnes est si importante qu'elle impose la fourniture d'une preuve.

La **RT 2012** impose une valeur maximale de la perméabilité à l'air des bâtiments de types « maison individuelle » et « bâtiment collectif d'habitation ». Elle impose également une mesure de celle-ci ou d'être attestée par une démarche Qualité agréée par le ministère en charge de la construction. Les abaques en annexe F sont établis suivant ces valeurs maximales respectivement fixées.

Pour les autres bâtiments, la **RT 2012** n'impose pas de valeur de perméabilité à l'air au-delà de leurs performances énergétiques. Pour un bâtiment non résidentiel neuf réalisé en application de la RT 2012, afin de favoriser le respect des valeurs de référence de la RT 2005 précédente, la recommandation du respect de ces valeurs peut être alors mentionnée.

Ainsi, pour la rédaction des règlements PPRT, indiquer pour les projets neufs :

1. En prescription :
 - « L'enveloppe de la construction est inférieure à la valeur de référence ou la valeur imposée en termes de perméabilité à l'air, de la réglementation thermique en vigueur. »
 - Attention : indiquer « le respect de la Réglementation Thermique » ne suffit pas.*
2. En recommandation :
 - **Pour les bâtiments non résidentiels :**
 - « L'enveloppe de la construction est inférieure ou égale à la valeur de référence en termes de perméabilité à l'air que fixait la RT 2005, soit :
 - $Q_{4Pa-surf} = 1,2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ pour les bâtiments non résidentiels à usage de bureaux, hôtellerie, restauration, enseignement et établissements sanitaires

- $Q_{4Pa-surf} = 2,5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ pour les bâtiments non résidentiels à autres usages, sous réserve d'application de valeurs plus contraignantes suivant la réglementation thermique en vigueur. »

5.5. Prise en compte d'une perméabilité à l'air mesurée

Pour les bâtiments existants et neufs, la perméabilité à l'air de l'enveloppe peut être mesurée pour être prise en compte dans le calcul du niveau d'exigence sur la perméabilité du local. Dans ce cas, une modélisation spécifique du bâtiment et de ses échanges aérauliques devra être mise en œuvre conformément au cahier des charges défini au chapitre 7.

La décision d'effectuer une mesure de la perméabilité à l'air en vue de sa prise en compte dans le dimensionnement de la perméabilité à l'air du local de confinement aura alors trois conséquences :

1. Pour être retenue, la valeur de perméabilité à l'air de l'enveloppe du bâtiment devra être justifiée par un certificat de mesure ;
2. La méthode simplifiée, objet du chapitre 6 ne pourra plus être appliquée. En particulier, le recours aux abaques sera proscrit ;
3. Le recours à une démarche performantielle, avec étude spécifique décrite au chapitre 7 sera obligatoire.

5.6. Ventilation du bâtiment

La ventilation des bâtiments répond à plusieurs besoins :

- l'hygiène et la santé de ses occupants ;
- la conservation du bâti.

Les échanges d'air qu'elle occasionne, tant avec l'extérieur qu'entre les pièces d'un même bâtiment, comportent des flux d'air entrant « volontaires » qu'il est nécessaire de condamner ou limiter dès la mise en œuvre du confinement (voir annexe H).

Pour les projets nouveaux, il est recommandé de prescrire en « règles particulières de construction » (ou de recommander selon le cas) la mise en œuvre de systèmes de ventilation double-flux, dispositifs ne comportant aucune ventilation naturelle, et beaucoup plus aisés en termes de mise à l'arrêt et fermeture des ouvertures. Par ailleurs ces systèmes augmentent la performance énergétique des bâtiments.

5.7. Appareils de chauffage à combustion dans les bâtiments

Le fonctionnement des appareils de chauffage à combustion nécessite une amenée d'air neuf permanente et une évacuation vers l'extérieur des produits de la combustion (gaz, fumées). Ces appareils peuvent être à circuit étanche ou non étanche :

- un appareil est à circuit étanche lorsque le circuit de combustion (amenée d'air, chambre de combustion, sortie des gaz brûlés) ne communique en aucune partie avec l'air du local où cet appareil est installé ;
- un appareil est à circuit non étanche s'il ne répond pas à cette condition.

L'aération permanente des locaux à usage d'habitation est obligatoire en présence d'appareils à circuit non étanche. Le confinement qui s'appuie entre autre sur une rapidité de condamnation des ventilations et une étanchéité vis-à-vis de l'air extérieur s'accorde en conséquence très mal avec la présence de ces appareils tant dans les bâtiments d'habitation que dans tout autre bâtiment non résidentiel.

Cette difficulté pose les principes suivants :

- **pour les bâtiments neufs** : interdiction de mise en place d'appareil de chauffage à combustion à circuit non étanche dans tout bâtiment abritant des locaux de confinement ;

- **pour les bâtiments existants** :
 - les pièces disposant d'appareil de chauffage à combustion ne peuvent convenir comme locaux de confinement ;
 - lorsque le bâtiment dispose de ce type d'appareil, le dispositif de confinement doit comprendre le traitement spécifique de ces systèmes (appareils et ventilations liées) pour garantir la sécurité des personnes confinées en rapport avec l'arrêt rapide des flux d'air volontaires dans tout le bâtiment.

6. Caractérisation du confinement : cas des bâtiments résidentiels

La méthode proposée dans le présent chapitre est une méthode forfaitaire simplifiée, permettant d'évaluer le dispositif de confinement pour les bâtiments à usage d'habitation « standard ». Pour cela, elle considère des valeurs moyennes pour certains paramètres.

Toutefois, aucune habitation ne présente des caractéristiques strictement égales à celles des bâtiments utilisés dans la modélisation et deux habitations en apparence identiques n'ont probablement pas les mêmes caractéristiques au plan de la perméabilité à l'air (techniques de construction différentes, vieillissements différents, entretien différent, etc.).

Si les caractéristiques spécifiques ou le contexte local le justifient, une étude spécifique respectant le cahier des charges présenté au chapitre 7 pourra être menée pour caractériser le confinement. La méthode simplifiée utilisant les abaques, décrite au chapitre 6.3, ne s'appliquera a priori pas lorsque d'évidence la nature même de la construction ou son apparence ne correspondent pas aux bâtiments d'habitation « standard » pris en référence, tels par exemple :

- les constructions avec des structures légères ou très ouvertes (cas des DOM par exemple....) ;
- les mobiles-homes ou habitation légères de loisirs ;
- les constructions provisoires ou temporaires (modules préfabriqués).

Pour tout bâtiment autre que résidentiel, on se référera au chapitre 7.

6.1. Identification du local de confinement

6.1.1. Évaluation du nombre de personnes à confiner

Le local de confinement doit pouvoir accueillir tous les occupants du logement.

En habitat, on considère que le nombre d'occupants est égal au type de logement plus 1 personne, soit par exemple 5 personnes pour un T4. Dans les logements indéfinissables, on comptera le nombre de pièce hors pièces de service (cuisine, WC, salle de bains), plus une personne.

Une pièce est généralement suffisante en surface et volume pour être utilisée comme local de confinement.

6.1.2. Nombre de locaux

Pour une maison individuelle, une chambre suffit dans la majorité des cas.

Pour un bâtiment collectif, il faut prévoir un local par logement . Un local de confinement commun à plusieurs logements est à proscrire. En effet, il rend l'organisation du confinement très délicate et impose aux habitants d'utiliser des parties communes de l'immeuble, souvent très perméables à l'air, pour atteindre le local commun.

6.1.3. Dimensions

L'objectif d'un local de confinement est de maintenir une atmosphère « respirable » pendant la durée de l'alerte. Un « espace vital » doit donc être disponible pour chaque personne confinées afin de limiter les effets secondaires tels que l'augmentation de la température intérieure, la raréfaction de l'oxygène ou l'augmentation de la concentration en CO₂.

Les surfaces et volumes minimums sont : 1 m² et 2.5 m³ par personne.

Il est toutefois recommandé de prévoir : 1.5 m² et 3.6 m³ par personne.

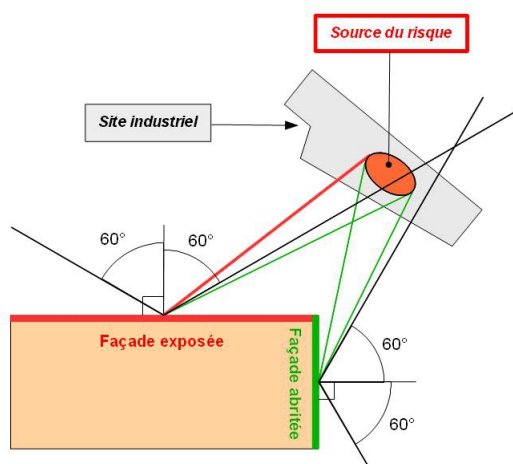


6.1.4. Localisation

6.1.4.1. Caractérisation des façades

La détermination « exposée » ou « abritée » des façades d'un bâtiment ou d'un local de confinement par rapport au site industriel, est faite à partir des sources d'émission des produits toxiques. Ce peut être par exemple un linéaire de canalisations, un point ou l'enveloppe d'une structure. Le caractère exposé d'une façade est déterminé selon les principes de la norme NF EN 15242 (*Méthodes de calcul pour la détermination des débits d'air dans les bâtiments y compris l'infiltration*).

Une façade est « exposée au site industriel » dès lors qu'un point d'émission (source) d'un phénomène toxique issu du site, et ayant un effet impactant le bâtiment, est situé sous un angle inférieur ou égal à 60° par rapport à la normale de cette façade, prise en son milieu. La façade est dite « abritée du site industriel » dans le cas contraire.



6.1.4.2. Position du local de confinement

Un local est « **abrité** du site industriel » s'il ne comporte aucune façade extérieure exposée au site industriel.

Un local est « **exposé** au site industriel » s'il comporte au moins une façade extérieure exposée au site industriel.

Dans toute la mesure du possible, le local de confinement devra être choisi « abrité du site industriel ». En effet, les volumes du bâtiment situés autour du local de confinement jouent un rôle « tampon » qui ralentit la pénétration de l'air chargé en produit toxique dans le local de confinement.

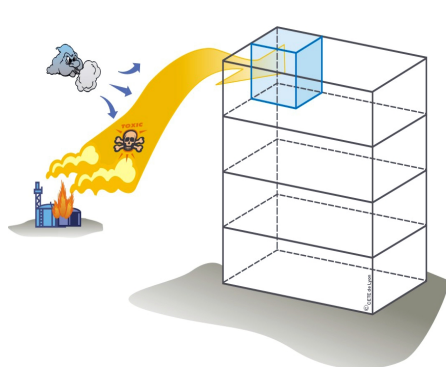


Illustration 1: Local de confinement exposé au site industriel : à éviter

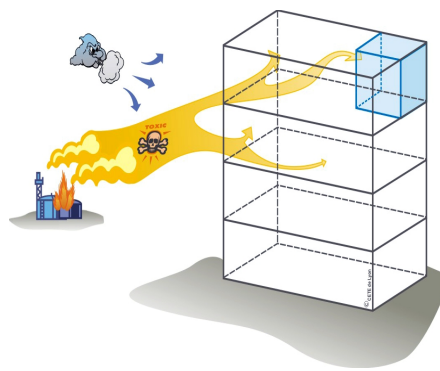


Illustration 2: Local de confinement abrité du site industriel : à privilégier

Un local situé en position centrale, dont aucune des parois ne constitue un mur extérieur, bénéficierait d'un effet tampon encore meilleur. Mais, les pièces centrales ne présentent pas, en général, de tailles suffisantes pour être utilisées comme locaux de confinement.

6.2. Dispositions techniques générales

6.2.1. Dispositions applicables à l'enveloppe du bâtiment

6.2.1.1. Limitation des flux d'airs volontaires pendant la crise

En cas de crise, pour que le confinement soit efficace, il faut avant tout que les débits d'air dits « volontaires » entrant dans le bâtiment soient limités, voire annulés, rapidement. La limitation de ces abondants flux d'airs passe par des règles comportementales (voir chapitre 8) mais aussi par un certain nombre de mesures préventives :

1. Un dispositif garantissant le maintien de **l'intégrité de l'enveloppe du bâtiment, en particulier des vitrages** dans tout le bâtiment (et non seulement dans le local de confinement), en cas de concomitance avec des effets thermiques ou avec des effets de surpression même faibles.
2. L'arrêt rapide, de préférence depuis le local de confinement, des systèmes de ventilation du bâtiment, de chauffage et de climatisations lorsqu'ils sont à traitement d'air, ainsi que des appareils de chauffage à combustion (voir les articles 5.7 et 6.2.1.4). Le dispositif devra être conforme aux règles de sécurité incendie et au contexte d'usage.

Pour un bâtiment collectif, il faut prévoir un dispositif d'arrêt « coup de poing » du système de ventilation de l'immeuble. Le système d'arrêt devra être situé dans les parties communes afin que n'importe quel habitant de l'immeuble puisse le déclencher en cas de consigne de confinement. Néanmoins, ce dispositif devra être compatible avec les règles de sécurité incendie en évitant, en particulier, toute utilisation abusive.

3. L'installation de systèmes d'obturation sur toutes les entrées et extractions d'air volontaires du bâtiment, et non seulement de celles du local de confinement (voir annexe H).

Les entrées d'air nécessaires à l'aération permanente liée au fonctionnement des appareils à combustion, suivant les dispositions des arrêtés relatifs aux règles de sécurité et prévention des intoxications concernant ces dispositifs, ne sont pas concernées par la mise en œuvre des dispositifs d'obturation, mais devront néanmoins être colmatées lors d'une crise.



Si les dispositifs prévus en point 1 ou 2 ne peuvent être installés, la méthode simplifiée (abaques) ne pourra être utilisée pour la détermination de la perméabilité à l'air du local de confinement. Il faudra alors avoir recours à une étude spécifique décrite au chapitre 7.3, avec modélisation du bâtiment sans enveloppe.

6.2.1.2. Perméabilité de l'enveloppe du bâtiment

En cas de crise, une fois annulés tous les flux d'airs volontaires, les débits d'air entrant dans le bâtiment sont limités aux infiltrations « involontaires » liées à la perméabilité de l'enveloppe du bâtiment. Les volumes situés entre l'enveloppe du bâtiment et le local de confinement assurent un rôle « tampon » qui ralentit et atténue très fortement la pénétration des polluants dans le local de confinement. Le niveau d'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment intervient donc sur le niveau de protection dans le local.

Pour les bâtiments futurs, le respect de la valeur de référence en terme de perméabilité à l'air définie dans la RT 2005, et des valeurs cibles de la RT 2012 selon le cas, pour **l'enveloppe du bâtiment** permet d'augmenter considérablement l'effet « tampon » de l'ensemble du bâti et de rendre ainsi le confinement beaucoup plus efficace. Voir paragraphe 5.4.

6.2.1.3. Sas d'entrée dans le bâtiment

Pour les bâtiments collectifs résidentiels, il est important d'aménager un sas pour chaque entrée susceptible d'être utilisée en cas de crise. Lorsque des personnes se réfugient dans le bâtiment après que le nuage toxique a commencé à se disperser, ou après que la procédure de confinement a débutée, l'utilisation d'un sas en deux temps permet de limiter la pénétration du polluant dans le bâtiment et d'améliorer ainsi l'efficacité du confinement.

6.2.1.4. Chauffage du bâtiment

- **arrêt du chauffage :**

Le confinement peut entraîner une augmentation rapide de la température à l'intérieur des locaux de confinement. Pour des raisons de confort et de prévention de troubles, il est souhaitable de pouvoir couper rapidement le chauffage, a minima dans le local de confinement, sinon dans tout le bâtiment. L'arrêt rapide du chauffage peut être couplé à celui des ventilations.

Les systèmes de chauffage à traitement air doivent être arrêtés comme les ventilations (article 6.2.1.1).

- **appareils de chauffage à combustion à circuit non étanche :**

Les appareils de chauffage à combustion à circuit non étanche (voir article 5.7) nécessitent une aération permanente des locaux. Ces types d'appareils de chauffage doivent pouvoir être arrêtés rapidement et simultanément avec l'arrêt et la fermeture des systèmes de ventilation des bâtiments dans lesquels ils sont présents. L'arrêt du chauffage doit alors être couplé à celui des ventilations.

Les cheminées ouvertes devront être supprimées, ou à minima équipées d'insert.

L'impact sur le dispositif de confinement de l'arrêt des appareils de chauffage à combustion et des fermetures simultanées des systèmes de ventilation sera étudié et pris en compte dans la conception générale de celui-ci, de manière à assurer la sécurité des personnes confinées vis-à-vis de la conservation de ces appareils.

Dans les bâtiments neufs, les appareils de chauffage à combustion à circuit non étanche doivent être interdits.

6.2.2. Dispositions applicables au local de confinement

6.2.2.1. Porte d'accès au local de confinement

La nature du protocole de mesure de perméabilité à l'air peut exclure la perméabilité de la porte d'accès au local. En effet, pendant la mesure, la porte peut être remplacée par le dispositif de mesure.

La porte d'accès au local doit donc présenter les caractéristiques indispensables suivantes : être d'une part étanche à l'air ou pouvoir être rendue étanche à l'air en cas d'alerte, et permettre d'autre part à la ventilation du logement de s'effectuer correctement hors crise.

Elle devra présenter une surface pleine monobloc étanche à l'air :

- dont le linéaire est bien jointoyé,
- comportant un joint d'étanchéité entre la feuillure et le battant,
- équipée d'un système d'étanchéité à l'air en partie basse à la fermeture.

Pour un logement avec une ventilation basée sur le principe du balayage général, il conviendra d'adapter ce dispositif afin que la ventilation fonctionne normalement en usage courant, par exemple :

- la porte peut être équipée d'une grille de ventilation obturable parfaitement jointoyée ;
- le système d'obturation en partie basse peut être amovible de manière automatique (ex : plinthe automatique de bas de porte), ou manuelle (évite dans ce cas la pose de la grille de ventilation obturable qui n'a pas lieu d'être). Les barres d'étanchéité posées directement sur le sol (« seuils suisses ») sont à éviter pour cause de détérioration rapide et de problème d'accessibilité.

6.2.2.2. Équipements contre-indiqués dans les locaux de confinement

Les locaux de confinement ne doivent pas comporter d'appareils de chauffage à combustion, ni tout autre appareil, dispositif ou matériel pouvant contrevenir à la sécurité et la santé des personnes pendant la durée du confinement

6.2.3. Dispositions complémentaires

6.2.3.1. Sas d'entrée dans le local

Lorsque cela est possible, il est intéressant d'identifier, un volume existant (pièce, hall d'entrée, couloir) jouant le rôle de sas d'entrée du local de confinement (entrée unique de préférence).

6.2.3.2. Matériel à prévoir dans le local de confinement

- Un escabeau permet de faciliter le colmatage manuel, à l'aide de ruban adhésif, des portes, fenêtres, interrupteurs, prises, plafonniers, etc.... Il s'agit du confinement non structurel effectué par les occupants pendant la crise, qui permet, en complément du confinement structurel, d'augmenter de manière significative l'efficacité du confinement ;
- Une armoire de sécurité dans le local qui comportera le matériel nécessaire pour un confinement d'une durée de 2 heures :

- pour renforcer la protection : ruban adhésif étanche à l'air, en papier crêpe de 40 à 50 mm de large (la quantité de ruban adhésif nécessaire peut se calculer en fonction du linéaire d'ouvrants extérieur et intérieur) ;
- un ou deux seaux ;
- des bouteilles d'eau en nombre suffisant pour permettre aux personnes confinées de se désaltérer sans restriction; ce stockage est à prévoir même si un point d'eau est aménagé dans le local,
- des occupations **calmes** pour les personnes pendant le confinement (ex. lecture, jeux de société). En effet, les effets secondaires du confinement (température, raréfaction en oxygène et augmentation du dioxyde de carbone) se dégradent lorsque l'activité des personnes confinées augmente ;
- des linges à utiliser en cas de picotements nasaux ;
- un poste de radio autonome avec piles de rechange ;
- une lampe de poche avec piles de rechange ;
- une **fiche de consignes** précisant les actions à mener avant, pendant et après l'alerte, ainsi que les actions de maintenance. On se référera à la partie 8 pour le contenu de la fiche de consignes.

A prévoir dans la salle de confinement



6.2.3.3. Sanitaires dans le local

Dans le cadre familial des bâtiments d'habitation, il est envisageable de confiner quelques personnes dans un local pendant 2 heures, sans accès à des sanitaires. Il faut alors prévoir d'équiper le local d'un ou deux seaux, et d'une réserve d'eau suffisante.

Lorsque cela est possible, des sanitaires pourront être installés dans le local de confinement ou dans une pièce attenante au local (avec accès direct). Quelle qu'en soit la localisation, la ventilation des sanitaires doit absolument être arrêtée pendant toute la durée du confinement, conjointement à l'arrêt général des ventilations.

6.2.3.4. Point d'eau dans le local de confinement

Le confort des personnes confinées peut être sensiblement amélioré par l'installation d'un point d'eau potable dans le local de confinement (robinet parfaitement accessible associé à un évier ou un lavabo). Cette disposition ne se substitue pas au stockage permanent d'eau en bouteilles. Ce point d'eau peut être installé dans les sanitaires si ceux-ci sont attenants au local de confinement.

6.3. Détermination de la perméabilité à l'air du local de confinement

Dans leur grande majorité, les bâtiments résidentiels, maison individuelle (typologie 1) et bâtiments collectifs d'habitation (typologie 2), peuvent être assimilés à des géométries et des caractéristiques de perméabilité à l'air « standard ». (Voir Chapitre 5)

Cette « standardisation » a permis de mettre au point une méthode simplifiée utilisant des abaques pour déterminer la perméabilité à l'air requise pour le local de confinement.

Si les caractéristiques spécifiques du bâtiment et/ou le contexte local le justifient, une mesure de perméabilité à l'air du bâtiment pourra être effectuée. Les conditions de prise en compte de cette mesure sont précisées au paragraphe 5.5.

Les abaques ont été établis conformément à l'hypothèse d'un nuage conventionnel de durée 1h00 (voir paragraphe 4.3.1). ils ne doivent en aucun cas être utilisés dans des conditions différentes.

6.3.1. Choix d'un abaque

La standardisation a permis de limiter à 3 le nombre de paramètres caractérisant chaque abaque : typologie du bâtiment, exposition du local de confinement par rapport au site industriel et conditions atmosphériques.

Deux jeux d'abaques correspondants aux différentes combinaisons de ces trois paramètres ont été constitués :

- l'un pour les bâtiments « standards » réalisés sans prescription particulière de leur étanchéité à l'air, ou soumis à la RT 2005 (annexe E)
- l'autre pour les bâtiments entièrement soumis à la RT 2012 (annexe F).

6.3.1.1. Typologie de bâtiment

Le classement d'un bâtiment selon la typologie définie au paragraphe 5.3 fait intervenir la géométrie du bâtiment, la perméabilité à l'air de son enveloppe et son usage.

Un bâtiment type a été retenu pour la modélisation de chaque typologie de bâtiment résidentiel : maison individuelle (typologie 1) et bâtiment collectif d'habitation (typologie 2).

Dans l'approche simplifiée applicable aux bâtiments résidentiels, une valeur de perméabilité à l'air de l'enveloppe a été associée aux deux typologies. Cette valeur correspond à la valeur de perméabilité à l'air observée dans 95% des cas étudiés par le CETE de Lyon pour chaque typologie de bâtiment :

- pour une maison individuelle (typologie 1) :
 $Q_{4 \text{ Pa-surf}} = 2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ (soit $n_{50} = 7,7$ vol/h pour une compacité $V/A_{\text{PF-RT}} = 1,4$ m)
- pour les bâtiments collectifs d'habitation (typologie 2) :
 $Q_{4 \text{ Pa-surf}} = 3 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ (soit $n_{50} = 6,5$ vol/h pour une compacité $V/A_{\text{PF-RT}} = 2,5$ m)

La valeur de la perméabilité à l'air prise pour des combles ventilés est : $Q_{4 \text{ Pa-surf}} = 30 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$.

Ainsi, la seule caractérisation en « maison individuelle » (typologie 1) ou bâtiment collectif d'habitation (typologie 2) est suffisante pour décrire le bâtiment.

Pour les bâtiments neufs, la valeur de référence de perméabilité à l'air de la RT 2005 ne pourra être acceptée que si la preuve de son respect est apportée par une mesure (voir paragraphe 5.4).

6.3.1.2. Exposition du local par rapport au site industriel

Deux types d'exposition, décrites en partie 6.1.4, sont envisagées pour le choix de l'abaque permettant de déterminer la perméabilité du local de confinement :

1. Soit, le local est « abrité du site industriel »,
2. Soit, le local est « exposé au site industriel »

6.3.1.3. Choix des conditions atmosphériques

La vitesse du vent est un facteur intervenant de façon très importante dans les échanges aérodynamiques du bâtiment avec son environnement.

Les effets d'un vent important, a priori favorable à la dispersion du nuage toxique, sont très largement compensés par l'augmentation de la pénétration de l'air pollué dans l'habitation, due à l'augmentation de la pression due au vent en façade.

Les études de danger considèrent généralement les conditions 5D et 3F. Le choix de ces conditions pour le calcul de perméabilité du local de confinement, a été fait en cohérence avec celui fait dans les études de danger.

Il a été démontré que les conditions atmosphériques 5D³ sont dans la très grande majorité des cas, plus défavorables au plan de la protection des personnes confinées, que les conditions 3F⁴.

En conséquence, les abaques correspondant aux conditions atmosphériques 5D seront pris en compte par défaut dans le calcul de la perméabilité requise pour le local.

S'il s'avérait que des conditions plus contraignantes (10D) étaient prises en compte sur un site particulièrement exposé au vent, ce même choix devrait être fait dans le cadre de la caractérisation du local de confinement. Pour ces situations particulières, installations exposées très régulièrement à des vents de vitesse supérieure, les abaques correspondant aux conditions 10D ont été produits.

6.3.2. Utilisation des abaques

Une fois l'abaque sélectionné, la valeur de perméabilité à l'air du local sera lue directement en fonction du taux d'atténuation cible.

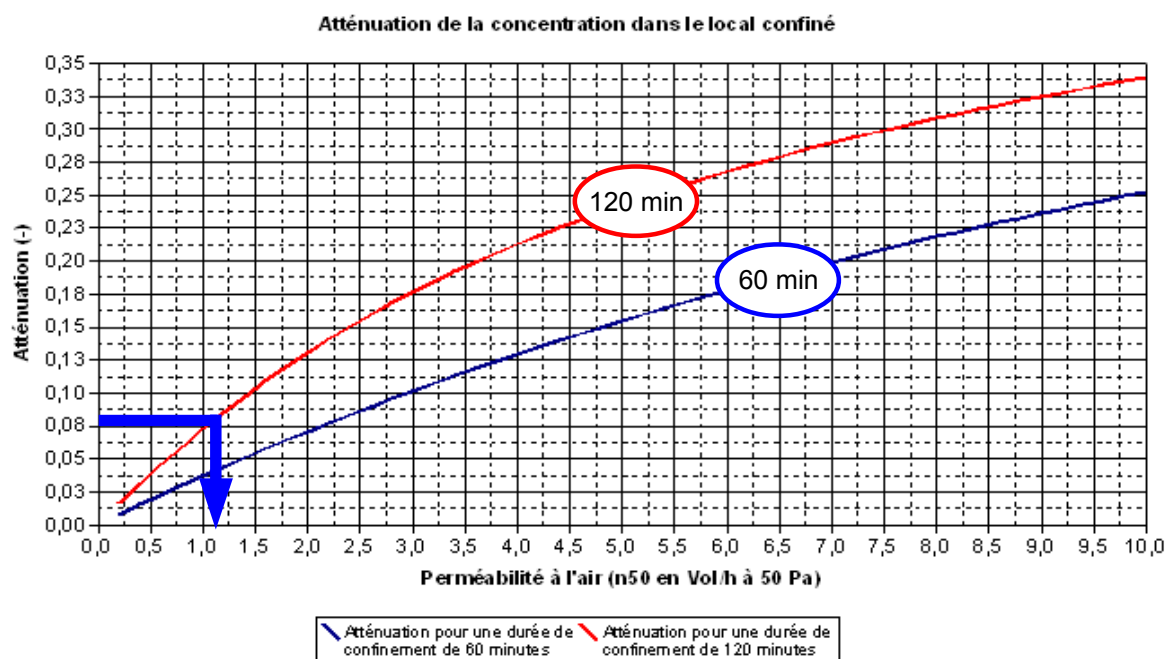
Chaque abaque comporte deux courbes, chacune correspondant à une durée de confinement différente (1 heure et 2 heures)

La courbe correspondant à un confinement de 2h, qui est la plus contraignante, sera utilisée par défaut.

La courbe correspondant à un confinement d'une heure ne sera utilisée que si les contacts avec les services de secours, la DRIRE et l'exploitant permettent de considérer qu'il est possible, de façon certaine, d'évacuer toutes les personnes exposées dans des conditions de sécurité satisfaisantes dans ce délai.

³Conditions atmosphériques 5D : vitesse du vent égale à 5m/s, atmosphère neutre

⁴Conditions atmosphériques 3F : vitesse du vent égale à 3m/s, atmosphère stable impliquant une dispersion plus lente du nuage et une exposition plus longue des enjeux en champ libre.



6.3.3. Interprétation des résultats

6.3.3.1. Précision de la valeur de perméabilité à l'air

La stricte application des abaques permet a priori de définir des valeurs de perméabilité (n_{50}) avec une grande précision. Toutefois, l'atteinte d'une valeur de perméabilité n'est pas une science exacte, et fixer une valeur de perméabilité au centième près serait totalement illusoire.

Par ailleurs, une trop grande précision dans la prescription ne serait pas réaliste, difficilement justifiable face aux difficultés d'évaluation des caractéristiques du bâtiment et non cohérente face à la difficulté de gradation des mesures à mettre en œuvre.

En conséquence, il est recommandé d'arrondir les valeurs de perméabilité lues sur les abaques selon les règles suivantes :

- arrondi au 1/10^{ème} inférieur pour les valeurs de perméabilité inférieures à 2,5 vol/h ;
- arrondi au 0,5 inférieur pour les valeurs de perméabilités supérieures à 2,5 vol/h.

6.3.3.2. Cas d'un niveau de protection requis très élevé

La valeur de perméabilité n_{50} requise issue de la lecture des abaques peut être très faible lorsque le niveau de protection requis est très élevé.

Sa mise en œuvre se heurte alors à deux facteurs limitant :

- les limites techniques des dispositions constructives,
- le coût de mise en œuvre du confinement.

Notons que si certaines dispositions simples présentent des coûts de mise en œuvre très faibles, avec parfois une efficacité importante, l'augmentation de l'exigence de performance au-delà de certaines valeurs de perméabilité induit une augmentation très importante des coûts de mise en œuvre. Au-delà de certaines limites, le confinement structurel passif peut même s'avérer insuffisant.

Par ailleurs, l'article 4 du décret 2005-1130 du 7 septembre 2005 précise que « les travaux de protection prescrits (...) ne peuvent porter que sur des aménagements dont le coût n'excède pas 10 % de la valeur vénale ou estimée du bien (...) ». Dans ces conditions, prescrire un confinement dont le niveau de performance est trop élevé est illusoire, car le propriétaire n'aura aucune obligation de le mettre en œuvre dès lors qu'il prouvera que son coût de mise en œuvre dépasse le seuil du décret.

Pour un bâtiment neuf, toute valeur inférieure à 0,6 vol/h doit être considérée comme « très exigeante ».

Pour un bâtiment existant, l'étanchéité minimale exigible pour le local de confinement à un coût raisonnable est $n_{50} = 2,5$ vol/h. Il est toutefois possible techniquement de descendre en deçà de $n_{50} = 2,5$ vol/h pour un local de confinement, mais en fonction des caractéristiques du bâtiment et des difficultés techniques rencontrées, le coût peut augmenter rapidement. Toute valeur de perméabilité à l'air n_{50} inférieure à 1,0 vol/h doit être considérée comme « très exigeante ».

La prescription de valeurs de n_{50} comprises entre 0,6 vol/h et 2,5 vol/h pourra être arrêtée lors de la stratégie du PPRT, en considération des coûts et des difficultés techniques qu'elle induit.

Dans tous les cas, une étude de faisabilité technique et financière sera nécessaire si l'objectif de perméabilité du local de confinement atteint un niveau d'exigence élevé.

6.3.3.3. Cas d'un niveau de protection requis faible

Le niveau de perméabilité à l'air observé par le CETE de Lyon, par des mesures sur des locaux existants menées depuis 2009 dans le résidentiel, avant travaux de renforcement de leur étanchéité, est $n_{50} < 20$ vol/h. Le niveau le plus élevé correspond à un maximum de défauts pouvant être généralement constatés dans les habitations. Le respect a minima de ce niveau d'étanchéité à l'air ne devrait être ainsi générateur d'aucun travaux de renforcement de l'étanchéité, ou très peu, dans des situations très dégradées, mais alors favorables à l'économie thermique.

Les abaques (annexes E et F) sont limités à cette valeur limite de lecture.

Si la valeur de perméabilité n_{50} , issue de la lecture des abaques, était supérieure à la valeur limite de lecture pour le local étudié, alors la réalisation du local de confinement exigerait ce niveau : **$n_{50} = 20$ vol/h.**

Les dispositions applicables à l'enveloppe du bâtiment (paragraphe 6.2.1) seront dans tous les cas mises en œuvre.

6.3.3.4. Gradation des dispositions constructives et valeur de perméabilité à l'air

Il est impossible d'établir a priori et avec précision une liste de dispositions constructives correspondant à l'atteinte exacte d'un objectif précis de performance en terme de perméabilité à l'air.

Les dispositions constructives et le soin apporté à leur mise en œuvre dépendront plus de l'ordre de grandeur de l'objectif que de la valeur précise de celui-ci.

Par ailleurs, le coût de mise en œuvre du dispositif ne sera que très marginalement influencé par l'adaptation (à un ou deux dixièmes près) de la valeur de perméabilité issue de la lecture des abaques.

Dans ces conditions, il sera possible de regrouper les enjeux ou zones d'aléa toxique dont les valeurs de perméabilité sont proches pour harmoniser les prescriptions.

6.4. Mesure de perméabilité à l'air du local après travaux

Pour le local de confinement, pour lequel, de surcroît, un niveau exigeant d'étanchéité à l'air peut être fixé par le maître d'ouvrage ou la réglementation, seule une mesure à la réception des travaux permet de :

- ✓ Motiver à l'avance les entreprises impliquées dans la réalisation des travaux pour atteindre l'objectif de protection des personnes ;
- ✓ Valider les investissements réalisés lors de la phase d'études et lors de la réalisation de travaux et prouver que l'objectif fixé de protection des personnes a été atteint.

Il est donc souhaitable que soit réalisée une mesure de perméabilité à l'air de tout local de confinement prescrit avec fourniture d'un certificat de mesure attestant de l'atteinte de l'objectif.

7. Caractérisation du confinement : cas d'un bâtiment non résidentiel

Ce chapitre décrit les différentes dispositions à mettre en œuvre pour rendre le confinement efficace sur un bâtiment non résidentiel.

Les éléments pour l'identification du local de confinement, ainsi que les dispositions techniques générales sur le bâtiment et le local de confinement peuvent paraître proches des éléments proposés pour les bâtiments résidentiels, avec des spécificités liées à des usages très différents.

En revanche, le calcul de la perméabilité à l'air du local de confinement, requiert une étude spécifique.

Cette étude spécifique doit être systématiquement mise en œuvre pour tous les bâtiments non résidentiels (l'approche simplifiée décrite au chapitre 6 n'est pas applicable).

L'étude spécifique décrite dans le présent chapitre peut également être mise en œuvre pour les bâtiments résidentiels dans les conditions décrites au paragraphe 5.5. Ce peut-être le cas notamment pour :

- les constructions avec des structures légères ou très ouvertes (cas des DOM par exemple....) ;
- les mobiles-homes ou habitation légères de loisirs ;
- les constructions provisoires ou temporaires (modules préfabriqués).

7.1. Identification du local de confinement

7.1.1. Évaluation du nombre de personnes à confiner

Le local de confinement doit pouvoir accueillir tous les occupants de l'établissement.

Pour les bâtiments non-résidentiels, les textes relatifs à la sécurité incendie serviront au calcul du nombre de personnes à confiner :

- **pour les ERP**, l'effectif est calculé suivant l'arrêté du 25 juin 1980 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public ;
- **pour les établissements industriels et commerciaux**, l'effectif est calculé suivant l'article R.4227-3 du code du travail, établi par le décret n° 2008-244 du 7 mars 2008 (ex R.232-12-1).

Pour les seuls bâtiments existants, lorsque le coût des travaux dépasserait la limite des 10 % de la valeur vénale du bien, une piste de priorisation des travaux peut être issue de la diminution du nombre de personnes accueillies dans l'établissement, et alors de dimensionner des locaux de confinement sur la base de cet effectif réduit. **Dans ce cas, le gestionnaire de l'établissement doit être attentif aux modalités du maintien dans le temps de cette capacité d'accueil réduite.**



Dans certains cas, le nombre de personnes à comptabiliser pour dimensionner les locaux de confinement implique de considérer le bâtiment dans son ensemble comme un local confinement. Les dispositions techniques décrites au chapitre 7.2 ci-après devront être adaptées à ce cas précis pour le bâtiment dans son ensemble.

7.1.2. Nombre de locaux

Pour les établissements comportant plusieurs bâtiments disjoints ou simplement accolés sans possibilité de communication intérieure, il faut prévoir au moins un local par bâtiment, dimensionné pour abriter toutes les personnes comptabilisées dans ce bâtiment.

Pour les bâtiments accolés d'un même établissement, disposant ou pouvant disposer d'une liaison communicante entre eux sans passer par l'extérieur, il est possible :

- de prévoir un local par bâtiment, dimensionné pour abriter les personnes comptabilisées dans chaque bâtiment,
- ou, sous réserve de la taille des bâtiments, de prévoir les locaux pour plusieurs bâtiments, dimensionnés alors pour toutes les personnes comptabilisées dans ces bâtiments. Le plan de confinement de l'établissement devra alors parfaitement situer les locaux pour chaque bâtiment.

Pour les bâtiments de grande taille, le nombre de locaux de confinement doit être minimal pour une bonne organisation de la crise mais suffisant pour que les personnes devant s'y abriter puissent atteindre le local dans un délai raisonnable. La durée d'exposition des personnes avant qu'elles ne pénètrent dans le local de confinement doit être aussi réduite que possible. La durée maximale admissible dépendra de la localisation du bâtiment par rapport au point de rejet et des conditions atmosphériques (vitesse et direction du vent). En tout état de cause, elle ne devra jamais excéder dix minutes.

7.1.3. Dimensions

L'objectif d'un local de confinement est de maintenir une atmosphère « respirable » pendant la durée de l'alerte. Un espace vital doit donc être disponible pour chaque personne confinées afin de limiter les effets secondaires tels que l'augmentation de la température intérieure, la raréfaction de l'oxygène ou l'augmentation de la concentration en CO₂

Les surfaces et volumes minimums sont : 1 m² et 2.5 m³ par personne.

Il est toutefois recommandé de prévoir : 1.5 m² et 3.6 m³ par personne.

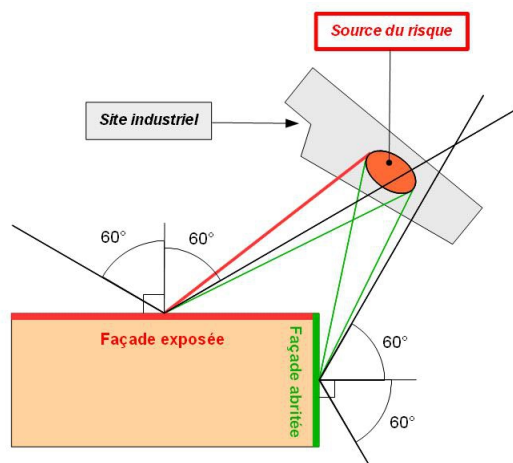


7.1.4. Localisation

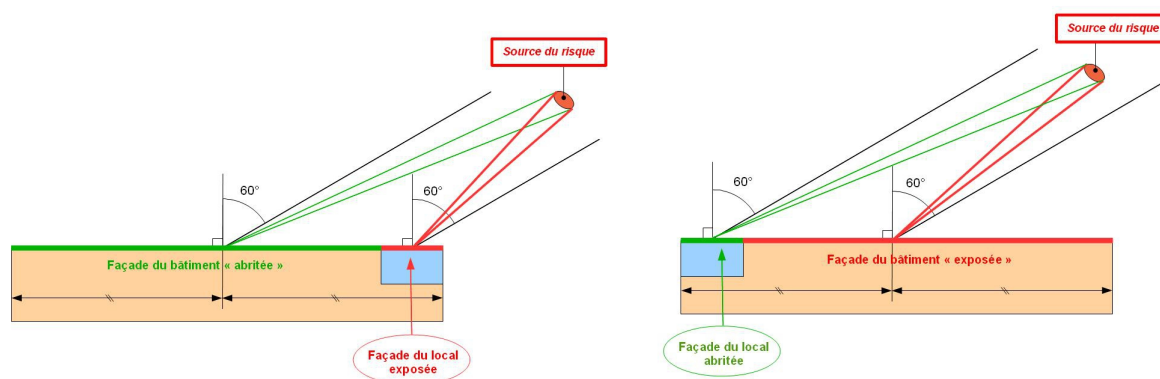
7.1.4.1. Caractérisation des façades

La détermination « exposée » ou « abritée » des façades d'un bâtiment ou d'un local de confinement par rapport au site industriel, est faite à partir des sources d'émission des produits toxiques. Ce peut être par exemple un linéaire de canalisations, un point ou l'enveloppe d'une structure. Le caractère exposé d'une façade est déterminé selon les principes de la norme NF EN 15242 (*Méthodes de calcul pour la détermination des débits d'air dans les bâtiments y compris l'infiltration*).

Une façade est « exposée au site industriel » dès lors qu'un point d'émission (source) d'un phénomène toxique issu du site, et ayant un effet impactant le bâtiment, est situé sous un angle inférieur ou égal à 60° par rapport à la normale de cette façade, prise en son milieu. La façade est dite « abritée du site industriel » dans le cas contraire.



Dans des cas très particuliers, en présence de bâtiments longs, il est possible que la façade d'un local de confinement puisse être en situation d'exposition différente que celle de la façade du bâtiment sur laquelle il se situe (voir illustrations ci-dessous) :



7.1.4.2. Position du local de confinement

Un local est « **abrité** du site industriel » s'il ne comporte aucune façade extérieure exposée au site industriel.

Un local est « **exposé** au site industriel » s'il comporte au moins une façade extérieure exposée au site industriel.

Dans toute la mesure du possible, le local de confinement devra être choisi « abrité du site industriel ». En effet, les volumes du bâtiment situés autour du local de confinement jouent un rôle « tampon » qui ralentit la pénétration de l'air chargé en produit toxique dans le local de confinement.

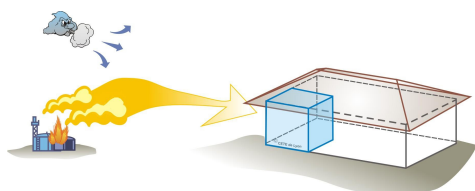


Illustration 3: Local de confinement exposé au site industriel : à éviter

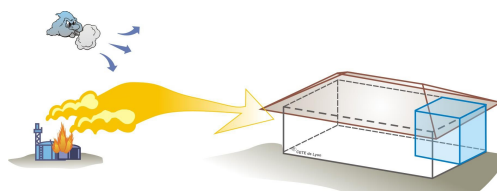


Illustration 4: Local de confinement abrité du site industriel : à privilégier

Un local situé en position centrale, dont aucune des parois ne constitue un mur extérieur, bénéficierait d'un effet tampon encore meilleur. Mais, les pièces centrales ne présentent pas, en général, de tailles suffisantes pour être utilisées comme locaux de confinement.

7.2. Dispositions techniques générales

7.2.1. Dispositions applicables à l'enveloppe du bâtiment

7.2.1.1. Limitation des flux d'airs volontaires pendant la crise

En cas de crise, pour que le confinement soit efficace, il faut avant tout que les débits d'air dits « volontaires » entrant dans le bâtiment soient limités, voire annulés, rapidement. La limitation de ces abondants flux d'airs passe par des règles comportementales (voir chapitre 8) mais aussi par un certain nombre de mesures préventives :

1. Un dispositif garantissant le maintien de **l'intégrité de l'enveloppe du bâtiment, en particulier des vitrages** dans tout le bâtiment (et non seulement dans le local de confinement), en cas de concomitance avec des effets thermiques ou avec des effets de surpression même faibles.
2. L'arrêt rapide, de préférence depuis le local de confinement, des systèmes de ventilation du bâtiment, de chauffage et de climatisations lorsqu'ils sont à traitement d'air, ainsi que des appareils de chauffage à combustion (voir les articles 5.7 et 7.2.1.4). Le dispositif devra être conforme aux règles de sécurité incendie et au contexte d'usage.
3. L'installation de systèmes d'obturation sur toutes les entrées et extractions d'air volontaires du bâtiment, et non seulement de celles du local de confinement (voir annexe H).

Les entrées d'air nécessaires à l'aération permanente liée au fonctionnement des appareils à combustion, suivant les dispositions des arrêtés relatifs aux règles de sécurité et prévention des intoxications concernant ces dispositifs, ne sont pas concernées par la mise en œuvre des dispositifs d'obturation, mais devront néanmoins être colmatées lors d'une crise.



Si les dispositifs prévus en point 1 ou 2 ne peuvent être installés, le calcul standard, décrit au chapitre 7.3 avec une valeur de la perméabilité à l'air de l'enveloppe du bâtiment, ne pourra être utilisé pour la détermination de celle du local de confinement. Il faudra alors avoir recours à une étude avec modélisation du bâtiment sans enveloppe.

7.2.1.2. Perméabilité à l'air de l'enveloppe du bâtiment

En cas de crise, une fois annulés tous les flux d'airs volontaires, les débits d'air entrant dans le bâtiment sont limités aux infiltrations « involontaires » liées à la perméabilité de l'enveloppe du bâtiment. Les volumes situés entre l'enveloppe du bâtiment et le local de confinement assurent un rôle « tampon » qui ralentit et atténue très fortement la pénétration des polluants dans le local de confinement. Le niveau d'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment intervient donc sur le niveau de protection dans le local.

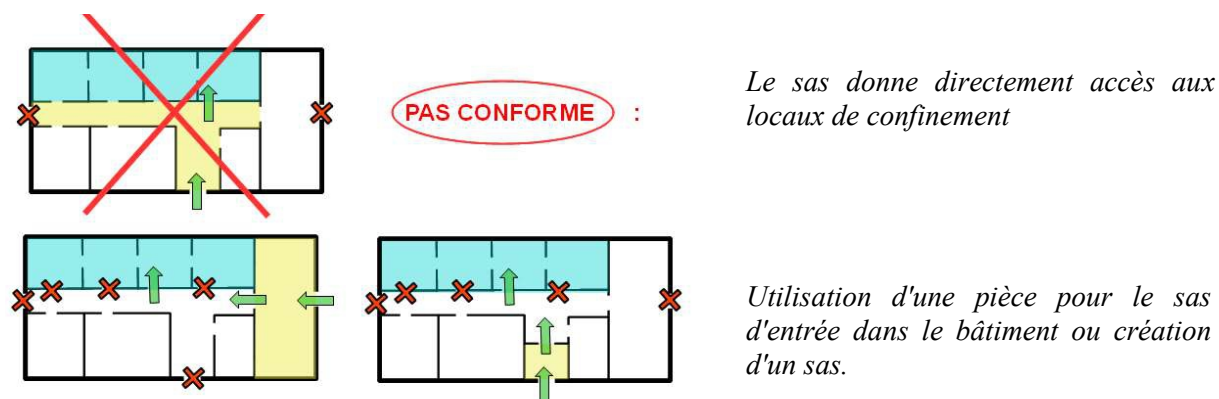
Pour les bâtiments futurs, le respect de la valeur de référence en terme de perméabilité à l'air, définie dans la RT2005, pour **l'enveloppe du bâtiment** permet d'augmenter considérablement l'effet « tampon » de l'ensemble du bâti et de rendre ainsi le confinement beaucoup plus efficace. Voir paragraphe 5.4.

7.2.1.3. Sas d'entrée des bâtiments

Pour les bâtiments non résidentiels, il est important d'aménager un sas pour chaque entrée susceptible d'être utilisée en cas de crise. Lorsque des personnes se réfugient dans le bâtiment après que le nuage toxique a commencé à se disperser, ou après que la procédure de confinement a débuté, l'utilisation d'un sas en deux temps permet de limiter la pénétration du polluant dans le bâtiment et de d'augmenter ainsi l'efficacité du confinement.

L'utilisation en deux temps signifie que les 2 portes, de part et d'autre du sas, ne doivent pas être ouvertes en même temps. Cela suppose une taille suffisante des sas par rapport au contexte d'usage et au nombre de personnes susceptibles de venir se réfugier dans le bâtiment depuis l'extérieur.

Les sas d'entrée dans les bâtiments sont à différencier des sas d'entrée dans le local de confinement (article 7.2.3.1), et dans la mesure du possible ils ne doivent pas donner accès directement dans les locaux de confinement, ni communiquer directement entre eux.



7.2.1.4. Chauffage du bâtiment

- **arrêt du chauffage :**

Le confinement peut entraîner une augmentation rapide de la température à l'intérieur des locaux de confinement. Pour des raisons de confort et de prévention de troubles, il est souhaitable de pouvoir couper rapidement le chauffage, a minima dans le local de confinement, sinon dans tout le bâtiment. L'arrêt rapide du chauffage peut être couplé à celui des ventilations.

Les systèmes de chauffage à traitement air doivent être arrêtés comme les ventilations (article 7.2.1.1).

- **appareils de chauffage à combustion à circuit non étanche :**

Les appareils de chauffage à combustion à circuit non étanche (voir article 5.7) nécessitent une aération permanente des locaux. L'arrêt rapide de ces types appareils de chauffage doit être simultané avec l'arrêt et la fermeture des systèmes de ventilation des bâtiments dans lesquels ils sont présents. L'arrêt du chauffage doit alors être couplé à celui des ventilations.

L'impact sur le dispositif de confinement de l'arrêt des appareils de chauffage à combustion et des fermetures simultanées des systèmes de ventilation sera étudié et pris en compte dans la conception générale de celui-ci, de manière à assurer la sécurité des personnes confinées vis-à-vis de la conservation de ces appareils.

Les cheminées ouvertes devront être supprimées, ou à minima équipées d'insert sous réserve du respect de la même sécurité.

Dans les bâtiments neufs, les appareils de chauffage à combustion à circuit non étanche doivent être interdits.

7.2.2. Dispositions applicables au local de confinement

7.2.2.1. Portes d'accès aux locaux de confinement

La nature du protocole de mesure de perméabilité à l'air peut exclure la perméabilité de la porte d'accès au local. En effet, pendant la mesure, la porte peut être remplacée par le dispositif de mesure.

La porte d'accès au local doit donc présenter les caractéristiques indispensables suivantes : être d'une part étanche à l'air ou pouvoir être rendue étanche à l'air en cas d'alerte, et permettre d'autre part à la ventilation du bâtiment de s'effectuer correctement hors de la crise.

Elle devra présenter une surface pleine monobloc étanche à l'air :

- dont le linéaire est bien jointoyé,
- comportant un joint d'étanchéité entre la feuillure et le battant,
- équipée d'un système d'étanchéité à l'air en partie basse à la fermeture.

Pour un bâtiment avec une ventilation basée sur le principe du balayage général, il conviendra d'adapter ce dispositif afin que la ventilation fonctionne normalement en usage courant, par exemple :

- la porte peut être équipée d'une grille de ventilation obturable parfaitement jointoyée ;
- le système d'obturation en partie basse peut être amovible de manière automatique (ex : plinthe automatique de bas de porte), ou manuel (évite dans ce cas la pose de la grille de ventilation obturable qui n'a pas lieu d'être). Les barres d'étanchéité posées directement sur le sol (« seuils suisses ») sont à éviter pour cause de détérioration rapide et de problème d'accessibilité.

7.2.2.2. Aménagement de sanitaires avec accès sécurisé depuis le local

Dans les bâtiments non résidentiels, il n'est pas envisageable de confiner des personnes dans un local pendant 2 heures sans prévoir un accès sécurisé à des sanitaires.

Par **accès sécurisé**, il faut entendre que la porte du sanitaire doit donner directement sur le local de confinement.

A titre exceptionnel, des sanitaires très proches du local et accessibles par cheminement intérieur peuvent être envisagés. Dans ce cas, l'aménagement d'un sas à l'entrée du local est indispensable, afin de limiter les échanges d'air avec les autres parties du bâtiment lors des déplacements entre les sanitaires et le local de confinement.

7.2.2.3. Point d'eau

Le confort des personnes confinées peut être sensiblement amélioré par l'installation d'un point d'eau potable dans le local de confinement (robinet parfaitement accessible associé à un évier ou un lavabo). Ce point d'eau peut être installé dans les sanitaires si ceux-ci sont attenants au local de confinement.

Toutefois cette disposition ne dispense pas du stockage permanent d'eau en bouteilles dans le local. L'importance de ce stockage doit être adapté au nombre de personnes susceptibles d'être confinées dans le local.

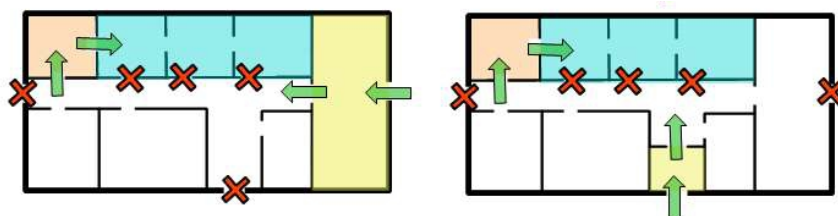
7.2.2.4. Équipements contre-indiqués dans les locaux de confinement

Les locaux de confinement ne doivent pas comporter d'appareils de chauffage à combustion, ni tout autre appareil, dispositif ou matériel pouvant contrevenir à la sécurité et la santé des personnes pendant la durée du confinement.

7.2.3. Dispositions complémentaires

7.2.3.1. Sas d'entrée pour le local de confinement

L'aménagement d'un sas d'entrée pour le local de confinement permet d'augmenter le niveau de protection assuré par celui-ci. En effet, même s'il est souhaitable que le local de confinement reste clos pendant toute la période de confinement, on ne peut pas exclure que des personnes veuillent accéder au local pour s'y réfugier alors que la procédure de confinement a débuté. L'utilisation du sas en deux temps permet alors de limiter la pénétration des polluants dans le local.



7.2.3.2. Matériel à prévoir dans le local de confinement

- Un escabeau permet de faciliter le colmatage manuel, à l'aide de ruban adhésif des portes, fenêtres, interrupteurs, prises, plafonniers, etc.... Il s'agit du confinement non structurel effectué par les occupants pendant la crise, qui permet, complémentirement au confinement structurel, d'augmenter de manière significative l'efficacité du confinement ;
- Une armoire de sécurité, située dans le local, qui contiendra le matériel nécessaire pour un confinement d'une durée de 2 heures du nombre de personnes à protéger :
 - pour renforcer la protection : ruban adhésif étanche à l'air, en papier crêpe de 40 à 50 mm de large (la quantité de ruban adhésif nécessaire peut se calculer en fonction du linéaire d'ouvrants extérieur et intérieur) ;
 - des bouteilles d'eau en quantité suffisante pour permettre aux personnes confinées de se désaltérer sans restriction; ce stockage est à prévoir même si un point d'eau est aménagé dans le local ;

- des occupations **calmes** pour les personnes pendant le confinement (ex. lecture, jeux de société). En effet, les effets secondaires du confinement (température, raréfaction en oxygène et augmentation du dioxyde de carbone) se dégradent lorsque l'activité des personnes confinées augmente ;
- les linges en cas de picotements nasaux ;
- un poste de radio autonome, avec piles de rechange ;
- une lampe de poche, avec piles de rechange ;
- une **fiche de consignes** précisant les actions à mener avant, pendant et après l'alerte, ainsi que les actions de maintenance. On se référera à la partie 8 pour le contenu de la fiche de consignes.

A prévoir dans la salle de confinement



7.3. Perméabilité à l'air du local de confinement : cahier des charges pour une étude spécifique

Pour les bâtiments autres que résidentiels, la méthodologie par utilisation d'abaques ne peut pas être utilisée, car il est impossible de modéliser un établissement « type ». En effet, la géométrie du bâtiment d'une part, sa perméabilité à l'air d'autre part, ne peuvent être « standardisés » comme cela a été fait avec la maison individuelle et le bâtiment collectif d'habitation.

L'impossibilité de décrire et de modéliser un établissement « type », impose de mener une étude spécifique pour chaque bâtiment.

La plupart des bâtiments résidentiels peuvent être traités par application de la méthode de calcul simplifiée avec utilisation d'abaques proposée en partie 6. Le recours à cette méthode est, de loin, la démarche la moins onéreuse. Toutefois, le recours à une étude spécifique est toujours possible pour ces bâtiments comme précisé en partie 5.5. Elle devra, dans ce cas, respecter toutes les phases du cahier des charges d'une étude spécifique applicable aux bâtiments non résidentiels.

7.3.1. But de l'étude spécifique et rendus attendus

L'étude spécifique consiste à calculer l'exigence d'étanchéité à l'air du local de confinement afin de protéger les personnes de l'effet toxique dimensionnant caractérisé au chapitre 4. La perméabilité à l'air calculée pour le local doit donc permettre de respecter le coefficient d'atténuation cible défini au paragraphe 4.3.2.

Un outil de modélisation aéraulique permettant de simuler la pénétration des polluants dans le bâtiment, sera mis en œuvre pour calculer un niveau d'étanchéité du local de confinement assurant que les personnes confinées ne sont jamais exposées à une concentration supérieure au seuil des effets irréversibles pour une durée d'exposition de 2h00. Ce niveau de protection devra être assuré pour un confinement d'une durée de deux heures.

Les principaux rendus de la simulation attendus sont :

- ✓ les courbes d'évolution des concentrations extérieures, dans le local de confinement et dans les différentes zones modélisées (pendant la période de confinement de 2h00) ;
- ✓ le calcul de l'objectif de performance ;
- ✓ la valeur maximale de la perméabilité à l'air du local permettant d'atteindre l'objectif de performance.

Devront être fournis, à l'appui des résultats de simulation ci-dessus, un rapport relatif aux hypothèses retenues pour le calcul. Certaines hypothèses sont dites « figées », car inhérentes à l'outil de calcul utilisé. D'autres hypothèses sont « non figées », car utilisées en données d'entrée de l'outil de calcul



Le choix et la mise en œuvre de l'outil de modélisation sont à effectuer avec le plus grand soin. En effet, ils engagent la sécurité des personnes réfugiées dans le local de confinement dont l'étanchéité à l'air aura été calculée.

7.3.2. Choix de l'outil de modélisation (hypothèses figées)

L'outil de modélisation des échanges aérauliques à mettre en œuvre pour les études spécifiques n'est pas imposé.

Cependant, le choix de cet outil et les résultats produits engageront la sécurité des personnes confinées dans le local.

C'est pourquoi, devront être systématiquement fournies à l'appui des rendus de simulation :

- ✓ Une justification de toutes les hypothèses « figées » de la modélisation des échanges aérauliques conduisant au calcul de l'étanchéité à l'air du local :
 1. sur la représentation du bâtiment ;
 2. sur la prise en compte des flux d'air volontaires ;

3. sur la méthode de calcul de la vitesse de vent au droit du bâtiment, à partir de la vitesse météorologique. On veillera à la cohérence entre le modèle retenu et le modèle utilisé dans les études de dangers ⁵ ;
 4. sur le calcul de la pression due au vent au niveau des défauts d'étanchéité, notamment sur l'utilisation des coefficients de pression ;
 5. sur l'expression des débits à travers les défauts d'étanchéité à l'air ;
 6. sur la répartition de la valeur d'étanchéité à l'air en paroi par rapport à la valeur pour l'enveloppe de chaque zone ;
 7. sur la répartition des défauts d'étanchéité sur les parois ;
 8. sur le calcul numérique des débits interzones ;
 9. sur le calcul numérique des concentrations des zones.
- ✓ Un rapport de validation donnant les écarts sur les débits et sur les concentrations, par rapport au calcul effectué avec le logiciel CONTAM ⁶, sur les « cas test » décrits dans le document du Cete de Lyon « Modélisation des transferts aérauliques en situation de confinement – Bases théoriques et éléments de validation ».

Le ministère a soutenu le développement de l'outil « CONFINE »⁷ par le CETE de Lyon et l'INERIS. Cet outil de modélisation des échanges aérauliques remplit les conditions exigées ci-dessus. Cet outil est accessible aux personnes ayant suivi la formation relative à son utilisation. Son utilisation n'exonère par ailleurs pas l'utilisateur du bon usage de ces compétences, sous sa seule responsabilité.

7.3.3. Choix des données d'entrée (hypothèses non figées)

L'étude spécifique devra être réalisée avec les hypothèses suivantes, prises en entrée de l'outil de calcul.

Ces différentes hypothèses devront être explicitement rappelées dans un rapport technique accompagnant le rendu.

7.3.3.1. La représentation géométrique du bâtiment

La représentation géométrique du bâtiment modélisé doit conserver certains paramètres (par exemple : volumes) reconnus comme influant de manière prépondérante sur le calcul des échanges aérauliques.

⁵ Dans les études de danger, un modèle couramment utilisé est un profil de vent de type logarithmique, avec utilisation de la longueur de Monin-Obukhov ainsi que de la relation de Busigner (1971).

⁶L'outil CONTAM est un outil de simulation des transferts aérauliques développé par Walton (1997), largement utilisé et téléchargeable sur le site du National Institute of Standards and Technologies (NIST)

⁷L'outil CONFINE est disponible sur le site de l'INERIS, à l'adresse suivante : <http://ineris.fr/primarisk/>

7.3.3.2. Valeurs de perméabilité à l'air de l'enveloppe du bâtiment

7.3.3.2.1. Calcul standard

Le calcul standard permet de s'affranchir d'une mesure d'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment. Le calcul d'étanchéité à l'air du local nécessite alors seulement de connaître la géométrie du bâtiment étudié.

- **Pour les bâtiments de typologie 3 :** (cf : chapitre 5.3) l'expérience du CETE de Lyon en matière de perméabilité à l'air, et l'observation de certains cas étudiés a permis de définir une valeur majorante de la perméabilité à l'air de l'enveloppe, pour ce type de bâtiment.

La valeur retenue est : $Q_{4 \text{ Pa-surf}} = 10 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$

Dans le cas où le bâtiment comporterait des combles, la valeur de la perméabilité à l'air de ceux-ci sera prise $Q_{4 \text{ Pa-surf}} = 30 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$

- **Pour les bâtiments de typologie 4 :** (cf : chapitre 5.3) l'expérience du CETE de Lyon en matière de perméabilité à l'air a conduit à la définition d'une valeur majorante de la perméabilité à l'air de l'enveloppe, pour ce type de bâtiment. Cette valeur est similaire à celle pour les combles de bâtiments d'habitation, c'est une valeur pénalisante mais qui tient compte toutefois d'une certaine capacité de l'enveloppe à freiner la pénétration du nuage toxique dans le bâtiment.

La valeur retenue est : $Q_{4 \text{ Pa-surf}} = 30 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$

Dans certaines situations très pénalisantes mais réalistes, lorsque l'enveloppe du bâtiment apparaîtrait comme ne pouvant pas assurer le rôle de premier niveau de protection, alors la performance à atteindre en termes d'étanchéité à l'air du local de confinement serait calculée à partir de la modélisation d'un local sans enveloppe. (ex : ouvertures impossibles à fermer dans le délai de la crise, cas de concomitance d'effets pouvant influencer sur l'enveloppe....).

7.3.3.2.2. Calcul sur mesure

Pour effectuer le calcul de la perméabilité maximale admissible du local de confinement, le maître d'ouvrage peut souhaiter prendre en considération une valeur spécifique de perméabilité à l'air de l'enveloppe du bâtiment.

Cette volonté peut être justifiée par des efforts particuliers faits sur une construction neuve pour respecter la valeur de référence de perméabilité à l'air de la RT 2005, ou par le sentiment que les valeurs proposées comme représentatives de chaque typologie de bâtiment ne correspondent pas au cas particulier étudié.

Dans ce cas, un calcul d'étanchéité « sur mesure » peut être mené sous deux conditions :

- ✓ Pour être prise en compte dans le calcul, la valeur d'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment doit être obligatoirement justifiée par la présentation d'un certificat de mesure. En effet, la prise en compte d'une valeur d'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment plus faible que la valeur réelle conduirait à la sous-estimation de la valeur d'étanchéité nécessaire du local de confinement et irait à l'encontre de la sécurité des personnes confinées ;
- ✓ La porte ou fenêtre ayant servi à la mesure doit subir un bon traitement de l'étanchéité à l'air.

7.3.3.3. Conditions extérieures

Les conditions atmosphériques à retenir sont à choisir parmi les conditions 3A, 3B, 5B, 5C, 10C, 5D, 10D, 3E et 3F, en cohérence avec celles retenues par les études de danger.

La longueur de rugosité à prendre en compte dépend de l'environnement du bâtiment. En l'absence d'information, des valeurs pénalisantes de longueur de rugosité seront prises en compte :

- 0,183 m pour les bâtiments de hauteur inférieure à 10 m ;
- 0,95 m pour les autres bâtiments.

La température extérieure à prendre en compte est celle des études de danger : 20°C pour les conditions de stabilité atmosphérique A à E, et 15°C pour la condition F. La valeur de n_{50} sera néanmoins issue d'un double calcul :

- un réalisé avec la température extérieure des études de dangers (comme dit ci-dessus)
- un réalisé avec la température extérieure égale à la température intérieure du bâtiment (conditions isothermes)

La plus faible valeur n_{50} issue des deux calculs doit être retenue.

Avec l'outil CONFINE, la température intérieure étant fixée à 20°C, le cas d'un double calcul n'est nécessaire que pour la condition 3F, et on retiendra alors la plus faible valeur n_{50} issue des calculs 15°/20° et 20°/20°.

7.4. Mesure de perméabilité à l'air

Les fuites d'air involontaires sont éparses et diverses, il est donc impossible de quantifier l'étanchéité à l'air de l'enveloppe d'un bâtiment, ou d'un local de confinement, par une simple inspection visuelle.

Toute hypothèse prise sur l'étanchéité à l'air de l'enveloppe d'un bâtiment, différente de celles adoptées dans l'approche simplifiée (abaques) ou dans l'approche standard, doit faire l'objet d'une mesure.

7.4.1. Mesure de perméabilité à l'air de l'enveloppe du bâtiment

Il n'y a lieu de procéder à une mesure de perméabilité à l'air de l'enveloppe du bâtiment que dans le cas du calcul « sur mesure ».

Rappel : la non conformité de la valeur prise en compte par rapport à la réalité peut conduire à un sous-dimensionnement de l'étanchéité à l'air du local de confinement, qui ne garantirait alors pas la protection des personnes confinées.

7.4.2. Sur le local de confinement après travaux

Pour le local de confinement, pour lequel, de surcroît, un niveau exigeant d'étanchéité à l'air peut être fixé par le maître d'ouvrage ou la réglementation, seule une mesure à la réception des travaux permet de :

- ✓ Motiver à l'avance les entreprises impliquées dans la réalisation des travaux pour atteindre l'objectif de protection des personnes ;
- ✓ Valider les investissements réalisés lors de la phase d'études et lors de la réalisation de travaux et prouver que l'objectif fixé de protection des personnes a été atteint.

Il est donc souhaitable que soit réalisée une mesure de perméabilité à l'air de tout local de confinement prescrit avec fourniture d'un certificat de mesure attestant de l'atteinte de l'objectif.

La mesure après travaux peut ne pas être envisagée pour les locaux de confinement dont la valeur n_{50} de la perméabilité à l'air requise est supérieure ou égale à 20 vol/h.

8. Recommandations comportementales

En cas de pollution accidentelle, les mesures structurelles pour le confinement qui seront prescrites dans le PPRT ne permettront d'assurer une protection réellement efficace des personnes, que si elles sont assorties de règles comportementales, connues des personnes exposées.

On peut classer ces règles comportementales en plusieurs catégories :

1. celles qui permettent le **maintien essentiel du rôle « tampon »** protecteur de l'enveloppe du bâtiment avec l'utilisation effective des dispositions techniques qui ont été prescrites en ce sens,
2. celles qui permettent, en cas de crise, une bonne organisation de la procédure de confinement, particulièrement sur les moments les plus sensibles de l'alerte, qui garantissent une grande part de l'efficacité du confinement. Pour les bâtiments non résidentiels, **le plan de confinement** permet une bonne lisibilité de cette organisation, qui peut être plus complexe du fait du nombre de personnes concernées, et parfois du nombre de locaux de confinement,
3. les autres règles comportementales complémentaires qui permettront l'utilisation optimale des locaux de confinement.

La fiche de consignes permet de décrire clairement, et de manière chronologique, ces différentes règles comportementales, de manière à assurer les « bons réflexes » en cas de procédure de confinement.

8.1. Un point impératif : le maintien effectif du rôle tampon de l'enveloppe de bâtiment

Dès le début de l'alerte et le plus rapidement possible :

- ✓ Les systèmes de ventilation, de chauffage et de climatisation du bâtiment doivent être arrêtés très rapidement, de préférence depuis une commande spécialement installée dans le local de confinement.
- ✓ Les systèmes d'obturation des entrées d'air volontaires (entrée d'air sur fenêtres, autres entrées d'air pour la ventilation, le chauffage ou la climatisation, cheminées, ...) spécialement installés doivent être effectivement activés dans tout le bâtiment (et non seulement dans le local de confinement).
- ✓ Les portes et fenêtres de tout le bâtiment doivent être fermées.

Afin que ces 3 points soient réalisés dans un temps très court, on comprend la nécessité :

- ✓ d'un arrêt « coup de poing » donc rapide des systèmes de chauffage, ventilation et climatisation,
- ✓ de systèmes d'obturation automatiques, et non d'un colmatage manuel avec du ruban adhésif,
- ✓ de règles permanentes d'ouverture restreinte des portes et fenêtres dans les bâtiments situés dans les périmètres des PPRT, notamment en conditions estivales,
- ✓ l'information des occupants de ces différents points.

8.2. Gérer les moments les plus sensibles de l'alerte, via le plan de confinement

Pour les bâtiments autres que résidentiels, un **plan de confinement** doit permettre, notamment :

- ✓ aux personnes de se diriger rapidement vers le local de confinement dans lequel elles doivent se confiner (affichage de plans, signalisation spécifique, etc...) ;
- ✓ en circulant à l'intérieur des différents bâtiments en direction des locaux de confinement, qui ont été spécialement disposés pour permettre cet accès intérieur ;
- ✓ d'accueillir des éventuelles personnes situées à l'extérieur lors de l'alerte (exemple : terrain de sport) vers le bâtiment le plus proche ;
- ✓ d'utiliser les sas d'accès spécialement aménagés en deux temps. L'utilisation en deux temps signifie que les 2 portes, de part et d'autre du sas, ne doivent pas être ouvertes en même temps. Cela suppose une taille suffisante des sas par rapport au contexte d'usage et au nombre de personnes susceptibles d'utiliser le sas pour entrer dans le bâtiment.

Pour les bâtiments résidentiels, ces différents points sont également essentiels. Néanmoins, leur formalisation dans un plan de confinement ne paraît pas indispensable. Une fiche de consignes est suffisante dans la plupart des cas.

8.3. Les différentes étapes chronologiques : la fiche de consignes

La fiche de consignes doit être largement diffusée aux personnes permanentes, affichées largement dans les bâtiments recevant un public non permanent, et disponibles en quantité suffisante dans les armoires de sécurité des locaux de confinement.

Elle permet de formaliser, sous forme de « check-list » :

- ✓ les éléments de prévention qui assureront un bon déroulement de l'alerte,
- ✓ les bons gestes à suivre chronologiquement lorsqu'un nuage toxique survient : au tout début de l'alerte, pendant le confinement, et à la fin de celui-ci,
- ✓ les éléments de maintenance.

Propre à chaque établissement, elle doit être établie au cas par cas. Sa rédaction permet ainsi une approche globale associant les aménagements structurels sur le bâti prescrits par le PPRT, et les règles optimales d'utilisation des locaux et de comportements généraux.

A titre informatif, voici quelques éléments que doit contenir la fiche de consignes (extraits du document CERTU/CETE « Éléments pour mettre en œuvre une stratégie de confinement en cas de pollution atmosphérique accidentelle »).

Éléments de prévention : l'exercice annuel d'alerte

Un exercice annuel d'alerte permet :

- ✓ d'informer les personnes concernées : connaissance de la fiche de consignes, du plan de confinement, et des locaux de confinement ;
- ✓ de les préparer aux consignes de confinement : arrêt des systèmes de ventilation, chauffage, climatisation, fermeture des portes et fenêtres, colmatage manuel avec du ruban adhésif, obturation des entrées d'air, utilisation des sas ;
- ✓ de leur faire écouter le signal d'alerte, notamment afin qu'il ne soit pas confondu avec le signal incendie, qui prévoit au contraire l'évacuation des personnes.
- ✓ Autres ...

En cas de crise : les bons réflexes, pas à pas***Au début de l'alerte***

- ✓ rester dans le bâtiment ou se diriger vers le bâtiment le plus proche,
- ✓ entrer dans le bâtiment en utilisant les sas spécialement aménagés en deux temps,
- ✓ **avant d'entrer dans le local de confinement :**
- ✓ arrêter les systèmes de chauffage, de ventilation, et de climatisation grâce au système spécialement aménagé;
- ✓ fermer toutes les portes et fenêtres du bâtiment;
- ✓ obturer les entrées d'air volontaires à l'aide des systèmes automatiques spécialement aménagés;
- ✓ se diriger rapidement et par le cheminement intérieur prévu vers le local de confinement prévu;
- ✓ entrer dans le local en utilisant les sas lorsqu'ils existent en deux temps.
- ✓ **Les premiers gestes dans le local de confinement :**
- ✓ vérifier que toutes les personnes prévues dans le local soient présentes;
- ✓ obturer grâce aux systèmes spécialement aménagés les entrées d'air volontaires;
- ✓ renforcer le colmatage à l'aide du ruban adhésif prévu dans l'armoire de sécurité (portes, fenêtres, prises, interrupteurs, ...)
- ✓ Autres...

Pendant le confinement

- ✓ occuper les personnes confinées par des activités calmes, qui ont été prévues dans l'armoire de sécurité, pour limiter les effets secondaires du confinement;
- ✓ en cas de picotements, placer les linges humidifiés prévus contre le visage ;
- ✓ écouter la radio et suivre les consignes officielles le cas échéant ;
- ✓ Autres...

A la fin de l'alerte : le confinement doit se terminer le plus tôt possible dès la fin de l'alerte, il n'est pas prévu pour durer beaucoup plus de 2 heures !

- ✓ aérer abondamment le local : ouverture des portes et fenêtre, décolmater et désobturer;
- ✓ remettre en service ;
- ✓ Autres...

Actions de maintenance

- ✓ s'assurer du bon fonctionnement des systèmes d'arrêt « coup de poing »;
- ✓ s'assurer du bon fonctionnement de la radio et du stock de piles;
- ✓ remise à niveau de l'armoire de sécurité;
- ✓ vérifier l'état des joints des portes et fenêtres;
- ✓ vérifier l'état des systèmes d'obturation des entrées d'air volontaires;
- ✓ vérifier la péremption des rouleaux de rubans adhésif;
- ✓ Autres...

◆◆◆

Annexes

Annexe A – Rappels et précisions sur les aléas toxiques

1. Rappel du guide PPRT

L'identification d'un niveau d'aléa toxique consiste à attribuer, en chaque point inclus dans le périmètre d'exposition aux risques, un des 7 niveaux d'aléa définis ci-après, à partir du niveau d'intensité des effets toxique attendus en ce point et du cumul des probabilités d'occurrence.

Ainsi :

L'attribution d'un niveau d'aléa Très Fort + (noté TF⁺) signifie que :

- ◆ Un point impacté est soumis potentiellement à un effet toxique dont les conséquences sur la vie humaine sont jugées très graves (c'est à dire que pour une exposition allant de 1 à 60 minutes la concentration du polluant dans l'atmosphère peut causer sur la population jusqu'à 5 % de morts) et dont le cumul des classes de probabilités d'occurrences des phénomènes dangereux conduisant à cet effet et à ce niveau d'intensité est strictement supérieur à D.

L'attribution d'un niveau d'aléa Très Fort (noté TF) signifie que :

- ◆ Un point impacté est soumis potentiellement à un effet dont les conséquences sur la vie humaine sont jugées très graves (c'est à dire que pour une exposition allant de 1 à 60 minutes la concentration du polluant dans l'atmosphère peut causer sur la population jusqu'à 5 % de morts) et dont le cumul des classes de probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux conduisant à cet effet et à ce niveau d'intensité est compris entre D et 5 E.

L'attribution d'un niveau d'aléa Fort + (noté F⁺) signifie que :

- ◆ Un point impacté est soumis potentiellement à un effet dont les conséquences sur la vie humaine sont jugées très graves (c'est à dire que pour une exposition allant de 1 à 60 minutes la concentration du polluant dans l'atmosphère peut causer sur la population jusqu'à 5 % de morts) et dont le cumul des classes de probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux conduisant à cet effet et à ce niveau d'intensité est strictement inférieur à 5 E.

Ou :

- ◆ Un point impacté est soumis potentiellement à un effet dont les conséquences sur la vie humaine sont jugées graves (c'est à dire que pour une exposition allant de 1 à 60 minutes la concentration du polluant dans l'atmosphère peut causer sur la population jusqu'à 1 % de morts) et dont le cumul des classes de probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux conduisant à cet effet et à ce niveau d'intensité est strictement supérieur à D.

L'attribution d'un niveau d'aléa Fort (noté F) signifie que :

- ◆ Un point impacté est soumis potentiellement à un effet dont les conséquences sur la vie humaine sont jugées graves (c'est à dire que pour une exposition allant de 1 à 60 minutes la concentration du polluant dans l'atmosphère peut causer sur la population jusqu'à 1 % de morts) et dont le cumul des classes de probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux conduisant à cet effet et à ce niveau d'intensité est compris entre D et 5 E.

L'attribution d'un niveau d'aléa Moyen + (noté M⁺) signifie que :

- ◆ Un point impacté est soumis potentiellement à un effet dont les conséquences sur la vie humaine sont jugées graves (c'est à dire que pour une exposition allant de 1 à 60 minutes la concentration du polluant dans l'atmosphère peut causer sur la population jusqu'à 1 % de morts) et dont le cumul des classes de probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux conduisant à cet effet et à ce niveau est strictement inférieur à 5 E.

Ou :

- ◆ Un point impacté est soumis potentiellement à un effet dont les conséquences sur la vie humaine sont jugées significatives (c'est à dire que pour une exposition allant de 1 à 60 minutes la concentration du polluant dans l'atmosphère peut causer sur la population des blessures irréversibles) et dont le cumul des classes de probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux conduisant à cet effet et à ce niveau d'intensité est strictement supérieur à D.

L'attribution d'un niveau d'aléa Moyen (noté M) signifie que :

- ◆ Un point impacté est soumis potentiellement à un effet dont les conséquences sur la vie humaine sont jugées significatives (c'est à dire que pour une exposition allant de 1 à 60 minutes la concentration du polluant dans l'atmosphère peut causer sur la population des blessures irréversibles) et dont le cumul des classes de probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux conduisant à cet effet et à ce niveau d'intensité est compris entre D et 5 E.

L'attribution d'un niveau d'aléa Faible (noté Fai) signifie que :

- ◆ Un point impacté est soumis potentiellement à un effet dont les conséquences sur la vie humaine sont jugées significatives (c'est à dire que pour une exposition allant de 1 à 60 minutes la concentration du polluant dans l'atmosphère peut causer sur la population des blessures irréversibles) et dont le cumul des classes de probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux conduisant à cet effet et à ce niveau d'intensité est strictement inférieur à 5 E.

2. Compléments sur les phénomènes toxiques

Un **phénomène dangereux toxique** correspond à une libération de substance toxique produisant des effets susceptibles d'infliger un dommage mortel ou irréversible sur des êtres humains. L'intensité d'un phénomène dangereux toxique va dépendre à la fois de la nature du ou des substances rejetées et des conditions de dispersion atmosphérique du ou des produits.

Les conditions de dispersion atmosphérique d'un produit vont dépendre de plusieurs paramètres :

- les conditions de rejet (nature du nuage de produit, mode d'émission...)
- les conditions météorologiques (champ de vent, de température...)
- l'environnement (nature du sol, présence d'obstacles, topographie...).

Différents processus dont l'importance relative dépend des conditions de rejet, entrent en jeu et agissent simultanément ou successivement.

Les conditions de rejet et les conditions météorologiques ainsi que les notions de doses toxiques sont présentées ci-après.

2.1. Conditions de rejet

La libération accidentelle d'un produit toxique à l'air libre se traduit généralement par la succession des principaux phénomènes suivants :

- rejet dans l'atmosphère du produit toxique et/ou inflammable, le produit étant en phase gaz ou en phase liquide ;
- de manière concomitante, dispersion et advection du nuage de gaz.

Parmi les types de rejet à l'atmosphère, on distingue les rejets instantanés des rejets continus.

Rejet instantané

La ruine consiste en la rupture totale du confinement entraînant un relâchement immédiat et instantané de la totalité du contenu.

Il en résulte un volume gazeux sphérique, ou semi-sphérique si l'émission a lieu au niveau du sol (voir la Figure 1).

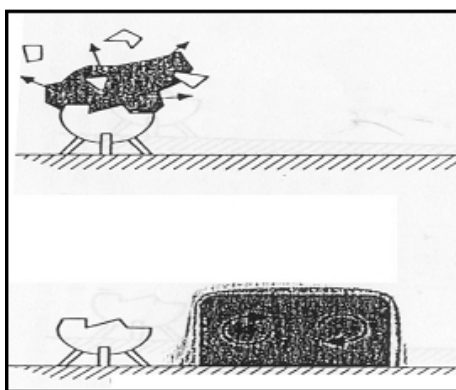


Figure 1 : Rejet instantané d'un produit

Comme le montre la Figure 2, le profil de la concentration dans l'espace se présente sous la forme d'un « créneau de concentration » dont le maximum diminue au fur et à mesure de l'éloignement du point de rejet.

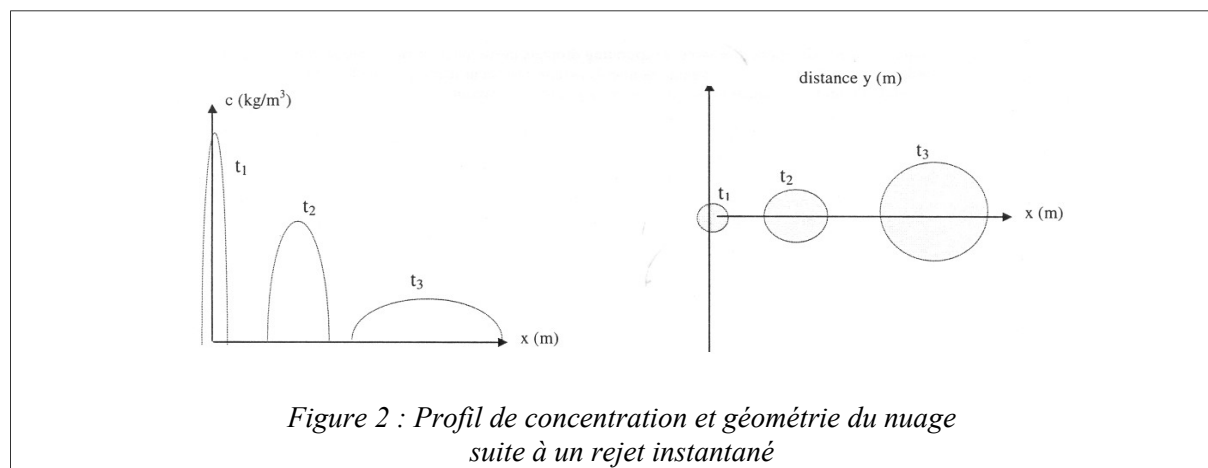


Figure 2 : Profil de concentration et géométrie du nuage suite à un rejet instantané

Rejet continu

La fuite continue se produit à partir d'une conduite ou d'une cuve de stockage ou de l'émission par une cheminée d'extraction.

Le panache est dans la plupart des cas de forme allongée (voir la Figure 3).

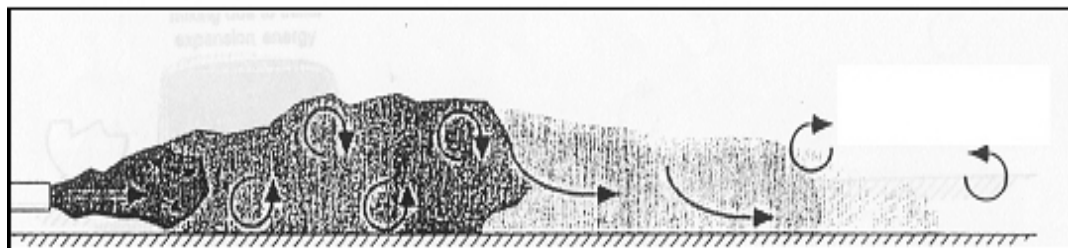


Figure 3 : Rejet continu d'un produit

Comme le montre la Figure 4, le profil de la concentration dans l'espace se présente sous la forme d'une courbe continue décroissante avec l'éloignement du point de rejet.

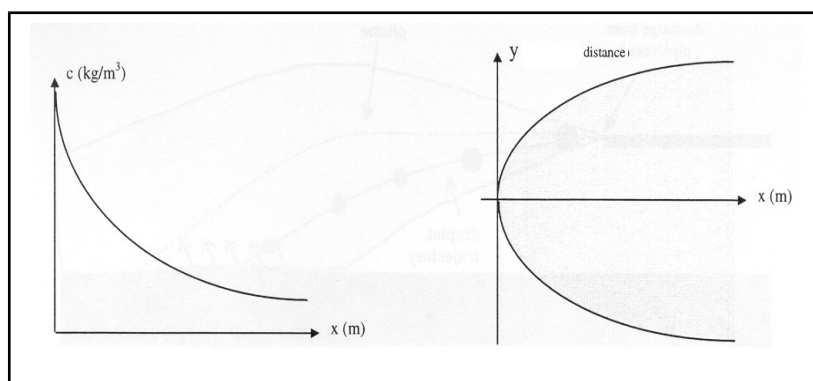


Figure 4 : Profil de concentration et géométrie du nuage suite à un rejet continu

2.2. Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques sont décrites par de nombreux paramètres, dont les principaux sont ceux liés, d'une part, à la turbulence atmosphérique, et d'autre part, à la vitesse du vent.

La turbulence atmosphérique est due à la fois à des turbulences d'origine mécanique, engendrées par la rugosité du sol, et à des turbulences d'origine thermique liées à la stratification verticale de la température de l'atmosphère.

Concernant les turbulences d'origine thermique, une caractéristique importante est la stabilité atmosphérique. Elle est liée au gradient vertical de densité de l'air, lui-même lié au gradient vertical de température. A cet égard, Pasquill propose une classification comportant 6 classes de stabilité, notées de A à F, et couvrant les cas des atmosphères très instables à instables (classes A et B), jusqu'aux cas des atmosphères stables à très stables (classes E et F), en passant par les cas neutres (classes C et D).

Les conditions atmosphériques généralement retenues dans le cadre des études de sécurité et notamment les études réglementaires des dangers sont les conditions de stabilité atmosphérique de

type D (neutre) et F (très stable) au sens de Pasquill, respectivement associées à des vitesses de vent de 5 et 3 m/s.

En effet, la première de ces conditions permet de représenter une situation courante (condition neutre et vitesse du vent de 5 m/s), la seconde permettant une évaluation des conséquences dans des conditions atmosphériques défavorables (condition très stable et vitesse du vent de 3 m/s) pour des rejets au niveau du sol.

Dans certaines configurations de rejet et particulièrement pour les rejets en altitude, les conditions défavorables peuvent être différentes de celles caractérisées par le couple (F, 3 m/s). De façon succincte, lorsqu'une atmosphère est instable (classes A et B de Pasquill), la dispersion atmosphérique verticale est favorisée. Le panache qui se forme est toutefois très ouvert. En conséquence, une part importante du produit émis se disperse vers du sol. Il en résulte que, malgré l'élévation initiale, les concentrations en polluants, au sol, peuvent être importantes (voir la Figure 5).

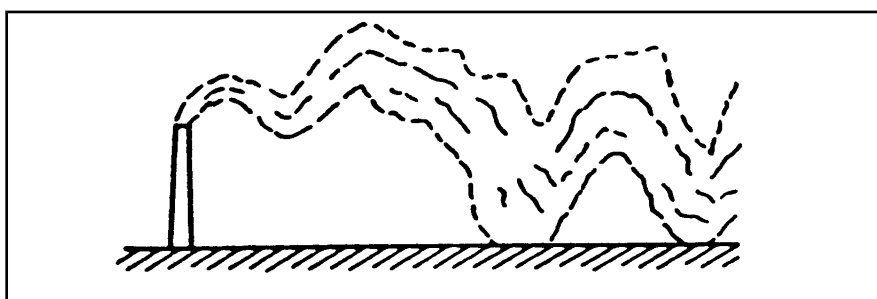


Figure 5 : Dispersion dans une atmosphère instable

A l'opposé, lorsqu'une atmosphère est stable, son aptitude à diffuser verticalement un polluant est faible. Le panache formé reste très peu ouvert (« panache drapeau »). La dispersion s'opère donc en altitude et les concentrations de polluants, au sol, sont relativement faibles (voir la Figure 6).

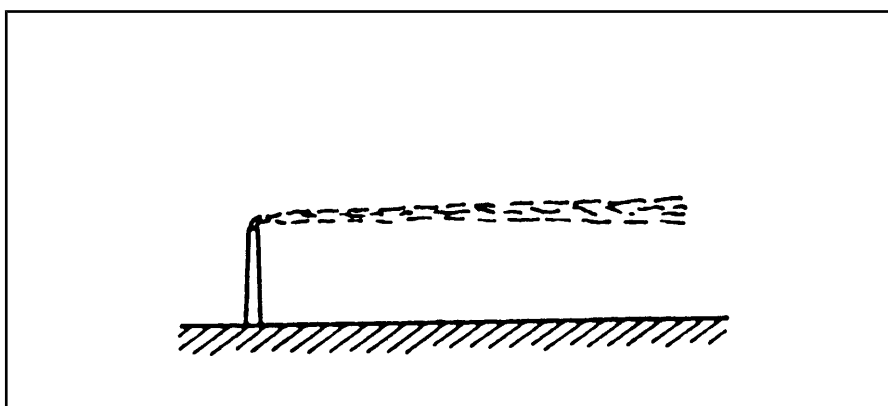


Figure 6 : Dispersion dans une atmosphère stable

De ce fait, pour chacun des scénarios, l'INERIS retient les conditions météorologiques suivantes (voir le Tableau 1).

| STABILITÉ ATMOSPHÉRIQUE | VITESSES DU VENT CONSIDÉRÉES [M/S] |
|----------------------------|--|
| A | 3 |
| B | 3 / 5 |
| C | 5 / 10 |
| D | 5 / 10 |
| E | 3 |
| F | 3 |

Tableau 1 : Conditions météorologiques retenues pour un rejet en altitude

La température de l'atmosphère et du sol est fixée à 20°C pour les conditions de stabilité atmosphérique A à E, et à 15°C pour la condition de stabilité atmosphérique F.

L'humidité relative est égale à 70%.

2.3. Seuils liés à la toxicité des rejets

Concernant les émissions accidentelles dans l'atmosphère de substances chimiques dangereuses, les évaluateurs de risques ont besoin de disposer de seuils de toxicité aiguë. Ces seuils de toxicité aiguë sont utilisés dans les études de dangers d'installations classées stockant, employant ou produisant ces substances pour la détermination de distances aux effets létaux ou irréversibles en cas d'émissions accidentelles.

Lorsqu'une personne respire une atmosphère polluée par un produit toxique, les effets recherchés sont définis comme étant l'apparition (à faible probabilité) de la létalité, des malaises, de la toux...

Ces effets sont directement fonctions de la concentration C et du temps t pendant lequel le sujet est exposé à cette concentration. Les effets varient bien évidemment selon que la personne est un enfant ou un vieillard, ainsi qu'en fonction de son état de santé ou de ses facultés d'accoutumance.

Aussi les courbes dans un plan (C , t) correspondant à un effet donné sont établies pour une population représentative.

A effet E constant, la concentration et le temps se trouvent pratiquement liés par une relation $C^n \cdot t = E$. Dans le plan $\text{Log}(C)$, $\text{Log}(t)$, ces courbes peuvent être généralement assimilées à des droites⁸ comme représenté schématiquement sur la Figure 7. Cette relation est plus connue sous le nom de Loi d'Haber.

⁸ Il est à noter qu'il existe des produits pour lesquels il n'est pas possible de définir une droite. Dans ce cas, il est alors nécessaire de faire un calcul de distance basé sur les seuils définis pour une durée d'exposition donnée.

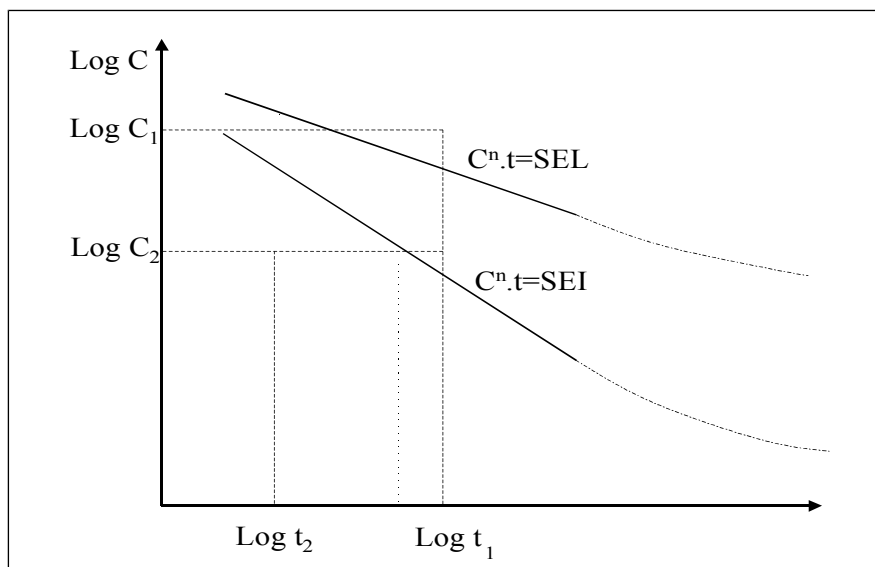


Figure 7 : Représentation schématique de la Loi de Haber

Sur ces courbes, les coordonnées d'un point (C, t) représentent :

- l'échelon de concentration C ,
- et le temps d'application t de cet échelon.

Cet effet se produira dès que $C^n \cdot t \geq E$.

A titre d'exemple sur la figure précédente, il peut être noté que :

- pour une durée d'exposition t_1 à une concentration C_1 , les effets létaux sont atteints ;
- pour une durée d'exposition t_1 à une concentration C_2 , les effets irréversibles sont atteints, par contre les effets létaux ne sont pas observés ;
- pour une durée d'exposition t_2 à une concentration C_2 , les effets létaux et les effets irréversibles ne sont pas atteints.

Les valeurs des variables E et n dépendent à la fois du type d'effet considéré (apparition à faible probabilité de la létalité par exemple) et de la nature du polluant toxique en cause. De façon schématique, plus la valeur de n est grande, plus la dose est indépendante de la durée d'exposition t et à la limite, pour un n infini, la dose ne dépend plus que de la concentration (produit à caractère foudroyant).

2.4. Temps d'arrivée d'un nuage toxique

Le principal paramètre à connaître sur les phénomènes dangereux toxiques pour pouvoir juger de la pertinence de la prescription d'un confinement dans le cadre de la rédaction d'un règlement PPRT est le temps d'arrivée du nuage toxique sur le secteur devant faire l'objet d'une prescription de confinement.

En théorie, ce paramètre dépend du type de rejet, de la nature du produit toxique, des conditions météorologiques et de la distance à laquelle le secteur se trouve par rapport au point de rejet accidentel.

En pratique, dans la plupart des cas, au-delà d'une centaine de mètres depuis le point de rejet, le mécanisme de transport du nuage est de façon prépondérante lié au vent. De ce fait, en première approximation, le temps d'arrivée du nuage en un point donné peut être considéré comme égal à :

$$t = \frac{d}{v}$$

t : temps d'arrivée du nuage [s]

d : distance depuis le point de rejet [m]

v : vitesse du vent [m/s]

De façon évidente, ce temps sera d'autant plus grand que le confinement se trouve éloigné du point de rejet accidentel. Le tableau suivant montre que pour un vent relativement faible de 3 m/s, le temps d'arrivée du nuage au confinement est faible avec des durées de l'ordre de quelques minutes. Il est encore plus petit pour des vitesses de vent plus grandes.

| Distance du confinement depuis le point de rejet | Temps d'arrivée du nuage dangereux au confinement |
|--|---|
| 200 m | ≈ 1 min |
| 500 m | ≈ 3 min |
| 1000 m | ≈ 5,5 min |

Tableau 2 : Temps d'arrivée du nuage dangereux au confinement pour un vent de 3 m/s

2.5. Cas particulier des phénomènes combinés

Lorsque les phénomènes dangereux peuvent produire des effets simultanés, à savoir les combinaisons d'effets toxiques avec des effets thermiques et ou de surpressions une vigilance particulière est de mise.

En effet, dans le cas d'une combinaison d'effets simultanés, le confinement ne se justifie que si l'intégrité physique de celui-ci, et celle du bâtiment dans lequel il se situe, ne peuvent être remises en cause par l'intensité maximale des effets thermiques ou de surpression résultant du même phénomène dangereux.

Annexe B – Techniques de confinement

Le « confinement passif » est le moyen technique retenu pour protéger les populations dans le cadre des plans de prévention des risques technologiques.

Le principe consiste à mettre à l'abri les personnes présentes dans un logement, un ERP, une usine ou tout autre bâtiment, dans un local « étanche à l'air », ou tout du moins « peu perméable à l'air », afin de limiter les concentrations auxquelles elles sont exposées.

De nombreux cas réels analysés aux États Unis sont venus confirmer l'efficacité du confinement, même dans sa dimension la plus simple. A titre d'exemple, à Texas City en 1987, parmi les 3000 personnes évacuées suite à une fuite importante d'acide fluorhydrique, 500 ont du être traitées pour brûlures et problèmes respiratoires. Par contre, les personnes qui étaient restées dans leur maison n'ont pas été atteintes.

Deux types de confinement complémentaires

Plus le local est rendu étanche à l'air, plus le confinement est efficace.

Le local est rendu étanche à l'air :

- ✓ par des mesures non structurelles mises en place par les occupants pendant la crise ;
- ✓ par des mesures structurelles.

Le confinement non-structurel

Dans sa forme la plus simple, le confinement se résume à maintenir les personnes dans un local fermé après avoir éteint les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation (systèmes CVC). Il sera utile pour plus d'efficacité d'étancher manuellement à l'aide de ruban adhésif spécial, étanche à l'air, les points sensibles en termes d'infiltration d'air (fenêtres, portes, entrées d'air volontaires, prises, interrupteurs, ...). Les points sensibles sont les mêmes que ceux traités de manière permanente dans le confinement structurel détaillé dans l'Annexe G - Aménagement d'un local de confinement.

Le confinement non structurel viendra augmenter l'étanchéité à l'air du local de confinement pendant la crise en complément du confinement structurel décrit ci-après.

Scotcher les liaisons ouvrant/dormant

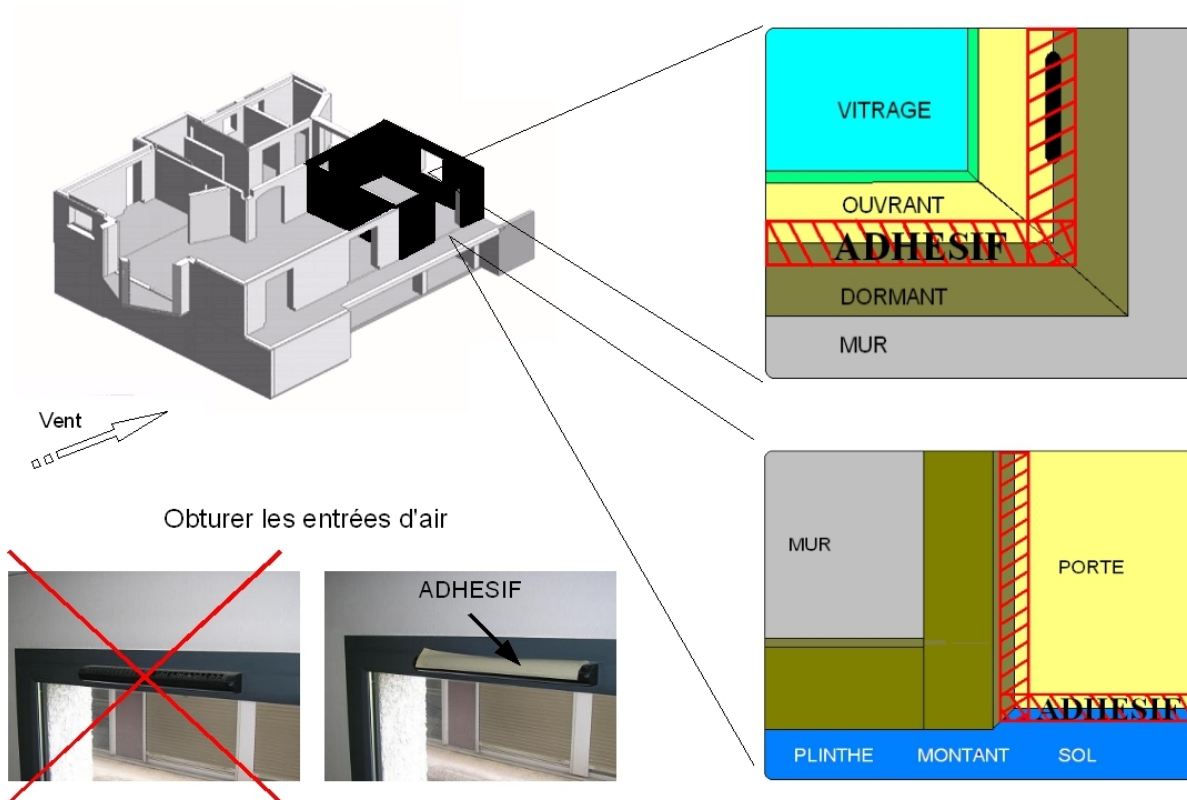


Figure 8 : Confinement non-structurel : exemples de mises en œuvre

Le confinement structurel

Le confinement structurel comprend la réalisation de travaux pour améliorer de manière permanente l'étanchéité à l'air d'un local. A titre indicatif, les travaux peuvent inclure : le jointoiement de liaisons sensibles ; la mise en œuvre de portes ou fenêtres particulièrement étanches à l'air; ou encore l'installation de grilles de transfert obturables. A titre d'exemple, une mise en œuvre possible est détaillée ci-dessous. Pour plus de détails sur les travaux à réaliser, voir l'Annexe G - Aménagement d'un local de confinement.

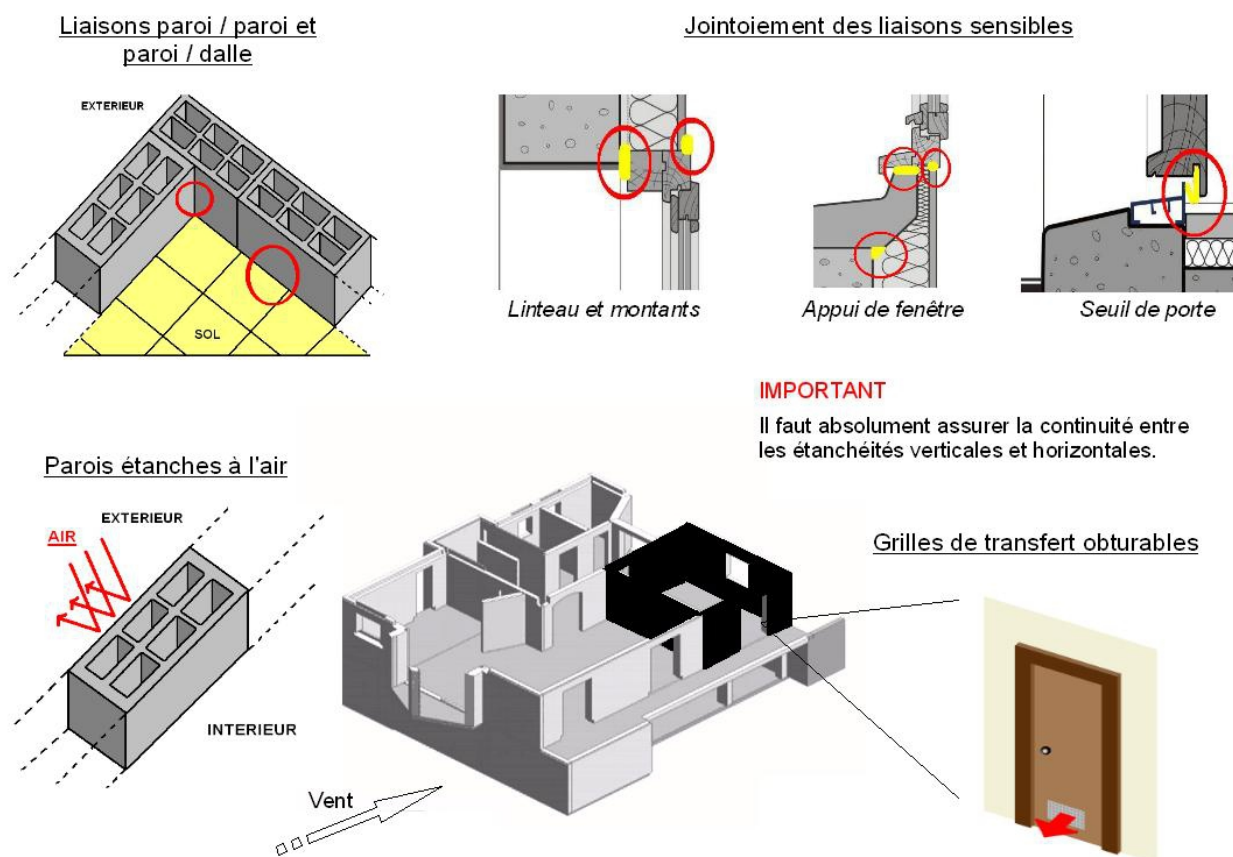


Figure 9 : Confinement structurel : exemple de travaux

Annexe C - La perméabilité à l'air

Ces éléments sont en partie issus du document du CETE de Lyon « Perméabilité à l'air : Généralités et Sensibilisation ».

1. Définition et indicateurs

Assurer un bon niveau d'étanchéité à l'air dans un bâtiment, c'est limiter les infiltrations d'air involontaires. Outre l'enjeu de sécurité des personnes dans les zones de risques industriels, une bonne étanchéité à l'air dans un bâtiment répond à d'autres enjeux forts comme la facture énergétique, la qualité de l'air intérieur, le confort thermique et acoustique des occupants et encore la conservation du bâti.

Le débit d'air à travers l'enveloppe du bâtiment $[\dot{V}]_{\text{env}}$ (m³/h) est lié à la différence de pression ΔP (Pa) créée dans l'enceinte par rapport à son environnement par la relation :

$$[\dot{V}]_{\text{env}} = C_{\text{env}} \Delta P^n$$

où :

- C_{env} exprimé en m³/(h.Paⁿ) est généralement appelé coefficient de débit d'air. Il dépend notamment de la surface de fuite et de la forme des orifices.
- n (sans unité) est généralement appelé exposant de l'écoulement. n dépend de la nature de l'écoulement. Par défaut, on retient généralement une valeur de 2/3.

Trois indicateurs de la perméabilité à l'air sont couramment utilisés. Ils ramènent le débit de fuite à une dimension caractéristique du bâtiment, ce qui permet de comparer les constructions testées entre elles. Le débit de fuite est divisé soit par la surface de parois froides $A_{\text{PF-RT}}$ (m²) au sens des réglementations thermiques⁹ en vigueur, soit par le volume chauffé V (m³).

- **L'indice de perméabilité à l'air, $Q_{4\text{Pa-Surf}}$** , est le débit de fuite sous 4 Pa divisé par la surface de parois froides (au sens de la RT 2005, hors planchers bas). Il s'exprime en m³h / m² à 4 Pa :

$$Q_{4\text{Pa-Surf}} = [\dot{V}]_{\text{env}} (\Delta P = 4 \text{ Pa}) / A_{\text{PF-RT}}$$

- **Le taux de renouvellement d'air sous 10 Pa, n_{10}** , est le débit de fuite sous 10 Pa divisé par le volume chauffé. Il s'exprime en volume/h (ou en h⁻¹) à 10 Pa :

$$n_{10} = [\dot{V}]_{\text{env}} (\Delta P = 10 \text{ Pa}) / V$$

- **Le taux de renouvellement d'air sous 50 Pa, n_{50}** , donne le débit de fuite sous 50 Pa divisé par le volume chauffé. Il s'exprime en volume/h (ou en h⁻¹) à 50 Pa :

$$n_{50} = [\dot{V}]_{\text{env}} (\Delta P = 50 \text{ Pa}) / V$$

⁹ Paroi froide au sens des réglementations thermiques (RT 2005 et RT 2012) : paroi en contact avec l'extérieur ou tout local non chauffé, hors plancher bas.

De la définition des indicateurs, on déduit les relations de conversion suivantes :

$$Q_{4Pa-Surf} = (4/50)^n * (V / A_{PF-RT}) n_{50}$$

$$n_{50} = 5^n n_{10}$$

D'après les données collectées au cours de deux campagnes de mesures (Litvak 2005, Litvak 2001), on constate que les compacités moyennes (rapport V / A_{PF-RT}) sont de 1,4 m pour une maison individuelle et de 2,5 m pour un logement collectif. On peut en déduire les formules suivantes de correspondance entre les différents indices :

$$Q_{4Pa-Surf} = 2,5 * (4/50)^n n_{50} \quad \text{pour un bâtiment collectif}$$

$$Q_{4Pa-Surf} = 1,4 * (4/50)^n n_{50} \quad \text{pour une maison individuelle}$$

2. Perméabilités constatées

Depuis 1981, de nombreuses mesures de perméabilité à l'air ont été effectuées en France sur les bâtiments résidentiels, les données étant moins nombreuses sur les bâtiments non-résidentiels.

Dans les constructions récentes, les échanges aérauliques s'effectuent par l'ensemble des parois (murs, plafonds, planchers, ouvertures, etc.). Pour les bâtiments anciens à structure lourde (maçonnerie, etc.), c'est principalement par les menuiseries que les échanges se produisent.

2.1. État du parc actuel de logements

Des campagnes de mesures sur 190 logements collectifs et 217 logements individuels donnent les résultats suivants. Le nombre important de mesures contenu dans la base de données du CETE de Lyon permet de mettre en évidence des tendances, comme ici la valeur d'étanchéité, en dessus de laquelle se situent plus 95 % des mesures réalisées.

| Usage | n_{50} (vol/h à 50Pa) | $Q_{4Pa-surf}$ (m ³ /h/m ²) |
|---------------------|-------------------------------------|---|
| Logement individuel | 7,7 (si $V / A_{PF-RT} = 1,4$ m) | 2 |
| Bâtiment collectif | 6,5 (si $V / A_{PF-RT} = 2,5$ m) | 3 |

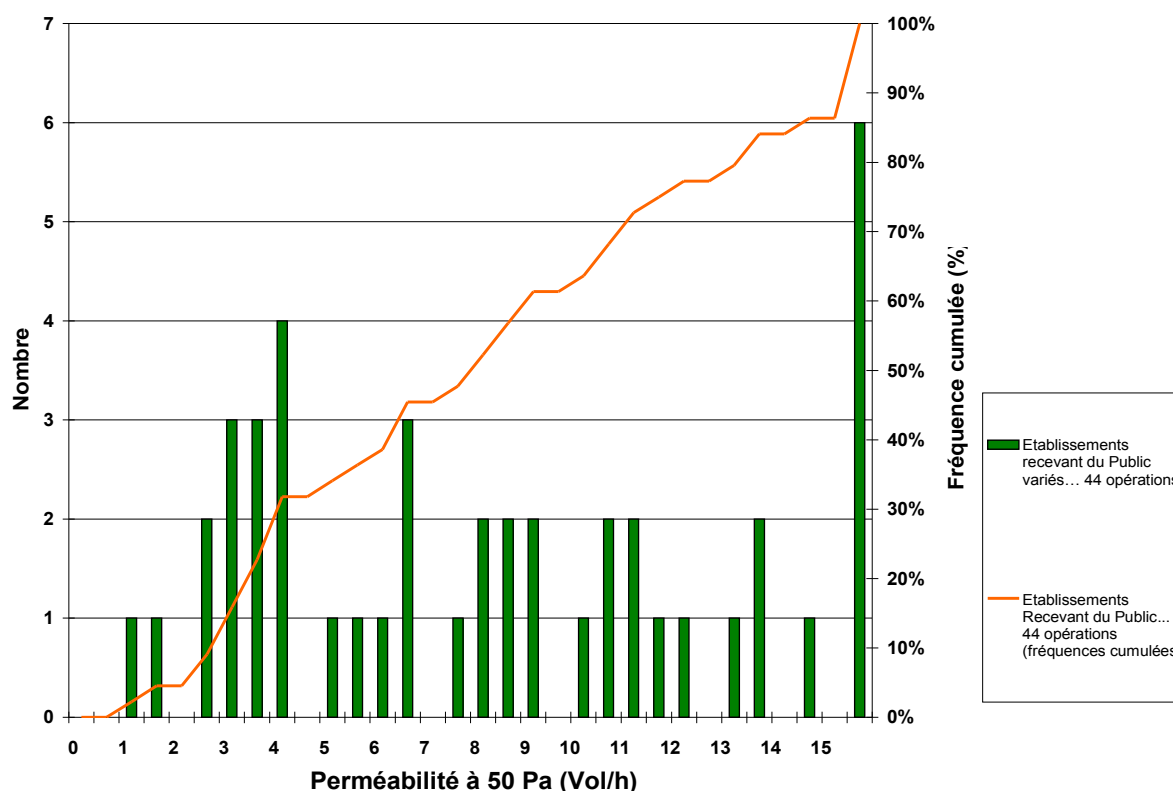
Tableau 5 : Perméabilités observées dans plus de 95 % des cas pour les logements individuels et estimées pour les bâtiments collectifs à partir des valeurs observées dans plus de 95 % des cas pour les logements collectifs, source : CETE de Lyon

2.2. État du parc actuel de bâtiments non résidentiels

Concernant le parc non-résidentiel, plusieurs campagnes de mesures ont été conduites.

Les résultats pour les établissements recevant du public sont présentés globalement dans le graphe ci-dessous. On retiendra qu'il existe de fortes disparités selon les types de bâtiments et les modes constructifs.

Contrairement aux bâtiments résidentiels, le nombre de mesures contenu dans la base de donnée du CETE de Lyon et leur disparité ne permet pas de faire émerger une tendance.



Source : Extraction de la base de données du CETE de Lyon - Juillet 2006

Figure 12 : Perméabilité sous 50 Pa des ERP

2.3. Référentiels de la perméabilité à l'air

2.3.1 Réglementation thermique 2005 :

Dans le cadre de la réglementation thermique 2005 (RT 2005), il est possible de valoriser une faible valeur de perméabilité à l'air de l'enveloppe d'un bâtiment dans le calcul du coefficient énergétique C (RT 2005) en fixant au niveau du projet une valeur de perméabilité à l'air qui devra être vérifiée à réception de la construction ou en suivant un référentiel de démarche qualité lors de la conception et de la construction. En l'absence de ces démarches, une valeur par défaut de perméabilité à l'air est prise en compte dans les calculs. Cette valeur par défaut est pénalisante : elle est supérieure de $0.5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ à la valeur de référence (habitat individuel, collectif, ERP,...).

Attention : respecter la RT 2005 n'implique pas respecter une bonne valeur d'étanchéité à l'air. Respecter la RT 2005 n'implique pas non plus de respecter la valeur de référence d'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment.

2.3.2. Réglementation thermique 2012 :

Les bâtiments neufs d'habitation (bâtiments individuels et collectifs) construits après les dates d'entrée en application respective de la réglementation thermique 2012 (RT 2012), doivent respecter des valeurs de perméabilité à l'air de leur enveloppe fixée à :

- pour les maisons individuelles, $Q_{4Pa-surf}$ maximum = $0,6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$
- pour les bâtiments collectifs d'habitation, $Q_{4Pa-surf}$ maximum = $1,0 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$

Il n'existe aucune obligation concernant l'étanchéité à l'air des enveloppes des bâtiments non résidentiels.

2.3.3. Maisons passives :

Le label allemand « Passivhaus », « maison passive », vise à créer des maisons à très faibles dépenses énergétiques en assurant la plus grande étanchéité à l'air possible pour limiter les pertes de chaleur. Le niveau requis¹⁰ de $n_{50} = 0,6 \text{ vol/h}$ à 50 Pa est très exigeant mais reste couramment atteint dans les constructions qui s'inscrivent dans cette démarche.

| Usages | RT 2005 Valeurs de référence | | RT 2012 Valeurs requises | | Label « maison passive » Niveau requis |
|--|---|--|---|--|---|
| | $Q_{4Pa-surf}$ ($\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ à 4 Pa) | n_{50} (vol/h à 50Pa) | $Q_{4Pa-surf}$ ($\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ à 4 Pa) | n_{50} (vol/h à 50Pa) | n_{50} (vol/h à 50Pa) |
| Maison individuelle (typologie 1) | 0,8 | 3,1 (si $V / A_{PF-RT} = 1,4 \text{ m}$) | 0,6 | 2,3 (si $V / A_{PF-RT} = 1,4 \text{ m}$) | 0,6 |
| Bâtiment collectif d'habitation (typologie 2) | 1,2 | 2,6 (si $V / A_{PF-RT} = 2,5 \text{ m}$) | 1,0 | 2,2 (si $V / A_{PF-RT} = 2,5 \text{ m}$) | 0,6 |
| Bâtiments non résidentiels à usage de bureaux, d'hôtellerie, de restauration, d'enseignements, ainsi que les établissements sanitaires (typologie 3) | 1,2 | 3,2 (si $V / A_{PF-RT} = 2 \text{ m}$) | aucune | | 0,6 |
| Bâtiments non résidentiels autres (typologie 4) | 2,5 | 6,7 (si $V / A_{PF-RT} = 2 \text{ m}$) | aucune | | 0,6 |

Tableau 6 : Niveau requis pour le label « PassivHaus », dans le cadre de la RT 2012, en comparaison avec les valeurs de référence de perméabilité de la RT 2005

Dans la RT 2005 et la RT 2012, les valeurs de perméabilité à l'air de référence sont exprimées en $Q_{4Pa-Surf}$ ($\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$). Dans le cadre du complément technique, nous avons cherché à rester avec le même indicateur : le n_{50} . Pour passer de l'un à l'autre, nous avons pris les valeurs moyennes de compacité observées par type de bâtiment.

¹⁰ le label suisse « Minergie-P » fixe le même niveau d'exigence pour la perméabilité à l'air

2.4. Grille d'appréciation qualitative de la perméabilité à l'air

Au-delà des référentiels présentés ci-dessus, le CETE de Lyon a capitalisé les essais réalisés depuis une vingtaine d'année et a élaboré une grille d'appréciation qualitative des valeurs de perméabilité à l'air (Figure 13 et Figure 14 ci-après) ¹¹.

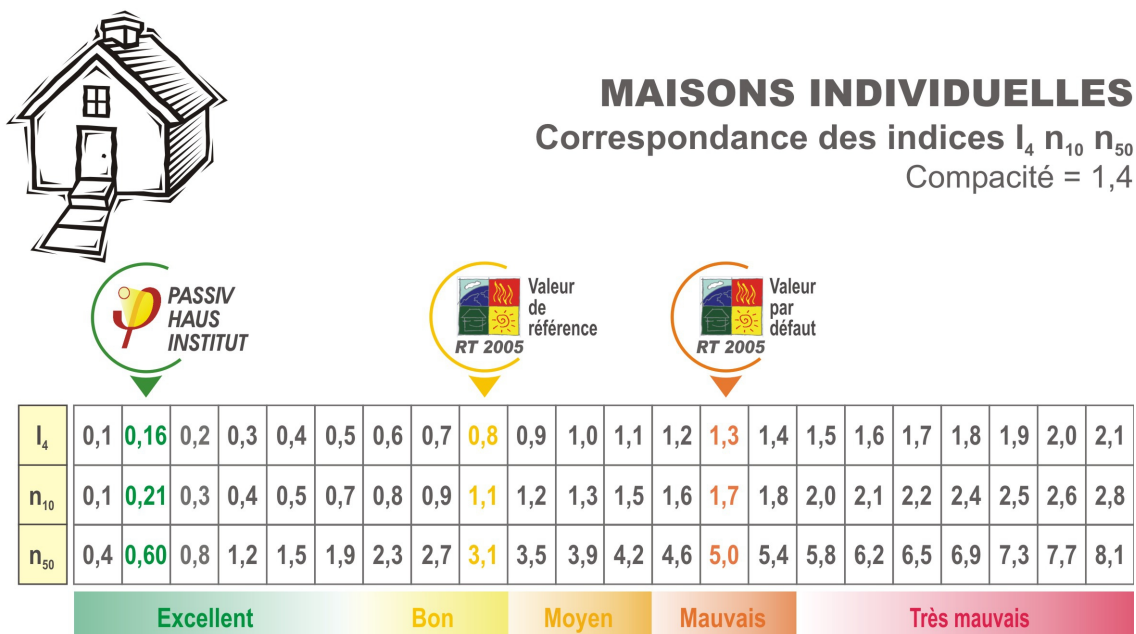


Figure 13 : Échelle d'appréciation du CETE de Lyon. Base : I_4 pour les maisons individuelles ($c=1,4m$)

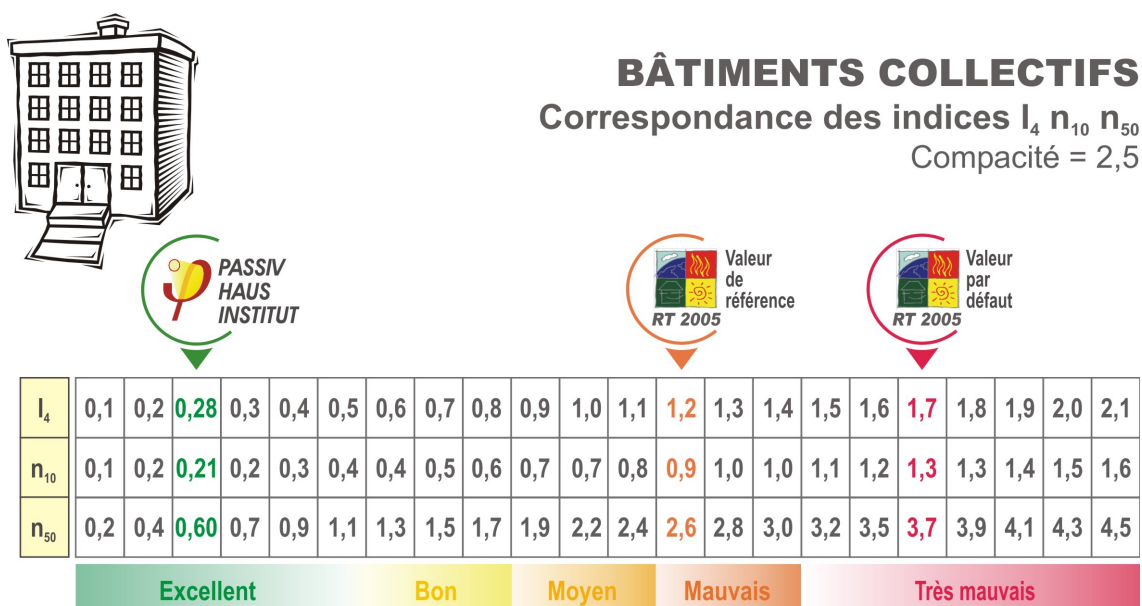


Figure 14 : Échelle d'appréciation du CETE de Lyon. Base : I_4 pour les bâtiments collectifs ($c=2,5m$)

¹¹ Ces éléments sont tirés du guide réalisé par le CETE de Lyon en 2001 (EDF- CETE de Lyon, 2001).

3. En pratique : comment atteindre l'objectif de perméabilité pour les locaux de confinement ?

3.1. Éléments de retour d'expérience

Pour atteindre un bon niveau de performance en terme d'étanchéité à l'air, l'attention doit être portée sur toutes les infiltrations d'air parasite possibles : menuiseries, prises électriques, joints divers, étanchéité des parois, ... La démarche est donc délicate car elle nécessite une bonne coordination et une responsabilisation des différentes entreprises impliquées.

Seule une mesure de perméabilité à l'air à la réception des travaux permet de vérifier que l'objectif est atteint. Pour cela, il faut prévoir l'obligation d'une mesure à réception des travaux.

L'utilisation couplée d'une caméra infrarouge permet de localiser les fuites d'air et apporte des pistes d'amélioration pour les différentes entreprises.

Pour atteindre des valeurs exigeantes de perméabilité à l'air, la mise en place d'une démarche qualité par le maître d'œuvre est nécessaire.

3.2. Pour une construction neuve

Dans le marché de maîtrise d'œuvre, le maître d'ouvrage devra veiller à inscrire l'obligation de résultats du maître d'œuvre pour la perméabilité à l'air du local de confinement. Cette obligation de résultat se validera par une mesure en phase finale. Le maître d'ouvrage, en lien avec le maître d'œuvre, veillera ensuite à l'inscription de « clauses particulières liées à la prévention des Risques Technologiques » dans les documents contractuels du marché d'entreprises : le CCAP¹², pour la définition du contexte réglementaire, les exigences d'étanchéité à l'air et les mesures à réception des travaux ; le CCTP¹³, pour les prescriptions techniques permettant d'atteindre les objectifs de chaque entreprise dans leurs lots respectifs (menuiseries, serrureries, électricité, ...).

3.3. Pour une construction existante

Pour les constructions existantes, le maître d'ouvrage pourra faire appel à un bureau d'études spécialisé dans le confinement. Ce bureau d'études qui pourra réaliser l'étude spécifique de calcul, coordonner les différentes entreprises de manière à atteindre l'objectif de performance en terme de perméabilité à l'air, qui sera mesuré en phase finale.

Il devra tenir compte des autres prescriptions, notamment d'une éventuelle concomitance d'autres effets, en particulier l'effet de surpression, afin de garantir les caractéristiques du local de confinement et du bâtiment en terme de perméabilité à l'air.

Dans le cadre d'opération de réhabilitation à plus grande échelle (ex : OPAH¹⁴, PALULOS¹⁵, ...), les marchés de maîtrise d'œuvre et d'entreprises adopteront une démarche similaire à celle décrite au paragraphe 3.2 pour les constructions neuves.

¹² Cahier des clauses administratives particulières

¹³ Cahier des clauses techniques particulières

¹⁴ Opération d'amélioration de l'habitat

¹⁵ Prime d'amélioration des logements à usage locatif sociaux

Annexe D – Éléments de détermination pratiques du calcul des taux d'atténuation, et application à la perméabilité à l'air dans les bâtiments résidentiels

1. Éléments issus de la caractérisation des aléas

La cartographie des aléas est réalisée par la DREAL par mise en œuvre du logiciel SIGALEA sur la base d'éléments fournis par l'exploitant dans le cadre de son EDD.

SIGALEA fournit à partir de la liste des phénomènes dangereux retenus pour le PPRT, une cartographie des aléas (tous effets confondus) et une cartographie d'aléas par type d'effet. La méthode présentée ici ne considère que la cartographie des aléas toxiques.

L'analyse et la définition des prescriptions s'effectuera zone par zone selon le zonage de la cartographie des aléas toxiques.

1.1. Liste des phénomènes dangereux toxiques impactant chaque zone d'aléa toxique

Le logiciel SIGALEA fournit, au titre de la traçabilité et de la vérification de son process, une carte d'aléa (zone d'effets significatifs, graves ou très graves) pour chaque phénomène dangereux toxique.

Pour chaque zone de la carte d'aléas toxiques, il est donc possible d'établir un tableau précisant la liste des phénomènes dangereux l'impactant en précisant pour chacun d'eux:

- le (ou les) produit(s) toxique(s) susceptible(s) d'être émis par ce phénomène dangereux,
- le type d'effet sur la vie humaine maximal.

Le tableau ci-dessous présente le tableau à établir. Les données figurant dans ce tableau sont issues du cas étudié par les stagiaires pendant les formations PPRT.

| Zone de la carte d'aléas toxique xxx | | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|------------------|---------------|
| N° Ph. | Phénomène dangereux | Produit concerné | Type d'effet |
| 32 | PAK Fuite ligne A Atelier CO | CO | Significatifs |
| 33 | PAK Fuite ligne B Atelier CO | CO | Graves |
| 35 | PAK Fuite ligne A Atelier | NH3 | Graves |
| 36 | PAK Fuite ligne B Atelier | NH3 | Très Grave |
| 37 | PAK Fuite piquage bas sphère CL2 | CL2 | Significatifs |
| etc. | | | |

1.2. Détermination du taux d'atténuation cible

L'objectif du confinement consiste à maintenir la concentration en produit(s) toxique(s) dans le local de confinement en dessous du seuil des effets significatifs pour la vie humaine pendant une durée de 2 heures.

Par convention, l'exposition du bâtiment sera considérée constante pendant une durée d'une heure. Elle sera considérée nulle avant l'arrivée du nuage et nulle après le passage du nuage, soit une heure après l'arrivée de celui-ci. Les changements de concentration seront considérés instantanés.

Considérant la variabilité de la toxicité de chaque produit, la détermination du taux d'atténuation cible sera établi pour chaque produit et chaque mélange identifié afin de déterminer le cas le plus contraignant.

• **Taux d'atténuation cible pour un produit**

L'instructeur, ne retenant dans le tableau que les phénomènes dangereux relatifs au produit étudié, identifiera le niveau maximal des types d'effets de ce produit. En fonction de ce niveau maximal atteint, il déterminera la concentration du nuage toxique

Si le type d'effet maximal est « Significatif », la concentration du nuage toxique sera égale à la concentration létale 1% (CL 1%), pour une durée d'exposition d'une heure.

Si le type d'effet maximal est « Grave », la concentration du nuage toxique sera égale à la concentration létale 5% (CL 5%), pour une durée d'exposition d'une heure.

Si le type d'effet maximal est « Très Grave », la concentration du nuage toxique sera égale à une concentration dite « conventionnelle » déterminée par la méthodologie de calcul détaillée à l'article 4.3.1.

Le « taux d'atténuation cible » relatif au produit étudié est le ratio de la concentration correspondant au seuil des effets significatifs à 2 heures (SEI 2h) et de la concentration du nuage établie ci-dessus.

La démarche peut être représentée dans un tableau :

| Zone étudiée de la carte des aléas toxiques : xxx | | | | | | |
|---|---------------------------|---|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Produit | Intensité d'effet maximum | Concentration en zone d'effets « très graves » (1h) | Concentration CL5% (1h) | Concentration CL1% (1h) | Concentration SEI (2h) ¹⁶ | Taux d'atténuation cible |
| CO | Grave | inconnue | > 3200 | 3200 | 400 | < 0,125 |
| NH₃ | Très grave | 3800 | 3633 | 3400 | 250 | 0,066 |
| Cl₂ | Significatif | inconnue | 127 | 110 | 14 | 0,127 |

Les cases grisées correspondent aux données non utilisées pour la détermination des taux d'atténuation cible par produit de la zone d'aléas toxiques étudiée mais qu'il est utile de renseigner afin de borner les estimations lorsque certaines concentrations seuils ne sont pas connues.

Dans l'exemple ci-dessus, la concentration de l'ammoniac (NH₃) a été recherchée pour la zone considérée des effets d'intensité « très grave », elle conduit à un taux d'atténuation plus contraignant que celui du chlore (Cl₂). Par ailleurs, la concentration CL5% du monoxyde de carbone (CO) n'est pas connue, l'instructeur aura recours à une valeur réelle ou modélisée qui sera obligatoirement supérieure à 3200 ppm. Dans ces conditions, il peut évaluer que la valeur du taux d'atténuation relative au CO sera inférieure à 0,125, ou que la concentration en CO devrait être supérieure à 6060 ppm (rapport du SEI(2h) du CO / taux d'atténuation de NH₃) pour que la contrainte vis-à-vis de ce gaz soit plus contraignante que celle induite par l'ammoniac (NH₃). Ces éléments permettront, après avis des services compétents, d'apprécier si la contrainte relative au monoxyde de carbone est susceptible d'être plus forte que celle de l'ammoniac.

¹⁶ Si le SEI (2h00) n'est pas connu, voir article 4.3.4 du complément toxique

• **Taux d'atténuation cible pour un mélange**

Certains phénomènes dangereux sont susceptibles d'émettre un mélange de gaz toxiques dans l'atmosphère résultant soit de l'émission concomitante de plusieurs polluants par plusieurs sources (chaque source ne rejetant qu'un seul polluant), soit de l'émission par une ou plusieurs sources de mélanges de polluants.

La toxicité de ce mélange dépend de la composition du mélange et de la toxicité de chacun des gaz qui le composent.

Dans le cas d'un phénomène mono source d'un mélange de polluants (par exemple des fumées d'incendie), on se reportera à la note de l'INERIS « Étude PPRT Toxique – note explicative sur le calcul du taux d'atténuation pour un mélange de substances toxiques » du 8 mars 2012.

Dans le cas de phénomènes concomitants, donc multi-sources, on appliquera la méthode suivante. Chaque zone couverte par des phénomènes concomitants doit faire l'objet d'un calcul de taux d'atténuation spécifique à cette zone. Pour chacun des gaz composant le mélange, on retient la concentration en ppm correspondant au seuil majorant pour cette zone. Cette concentration est notée C_i . Le SEI 2 heures de chaque gaz, noté SEI_i est également requis. Le taux d'atténuation cible Att du mélange s'en déduit alors facilement :

$$Att = \frac{1}{\sum \frac{C_i}{SEI_i}}$$

L'exemple ci-dessous pour un mélange de trois produits :

| Produits du mélange | Seuil majorant C_i dans la zone (ppm) | SEI 2 heures (ppm) SEI_i |
|---------------------|---|----------------------------|
| Produit 1 | 1000 | 800 |
| Produit 2 | 2000 | 354 |
| Produit 3 | 110 | 19 |

Dans cet exemple, le taux d'atténuation du mélange est égal à :

$$Att = \frac{1}{\frac{1000}{800} + \frac{2000}{354} + \frac{110}{19}} = 0,07881$$

• **Taux d'atténuation cible retenu pour la prescription**

Le taux d'atténuation cible à retenir pour déterminer les prescriptions sur la zone d'aléa toxique étudiée correspond à la valeur minimale obtenue dans le calcul des taux d'atténuation des phénomènes ne mettant en jeu qu'un seul toxique et dans le calcul des taux d'atténuation calculés pour les mélanges de toxiques.

2. Détermination de la perméabilité maximale requise dans les bâtiments résidentiels

La détermination de la perméabilité maximale requise s'établit par lecture directe sur des abaques sélectionnés en fonction des conditions atmosphériques (stabilité et vitesse du vent), des caractéristiques du bâtiment et de la position du local de confinement à l'intérieur de celui-ci.

• Choix des abaques

Le choix des abaques à utiliser s'effectue de façon simple par détermination directe de quelques critères. Les critères sont au nombre 2 pour la description des conditions atmosphériques et de 2 pour la description du logement et de la position du local de confinement:

1. Vitesse du vent (3, 5, 10 m/s) ; valeur par défaut 5 m/s
2. Atmosphère neutre (D) ou stable (F) : valeur par défaut D
3. Maison individuelle ou collective ?
4. Local exposé au vent (sur façade exposée) ou abrité (sur façade abritée de la source de danger)

Les critères de description des conditions atmosphériques seront déterminés en cohérence avec ceux utilisés dans l'EDD et seront uniformes pour l'ensemble des prescriptions d'un PPRT. Le cas 5m/s et atmosphère neutre est le plus couramment utilisé.

Le tableau ci-dessous permet de sélectionner l'abaque à utiliser. L'opérateur reporte sur la dernière ligne la valeur choisie pour chaque critère présenté en colonne. Il lit sur la dernière ligne la référence de l'abaque à utiliser.

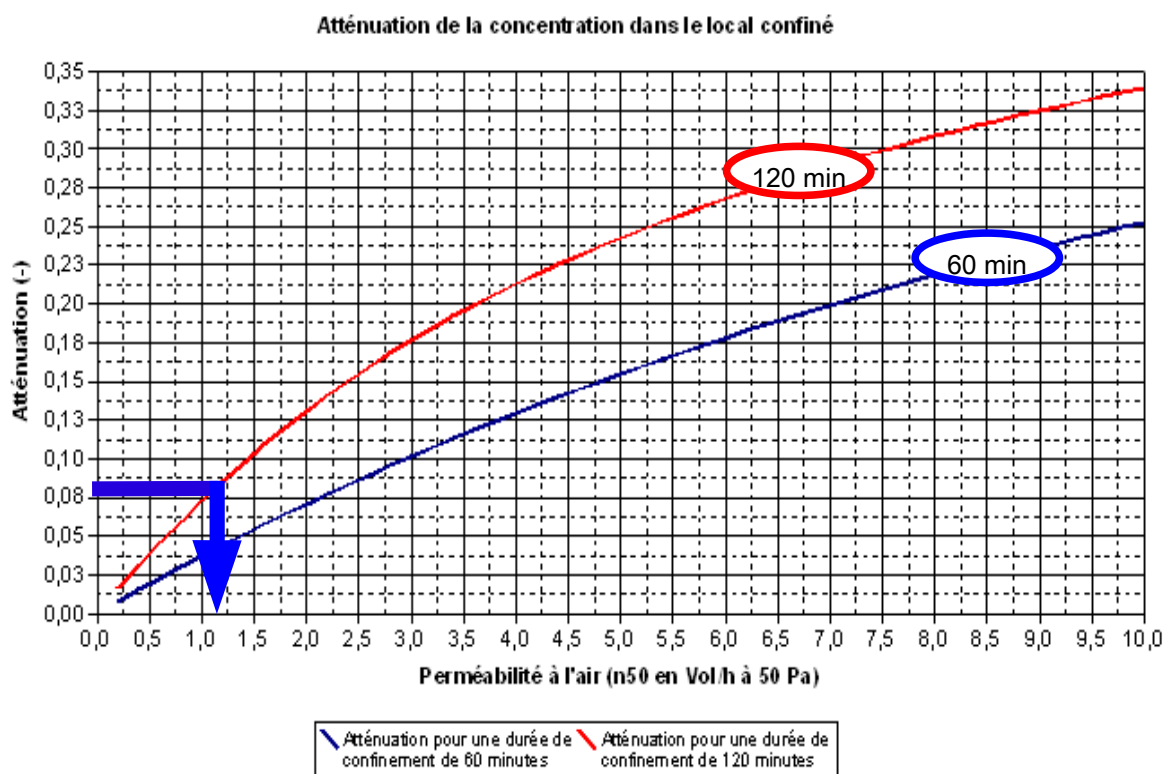
Il est démontré que la position du local dans l'habitation a une influence certaine sur l'efficacité du confinement. En effet, l'ensemble des volumes du logement crée un espace tampon entre la façade exposée et le local. Cet espace retarde la pénétration du produit toxique dans le local. Dans toute la mesure du possible, il conviendra de prescrire la création de locaux de confinement « abrités », c'est à dire sur la façade abritée de la source de danger. Néanmoins, pour certains immeubles collectifs, cette disposition ne sera pas possible, et l'instructeur devra considérer un local « exposé ».

| Tableau de sélection d'abaque | | |
|---|-------------------------|----------------------|
| Conditions atmosphériques | Bâtiment d'habitation | Local de confinement |
| Vitesse vent en m/s + Stabilité atmosphérique | Typologie | Exposition |
| 5 D(neutre) | (1) Maison individuelle | (1) exposé |
| 10 D(neutre) | (2) Immeuble collectif | (2) abrité |
| 10 D | - 1 | 2 |

Dans le cas présenté ci-dessus, l'abaque à utiliser aura la référence : 10D-12

• Utilisation des abaques

Chaque abaque permet une lecture directe du coefficient de perméabilité à l'air requise en fonction du taux d'atténuation cible. Un exemple est donné ci-dessous :



L'application à l'exemple étudié permet de conclure que : « pour les conditions atmosphériques, la typologie de bâtiment et la position du local correspondant à l'abaque choisi, le coefficient de perméabilité à l'air requis est de 1,15 vol/h sous 50Pa.

• **Précision de la valeur de perméabilité à l'air**

La stricte application des abaques permet a priori de définir des valeurs de perméabilité (n_{50}) avec une grande précision. Toutefois, l'atteinte d'une valeur de perméabilité n'est pas une science exacte, et fixer une valeur de perméabilité au centième près serait totalement illusoire.

Par ailleurs, une trop grande précision dans la prescription ne serait pas réaliste, difficilement justifiable face aux difficultés d'évaluation des caractéristiques du bâtiment et non cohérente face à la difficulté de gradation des mesures à mettre en œuvre.

En conséquence, il est recommandé d'arrondir les valeurs de perméabilité lues sur les abaques selon les règles suivantes :

- arrondi au 1/10^{ème} inférieur pour les valeurs de perméabilité inférieures à 2,5 vol/h
- arrondi au 0,5 inférieur pour les valeurs de perméabilité supérieures à 2,5 vol/h

La valeur retenue devra être interprétée au regard de son niveau d'exigence, des difficultés techniques éventuelles de mise en œuvre et du coût des travaux induits.

Annexe E – Abaques applicables aux bâtiments résidentiels « standards »

Les abaques de la présente annexe s'appliquent pour les bâtiments neufs ou existants, hors ceux entièrement construits en application de la RT 2012.

| Tableau de sélection d'abaque | | | |
|--|----------|-------------------------|----------------------|
| Conditions atmosphériques | | Bâtiment d'habitation | Local de confinement |
| Vitesse vent en m/s + Stabilité atmosphérique | | Typologie | Exposition |
| 3 F (Stable) | | (1) Maison individuelle | (1) exposé |
| 5 D(neutre) | | (2) Immeuble collectif | (2) abrité |
| 10 D(neutre) | | | |
| | | | |
| 5 D | - | 1 | 2 |

L'instructeur reporte sur la dernière ligne de chaque colonne, la valeur correspondant à l'option choisie pour chaque paramètre.

La lecture de la dernière ligne indique l'abaque à utiliser.

Dans l'exemple ci-dessus, l'instructeur aura recours à l'abaque 5D-12 qui correspond à une maison individuelle dont le local est abrité sous condition atmosphérique 5D.

Cette référence est indiquée en haut à droite de chaque abaque.

La courbe rouge (trait plein) correspond à un confinement de 2h00.

La courbe bleue (trait pointillé) correspond à un confinement de 1h00.

La courbe rouge (2h00) est toujours située au-dessus de la courbe bleue (1h00) ou est confondue avec elle.

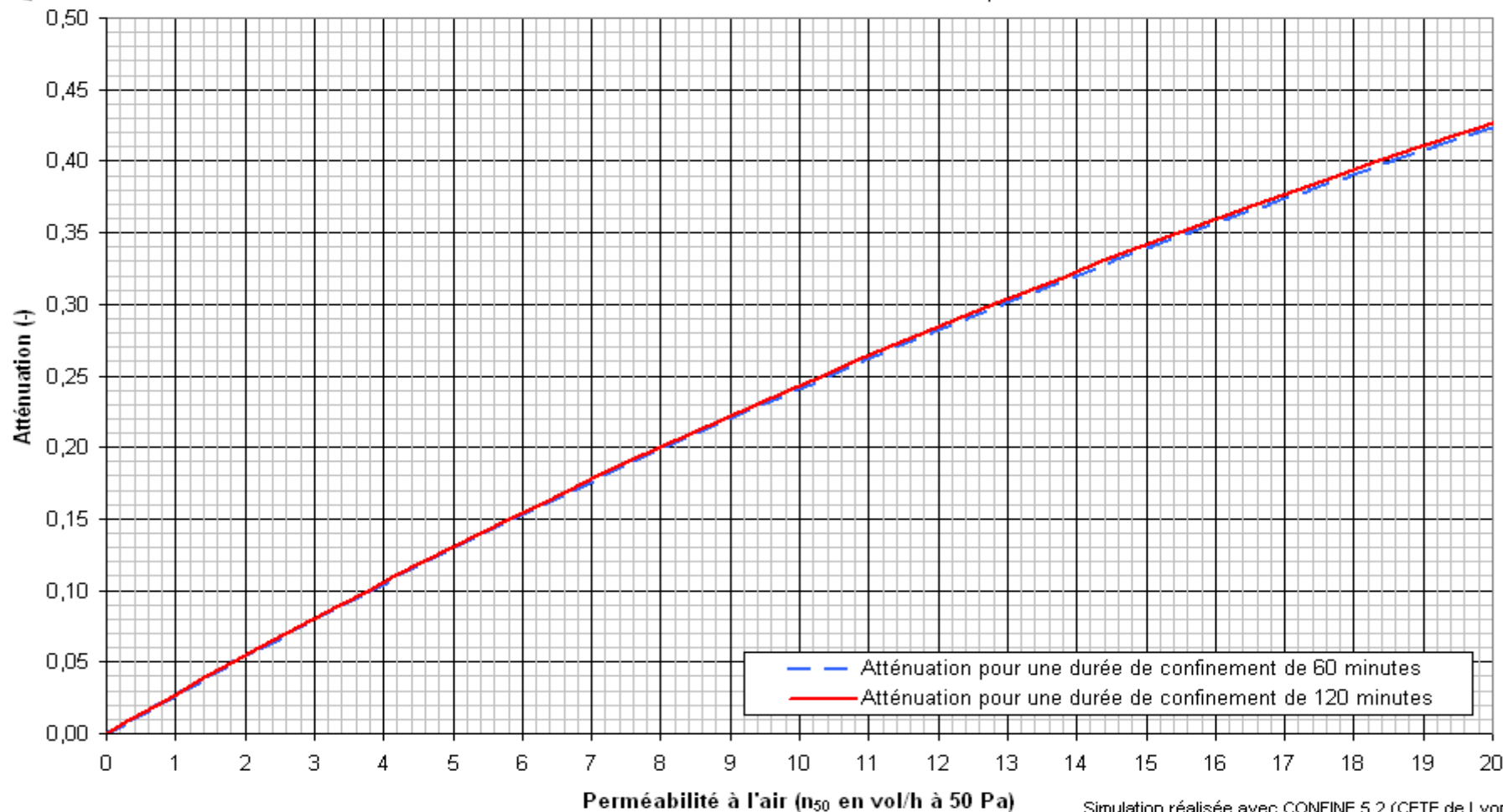
Les abaques ont été établis conformément à l'hypothèse d'un nuage conventionnel de durée 1h00 (voir paragraphe 4.3.1). Ils ne doivent en aucun cas être utilisés dans des conditions différentes.



Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 3F-11

Maison individuelle - Local de confinement : Exposé au vent



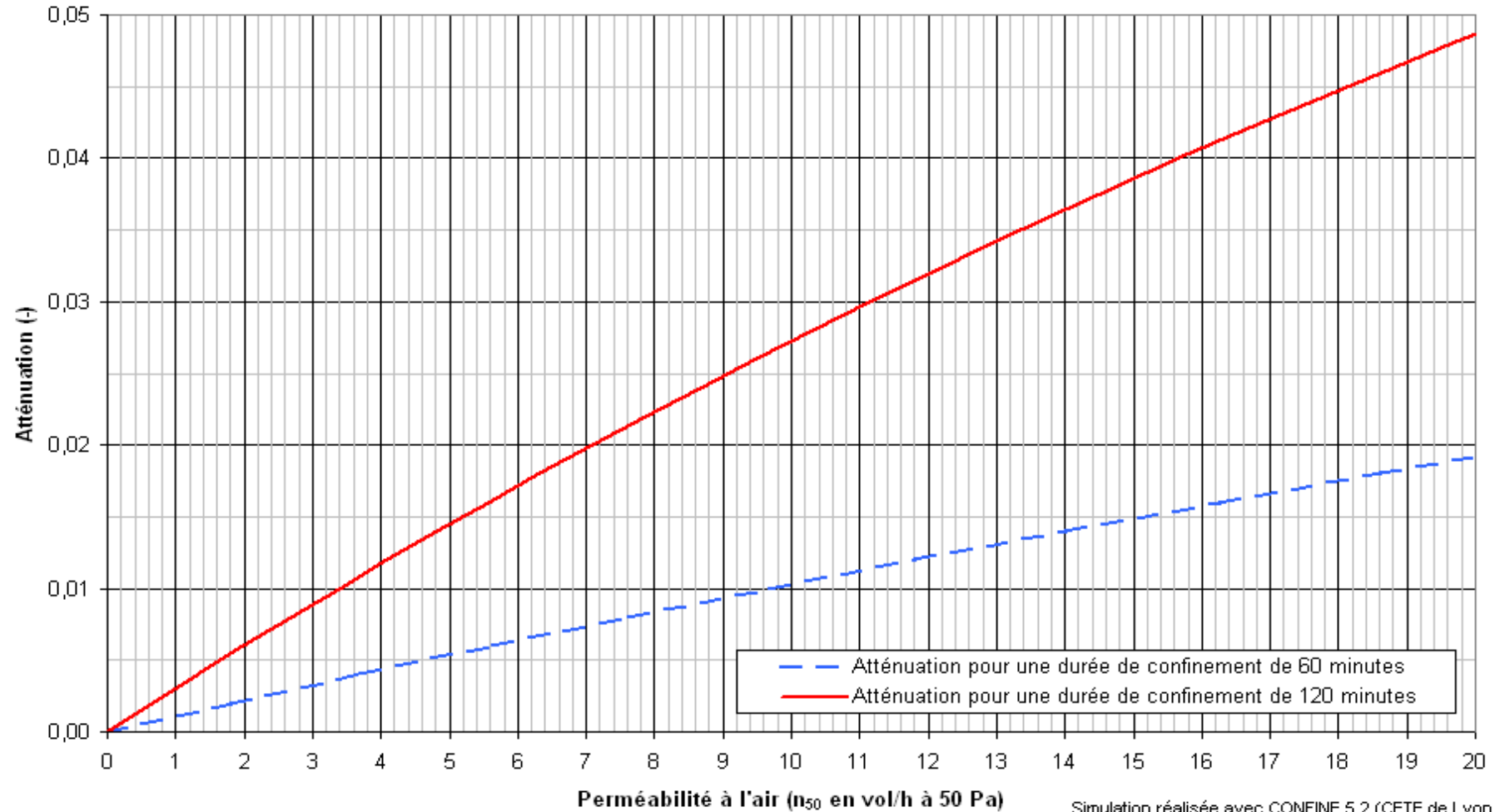
Simulation réalisée avec CONFINE 5.2 (CETE de Lyon, 2013)



Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 3F-12

Maison individuelle - Local de confinement : Abrisé du vent

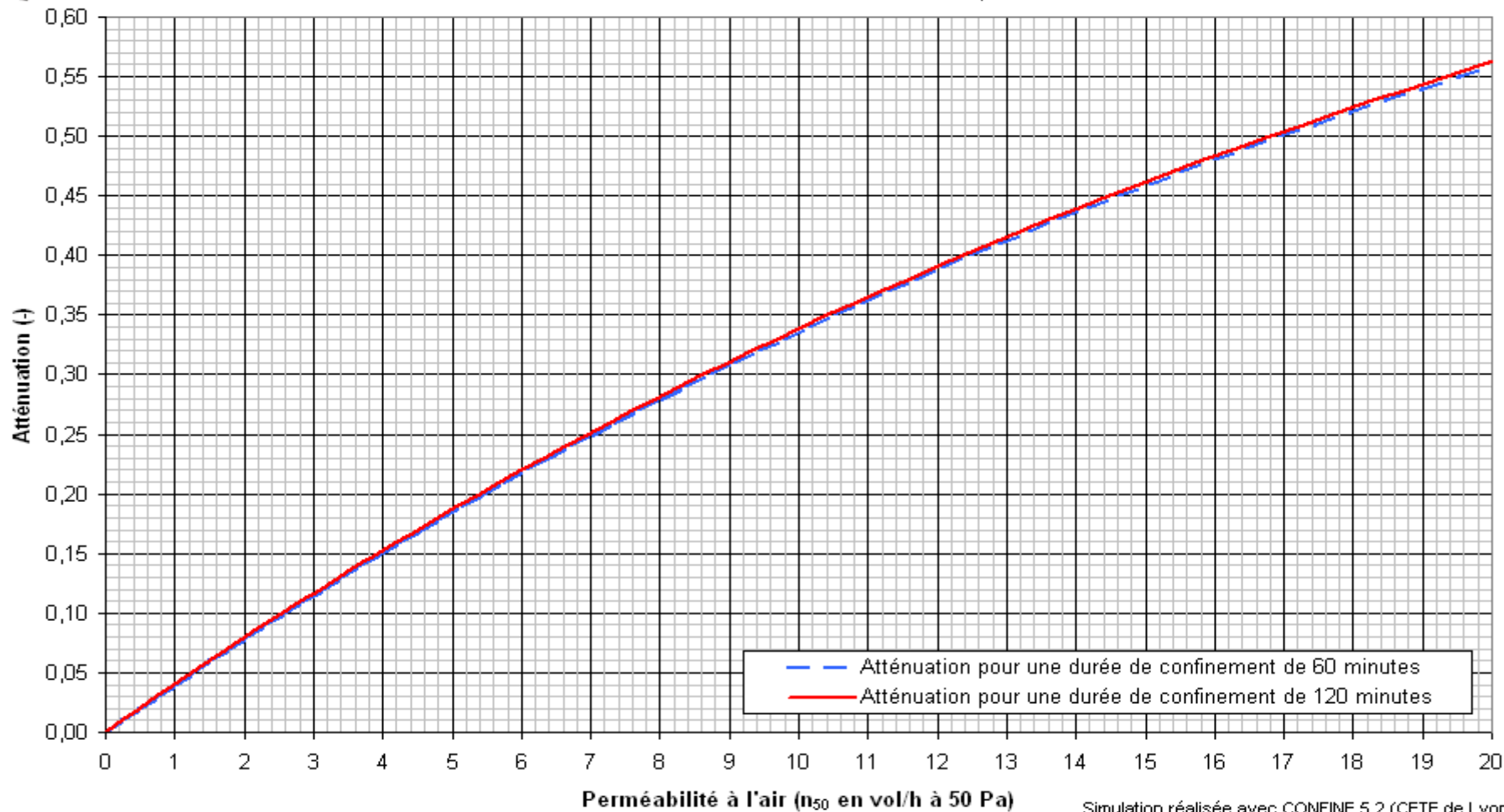




Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 3F-21

Bâtiment collectif - Local de confinement : Exposé au vent



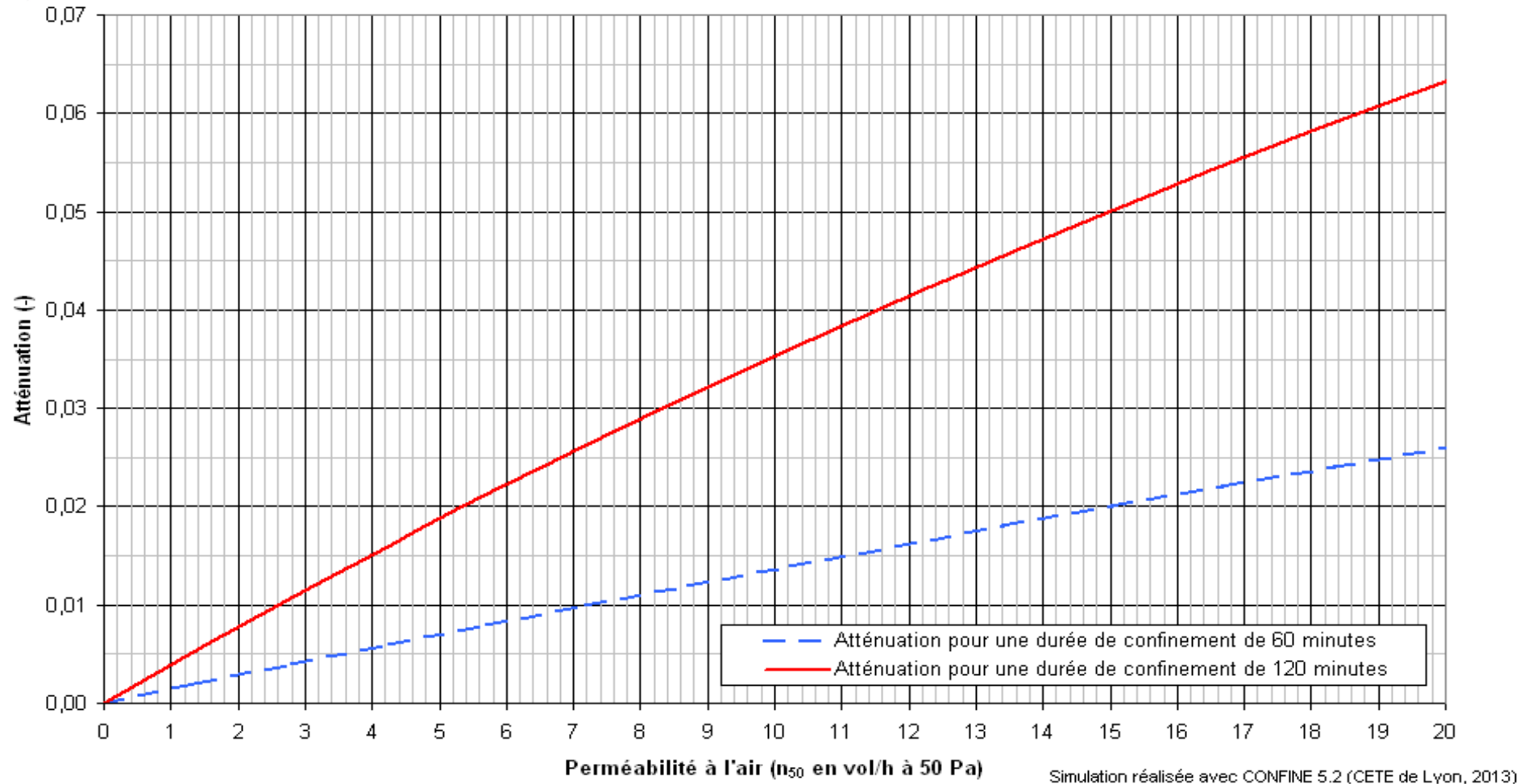
Simulation réalisée avec CONFINE 5.2 (CETE de Lyon, 2013)



Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 3F-22

Bâtiment collectif - Local de confinement : Abrisé du vent

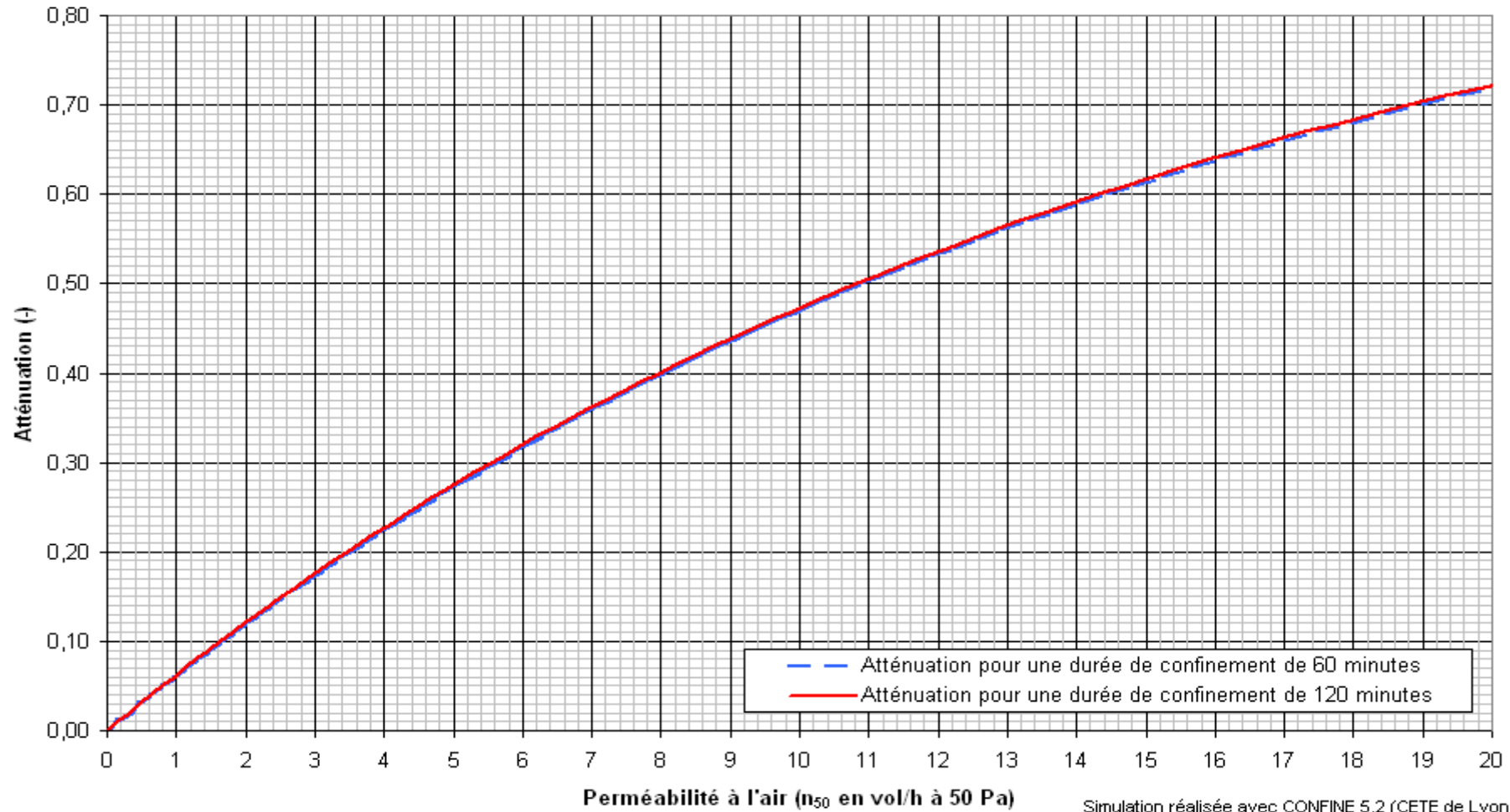




Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 5D-11

Maison individuelle - Local de confinement : Exposé au vent

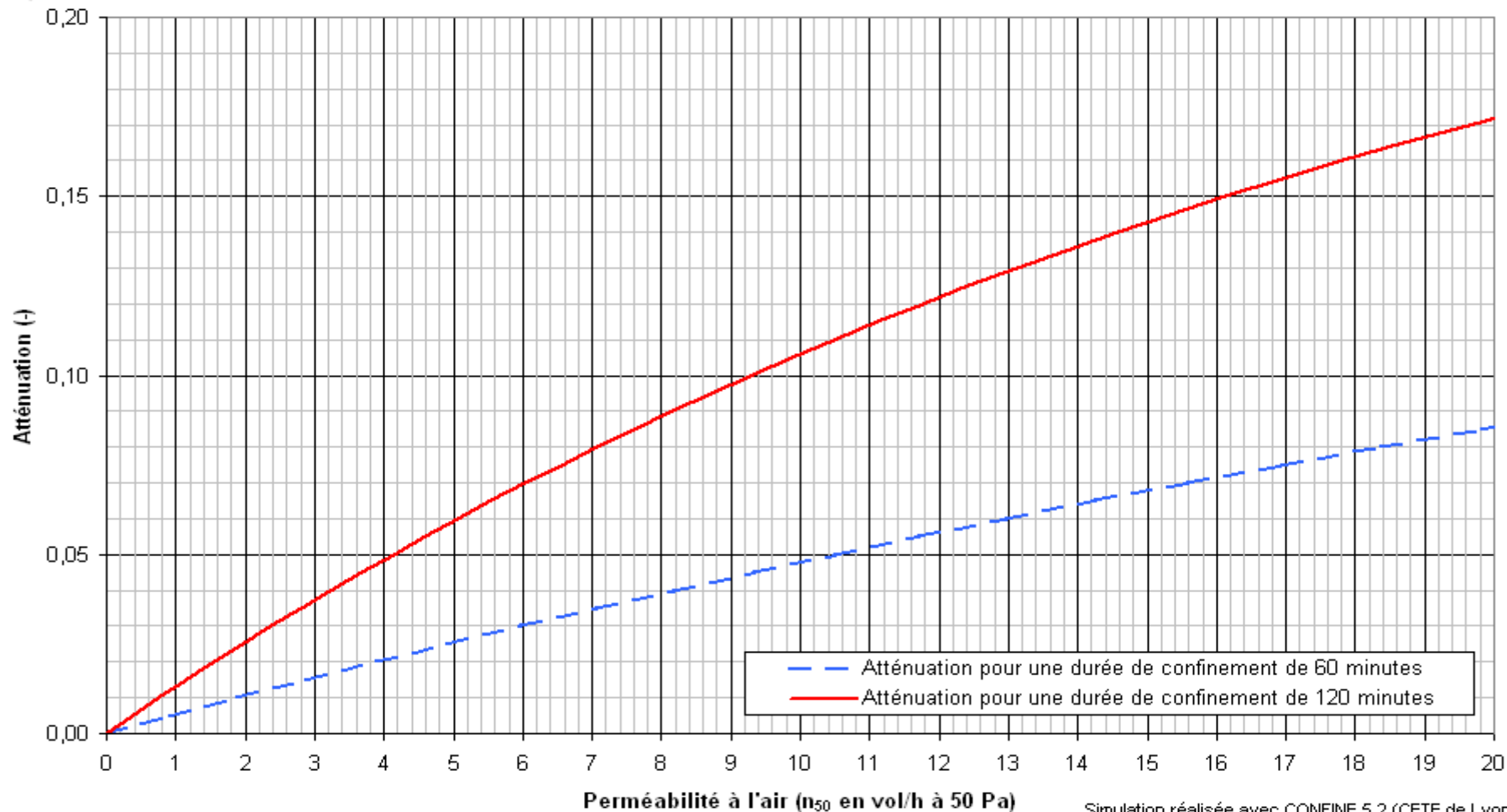




Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 5D-12

Maison individuelle - Local de confinement : Abrisé du vent



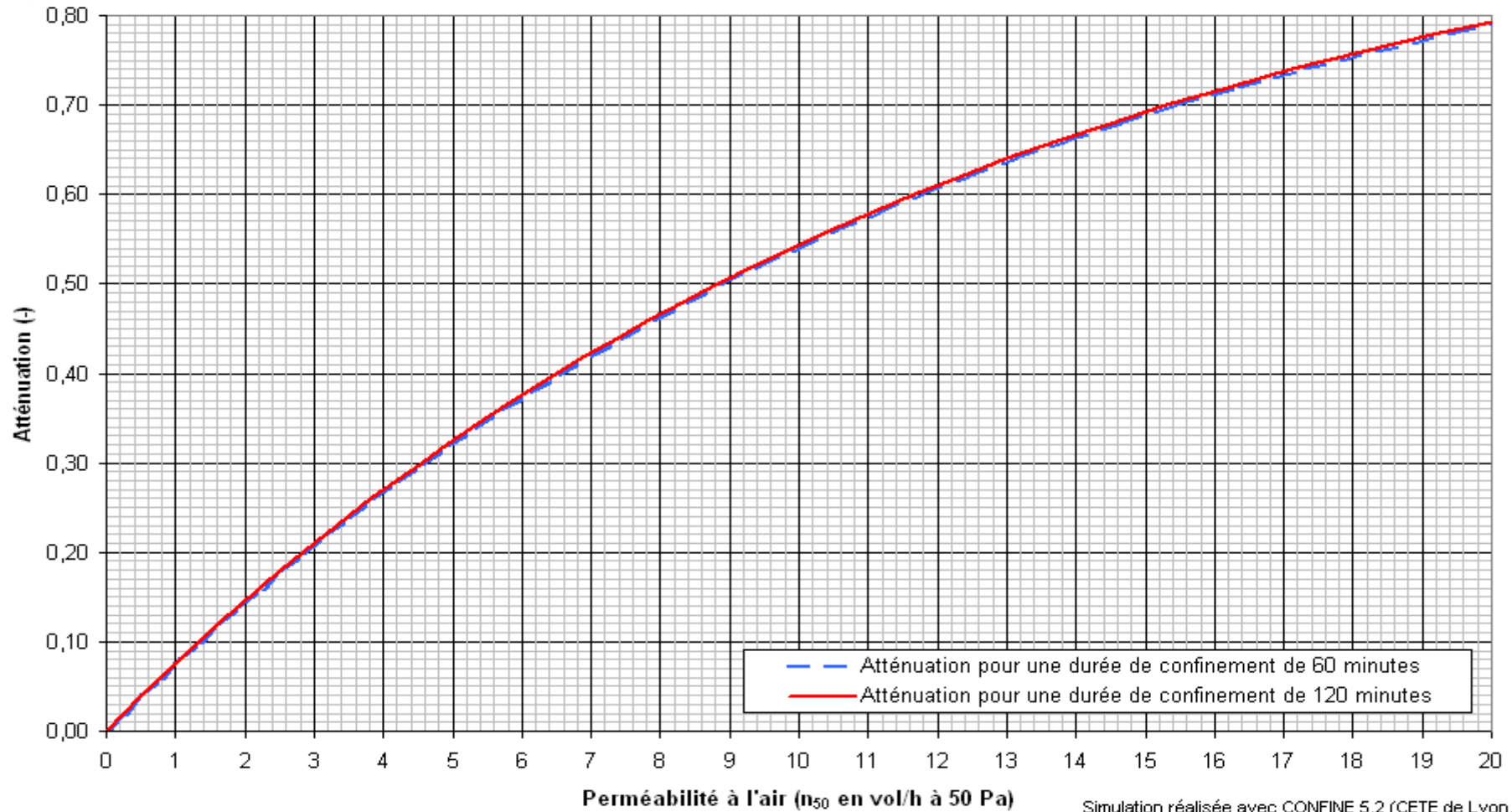
Simulation réalisée avec CONFINE 5.2 (CETE de Lyon, 2013)



Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 5D-21

Bâtiment collectif - Local de confinement : Exposé au vent

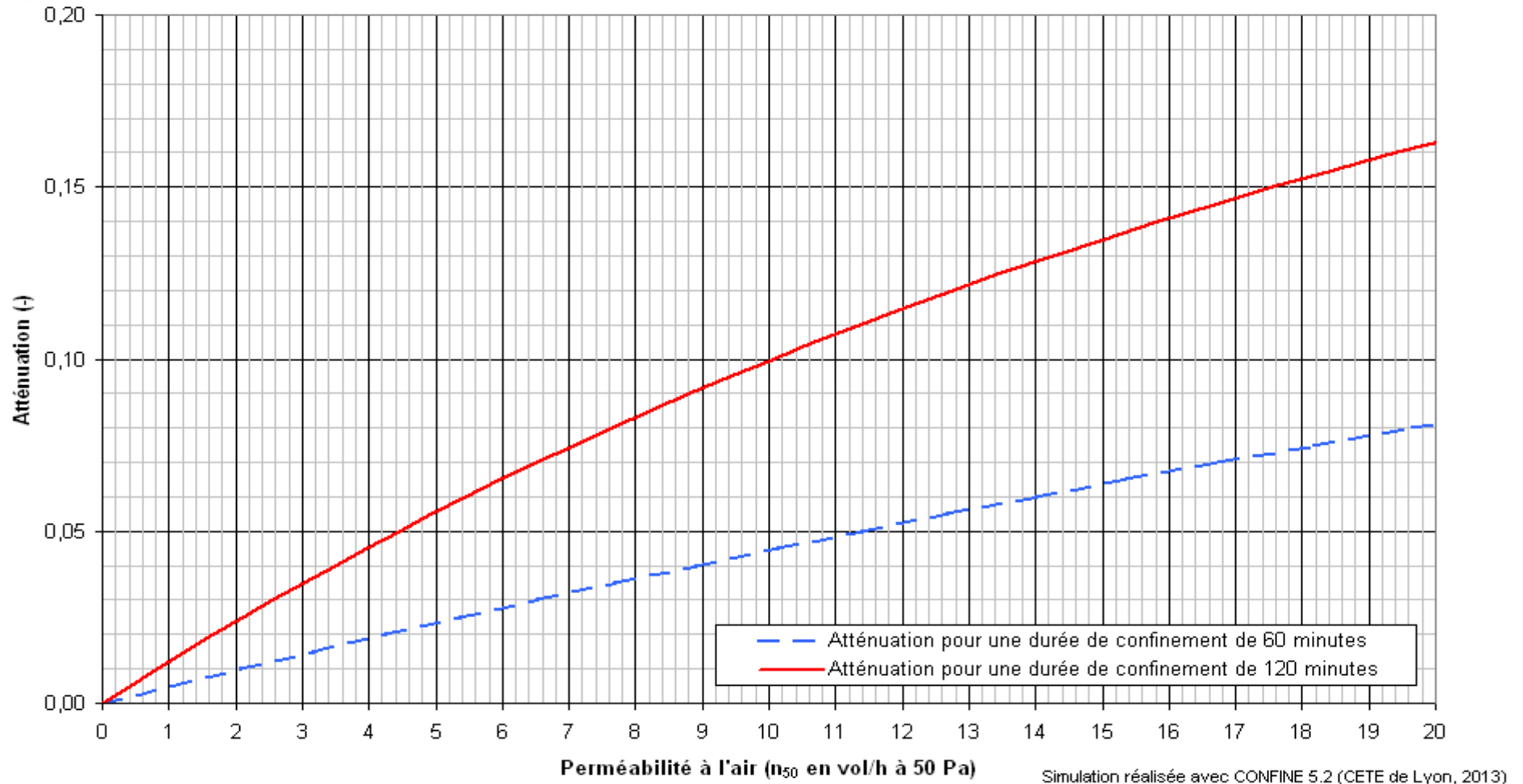




Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 5D-22

Bâtiment collectif - Local de confinement : Abrisé du vent

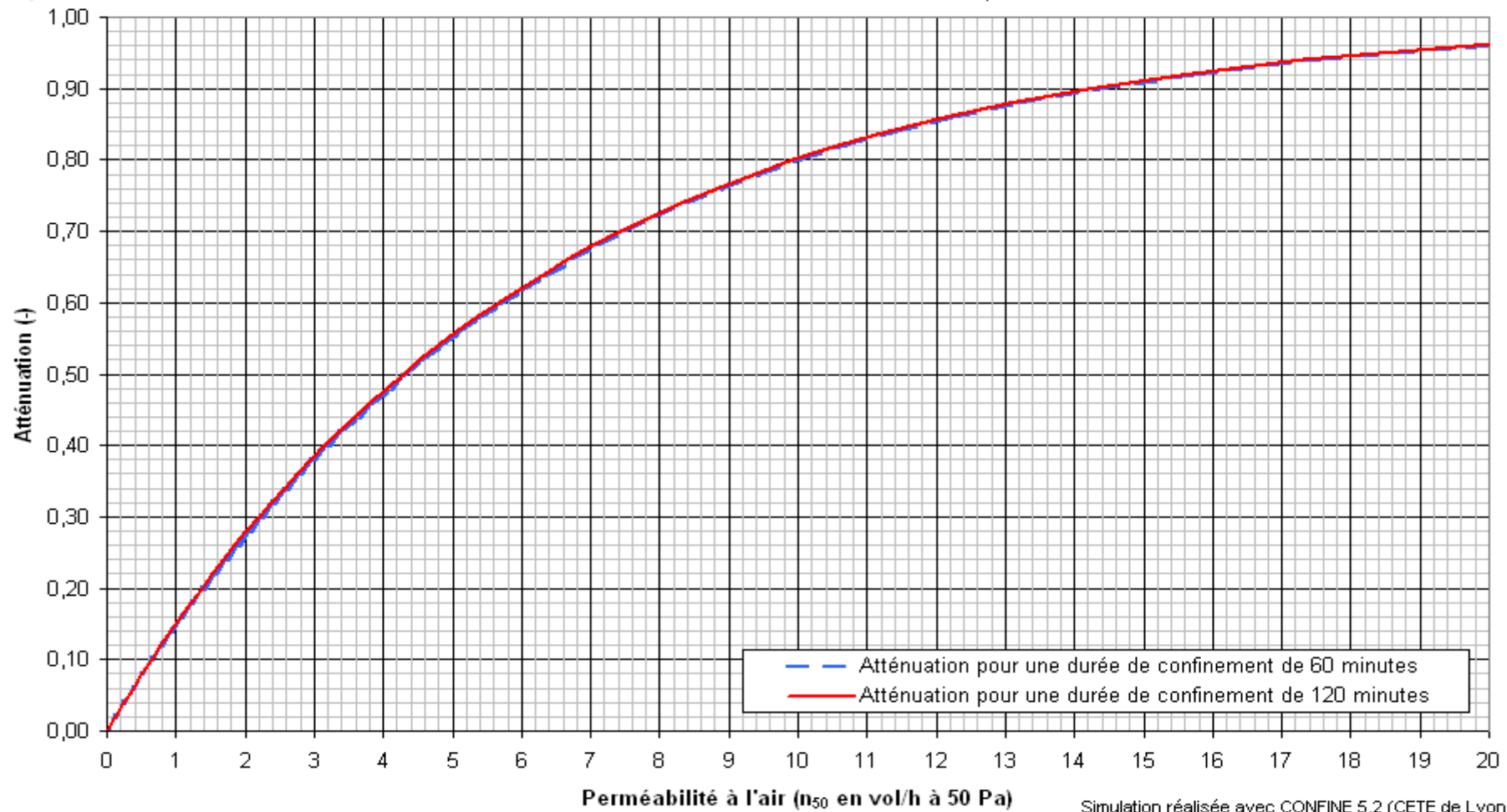




Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 10D-11

Maison individuelle - Local de confinement : Exposé au vent

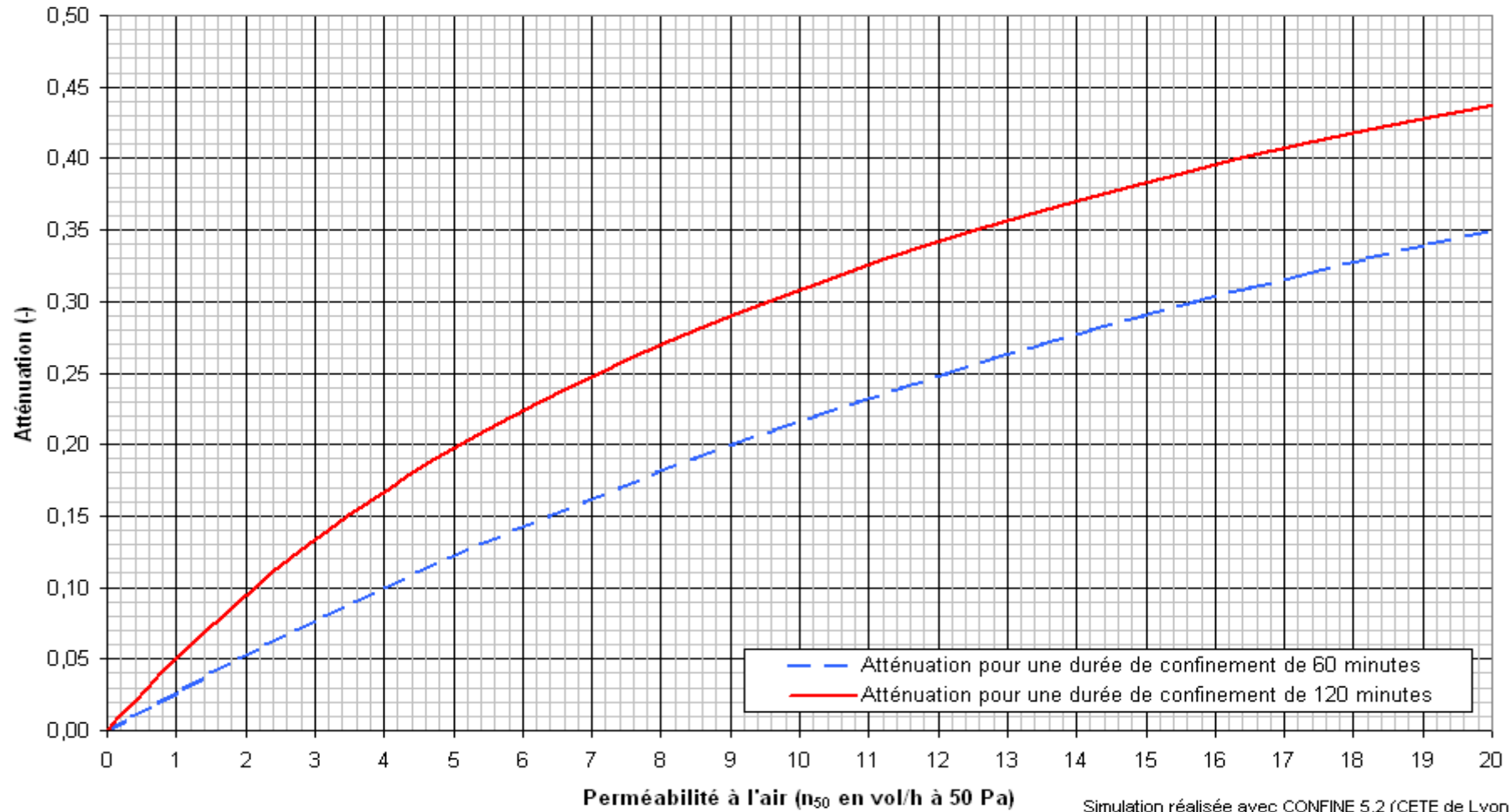




Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 10D-12

Maison individuelle - Local de confinement : Abrisé du vent

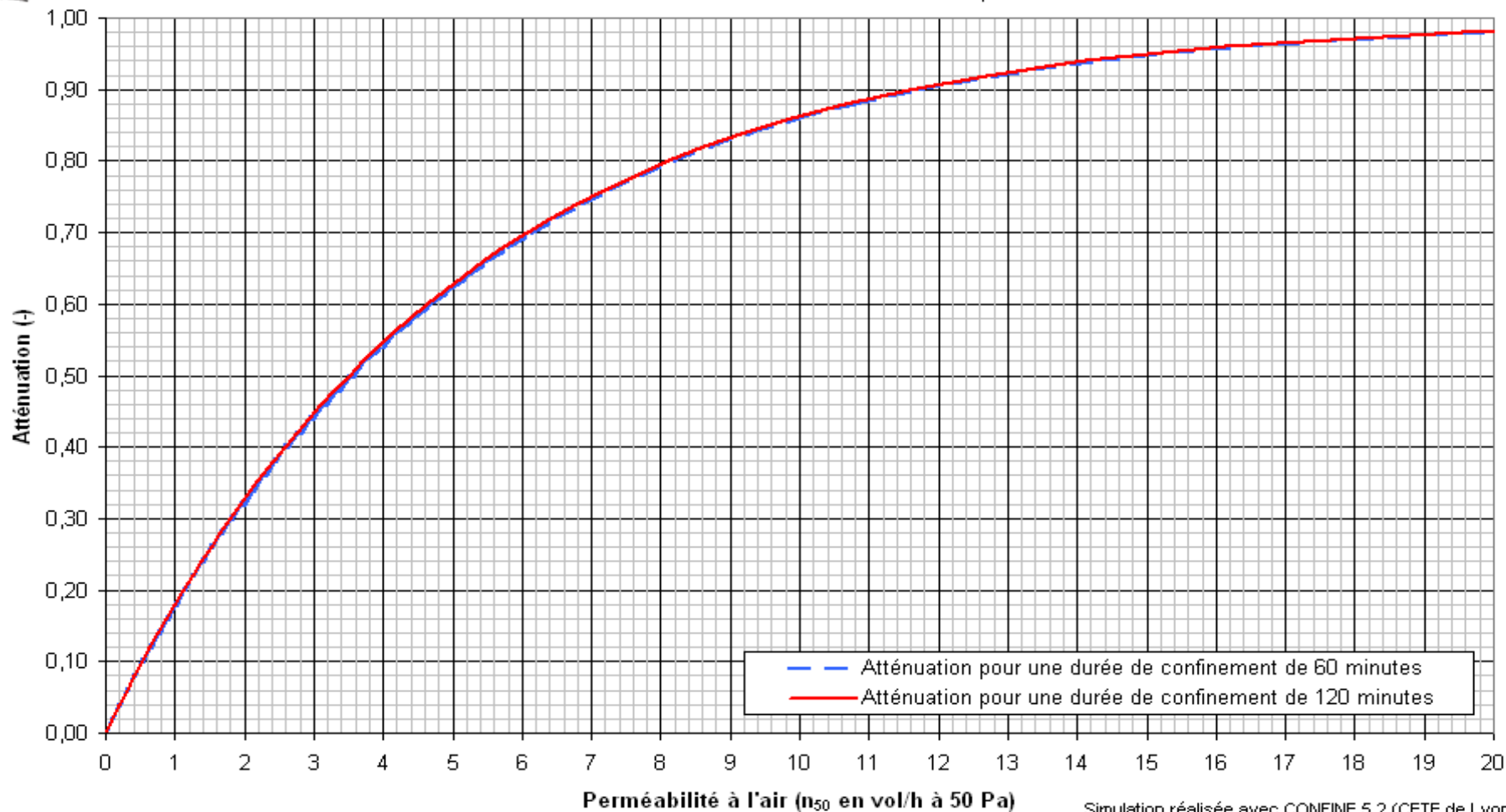




Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 10D-21

Bâtiment collectif - Local de confinement : Exposé au vent



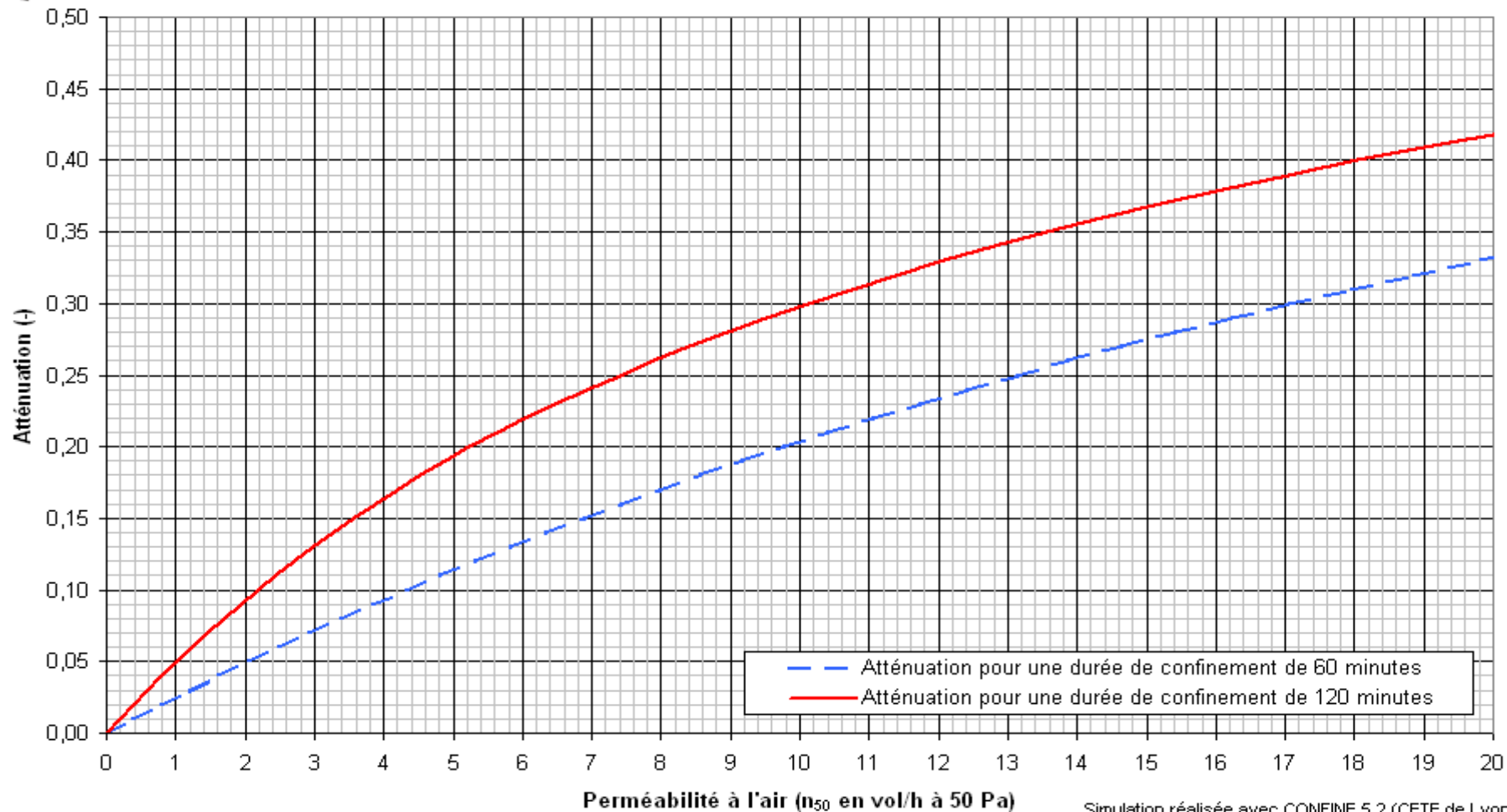
Simulation réalisée avec CONFINE 5.2 (CETE de Lyon, 2013)



Atténuation de la concentration dans le local confiné

Abaque 10D-22

Bâtiment collectif - Local de confinement : Abrisé du vent



Annexe F – Abaques applicables aux bâtiments résidentiels en application de la RT 2012

Les abaques de la présente annexe ne s'appliquent que pour les bâtiments neufs ou existants, entièrement construits en application de la RT 2012 :

- à compter du 28 octobre 2011 pour les bâtiments à usage d'habitation situés en zone "ANRU" (article 10 de la loi 2003-710 du 01/08/2003)
- à compter du 1^{er} janvier 2013 pour les autres bâtiments à usage d'habitation

| Tableau de sélection d'abaque | | | | |
|---|----------|-------------------------|--|---------------------------|
| Conditions atmosphériques | | Bâtiment d'habitation | | Local de confinement |
| Vitesse vent en m/s + Stabilité atmosphérique | | Typologie | | Exposition |
| 3 F (Stable) | | (1) Maison individuelle | | exposé (abaques annexe E) |
| 5 D (neutre) | | (2) Immeuble collectif | | (2) abrité |
| 10 D (neutre) | | | | |
| | | | | |
| 5 D | - | 1 | | 2 |

L'instructeur reporte sur la dernière ligne de chaque colonne, la valeur correspondant à l'option choisie pour chaque paramètre.

La lecture de la dernière ligne indique l'abaque à utiliser.

Dans l'exemple ci-dessus, l'instructeur aura recours à l'abaque 5D-12 qui correspond à une maison individuelle dont le local est abrité sous condition atmosphérique 5D.

Cette référence est indiquée en haut à droite de chaque abaque.

Pour les locaux « exposés au site industriel », il sera fait usage des abaques de l'annexe E.

La courbe rouge (trait plein) correspond à un confinement de 2h00.

La courbe bleue (trait pointillé) correspond à un confinement de 1h00.

La courbe rouge (2h00) est toujours située au-dessus de la courbe bleue (1h00) ou confondue avec elle.

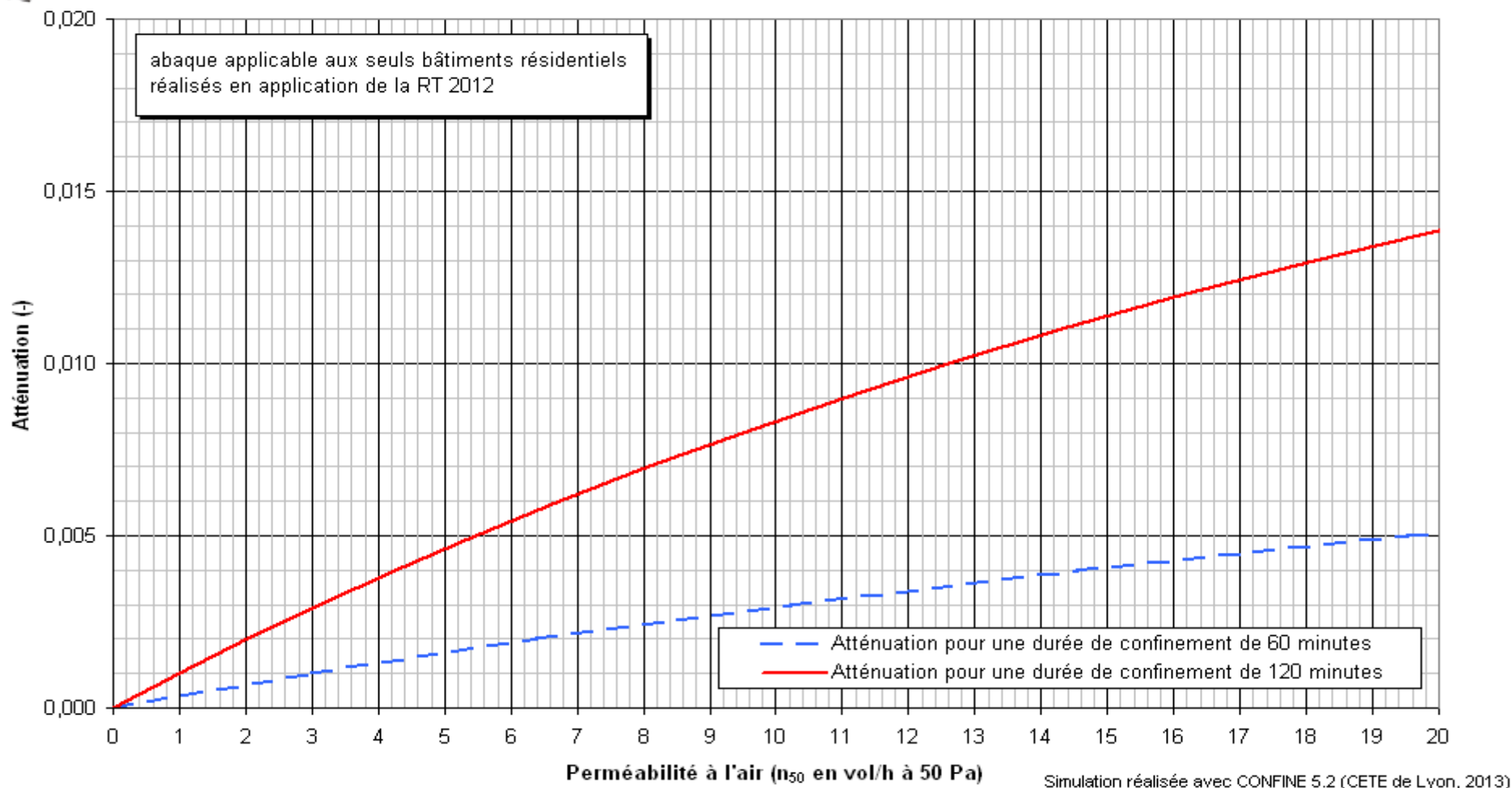
Les abaques ont été établis conformément à l'hypothèse d'un nuage conventionnel de durée 1h00 (voir paragraphe 4.3.1). Ils ne doivent en aucun cas être utilisés dans des conditions différentes.



Atténuation de la concentration dans le local confiné

Maison individuelle - Local de confinement : Abrisé du vent

**Abaque 3F-12
(RT 2012)**

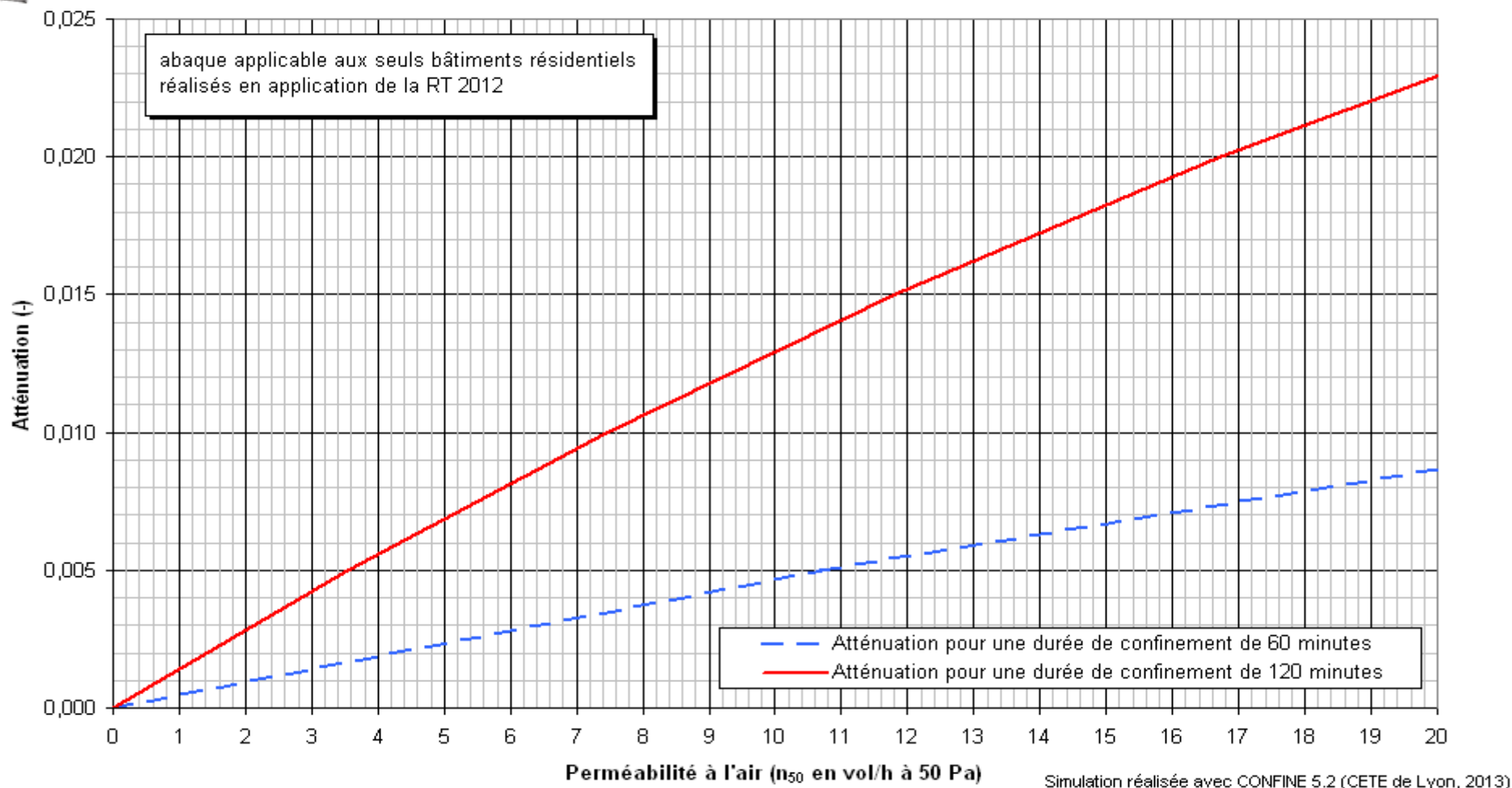




Atténuation de la concentration dans le local confiné

Bâtiment collectif - Local de confinement : Abrisé du vent

**Abaque 3F-22
(RT 2012)**

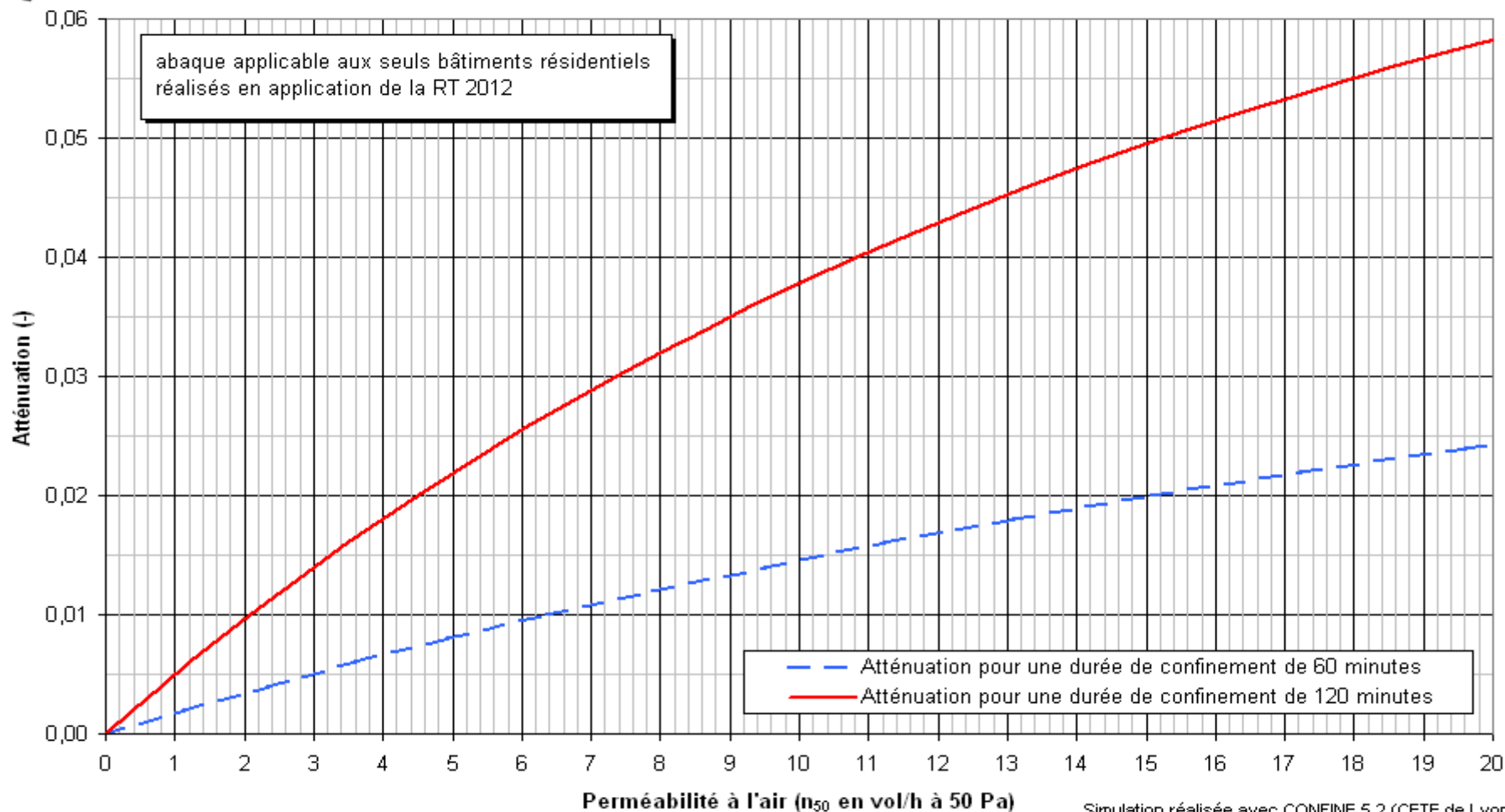




Atténuation de la concentration dans le local confiné

Maison individuelle - Local de confinement : Abrisé du vent

**Abaque 5D-12
(RT 2012)**

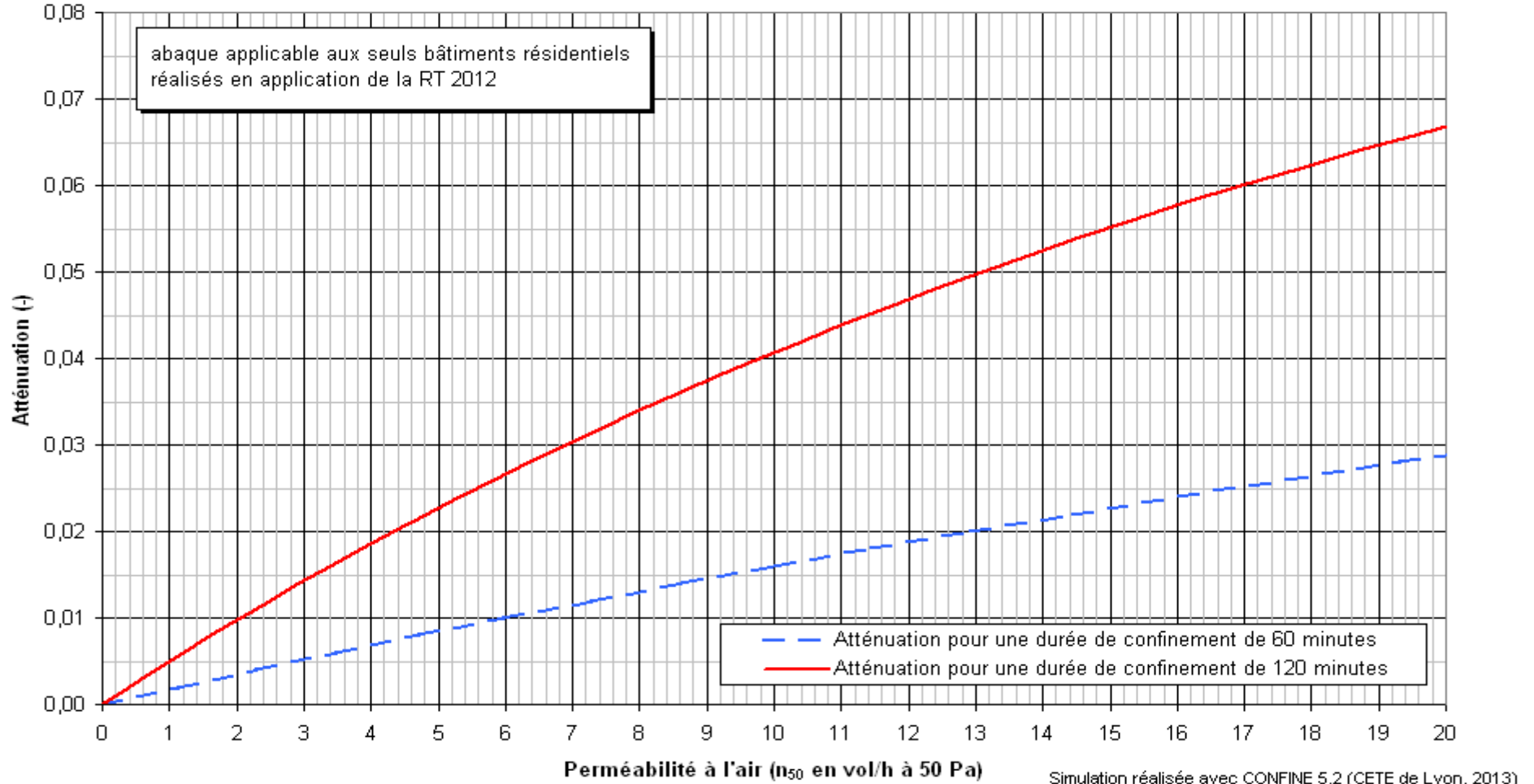




Atténuation de la concentration dans le local confiné

Bâtiment collectif - Local de confinement : Abrisé du vent

**Abaque 5D-22
(RT 2012)**

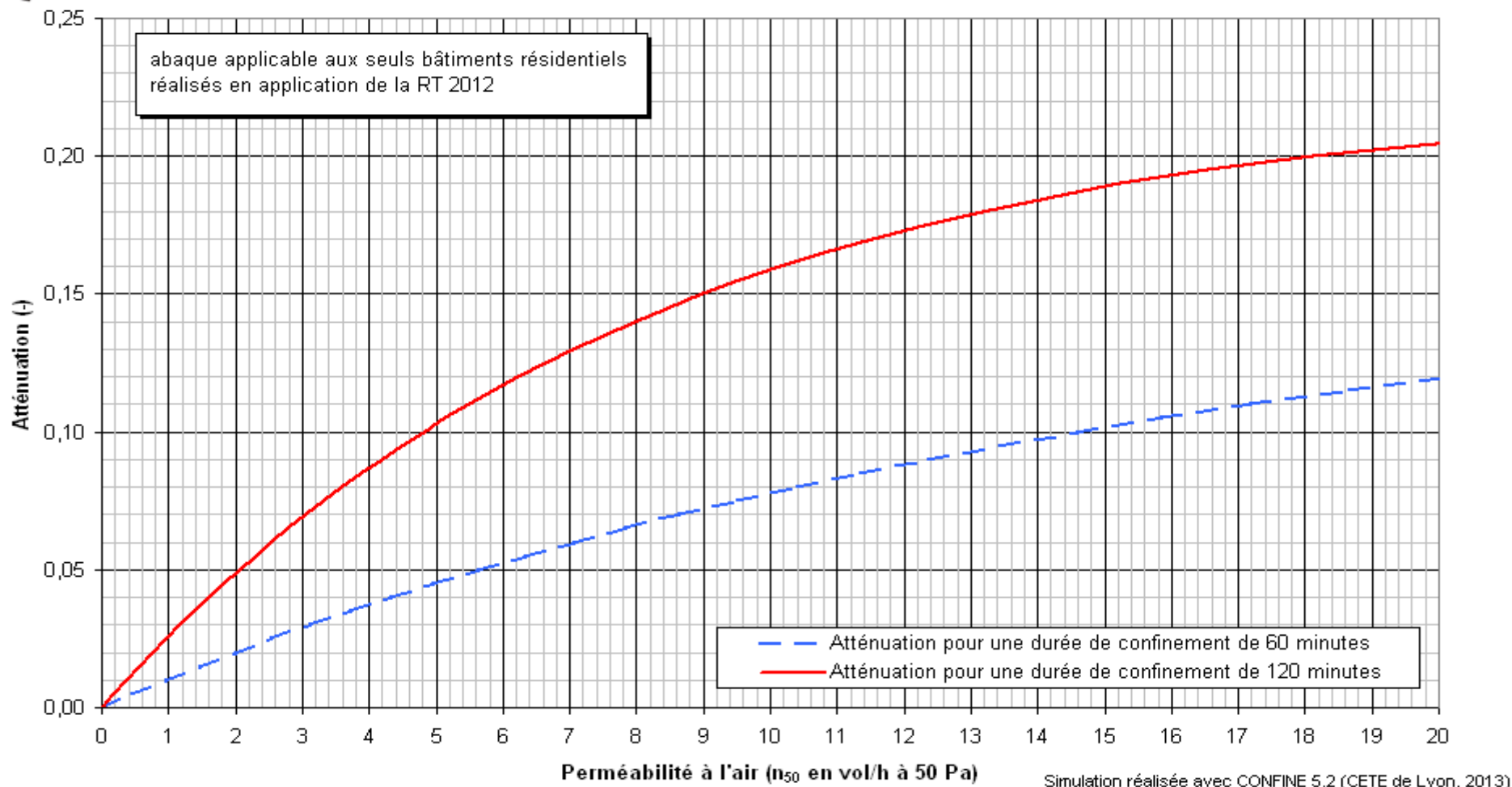




Atténuation de la concentration dans le local confiné

Maison individuelle - Local de confinement : Abrisé du vent

**Abaque 10D-12
(RT 2012)**

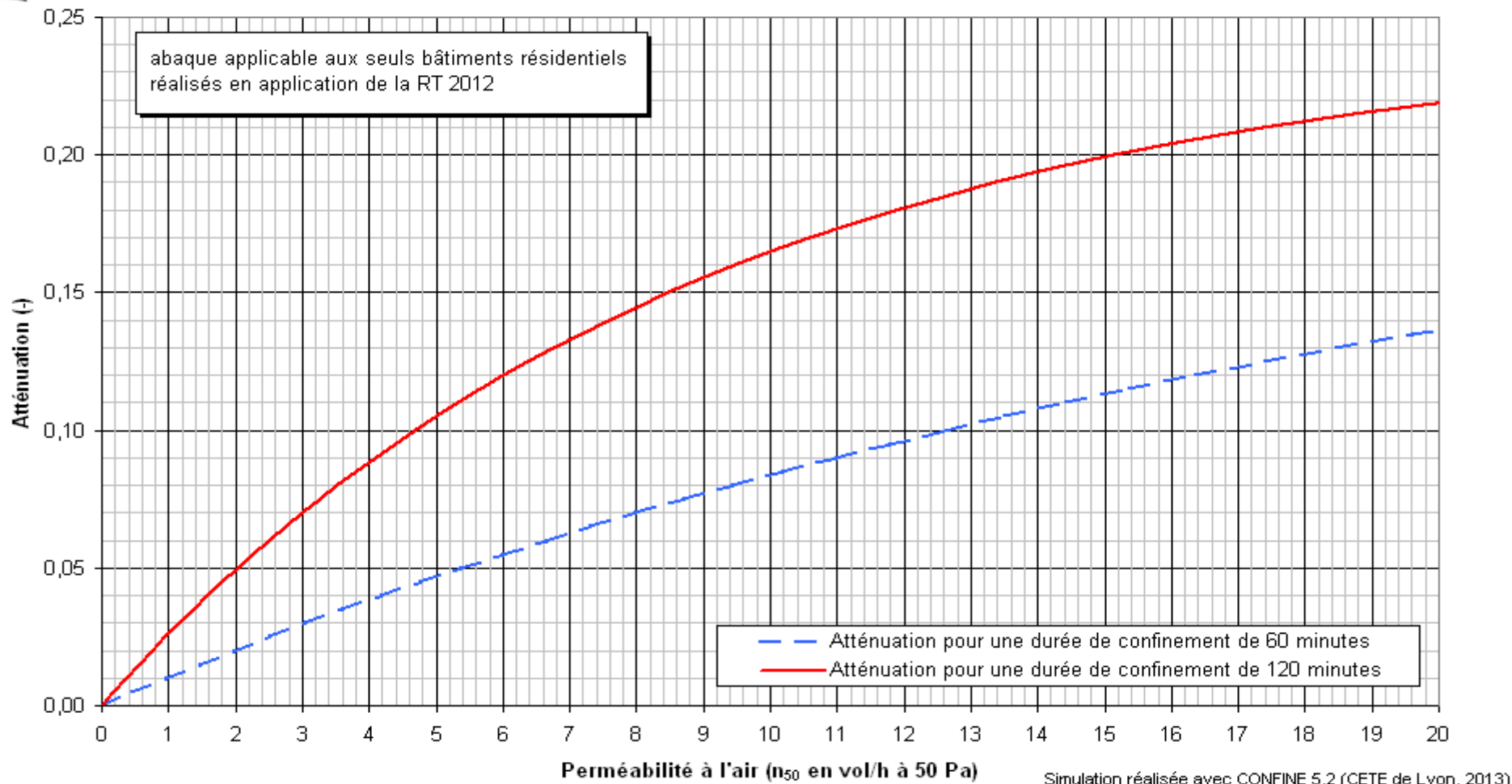




Atténuation de la concentration dans le local confiné

Bâtiment collectif - Local de confinement : Abrisé du vent

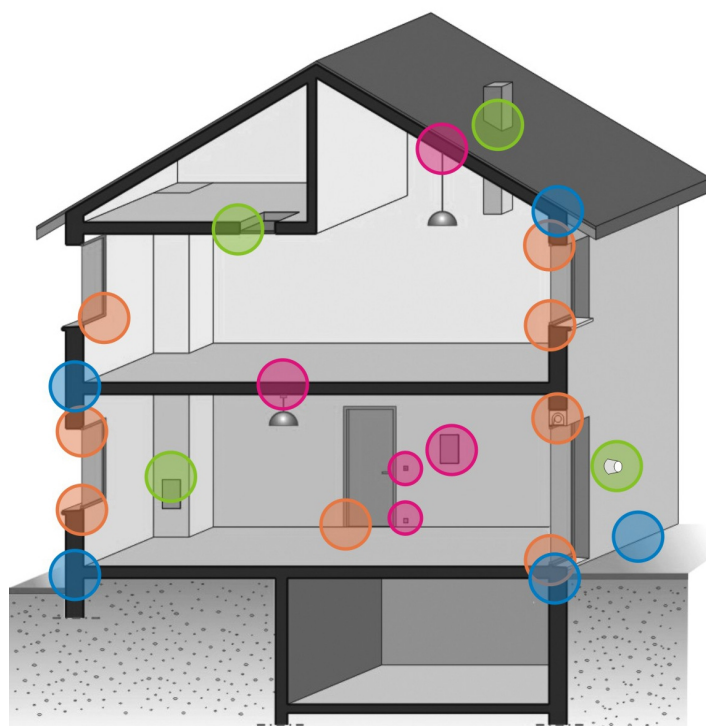
**Abaque 10D-22
(RT 2012)**



Annexe G - Aménagement d'un local de confinement

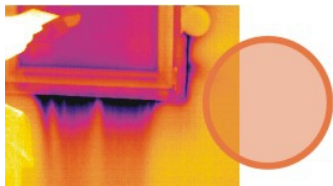
1. Pour viser une bonne étanchéité à l'air du local de confinement et de l'enveloppe du bâtiment

Quatre grandes catégories d'infiltrations d'air parasite ont été répertoriées par le Cete de Lyon. Les travaux couramment réalisés concernent donc le traitement de ces types de fuites d'air du point de vue de l'étanchéité.



Localisation des infiltrations parasites d'air courantes

1.1. Menuiseries extérieures et du local de confinement

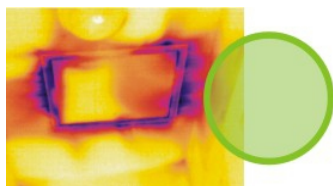


- De façon générale, choisir (dans de l'existant) ou concevoir (dans du neuf) un local de confinement comportant une seule porte intérieure, peu d'ouvertures et de petits ouvrants ;
- Installer des **menuiseries de qualité** : les performances des fenêtres sont définies par la norme européenne EN 12207 de mai 2000 ;
- Jointoyer les liaisons entre fenêtres, portes ou porte-fenêtres et toits ou murs ;

- **Traiter particulièrement la porte d'accès** au local :
 - ➔ Installer d'une porte à âme pleine;
 - ➔ Vérifier du bon état de la ou des portes d'accès :
 - Planéité ;
 - Uniformité de l'espace périphérique de la porte afin que le joint soit bien plaqué ;
 - Qualité des joints périphériques ;
 - ➔ Installer une grille de transfert obturable : elle sera ouverte en utilisation courante pour les fonctions de ventilation.
 - ➔ Installer une barre d'étanchéité (ex : plinthe automatique) en partie basse ;

- **Coffres de volets roulants** : jointoyer les liaisons entre coffre, fenêtre et murs.

1.2. Trappes et éléments traversant les parois

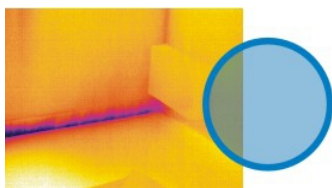


- A la construction, limiter le nombre de trappes et d'éléments traversant les parois dans l'enveloppe, et particulièrement dans le local de confinement ;
- A la construction, éviter les systèmes difficiles à traiter du point de vue de l'étanchéité à l'air (par exemple : cheminées) ;
- Dans un bâtiment existant, éviter de choisir comme local de confinement une pièce avec beaucoup de trappes et d'éléments traversant les parois ;
- Dans tous les cas, reprendre les joints d'étanchéité au niveau de l'ensemble des liaisons, par exemple :
 - trappes d'accès gaine technique ou combles;
 - gaines techniques traversant le plancher ;
 - conduit d'évacuation des fumées ou des gaz. En façade ou en toiture selon le système de chauffage retenu ;
 - conduit d'évacuation de l'air vicié en toiture.



1.3. Équipements électriques

- A la construction, limiter le nombre de percements des parois, et particulièrement dans le local de confinement ;
- A la construction, choisir des produits adaptés (exemple : dans le cadre des constructions à ossature bois, des produits spécifiques existent).
- Dans un bâtiment existant, éviter de choisir comme local de confinement une pièce avec beaucoup de percements des parois (exemple : éviter le tableau électrique).
- Dans tous les cas, colmater les points de passage de l'ensemble des équipements électriques installés sur les parois extérieures et dans le local :
 - tableau électrique,
 - interrupteurs et prises de courants,
 - points lumineux type plafonniers,
 - câblage des différents systèmes de mesures.



1.4. Liaisons entre parois

- En construction neuve, éviter les techniques constructives pour lesquelles il est difficile de maîtriser la perméabilité à l'air (exemple : structures légères, ventilées) ;
 - De façon générale, choisir (dans de l'existant) ou concevoir (dans du neuf) un local de confinement avec des parois très étanches (exemples : carrelage, faïence, enduits humides, sol béton ou carrelé, plaque de plâtre bien jointoyé; contre exemple : plafonds suspendus sans dalle béton ni plaques de plâtres bien jointoyées) ;
- Dans tous les cas, jointoyer les liaisons murs verticaux avec plancher et plafonds.

2. Autres travaux pour l'efficacité et l'opérationnalité du confinement (rappel)

Les prescriptions proposées prévoient différents travaux rappelés ci-dessous.

Concernant le dimensionnement et la localisation des locaux

- Dans les bâtiments non résidentiels existants, percement de parois pour créer des cheminements intérieurs vers les locaux de confinement.

Concernant le maintien du rôle tampon protecteur de l'enveloppe

- Dispositions techniques permettant d'assurer l'intégrité de l'enveloppe du bâtiment, en particulier des vitrages (dans tout le bâtiment et non seulement dans le local de confinement), notamment dans le cas de concomitance avec des effets thermiques ou avec des effets de surpression même faibles ;
- Dispositifs d'arrêt « coup de poing » des systèmes de ventilation, de chauffage et de climatisation du bâtiment, conformes aux règles de sécurité incendie et au contexte d'usage (exemple : cas particulier des bâtiments collectif).
- Installation de systèmes d'obturation sur toutes les entrées d'air volontaires du bâtiment, et non seulement dans le local de confinement. Exemples : Installation d'entrées d'air obturables sur les fenêtres, systèmes d'obturation pour les cheminées (conduit + arrivée d'air), systèmes d'obturation pour les autres entrées d'air volontaires liées aux systèmes de chauffage, de climatisation et de ventilation.

Concernant les autres dispositions techniques générales, à caractère plus ou moins obligatoire selon les types de bâtiment

- Réalisation de sas d'entrée dans le bâtiment, dimensionnés de façon à pouvoir être utilisés en deux temps (les 2 portes de part et d'autre ne doivent pas être ouvertes en même temps) ;
- Réalisation de sanitaires avec point d'eau, avec accès sécurisé depuis le local de confinement (porte donnant dans le local), ou sas d'entrée pour le local ;

3. Équipement du local : prévoir aussi la vie dans le local pendant l'alerte...

- La possibilité de se désaltérer dans le local de confinement : stocker quelques bouteilles d'eau ou penser à les apporter au moment de l'alerte . Ce stockage est nécessaire même si un point d'eau existe dans le local.
- Un escabeau pour faciliter le colmatage manuel (confinement non structurel) ;
- Une occupation pour les personnes pendant le confinement (ex. lecture, jeux) ;
- Une armoire dans le local qui comportera un minimum de matériel :
 - pour renforcer la protection (ruban adhésif en papier crêpe de 40 à 50 mm de large). La longueur sera calculée en fonction du linéaire d'ouvrants extérieur et intérieur ;
 - les linges en cas de picotements nasaux ;
 - un poste de radio autonome, avec piles de rechange ;
 - une lampe de poche, avec piles de rechange ;
 - une fiche de consignes précisant les actions à mener avant, pendant et après l'alerte, ainsi que les actions de maintenance. **En fin d'alerte, il est notamment indispensable d'ouvrir en grand les portes et fenêtres du local et du reste du bâtiment.**

A prévoir dans la salle de confinement**4. Inciter à l'appropriation du local de confinement par les utilisateurs**

- Un plan de confinement doit être prévu (cas des ERP) pour une utilisation efficace des locaux de confinement, document qui doit être en lien avec les autres documents de gestion de crise existants (PPI, PPMS, PCS,...)
- Un exercice de crise permet de valider le choix des locaux et le plan de confinement,
- Une vérification annuelle de l'opérationnalité du local de confinement doit être organisée.

5. Estimation financière des prestations

Le coût associé aux travaux réalisés pour limiter la perméabilité à l'air est très variable selon les bâtiments et les techniques utilisées. Pour cette raison, les tableaux suivants, dont les valeurs sont issues d'opérations suivies par le Cete de Lyon, peuvent donner un ordre de grandeur des coûts d'aménagement de locaux de confinement. Ils ne peuvent cependant constituer un référentiel précis et généralisable à toute opération par type de bâtiment. Cette réserve concerne encore plus particulièrement les opérations de constructions neuves, pour lesquelles le retour d'expérience reste encore faible en début d'année 2007.

5.1. Coûts globaux estimés par type de bâtiment, y compris conseil, maîtrise d'œuvre, et mesure d'étanchéité.

| Type de construction | Neuf | Existant |
|----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Maison individuelle | 2000 à 3000 € HT | 3000 à 5000 € HT |
| Bâtiment collectif | 2000 à 3000 € HT par appartement | 3000 à 5000 € HT par appartement |
| Bâtiment tertiaire | 100 à 150 € HT/m ² confiné | 150 à 200 € HT/m ² confiné |

Les coûts globaux tiennent compte de la réalisation des travaux courants dont les estimations financières par prestation sont décrites dans le tableau suivant.

5.2. Estimation Financière par prestation

| Caractéristique souhaitée | Prestation réalisée (neuf) | Coût ou sur-coût (neuf) | Prestation réalisée (existant) | Coût (existant) |
|--|--|-------------------------|--|-----------------|
| Étanchéité des menuiseries | Choix d'une fenêtre classée A4 | 400 à 500 € HT | Remplacement d'une fenêtre | 800 à 1000 € HT |
| Étanchéité de la porte d'accès | Choix d'une porte à âme pleine | 200 à 300 € HT | Remplacement de la porte d'accès | 400 à 600 € HT |
| Étanchéité des traversées de parois | Reprise des joints d'étanchéité au niveau des traversées de parois (conduits et canalisations) | 150 à 300 € HT | Reprise des joints d'étanchéité au niveau des traversées de parois (conduits et canalisations) | 200 à 300 € HT |
| Étanchéité des passages de câbles électriques | Colmatage des passages des câbles électriques (boîtiers, gaines) | 150 à 300 € HT | Colmatage des passages des câbles électriques (boîtiers, gaines) | 100 à 150 € HT |
| Étanchéité des liaisons entre parois | Jointoiement des liaisons plancher et plafonds avec les murs verticaux | 10 à 20 € HT/m | Jointoiement des liaisons plancher et plafonds avec les murs verticaux | 20 à 50 € HT/m |
| Obturation des orifices de ventilation en cas d'alerte | Installation d'une grille de transfert obturable | 50 € HT | Installation d'une grille de transfert obturable | 50 € HT |
| | Installation d'une bouche d'entrée d'air obturable | 50 € HT | Installation d'une bouche d'entrée d'air obturable | 50 € HT |

| Caractéristique souhaitée | Prestation réalisée (neuf) | Coût ou sur-coût (neuf) | Prestation réalisée (existant) | Coût (existant) |
|---|---|--------------------------------|---|------------------------|
| | Installation d'un clapet anti-retour sur l'extraction et l'insufflation (si ventilation double flux) | 50 € HT | Installation d'un clapet anti-retour sur l'extraction et l'insufflation (si ventilation double flux) | 50 € HT |
| Régulation du chauffage depuis le local confiné | Installation d'un robinet thermostatique pour réguler le chauffage depuis le local confiné (si chauffage gaz) | 50 à 100 € HT | Installation d'un robinet thermostatique pour réguler le chauffage depuis le local confiné (si chauffage gaz) | 100 à 200 € HT |
| Arrêt de la ventilation en cas d'alerte | Interrupteur d'arrêt de la ventilation et raccordement | 100 à 200 € HT | Interrupteur d'arrêt de la ventilation et raccordement | 200 à 300 € HT |

Annexe H – Obturation des entrées d'air des systèmes de ventilation

En cas de crise pour que le confinement soit efficace, il faut avant tout que les débits d'air dits « volontaires » entrant dans le bâtiment soient limités, voire annulés rapidement. C'est le cas pour les systèmes de ventilation.

1- Cas de la ventilation naturelle

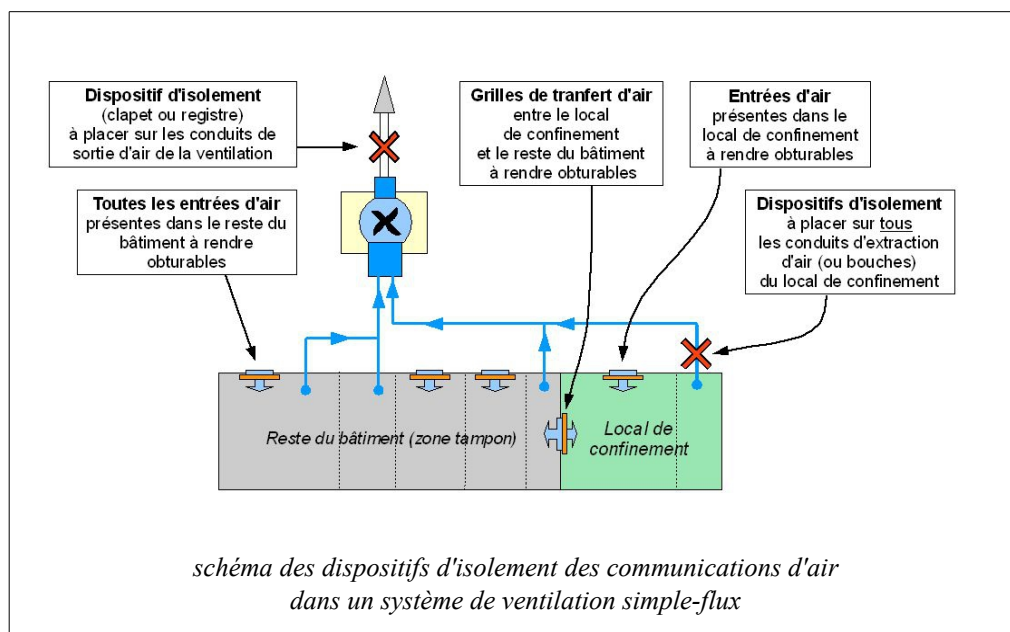
Toutes les grilles d'entrées d'air et orifices de ventilation situés dans le bâtiment, et non seulement ceux dans le local de confinement, devront être accessibles et obturables de manière à pouvoir les fermer rapidement.

L'étanchéité à l'air des grilles situées dans le local de confinement pourra être renforcée ensuite par un colmatage au moyen d'adhésif étanche.

2- Cas de la ventilation mécanique simple-flux

L'air frais venant de l'extérieur pénètre dans le bâtiment par des grilles d'entrée d'air, et est évacué à l'extérieur par les bouches d'extractions au moyen de conduits et d'un groupe d'extraction comportant un ventilateur.

Dans les bâtiments notamment résidentiels, la ventilation repose souvent sur le balayage général du logement : les grilles d'entrées d'air sont situées dans les pièces principales (séjour, chambres...) généralement disposées dans les huisseries, et les bouches d'extraction dans les pièces de service (cuisine, salle de bain, WC, cellier...).



1. Toutes les grilles d'entrées d'air dans le bâtiment, et non seulement celles dans le local de confinement, devront être accessibles et obturables de manière à pouvoir les fermer rapidement. L'étanchéité à l'air des grilles situées dans le local de confinement, s'il en est pourvu, pourra être renforcée ensuite par un colmatage au moyen d'adhésif étanche.
2. Il devra être prévu un dispositif d'isolement sur tous les conduits (ou bouches d'extraction) débouchant dans les locaux de confinement pour interdire les transferts d'air par ces conduits

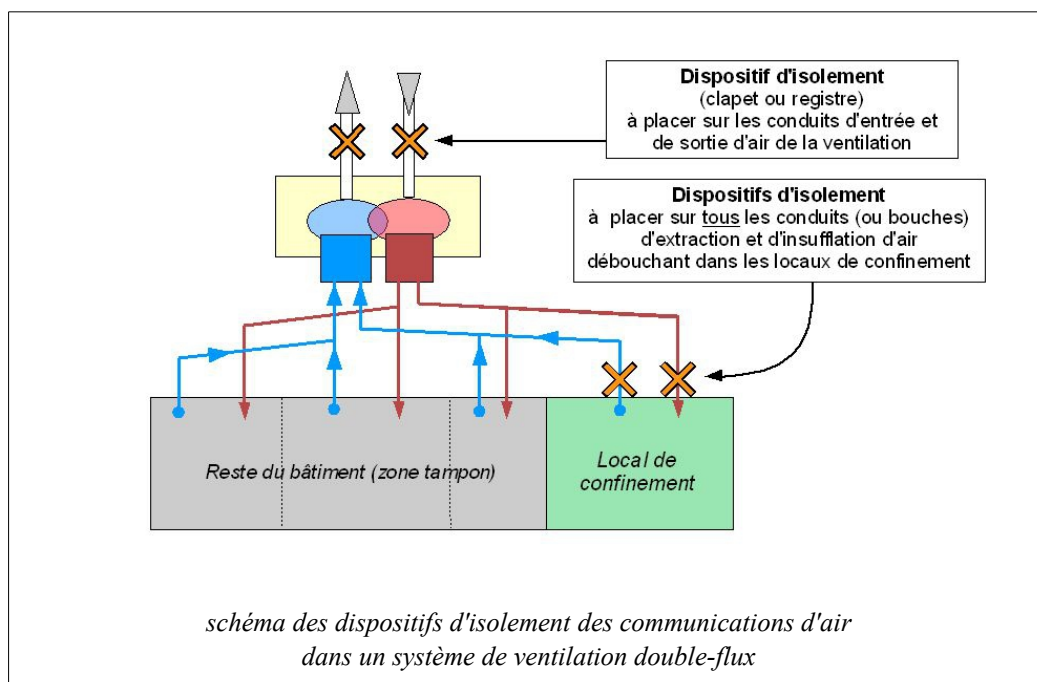
depuis l'extérieur des locaux. Il pourra s'agir de bouches obturables ou de registres à clapet ou à diaphragmes, auto-commandés. Leur étanchéité à l'air pourra être renforcée ensuite par un colmatage au moyen d'adhésif étanche.

- Il devra être également mis en place un dispositif d'isolement sur tous les conduits d'extraction d'air à l'extérieur pour interdire la communication aéraulique du reste du bâtiment vers l'extérieur. Il pourra s'agir de clapets anti-retour ou de systèmes à registre, auto-commandés.

La fermeture des dispositifs d'isolement peut être couplée à l'arrêt rapide du système de ventilation.

3- Cas de la ventilation mécanique double-flux

Ce système permet de limiter les pertes de chaleur inhérentes à la ventilation. Il récupère la chaleur de l'air vicié extrait des bâtiments par des bouches d'extraction et l'utilise pour réchauffer l'air neuf venant de l'extérieur. Un ventilateur pulse cet air neuf préchauffé à l'intérieur par le biais de bouches d'insufflation. Les bâtiments (parties) disposant de ce système n'ont pas de grilles d'entrée d'air naturelles donnant directement sur l'extérieur.



- Il devra être prévu un dispositif d'isolement sur tous les conduits (ou bouches) d'extraction ou d'insufflation débouchant dans le local de confinement pour interdire les transferts d'air par ces conduits depuis l'extérieur des locaux (y compris depuis le reste du bâtiment). Il pourra s'agir de bouches obturables ou de registres à clapet ou à diaphragmes, auto-commandés. Leur étanchéité à l'air pourra être renforcée ensuite par un colmatage au moyen d'adhésif étanche.
- Il devra être également mis en place un dispositif d'isolement sur tous les conduits d'extraction et d'entrée d'air à l'extérieur pour interdire la communication aéraulique du reste du bâtiment vers l'extérieur. Il pourra s'agir de clapets anti-retour (pour l'extraction) ou de systèmes à registre, auto-commandés.

La fermeture des dispositifs d'isolement peut être couplée à l'arrêt rapide du système de ventilation.

4- Cas spécifique des ventilations des systèmes de chauffage à combustion

Lorsque des appareils à combustion sont situés dans des bâtiments accueillant des locaux de confinement, les dispositifs de ventilation propres à assurer leur fonctionnement ou la prévention des intoxications liées au fonctionnement de ces appareils, ne sont pas concernés par la mise en œuvre de dispositifs d'obturation.

En cas de crise, il sera toutefois indispensable de colmater ces ouvertures de ventilation et d'arrêter le chauffage.

Annexe I – Précisions sur les études de confinement

Le CETE de Lyon a établi un document d'aide et de précision sur ce que sont et ce que doivent comporter les études de confinement :

- diagnostics simples pour les bâtiments résidentiels
- études approfondies pour les bâtiments non résidentiels

La version en vigueur et complète du document est disponible sur le site du Cete de Lyon :

<http://www.cete-lyon.developpement-durable.gouv.fr/pprt-guides-et-rapports-a165.html>



Ministère de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer

Rédacteurs : Équipe PCI « Risque toxique », CETE de Lyon.
Diffusion prévue : ICAR, www.cete-lyon.equipement.gouv.fr
Mise à jour : Mai 2011

RISQUE TOXIQUE : PROTECTION DES PERSONNES DANS LES PPRT

Précisions sur les études de confinement

LES ETUDES DE VULNERABILITE réalisées pendant l'élaboration des PPRT

Les études de vulnérabilité ont pour but d'apporter des éléments de réflexion et d'éclairage aux différents acteurs concernés dans l'élaboration des PPRT pour le choix de la stratégie et d'accompagner les propriétaires impactés dans la mise en œuvre des prescriptions sur leurs bâtiments.

Si les travaux à réaliser ne sont techniquement ou économiquement (plus de 10% de la valeur vénale du bien) pas réalisables, les études de vulnérabilité peuvent, dans les zones de mesures foncières, alimenter la stratégie en proposant l'inscription du bâtiment en secteur de mesures foncières.

Au stade de l'élaboration des PPRT, ces études apportent aussi une aide aux propriétaires des bâtiments sélectionnés dans le choix et le dimensionnement futurs des locaux de confinement.

Pour le cas de bâtiments exposés à des effets toxiques, ces études sont de deux types :

- **Les diagnostics simples de confinement** : exclusivement pour les bâtiments résidentiels, ils reposent sur une mesure d'étanchéité à l'air ;
- **Les études approfondies de confinement** : exclusivement pour les bâtiments non résidentiels, elles reposent sur une modélisation de la pénétration du nuage toxique dans le bâtiment permettant de calculer le niveau d'étanchéité à l'air requis pour que le local de confinement protège efficacement les personnes.

A noter : les termes « étude de confinement » et « étude de vulnérabilité aux effets toxiques » sont équivalents.

LA PREVENTION DES RISQUES TECHNOLOGIQUES

La loi n°2003-699 du 30 juillet 2003 a créé un outil de maîtrise et de gestion de l'urbanisation autour des sites industriels à risques, classés SEVESO AS : les plans de prévention des risques technologiques (PPRT). Ils sont élaborés par l'Etat en suivant une démarche décrite dans le « guide méthodologique » d'élaboration des PPRT. Cette méthodologie générale renvoie à des compléments techniques relatifs à chacun des trois types d'effets (surpression, thermique, toxique) qui précisent les démarches de définition de prescriptions applicables sur le bâti, neuf ou existant, dans le but de protéger les personnes.

RISQUE TOXIQUE : DISPOSITIFS DE CONFINEMENT PREVUS DANS LES PPRT

En matière de risque toxique, outre les mesures d'inscription de secteurs en zones d'expropriation ou de délaissement, le confinement est le principe retenu pour protéger les personnes des effets du risque.

Le confinement est un moyen technique qui consiste à mettre à l'abri dans un local peu perméable à l'air, les personnes situées dans un bâtiment et à proximité immédiate. Le but est de limiter la pénétration des polluants toxiques dans le local et d'y maintenir une atmosphère respirable dans l'attente de la dispersion du nuage toxique ou de l'évacuation par les services de secours.

Le guide technique en vigueur (actuellement le Complément technique relatif à l'effet toxique – CETE Lyon/CERTU/NERIS - version 1.0 – 8 juillet 2008) décrit de manière détaillée les différents éléments des dispositifs de confinement qui seront prévus par les PPRT. Ces dispositifs qui comportent des mesures sur l'ensemble du bâtiment et sur sa partie nommée « local de confinement », diffèrent selon le type de bâtiment : bâtiment résidentiel ou non résidentiel.

Chaque local de confinement devra respecter un niveau de performance, justifiable par une mesure de perméabilité à l'air.



0 ? **RESPECT DE DISPOSITIONS TECHNIQUES GÉNÉRALES INDEPENDANTES DE NIVEAUX D'ALÉA**

1 **RESPECT D'UN NIVEAU D'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR POUR LE LOCAL DE CONFINEMENT. BASÉ SUR LE PHÉNOMÈNE DANGEREUX DIMENSIONNANT DE LA ZONE. SOIT ÉVALUÉ PAR UNE ANCIENNE**

2

| Type de Bâtiment | Le local | Enveloppe du bâtiment | Études |
|---|---|---|---|
| Résidentiels : - type 1 : maison individuelle - type 2 : Bâtiment collectif | Le local : salle minimum, un local par logement, localisation par rapport au site, caractéristiques de la porte d'accès au local. De perméable : pas d'entrée dans le local, matériel à protéger, sanitaires, point d'eau. L'enveloppe du bâtiment : système d'étanchéité des fuites d'air volontaires (coup de pont, capots anti-vent, ...), respect de la valeur de perméabilité à l'air de référence de la RT en vigueur (enveloppe des bâtiments neufs), pas d'entrée dans le bâtiment (bâtiments collectifs). | Le local : salle minimum, au moins un local par bâtiment, localisation par rapport au site, caractéristiques de la porte d'accès au local, sanitaires, point d'eau. De perméable : pas d'entrée dans le local, matériel à protéger. L'enveloppe du bâtiment : système d'étanchéité des fuites d'air volontaires (coup de pont, capots anti-vent, ...), respect de la valeur de perméabilité à l'air de référence de la RT en vigueur (enveloppe des bâtiments neufs), pas d'entrée dans le bâtiment. | Prescription d'un objectif en nu (volth) Calcul grâce aux abaques basés sur : - une géométrie de bâtiment "type" - une étanchéité à l'air d'enveloppe "type" → diagnostics simples basés sur une mesure de perméabilité à l'air |
| Non résidentiels : - type 3 : hôtel, bureaux, restauration, enseignement, sanitaires - type 4 : autres | | | Prescription d'un objectif en A (%) Assuré d'un cahier des charges pour le calcul du n50 correspondant (à une étude spécifique avec "calcul standard" basé sur : - une géométrie propre au bâtiment d'étude ; - une étanchéité à l'air d'enveloppe "type" pour les bâtiments de type "X" ; - un cahier des charges sur l'écoulement et sur les hypothèses à retenir pour la modélisation → études approfondies basées sur une modélisation aérodynamique |

Ministère de l'Énergie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer

Annexe J – Bibliographie

Businger, J. A., Wyngaard, J. C., Izumi, Y., and Bradley, E. F.: 1971, 'Flux-Profile Relationships in the Atmospheric Surface Layer', J. Atmos. Sci. 28, 181–189.

CETE de Lyon. 2006. Fiche Produit *Perméabilité à l'air*.

CETE de Lyon. 2007. Fiche Produit *Prévenir les risques industriels. Mettre à l'abri les personnes*.

CETE de Lyon. 2007. Fiche Technique *Fiche de consignes : règles comportementales pour un confinement efficace*.

CETE de Lyon. 2006. *Perméabilité à l'air de l'enveloppe des bâtiments. Généralités et sensibilisation*. Octobre 2006. (disponible sur <http://www.cete-lyon.equipement.gouv.fr/>)

CETE de Lyon. CERTU. 2008. *Éléments pour mettre en oeuvre une stratégie de « confinement » en cas de pollution accidentelle*.

CETE de Lyon. 2008. *Modélisation des transferts aérauliques en situation de confinement – Bases théoriques et éléments de validation*. Juin 2008

ADEME-FFB. 2003. *Perméabilité à l'air des bâtiments en maçonnerie ou en béton – guide des bonnes pratiques*. ISBN 2-915162-07-7. Février 2003

EN 13829. 2001. *Détermination de la perméabilité à l'air des bâtiments. Méthode de pressurisation par ventilateur. Performance thermique des bâtiments*. Février 2001.

EDF-CETE de Lyon. 2001. *Perméabilité à l'air des bâtiments d'habitation – Guide améliorer la performance des logements existants*. CETE de Lyon. Rapport DVT n°01.43. Juillet 2001. Une réactualisation ainsi qu'une extension aux bâtiments neufs du guide EDF-CETE de Lyon (2001) est prévue.

RT 2005. Arrêté du 25 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiment.

Litvak A, et al. 2001. **Résultats de mesures de perméabilité à l'air sur 12 bâtiments tertiaires de grands volumes**. CETE de LYON. Rapport DVT n° 01.45. Novembre 2001. ADEME-EDF.

Litvak A, et al. 2005. *Campagne de mesure de l'étanchéité à l'air de 123 logements*. CETE Sud-ouest. Rapport n°DAI.GVCH.05.10. ADEME-DGUHC.

Ministère de l'Écologie MEEDDAT, 2007, *PPRT. Guide méthodologique*.

Walton, G.G., Dols, S.W. 2006. CONTAM 2.4b. User Guide and Program Documentation. NIST. NISTIR 7251. Gaithersburg, MD.

Ressources, territoires, habitats et logement
Énergie et climat Développement durable
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**
