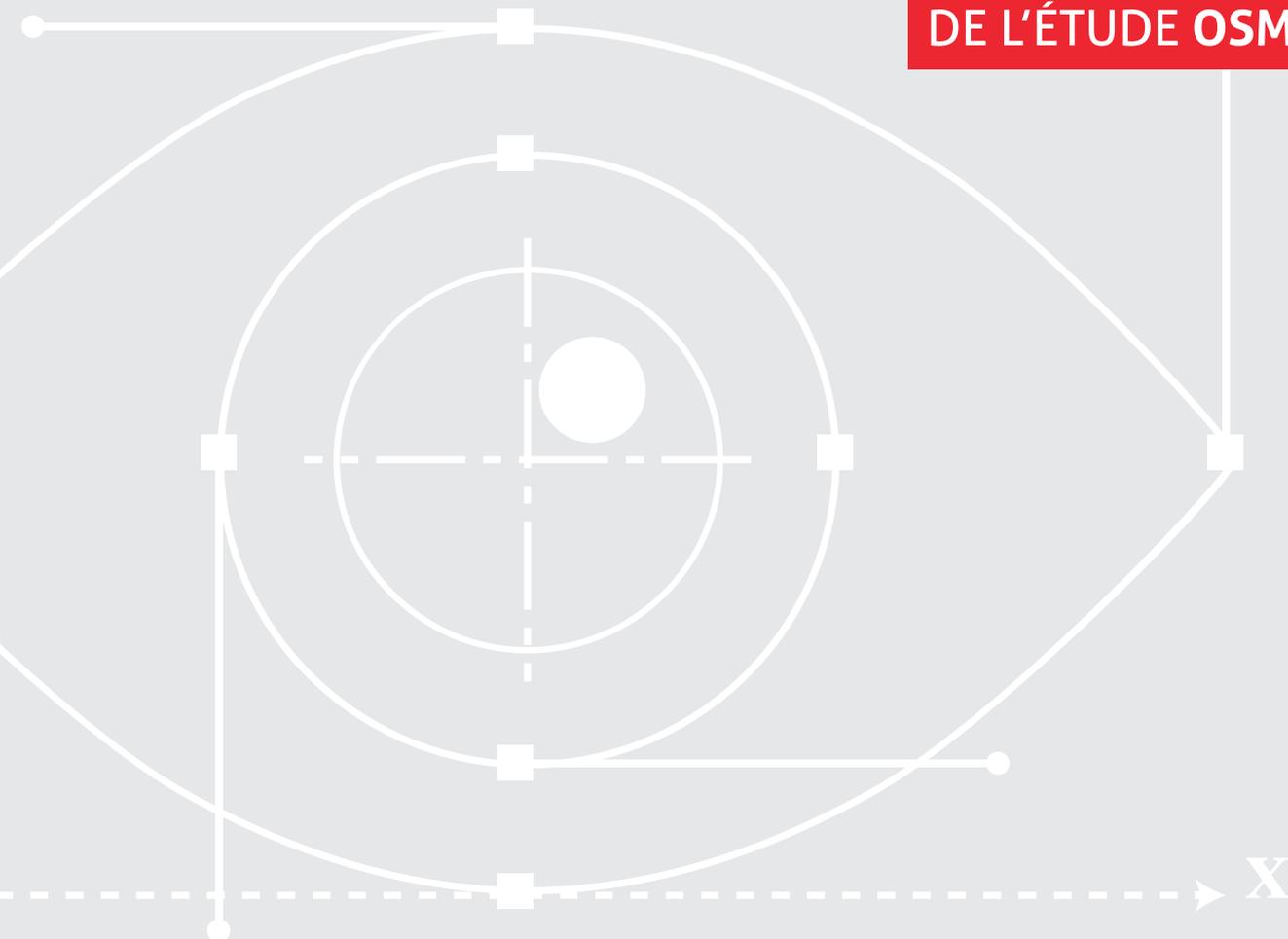


LE LIVRE BLANC DES RÉSULTATS

DE L'ÉTUDE OSMOSE



La 1^{ère} étude scientifique
qui prouve la réelle efficacité
du **désenfumage naturel**

Étude réalisée par les laboratoires :



*Depuis sa création en 1976, au sein de la FFMI,
le GIF regroupe l'ensemble des fabricants et installateurs-
mainteneurs de matériels coupe-feu, compartimentage
et d'évacuation des fumées.*

Riche de cette diversité de métiers et d'approche, le GIF fonde son unité sur une philosophie commune : apporter des solutions concrètes et fiables pour garantir le niveau de sécurité incendie des bâtiments en proie aux incendies, en permettant de diminuer les risques pour les occupants et les personnels d'intervention tout en réduisant les conséquences économiques de tels sinistres.

Ainsi, depuis la création du syndicat, nous sommes animés d'une même volonté de défendre et promouvoir la qualité et la fiabilité des dispositifs d'évacuation et de compartimentage des fumées.

En 2014, en l'absence d'études récentes ou encore de véritables campagnes d'essais, nous avons souhaité apporter des preuves scientifiques de l'efficacité du désenfumage naturel. Ces deux études nous ont permis de confronter les résultats obtenus par simulation numérique avec les résultats obtenus lors d'essais réels.

Aujourd'hui, ces études apportent des preuves indiscutables de l'efficacité du désenfumage comme outil de sécurité incendie contribuant à la préservation des personnes et des biens.

Ce livre blanc présente les résultats de ces études réalisées par les laboratoires référents du domaine de la sécurité incendie, EFECTIS et le CNPP.

Raoul ROTH
Président du GIF

Remerciements à :

- L'ensemble des adhérents de la section désenfumage naturel
- Bernard LEPAGE
- Jean-Pierre THEVENET
- L'équipe FFMI
- Pascal VAN HULLE en charge de l'étude pour EFECTIS
- Nicolas TREVISAN en charge de l'étude pour le CNPP
- Agence SIOUXE

SOMMAIRE

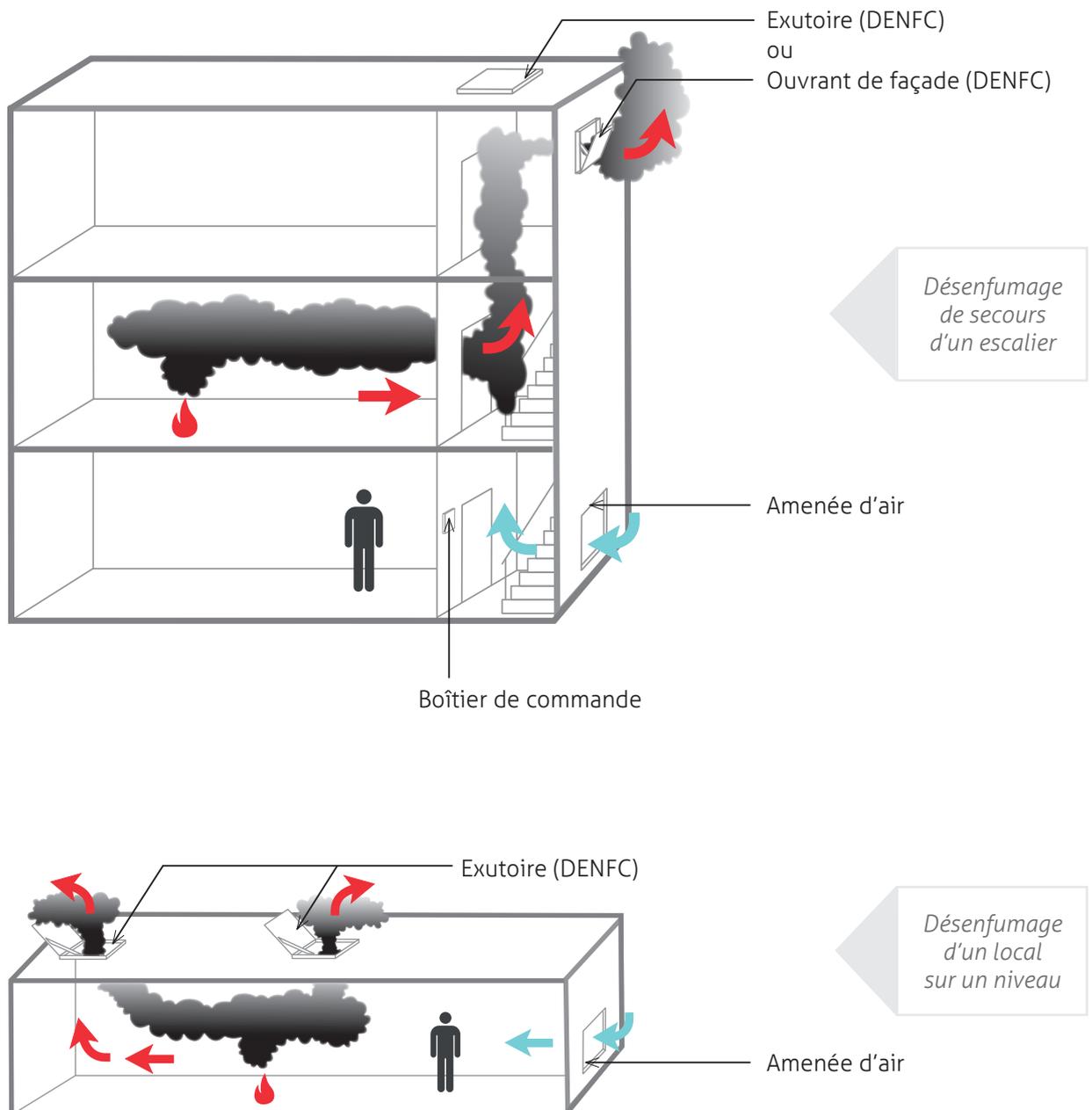
- 1 P. 4 : LES FONDAMENTAUX DU DÉSENFUMAGE NATUREL
- 2 P. 8 : L'ÉTUDE OSMOSE SUR L'EFFICACITÉ DU DÉSENFUMAGE NATUREL
- 3 P. 10 : L'EFFICACITÉ DU DÉSENFUMAGE NATUREL POUR LE MAINTIEN DE LA VISIBILITÉ
- 4 P. 12 : L'EFFICACITÉ DU DÉSENFUMAGE NATUREL POUR LE MAINTIEN DE LA TEMPÉRATURE
- 5 P. 14 : L'EFFICACITÉ DU DÉSENFUMAGE NATUREL SELON LA PUISSANCE DU FOYER
- 6 P. 16 : L'INFLUENCE DU CANTONNEMENT SUR L'EFFICACITÉ DU DÉSENFUMAGE NATUREL
- 7 P. 18 : L'INFLUENCE DES EXUTOIRES SUR L'EFFICACITÉ DU DÉSENFUMAGE NATUREL
- 8 P. 20 : L'INFLUENCE DES AMENÉES D'AIR SUR LE DÉSENFUMAGE NATUREL
- 9 P. 22 : EXUTOIRES ET OUVRANTS DE FAÇADE : QUELLE DIFFÉRENCE SUR L'EFFICACITÉ DU DÉSENFUMAGE NATUREL ?
- 10 P. 24 : LES FONDAMENTAUX DU SPRINKLAGE
- 11 P. 26 : L'INFLUENCE DU DÉSENFUMAGE NATUREL ASSOCIÉ AUX SPRINKLERS SUR L'ÉVACUATION DES SUIES ET LA PROPAGATION DU FEU
- 12 P. 28 : L'INFLUENCE DE LA DISPOSITION DES EXUTOIRES ET SPRINKLERS SUR L'EFFICACITÉ DU DÉSENFUMAGE
- 13 P. 30 : L'INFLUENCE DU DÉSENFUMAGE NATUREL ASSOCIÉ AUX SPRINKLERS SUR LES NIVEAUX DE TEMPÉRATURE ET DE VISIBILITÉ
- 14 P. 32 : LES ENSEIGNEMENTS DE L'ÉTUDE OSMOSE : LES 10 RÈGLES D'OR DU DÉSENFUMAGE NATUREL
- 15 P. 34 : LE DÉSENFUMAGE NATUREL : DÉFINITIONS ET MOTS-CLÉS

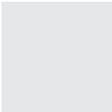
1

LES FONDAMENTAUX DU DÉSENFUMAGE NATUREL

Le principe du désenfumage naturel

L'extraction des fumées est réalisée par tirage thermique (effet cheminée) : des amenées d'air neuf et des Dispositifs d'Évacuation Naturelle de Fumées et de Chaleur (DENFC) communiquant directement avec l'extérieur, permettent un balayage des fumées.





LES OBJECTIFS DU DÉSENFUMAGE NATUREL POUR LA SÉCURITÉ INCENDIE



MAINTENIR PRATICABLES LES CHEMINEMENTS DESTINÉS À L'ÉVACUATION RAPIDE DES OCCUPANTS EN TOUTE SÉCURITÉ, QUELLE QUE SOIT LEUR LOCALISATION À L'INTÉRIEUR DU BÂTIMENT.



LIMITER LA PROPAGATION DE L'INCENDIE, AFIN DE PRÉSERVER LES BIENS MOBILIERS ET IMMOBILIERS AINSI QUE LA CAPACITÉ OPÉRATIONNELLE DU BÂTIMENT TOUCHÉ.



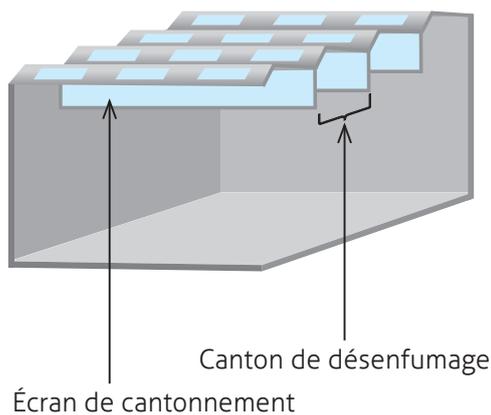
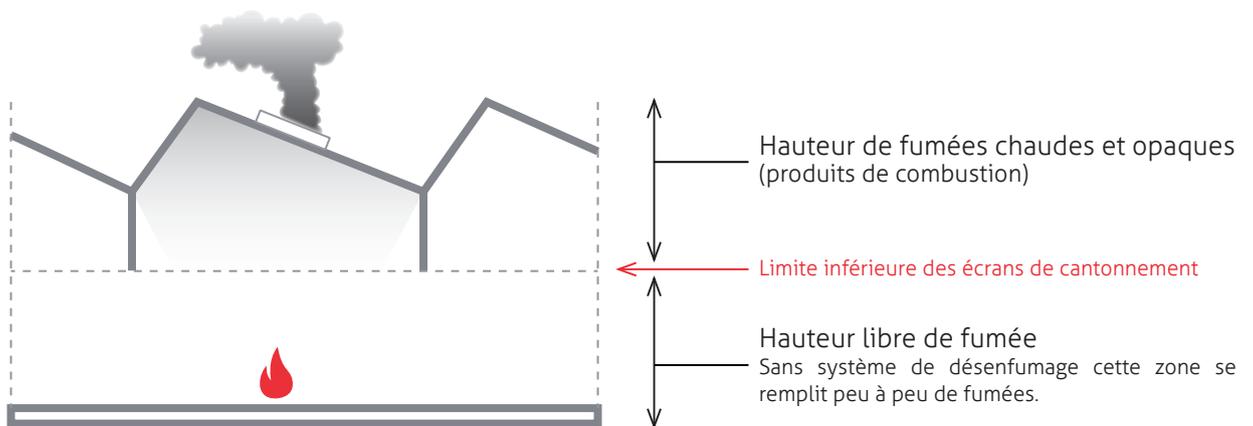
FACILITER L'INTERVENTION DES SECOURS EN LIMITANT LA TEMPÉRATURE, EN RETARDANT L'EMBRASEMENT GÉNÉRALISÉ ÉCLAIR (FLASH-OVER) ET EN AMÉLIORANT LES CONDITIONS DE VISIBILITÉ.

1

LES FONDAMENTAUX DU DÉSENFUMAGE NATUREL : DÉFINITIONS & RÉGLEMENTATION

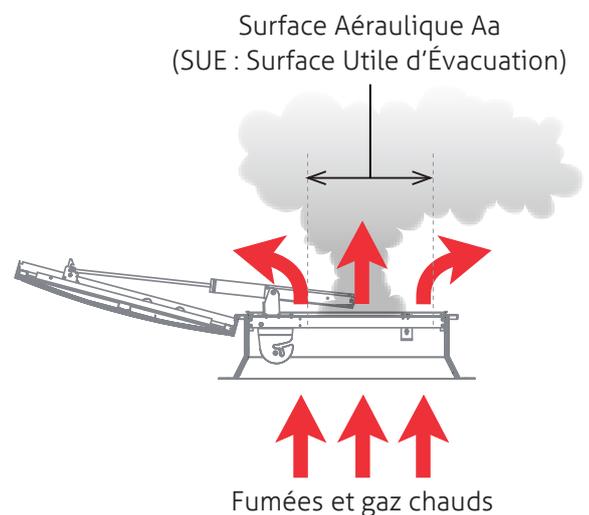
Le principe de stratification thermique

Lors d'un incendie, les fumées et gaz chauds montent verticalement vers la toiture et s'y concentrent. Après avoir impacté le plafond, ils se propagent latéralement et redescendent rapidement pour envahir le local.



Principe de cantonnement des fumées

Les locaux de plus de 2 000 m² doivent être découpés en cantons de désenfumage, d'une surface maximale de 1 600 m² et dont la plus grande dimension ne doit pas excéder 60 m. Les écrans de cantonnement situés en partie haute des locaux, directement sous la toiture ou sous le plafond, permettront d'éviter la propagation des fumées et gaz de combustion.



Surface utile d'installation

(SUI = Somme des Aa)

Le calcul de la surface utile d'installation des exutoires diffère selon le type de bâtiment concerné et la réglementation qui s'y applique. Elle dépend essentiellement de la surface du bâtiment, sa hauteur et l'épaisseur de fumée.

L'EFFICACITÉ DES DISPOSITIFS DE DÉSENFUMAGE NATUREL DÉPEND DU RESPECT DES TEXTES RÉGLEMENTAIRES ET NORMES APPLICABLES EN VIGUEUR

En France, de nombreuses réglementations encadrent l'application des systèmes de désenfumage naturel. Elles diffèrent selon le type de bâtiment et doivent être prises en compte dans les projets de construction et de rénovation :

■ Établissements industriels et commerciaux :

• Code du Travail :

Art. R 4216-13 à R 4216-16

Art. R 4216-26 et R 4216-27

Art. R 4216-29

Arrêté du 5 août 1992

Circulaire DRT n°95-07 du 14 avril 1995

• Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

■ Établissements recevant du public :

• Instruction technique ministérielle IT 246 / 247

• Instruction technique ministérielle IT 263

• Arrêté du 25 juin 1980 modifié

■ Bâtiments d'habitation :

• Code de la Construction et de l'Habitation

Arrêté du 31 janvier 1986 modifié

■ Immeubles de grande hauteur :

• Arrêté du 18 octobre 1977 modifié

• Arrêté du 30 décembre 2011

Le désenfumage est obligatoire pour :

- . les cages d'escalier
- . les locaux de plus de 300m² au rez-de-chaussée ou en étage
- . les locaux de plus de 100m² en sous-sol ou aveugles
- . les circulations (sous certaines conditions)

Le marquage CE (EN 12101-2) est obligatoire pour tous les DENFC depuis le 1^{er} janvier 2007. Il justifie de leur conformité aux normes et réglementations applicables, en termes d'utilisation et de performance.

La marque NF est le mode de preuve privilégié pour justifier que le DENFC répond à toutes les exigences qui lui sont applicables.

Le dispositif de désenfumage naturel doit également faire l'objet d'**inspections régulières** : le Code du Travail, l'arrêté du 25 juin 1980 pour les ERP et la règle APSAD R 17 imposent une vérification annuelle, avec un essai fonctionnel concluant, réalisés par une personne compétente.

Pour en savoir plus, visitez le site de Legifrance : www.legifrance.gouv.fr

L'ÉTUDE OSMOSE SUR L'EFFICACITÉ DU DÉSENFUMAGE NATUREL

UNE MÉTHODOLOGIE INÉDITE, ASSOCIANT ESSAIS RÉELS IN SITU ET SIMULATIONS NUMÉRIQUES

Pour la première fois depuis 20 ans, l'étude Osmose réunit les travaux de plus de **50 experts** des laboratoires Efectis et CNPP*. **Trois années** et **plus d'une centaine d'études expérimentales et numériques** ont été nécessaires pour démontrer scientifiquement :

- l'efficacité du désenfumage naturel,
- la complémentarité des dispositifs d'évacuation naturelle de fumées et de chaleur (DENFC) et des systèmes d'extinction automatique à eau (sprinklage).



1^{ère}
scientifique

depuis 20 ans



3 ans
d'études

de 2015 à 2017



113 essais
in-situ

à grande échelle



>400
simulations
numériques

Outil de calcul utilisé

Pour les deux études, l'outil de calcul utilisé est le Fire Dynamics Simulation (FDS), développé par le National Institute of Standards and Technology. Il permet la modélisation 3D de volumes avec la propagation des gaz chauds, des fumées et des espèces toxiques. Employé quotidiennement dans l'ingénierie de désenfumage en France et dans le monde, cet outil numérique rend notamment possible l'accès à des données non mesurables expérimentalement.

Critères d'efficacité retenus

Dans les deux études, les critères retenus pour évaluer les besoins et l'efficacité du désenfumage naturel sont ceux du guide LCPP**. Chacun d'entre eux définit un seuil d'acceptabilité relatif aux conditions d'évacuation des personnes présentes au sein du bâtiment. À une hauteur de 2 m, le seuil d'acceptabilité de la température est fixé à 40°C, et celui de visibilité est fixé à 20 m (0,4 m⁻¹).

*Centre National de Prévention et de Protection

**Guide de bonnes pratiques pour les études d'ingénierie du désenfumage par le Laboratoire Central de la Préfecture de Police, version du 26 novembre 2016

L'ÉTUDE OSMOSE, **UNE PREMIÈRE SCIENTIFIQUE** AU SERVICE DE L'INGÉNIERIE DU DÉSENFUMAGE

■ **L'ÉTUDE EFACTIS**

Principe de l'étude

L'étude menée par le laboratoire Efectis a analysé l'efficacité du système de désenfumage naturel, son rôle et son dimensionnement, en étudiant le comportement d'un incendie et du local face au besoin d'évacuation.

Méthodologie

Dans un premier temps, une approche scientifique a été entreprise par le biais d'outils de simulation numérique. Objectif : évaluer la performance d'un dispositif de désenfumage naturel selon différents paramètres.

Puis, et c'est une première scientifique, des essais à grande échelle ont été réalisés dans une halle des Aéroports de Paris, équipée pour l'occasion d'exutoires. Ils ont permis de conforter les résultats obtenus numériquement, et offrent un panel d'essais unique pour l'ingénierie du désenfumage.

■ **L'ÉTUDE CNPP**

Principe de l'étude

Initiée par le CNPP et faisant l'objet d'une thèse écrite par Nicolas Trévisan*, cette étude a analysé la complémentarité des systèmes de désenfumage naturel et sprinklers par une double approche expérimentale et numérique.

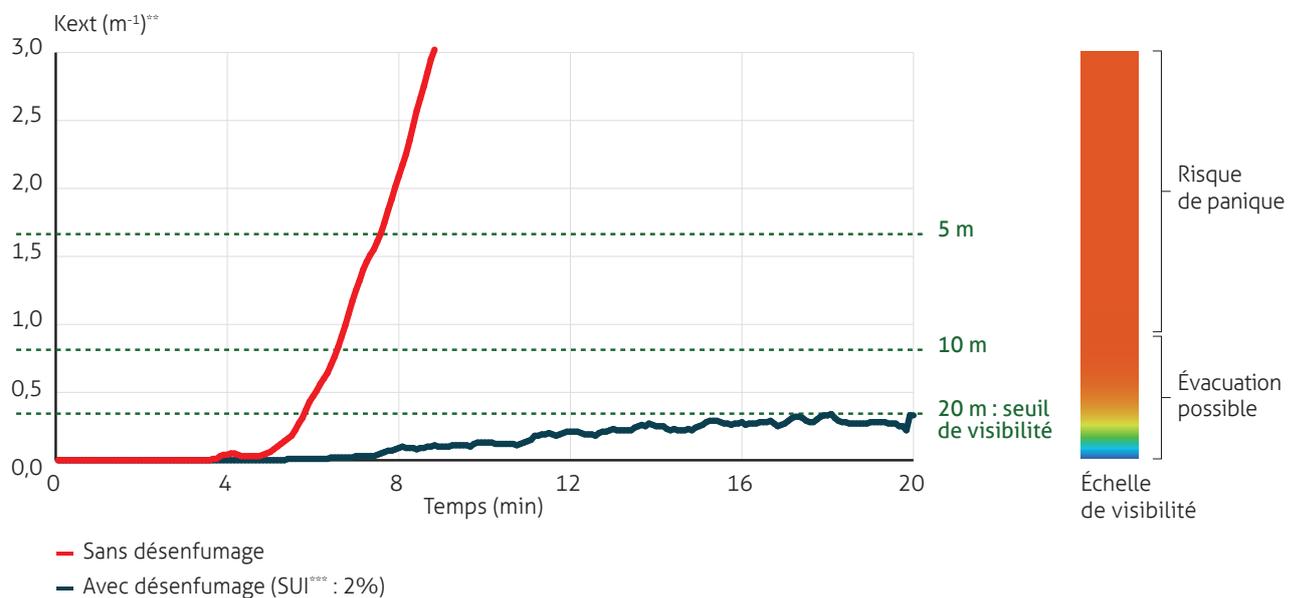
Méthodologie

Deux campagnes d'essais inédites à grande échelle ont été réalisées sur le site de Vernon du groupe CNPP. Au total, 98 essais incendie faisant intervenir du désenfumage naturel et de l'aspersion, ont été conduits dans deux bâtiments de 110m² et 900m². Ils ont permis de mesurer l'influence réciproque des systèmes de désenfumage naturel et de sprinklage dans l'enceinte du local d'essais.

Dans un second temps, des simulations numériques ont été réalisées, et leurs résultats ont été confrontés aux données expérimentales recueillies lors des essais. Cette approche numérique a permis d'évaluer la capacité du code de calculs à reproduire les effets observés lors des essais, tout en mesurant la complémentarité des deux systèmes de sécurité.



LE DÉSENFUMAGE NATUREL MAINTIEN UNE VISIBILITÉ À HAUTEUR D'HOMME JUSQU'À L'ARRIVÉE DES SECOURS (TEMPS MOYEN D'INTERVENTION : 18 MIN*)



Évolution de la visibilité à 2 m de hauteur en fonction du temps, dans des locaux de moyen volume (1 000 m² de surface - 8 m de hauteur)

La présence du système de désenfumage naturel permet de garder une hauteur libre de fumée, à 2 m (hauteur d'un linteau de porte) et ce durant au moins 20 min, favorisant l'évacuation des personnes présentes et facilitant l'intervention des secours. La signalétique des issues de secours reste ainsi visible.

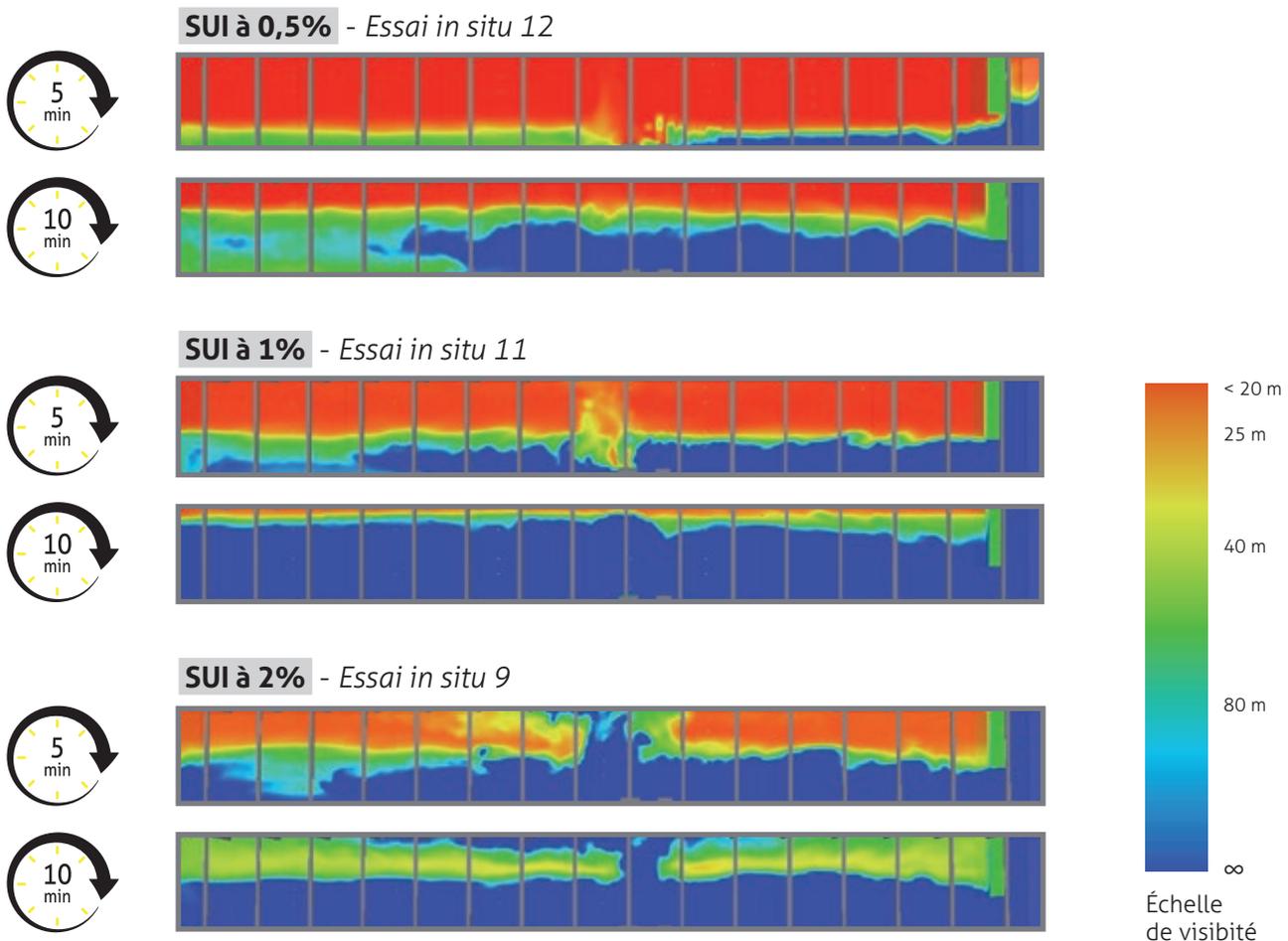
*Source : Ministère de l'Intérieur, statistiques SDIS 2017

**Coefficient d'extinction lumineuse, mesure la visibilité au sein d'un bâtiment. Le seuil de visibilité défini comme critère d'acceptabilité par le guide LCPP est le suivant : à une hauteur de 2 m, coefficient d'extinction lumineuse dans les cheminements < K_{seuil} , avec $K_{seuil} = 0,4 m^{-1} = 20 m$

***SUI : Surface Utile d'Installation (cf p.6)

L'EFFICACITÉ DU DÉSENFUMAGE NATUREL POUR LE MAINTIEN DE LA VISIBILITÉ AUGMENTE SELON LA SURFACE D'ÉVACUATION DE L'INSTALLATION

ÉVOLUTION DE LA VISIBILITÉ EN FONCTION DE LA SUI*,
5 ET 10 MINUTES APRÈS OUVERTURE DES EXUTOIRES



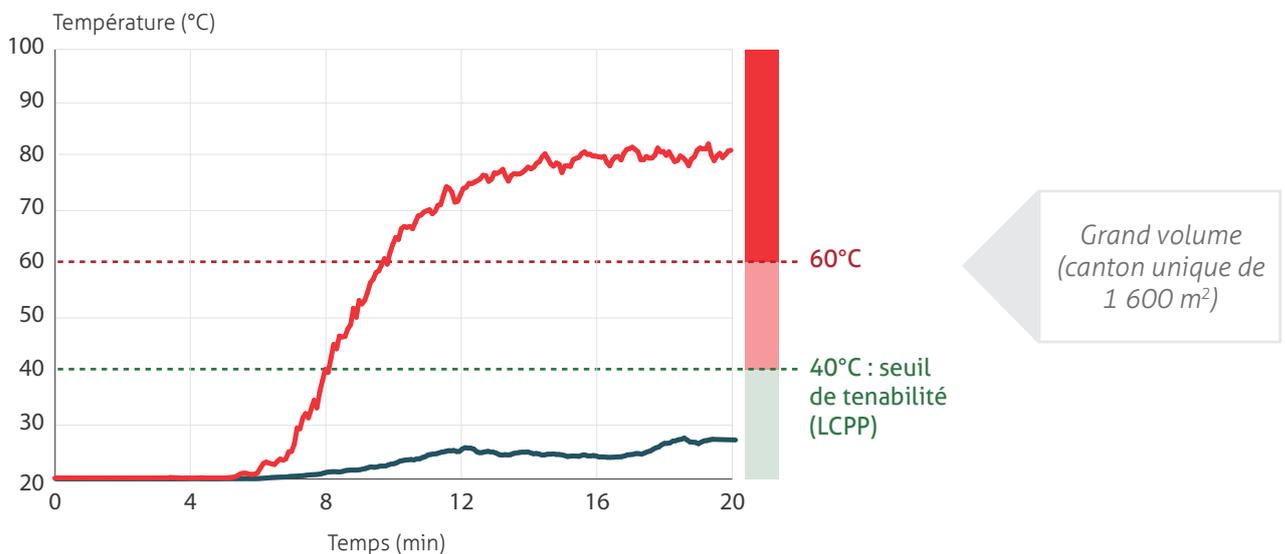
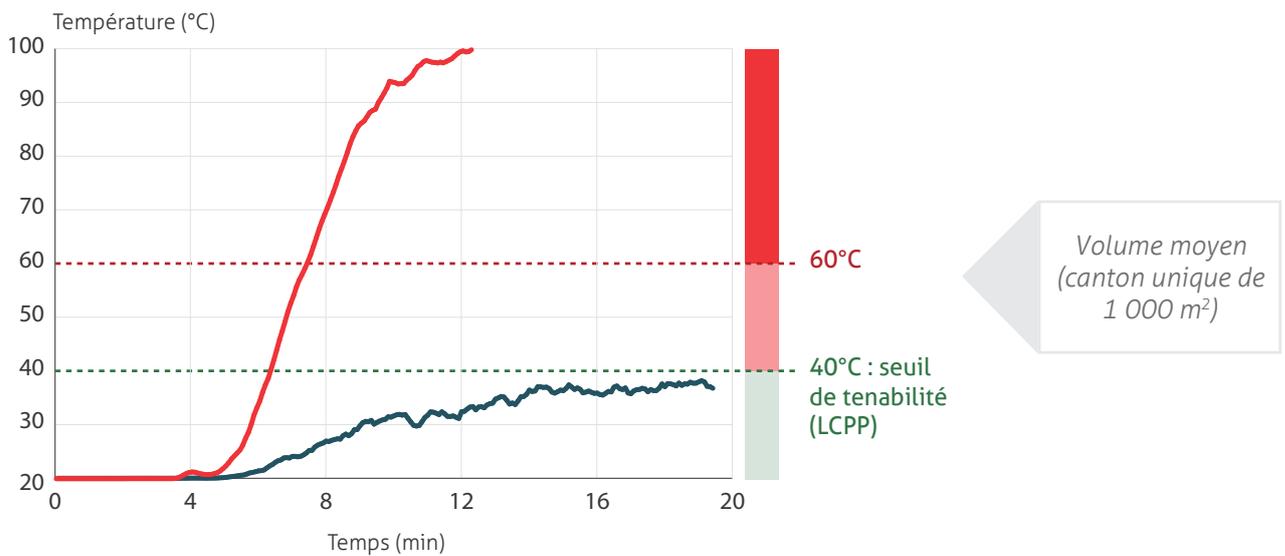
L'augmentation de la SUI* améliore l'efficacité du désenfumage naturel, et permet un **dégagement plus rapide des fumées et gaz toxiques, et une meilleure visibilité dans le temps.**

*SUI : Surface Utile d'Installation (cf p.6)

4

L'EFFICACITÉ DU DÉSENFUMAGE NATUREL POUR LE MAINTIEN DE LA TEMPÉRATURE

LE DÉSENFUMAGE NATUREL PERMET DE MAINTENIR
UNE TEMPÉRATURE SUPPORTABLE INFÉRIEURE À 40°C*



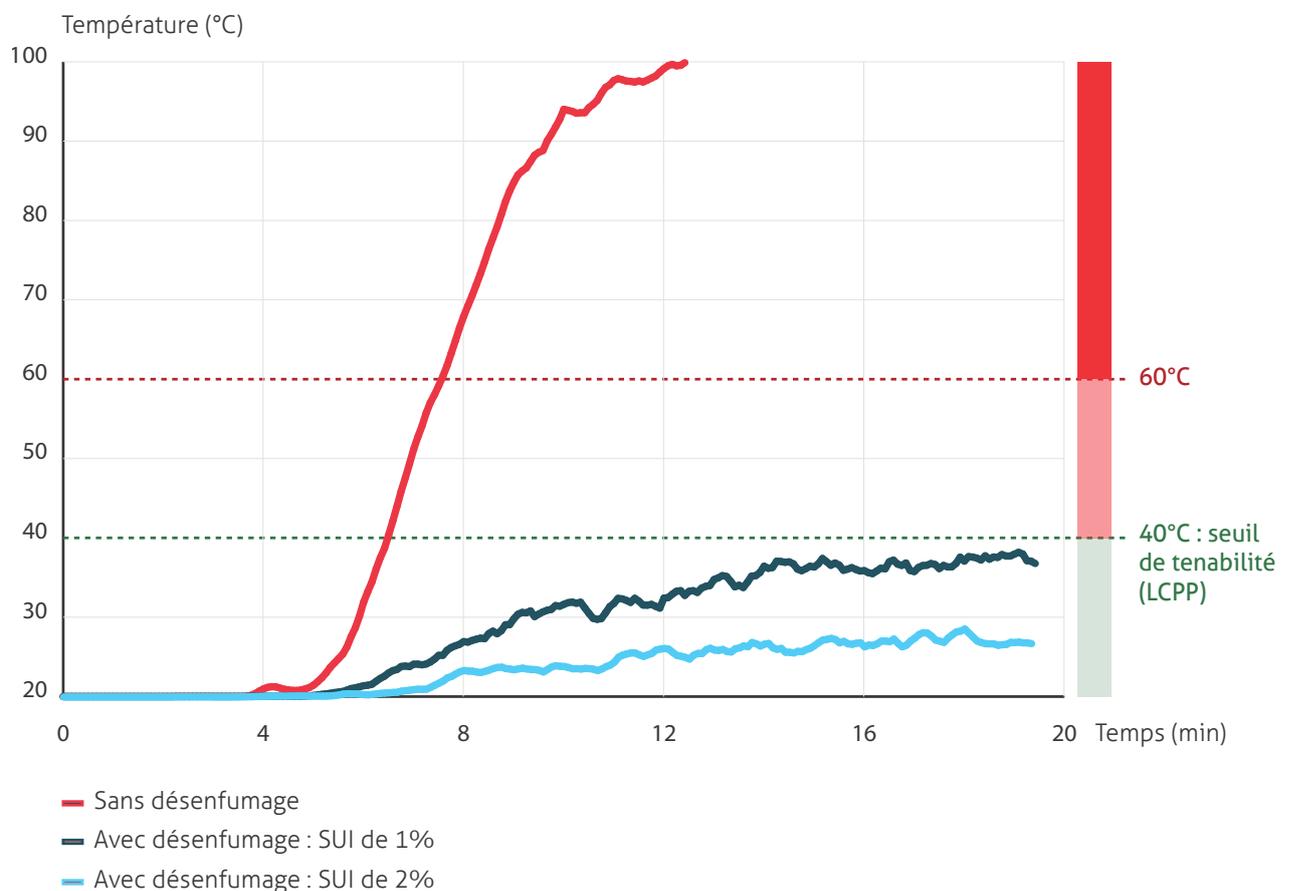
- Sans désenfumage
- Avec désenfumage

Évolution de la température à 2 m de hauteur en fonction du temps et pour un feu de 6 MW et une SUI de 1%

En l'absence de désenfumage, la température critique de 40°C est atteinte en moins de 7 minutes. **Le système de désenfumage permet le maintien d'une couche d'air frais en partie basse pendant au moins 20 minutes.** Il favorise ainsi l'évacuation des occupants et facilite la progression des services de secours.

*Critère du Guide du Laboratoire Central de la Préfecture de Police (2017), inférieur au seuil de 60°C d'hyperthermie et de brûlure

L'EFFICACITÉ DU DÉSENFUMAGE NATUREL **POUR** **CONTENIR LA TEMPÉRATURE** AUGMENTE SELON LA SURFACE D'ÉVACUATION DE L'INSTALLATION



Évolution de la température à 2 m de hauteur en fonction du temps et de la SUI, pour un feu de 6 MW, dans un local de volume moyen (1 000 m² de surface - 8 m de hauteur)

Plus la SUI augmente, plus on maintient la température sous le seuil supportable de 40°C, permettant ainsi de gagner du temps avant l'intervention des secours.

L'EFFICACITÉ DU DÉSENFUMAGE NATUREL SELON LA PUISSANCE DU FOYER

L'EFFICACITÉ DU DÉSENFUMAGE NATUREL EST CORRÉLÉE À LA PUISSANCE THERMIQUE DU FOYER

Au cours de la campagne d'essais, différentes puissances de foyers ont été testées, afin d'observer les phénomènes liés au tirage thermique lors de la production de fumées.

- 8 essais ont été réalisés à partir de fumées tièdes (correspondant à la combustion d'un fauteuil de cinéma, soit environ 300 kW)
- 4 essais ont été réalisés à partir de fumées chaudes (correspondant à la combustion d'une voiture, soit environ 5 MW)

NB : les fumées tièdes permettent de générer des fumées suffisamment chaudes (> 300 kW) pour évaluer l'efficacité d'un système de désenfumage naturel.



Essai 9

Évolution de la visibilité lors d'un essai réalisé avec des *fumées tièdes* (2% de SUI)



Essai 6

Évolution de la visibilité lors d'un essai réalisé avec des *fumées chaudes* (1% de SUI)

En présence de fumées suffisamment chaudes (entraînant une augmentation significative des températures dans le local), **une bonne stratification des fumées a pu être observée** : les fumées sont massivement évacuées par les exutoires, permettant le maintien d'une ambiance supportable en partie basse du local.

LES FUMÉES CHAUDES GÉNÈRENT UN TIRAGE THERMIQUE PLUS PERFORMANT, ET UN DÉSENFUMAGE NATUREL PLUS EFFICACE

Une installation de désenfumage naturel repose sur une extraction des fumées par tirage thermique : plus la différence de température (et de pression) entre l'intérieur et l'extérieur du local est grande au niveau des DENFC, plus le volume de fumées extraites sera important.

Plus le feu est puissant, plus les fumées accumulées en partie haute du local (sous l'exutoire) seront denses et chaudes, et plus le désenfumage naturel sera efficace pour les évacuer et réduire la hauteur de fumée. Il permet ainsi de maintenir des conditions favorables à l'évacuation des occupants.

Il est toutefois nécessaire d'adapter la SUI, en fonction de la puissance du feu.

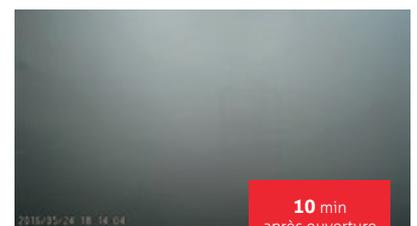


LE CONSEIL DU LABO

« Il n'y a pas de feu sans chaleur ! »

Une évaluation fiable d'un système de désenfumage naturel, dont le principe de fonctionnement est basé sur le tirage thermique, doit donc reposer sur la production de fumées tièdes ou chaudes.

Des essais réalisés avec des bacs de mélange Chardot permettent de produire des fumées suffisamment chaudes, sans pour autant dégrader le bâtiment.



Essai 3

Évolution de la visibilité lors d'un essai réalisé avec des *fumées froides* (2% de SUI)

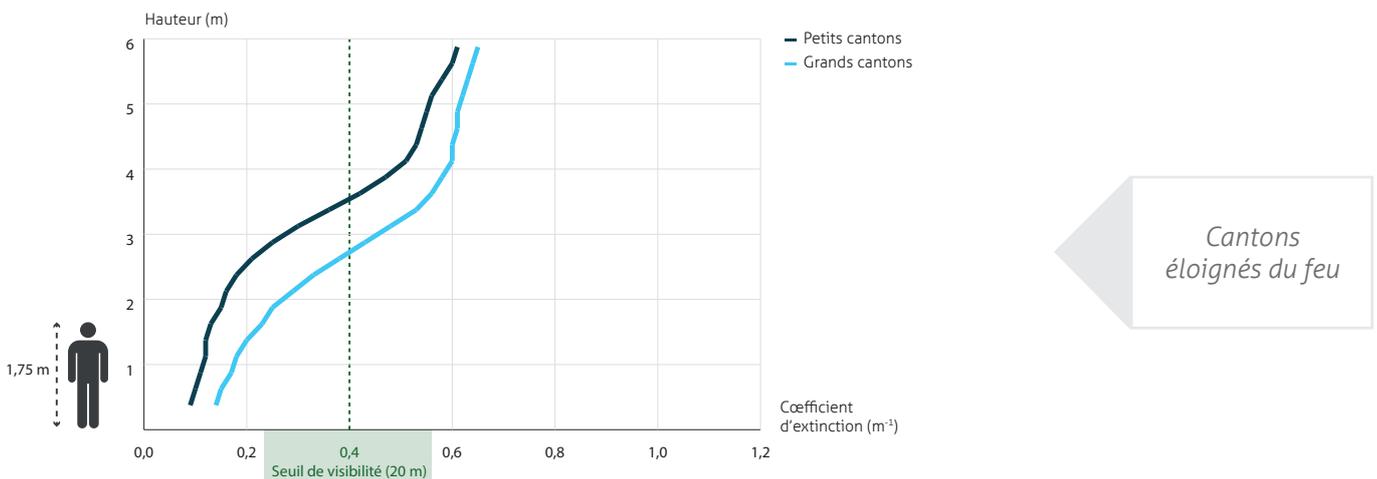
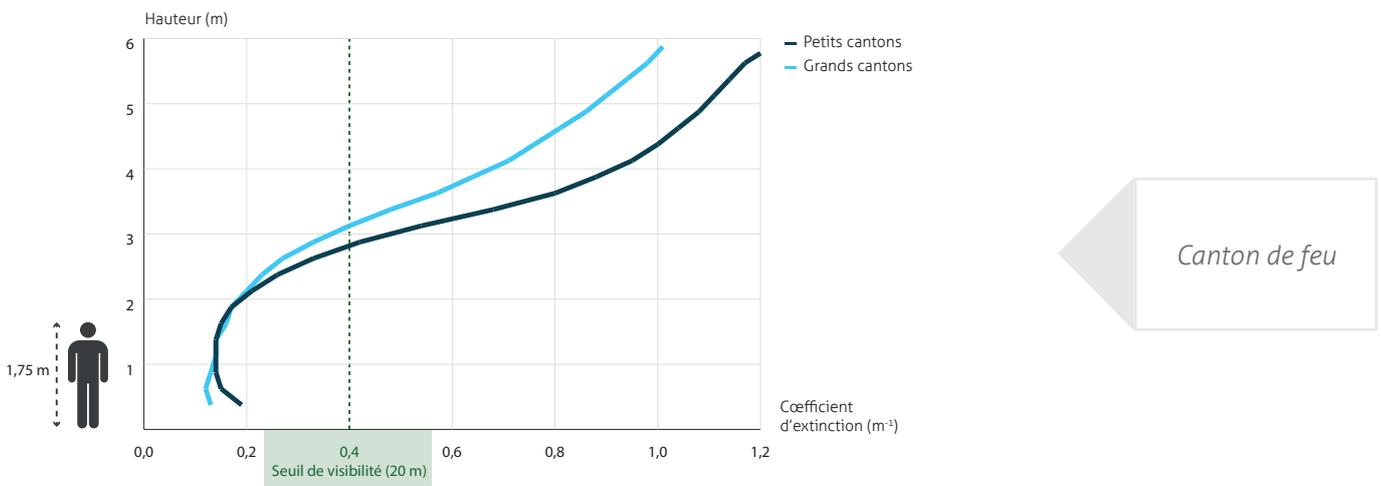
6

L'INFLUENCE DU CANTONNEMENT SUR L'EFFICACITÉ DU DÉSENFUMAGE NATUREL

PLUS IL Y A DE CANTONS, MOINS IL Y A DE TRANSFERT DE FUMÉES, DE CHALEUR ET DE SUIES

Cas de petits et grands cantons étudiés dans le cadre de l'étude Osmose

	Nombre de cantons	Superficie d'un canton (m ²)	Superficie du local (m ²)
Petits cantons	12	500	6 000
Grands cantons	4	1 500	



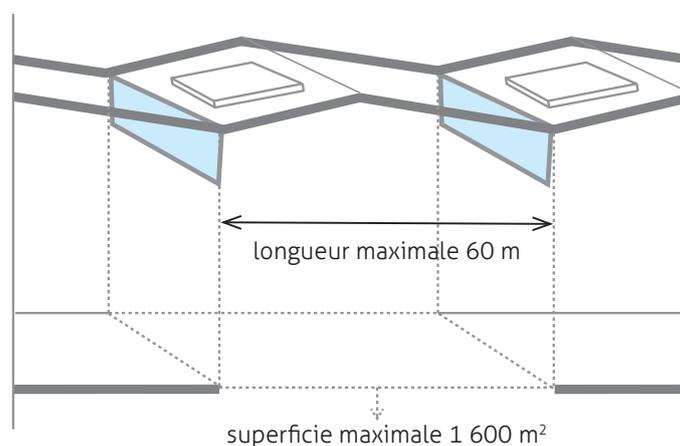
LE TIRAGE THERMIQUE EST PLUS EFFICACE DANS LE CAS DE PETITS CANTONS, QUI CONCENTRENT PLUS DE FUMÉES CHAUDES AU NIVEAU DES EXUTOIRES

Plus les cantons sont petits, plus les fumées seront concentrées et denses dans les cantons proches du feu. Elles se propagent moins vers les autres cantons. **Le désenfumage naturel permet alors de limiter la zone sinistrée.**



ZOOM SUR les cantons de grande longueur

Le rapport longueur / largeur du canton joue un rôle significatif dans le désenfumage du local, en particulier dans le canton adjacent au canton de feu. **Plus les cantons sont longs et étroits, plus les fumées chaudes risquent de se propager aux cantons adjacents.**



Découpage d'un local en cantons (Réglementation IT 246)



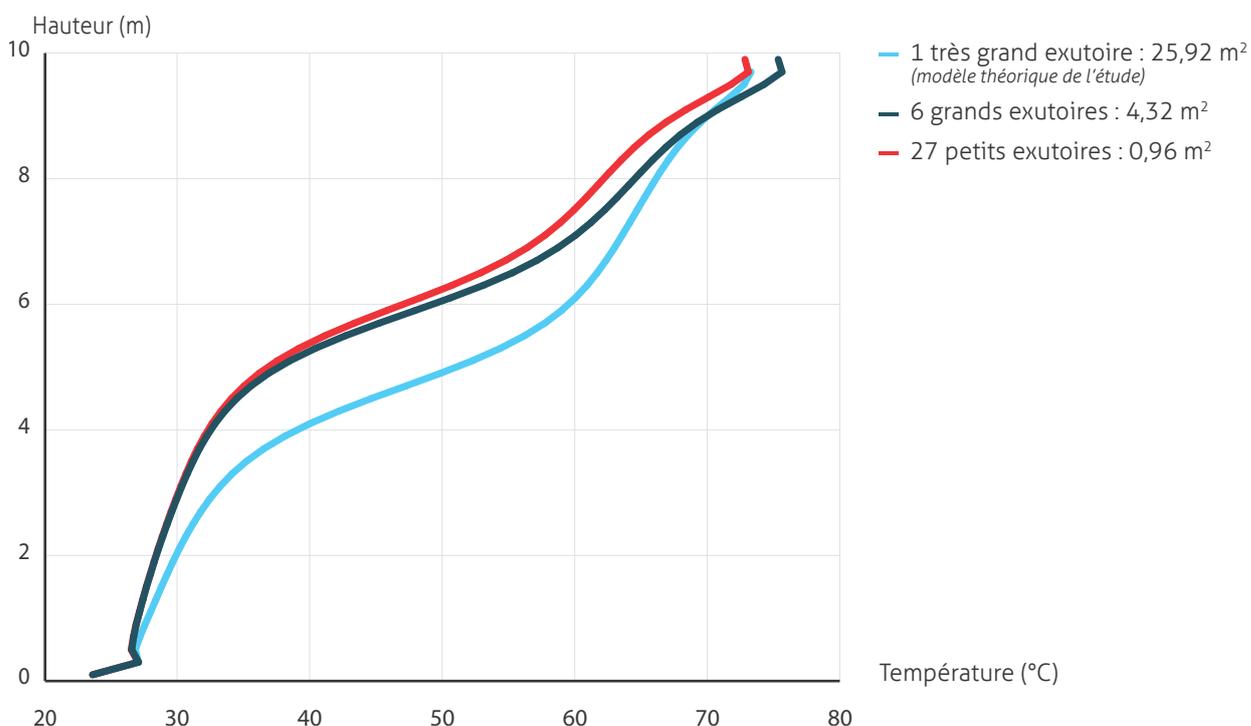
ZOOM SUR l'ouverture différée du désenfumage dans les cantons

Pour un local divisé en plusieurs cantons, l'ouverture simultanée du désenfumage dans tous les cantons peut conduire à réduire l'efficacité du désenfumage. **Il est donc recommandé d'ouvrir le canton de feu dès qu'une stratification thermique est en place**, afin d'optimiser l'efficacité des exutoires, et d'ouvrir les cantons adjacents uniquement lorsque la stratification thermique a eu lieu.

L'INFLUENCE DES EXUTOIRES SUR L'EFFICACITÉ DU DÉSENFUMAGE NATUREL

LA SURFACE UTILE D'INSTALLATION, CRITÈRE PRIMORDIAL DE L'EFFICACITÉ DU DÉSENFUMAGE NATUREL

■ LE DÉSENFUMAGE NATUREL EST PLUS EFFICACE AVEC PLUSIEURS EXUTOIRES DE PETITE OU MOYENNE DIMENSION POUR CONTENIR LA TEMPÉRATURE



Évolution des températures en fonction de la hauteur et selon le nombre d'exutoires installés (surface totale des évacuations de fumées identique de 25,92 m²)

Les dimensions et le nombre d'exutoires ont une influence limitée sur l'efficacité du désenfumage naturel, tant que la surface utile d'installation respecte la réglementation en vigueur.



Bon à savoir

Dans le cas d'une SUE supérieure à 6 m², **le risque de poinçonnement** (ou de siphonage : introduction d'air frais à travers la couche de fumées extraites) peut intervenir, nuisant ainsi au bon désenfumage du bâtiment.

Les résultats de l'étude Efectis



Essais in-situ 8 à 13

Les essais in-situ ont étudié l'évolution de la visibilité moyenne au sein du local en fonction de la répartition des exutoires et de leur éloignement du foyer. Ils ont démontré que **la répartition et l'éloignement (limité à 50 m) impactait peu l'efficacité du désenfumage naturel.**



Essai 8 : exutoires répartis
Production thermique : 150 kW
0,5% de SUI

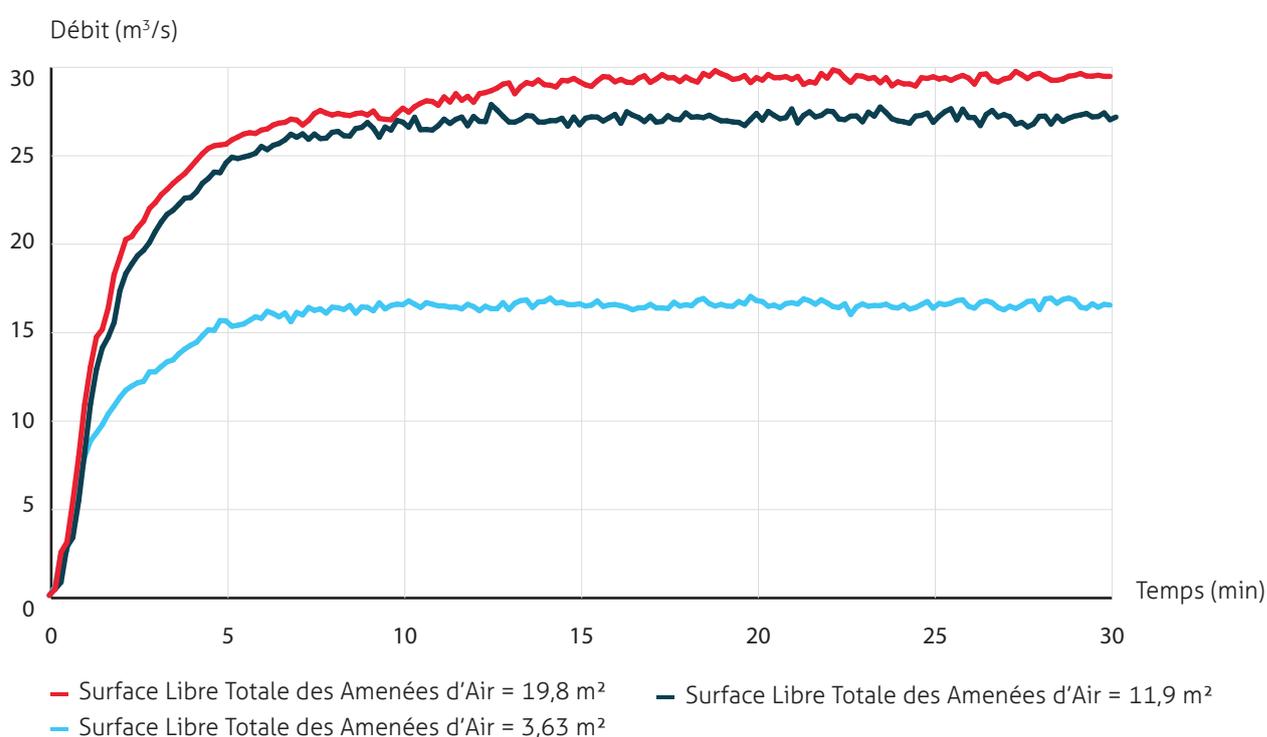


Essai 13 : exutoires à environ 50 m du foyer
Production thermique : 150 kW
0,5% de SUI



L'INFLUENCE DES AMENÉES D'AIR SUR LE DÉSENFUMAGE NATUREL

PLUS LA SURFACE LIBRE TOTALE* DES AMENÉES D'AIR EST IMPORTANTE, PLUS LE DÉSENFUMAGE NATUREL EST EFFICACE



Évolution du débit des gaz chauds évacués par les exutoires de fumée selon la surface libre totale des amenées d'air (surface utile des évacuations de fumée : 8,5 m²)

Le débit total des gaz chauds évacués augmente durant les 10 premières minutes, avant de stagner. On constate alors que, pour une surface utile d'évacuation identique, plus la surface libre totale des amenées d'air est grande, **plus le débit d'air chaud évacué par les exutoires est élevé.**



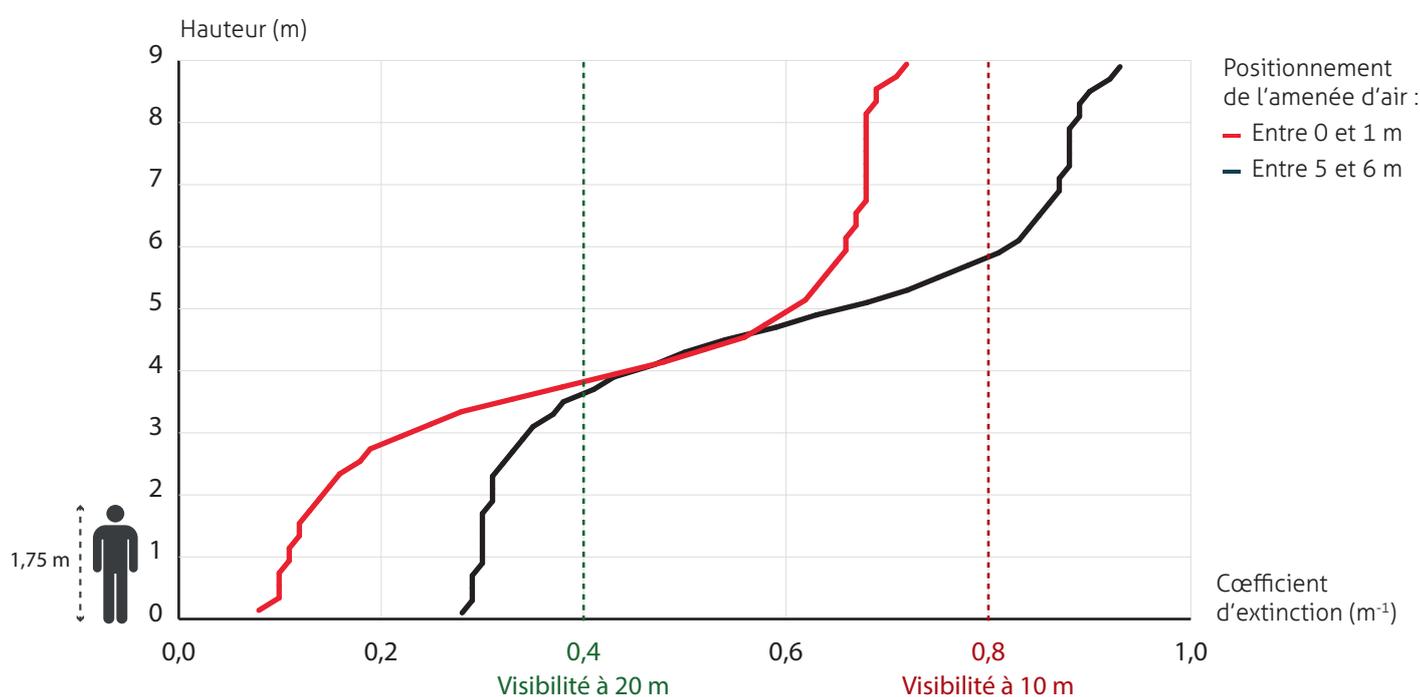
Bon à savoir

Selon la Réglementation IT 246, **la surface libre totale des amenées d'air doit être au moins égale à la surface géométrique totale des évacuations de fumées.**

La répartition des amenées d'air sur les différents côtés du local a peu d'influence sur les conditions de désenfumage en toiture.

*Surface réelle de passage de l'air, inférieure ou égale à la surface géométrique d'ouverture tenant compte des obstacles éventuels (mécanismes d'ouverture, grilles...) – IT 246

LE DÉSENFUMAGE NATUREL EST PLUS EFFICACE LORSQUE LES AMENÉES D'AIR SONT POSITIONNÉES EN PARTIE BASSE DU LOCAL



Évolution de la visibilité moyenne en fonction de la hauteur des aménagements d'air

Les aménagements d'air situés en partie basse permettent de générer un désenfumage naturel plus performant, quelles que soient leurs dimensions, tant que la surface totale des aménagements d'air est suffisamment grande. Elles permettent de maintenir de meilleures conditions de visibilité, facilitant ainsi l'évacuation des occupants et l'intervention des secours.

Toutefois, **plusieurs aménagements d'air de petite taille garantissent un meilleur balayage dans le local à désenfumer qu'une seule et grande aménagement d'air.**



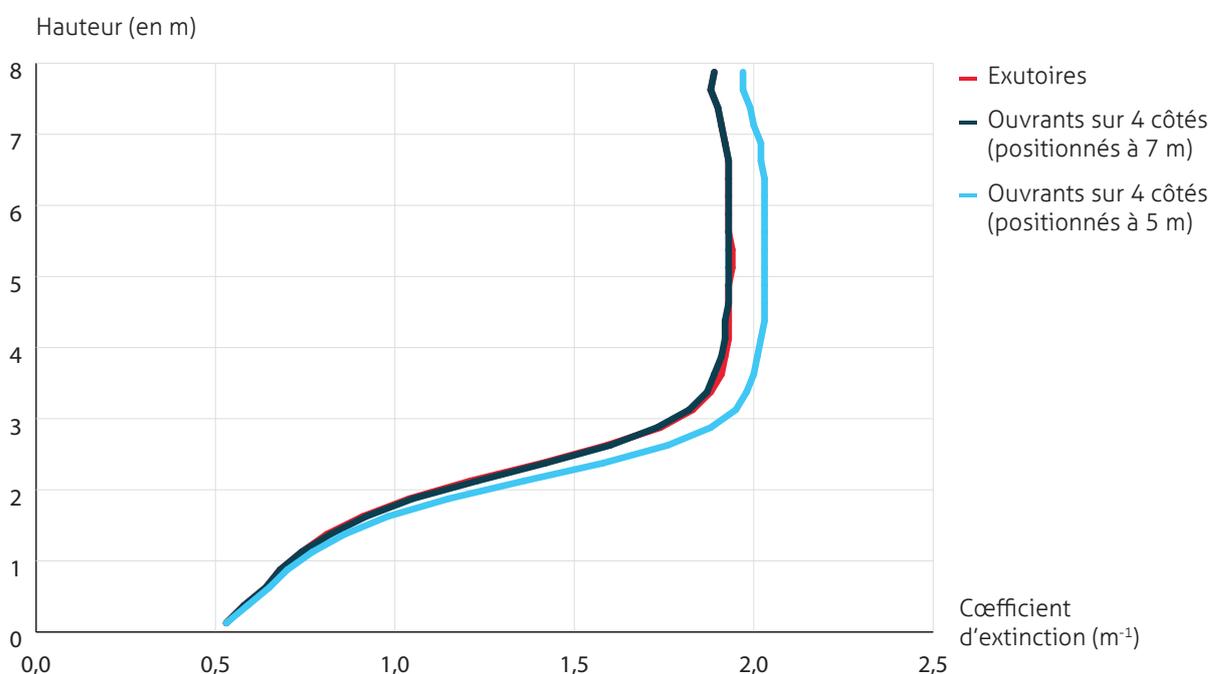
Bon à savoir

Dimensions des aménagements d'air imposées par l'IT 246 : aucune dimension inférieure à 0,20 m, et une surface libre supérieure à 10 dm².

Dans les circulations enclouées, l'IT 246 impose que la partie haute des bouches d'aménagements d'air soit au maximum à 1 m au-dessus du sol.

EXUTOIRES ET OUVRANTS DE FAÇADE : QUELLE DIFFÉRENCE SUR L'EFFICACITÉ DU DÉSENFUMAGE NATUREL ?

LES OUVRANTS DE FAÇADE ET LES EXUTOIRES EN TOITURE ONT LA MÊME EFFICACITÉ POUR L'ÉVACUATION DES FUMÉES



Évolution de la visibilité au sein du local en fonction de la hauteur pour une épaisseur de fumée de 4 m (modèle théorique) dans un bâtiment de 8 m de haut

Avec des exutoires comme avec des ouvrants de façade, les fumées stratifiées s'accumulent logiquement en partie haute du local. En revanche, le désenfumage naturel est plus performant pour évacuer les fumées lorsque **les ouvrants de façade sont positionnés tout en haut du local**.

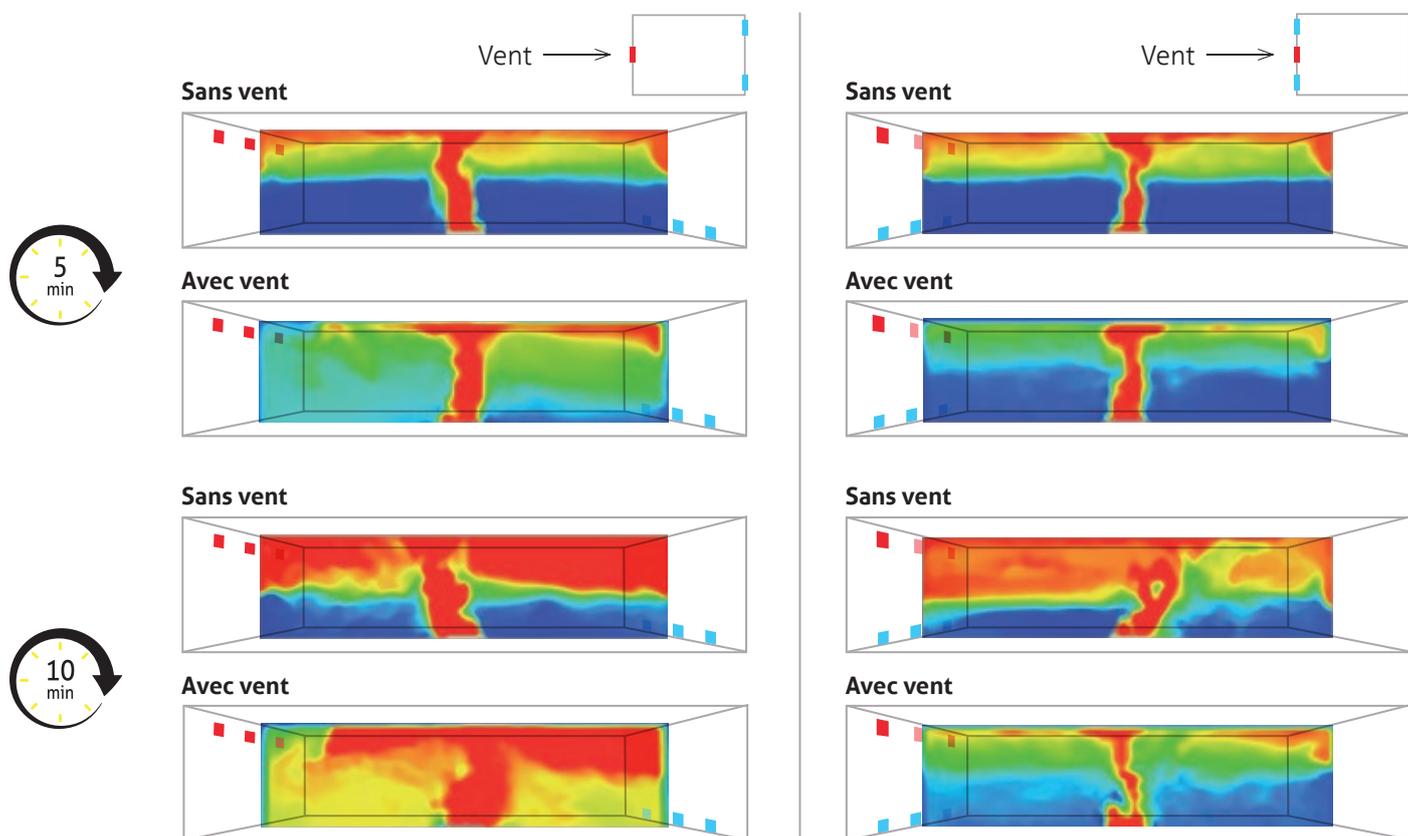


Bon à savoir

L'IT 246 précise que les ouvrants de façade doivent présenter un angle inférieur à 30° par rapport à la verticale.

L'IMPLANTATION DES OUVRANTS ET AMENÉES D'AIR PEUT MODIFIER FORTEMENT LES CONDITIONS DE DÉSENFUMAGE

■ ANALYSE DE L'EFFET DU VENT SUR LE SYSTÈME DE DÉSENFUMAGE
5 ET 10 MINUTES APRÈS OUVERTURE DES OUVRANTS DE FAÇADE



Essai réalisé pour un canton de 32 m de profondeur

Échelle des températures



Si les amenées d'air frais et les ouvrants de désenfumage sont sur des façades opposées, le vent force de l'air frais à entrer dans le local, brasse l'air et les fumées à l'intérieur de celui-ci et déstratifie ainsi les fumées : il n'y a alors plus de couches chaudes et froides distinctes, mais un volume homogène où la température et l'opacité restent élevées.



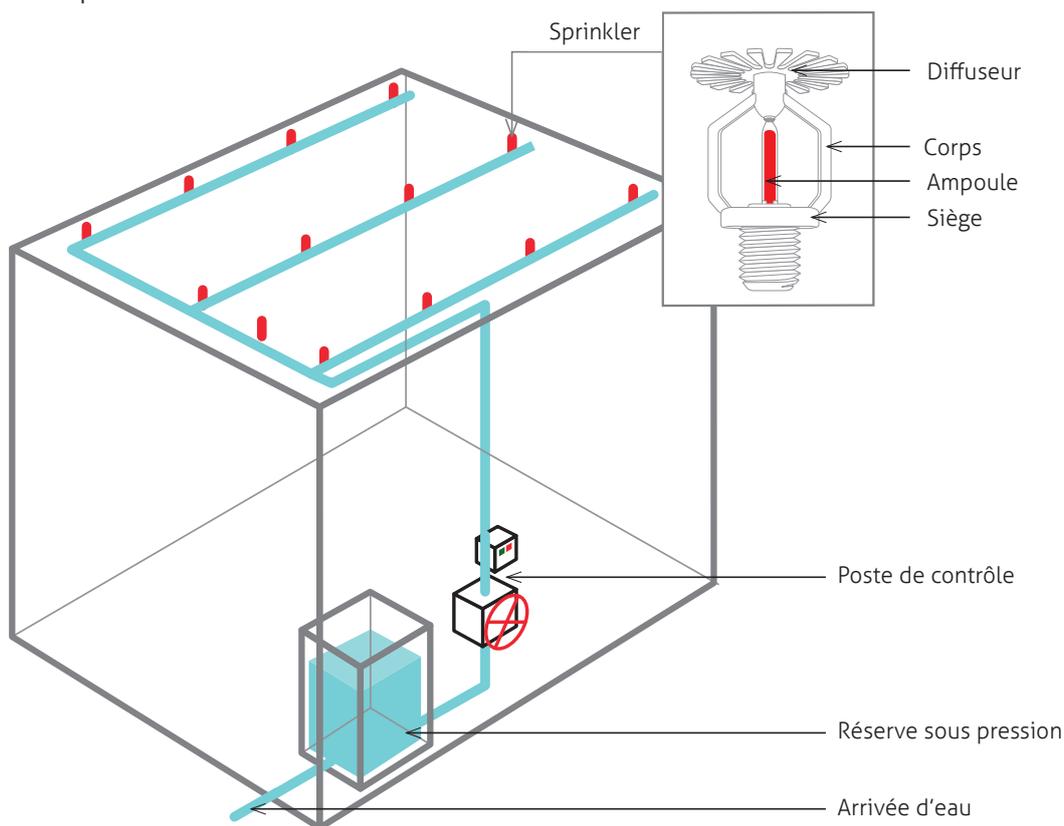
LE CONSEIL DU LABO

Afin d'éviter la déstratification des fumées par le vent, il est recommandé de disposer **les amenées d'air et les ouvrants sur la même façade.**

LES SPRINKLERS OU INSTALLATIONS D'EXTINCTION AUTOMATIQUE À EAU (IEAE) CONSTITUENT UN OUTIL DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE PAR ASPERSION D'EAU SUR LA ZONE SINISTRÉE

Ils limitent la propagation du feu en le contenant et en mouillant les combustibles éventuellement présents à proximité, avant l'intervention des secours.

- L'ouverture d'une tête sprinkler est due à l'élévation de la température générée par l'incendie, jusqu'au plafond. À une certaine température, l'ampoule (ou fusible) qui maintient la tête sprinkler fermée, éclate et libère l'eau à l'aplomb du foyer. L'arrosage est local et progressif. Si le refroidissement est insuffisant, les sprinklers voisins s'ouvrent également et participent à la maîtrise du feu.
- Le temps de déclenchement d'un sprinkler en présence d'une source de chaleur est lié aux propriétés de l'ampoule et du liquide qu'elle contient. Le choix de la température d'activation dépend du risque auquel le sprinkler va être exposé. En France, il est fréquent de trouver des sprinklers se déclenchant à 68°C dans les ERP. La couleur des liquides contenus dans les ampoules permet alors de les différencier.



■ RÉGLEMENTATION

Différents textes prévoient le domaine d'application dans lequel les sprinklers peuvent être utilisés, le nombre et la position des têtes ou encore les débits d'eau à délivrer en fonction de la classe de risque de l'activité protégée.

■ Établissements industriels et commerciaux :

- Code du Travail :

Art. R.4227-30

- Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (rubriques 1432, 1435, 1530)

■ Établissements recevant du public :

- Article MS 25 - Règlement de sécurité contre l'incendie relatif aux établissements recevant du public

Arrêté du 12 octobre 2006 modifié

En France, la majorité des systèmes sprinklers sont dimensionnés en suivant les recommandations de la norme NF-EN-12845 ou du référentiel APSAD R1.

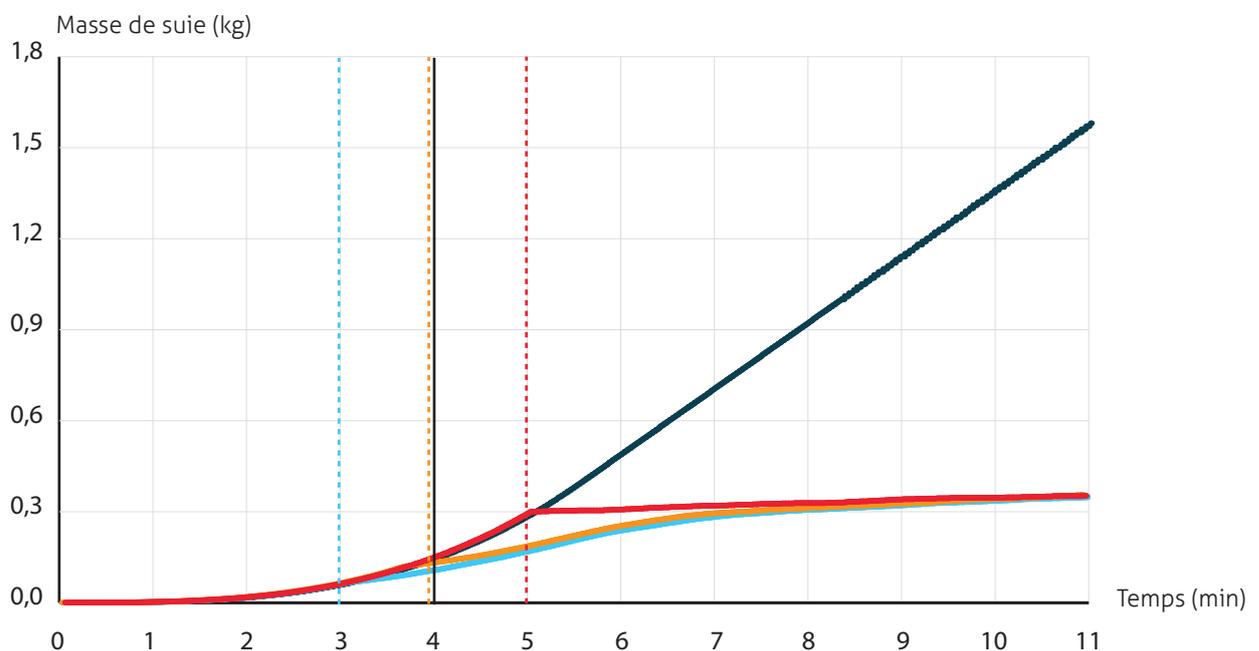
■ SPRINKLAGE ET DÉSENFUMAGE NATUREL : UNE COMPLÉMENTARITÉ À L'ÉTUDE

Les systèmes d'aspersion de type sprinkler et les DENFC ont chacun un rôle important à jouer dans la sécurité incendie. Avec des moyens d'action différents, ils contribuent tous deux à améliorer la sécurité des personnes et des biens en cas d'incendie.

Les interactions réciproques d'un système sur l'autre et leur utilisation conjointe sont au cœur de l'étude CNPP, dont les résultats sont présentés dans les pages suivantes.

L'INFLUENCE DU DÉSENFUMAGE NATUREL ASSOCIÉ AUX SPRINKLERS SUR L'ÉVACUATION DES SUIES ET LA PROPAGATION DU FEU

LE DÉCLENCEMENT DU DÉSENFUMAGE NATUREL PERMET D'ÉVACUER JUSQU'À 80% DES SUIES



Évolution de la quantité de suie accumulée dans un bâtiment de type centre commercial d'environ 4 300 m², équipé de 20 DENFC et 528 sprinklers

- Après activation du 1^{er} sprinkler
- Ouverture de l'exutoire et activation du 1^{er} sprinkler simultanées
- Ouverture de l'exutoire avant activation du 1^{er} sprinkler
- Pas d'ouverture de l'exutoire
- Ouverture de l'exutoire
- Activation du 1^{er} sprinkler

Le désenfumage naturel associé au sprinklage contribue à extraire efficacement jusqu'à 80% des suies du local.

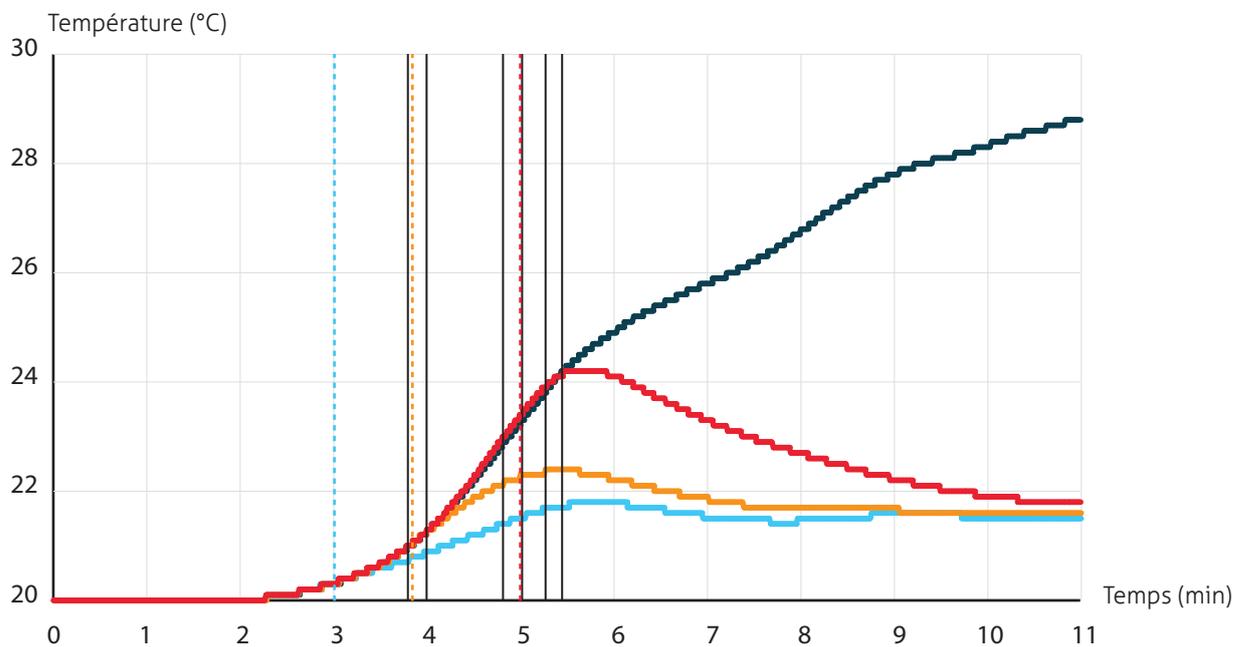
Plus l'installation de désenfumage naturel est ouverte tôt (avant le déclenchement du sprinklage), **moins les suies s'accumulent dans le local.**



LE CONSEIL DU LABO

L'efficacité du désenfumage naturel sur l'évacuation des suies est généralisable aux cas des bâtiments non sprinklés.

LE DÉSENFUMAGE NATUREL PERMET DE LIMITER PLUS EFFICACEMENT LE TRANSFERT DES FUMÉES DU CANTON DE FEU AUX CANTONS ADJACENTS



Évolution de la température moyenne des sprinklers installés dans le canton adjacent (d'après modélisation d'un entrepôt de stockage divisé en 2 cantons de 1 290 m² et 1 260 m², équipé de 12 DENFC et 296 sprinklers)

- Ouverture de l'exutoire après activation du 1^{er} sprinkler
- Ouverture de l'exutoire et activation du 1^{er} sprinkler simultanées
- Ouverture de l'exutoire avant activation du 1^{er} sprinkler
- Pas d'ouverture de l'exutoire
- Ouverture de l'exutoire
- Aspersions

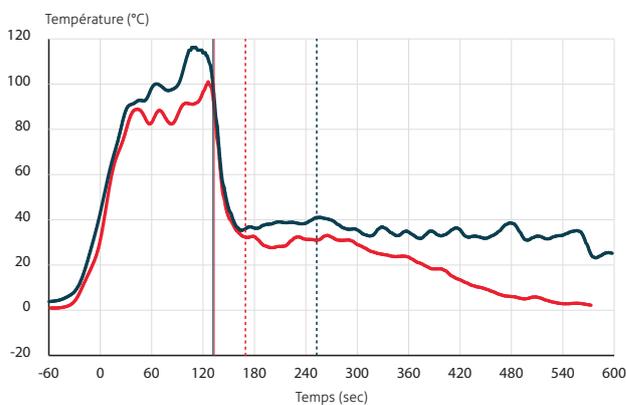
L'ouverture des exutoires dans le canton de feu a pour conséquence immédiate une limitation du transfert de chaleur vers le canton adjacent. **L'élévation de température dans le second canton est d'autant plus faible que le désenfumage est déclenché tôt.**

Bien que l'aspersion permette de réduire la température des fumées en absorbant une quantité importante de chaleur, le désenfumage contribue plus efficacement à limiter la propagation de chaleur et des produits de combustion aux cantons adjacents. **Il permet ainsi de faciliter l'évacuation des personnes, l'intervention des secours et réduit les dégâts imputables aux fumées chaudes.**

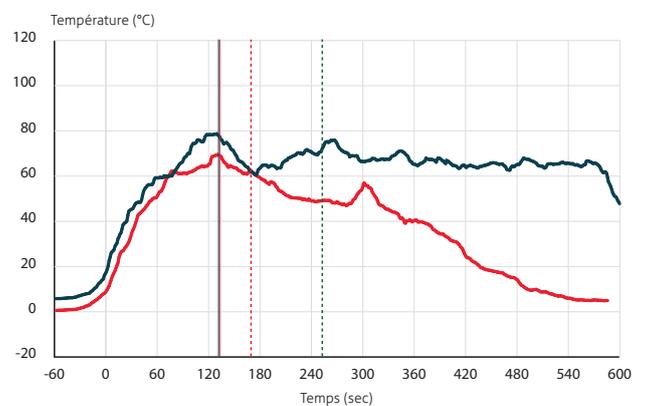
L'INFLUENCE DE LA DISPOSITION DES EXUTOIRES ET SPRINKLERS SUR L'EFFICACITÉ DU DÉSENFUMAGE

LA RÉPARTITION DE LA SURFACE DE DÉSENFUMAGE JOUE UN RÔLE IMPORTANT SUR L'EFFICACITÉ DE L'INSTALLATION

Exutoire 1 (situé au-dessus du foyer)



Exutoire 2



- Désenfumage 30 sec après aspersion
- Désenfumage 120 sec après aspersion
- ⋯ Ouverture de l'exutoire (désenfumage)
- Aspersion

Comparaison de l'évolution des températures mesurées dans deux DENFC adjacents, lors d'essais réalisés avec désenfumage après aspersion (foyer positionné sous l'exutoire 1)

Dans l'exutoire 1, situé au droit du foyer, les températures chutent brutalement lorsque l'aspersion est déclenchée.

Dans l'exutoire 2 adjacent, le refroidissement induit par l'aspersion est moins prononcé.

Lorsque le foyer est positionné sous l'exutoire, l'effet de refroidissement du sprinklage impacte l'efficacité du désenfumage naturel : les gaz contenus dans les fumées chaudes refroidissent, alors qu'ils auraient dû s'accumuler sous l'exutoire et déclencher son ouverture.

L'efficacité de l'exutoire est perturbée, à cet endroit précis.

L'efficacité des autres exutoires du canton est peu perturbée.

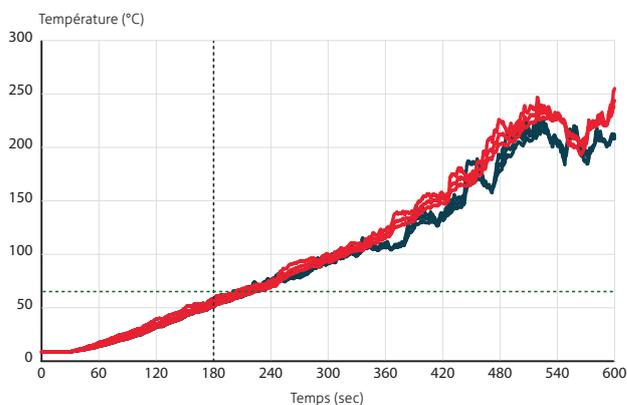


LE CONSEIL DU LABO

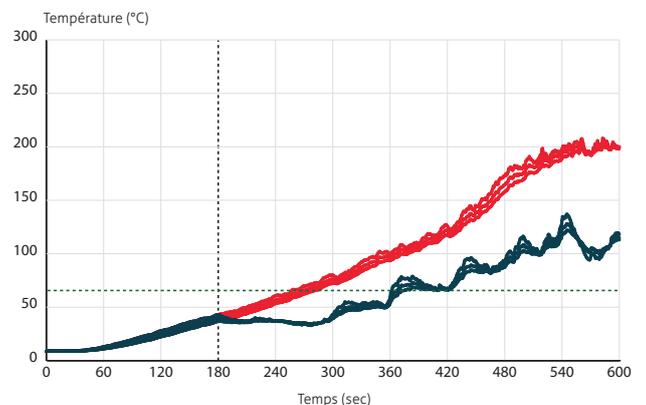
Il est donc nécessaire de **répartir la surface de désenfumage sur plusieurs exutoires**, afin d'éviter cette situation, et de ne pas mettre en défaut l'efficacité globale de l'installation.

LA RÉPARTITION DE LA SURFACE DE DÉSENFUMAGE JOUÉ UN RÔLE IMPORTANT SUR L'EFFICACITÉ DE L'INSTALLATION

Sprinkler installé dans l'exutoire



Sprinkler installé à côté de l'exutoire



- Sans désenfumage
- Avec désenfumage ouverture à 180 sec
- Ouverture de l'exutoire
- Seuil de température : activation du sprinkler à 68°C

Comparaison de l'évolution des températures mesurées au niveau du sprinkler selon sa position (foyer positionné sous l'exutoire)

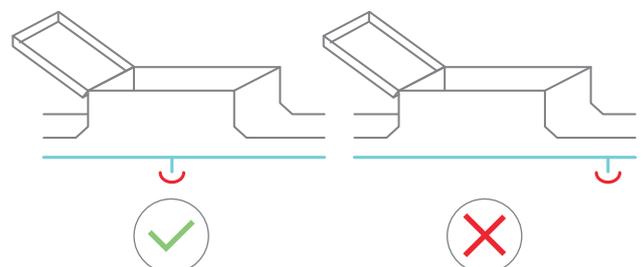
Dans le cas où le foyer est positionné directement sous l'exutoire, l'activation du désenfumage entraîne une évacuation de la chaleur ayant pour conséquence une baisse de la température au niveau du plafond et du sprinkler adjacent, pouvant alors causer un retard d'activation ou une non-activation.

Lorsque le sprinkler est positionné directement sous un exutoire, il s'active sans retard après déclenchement du désenfumage.



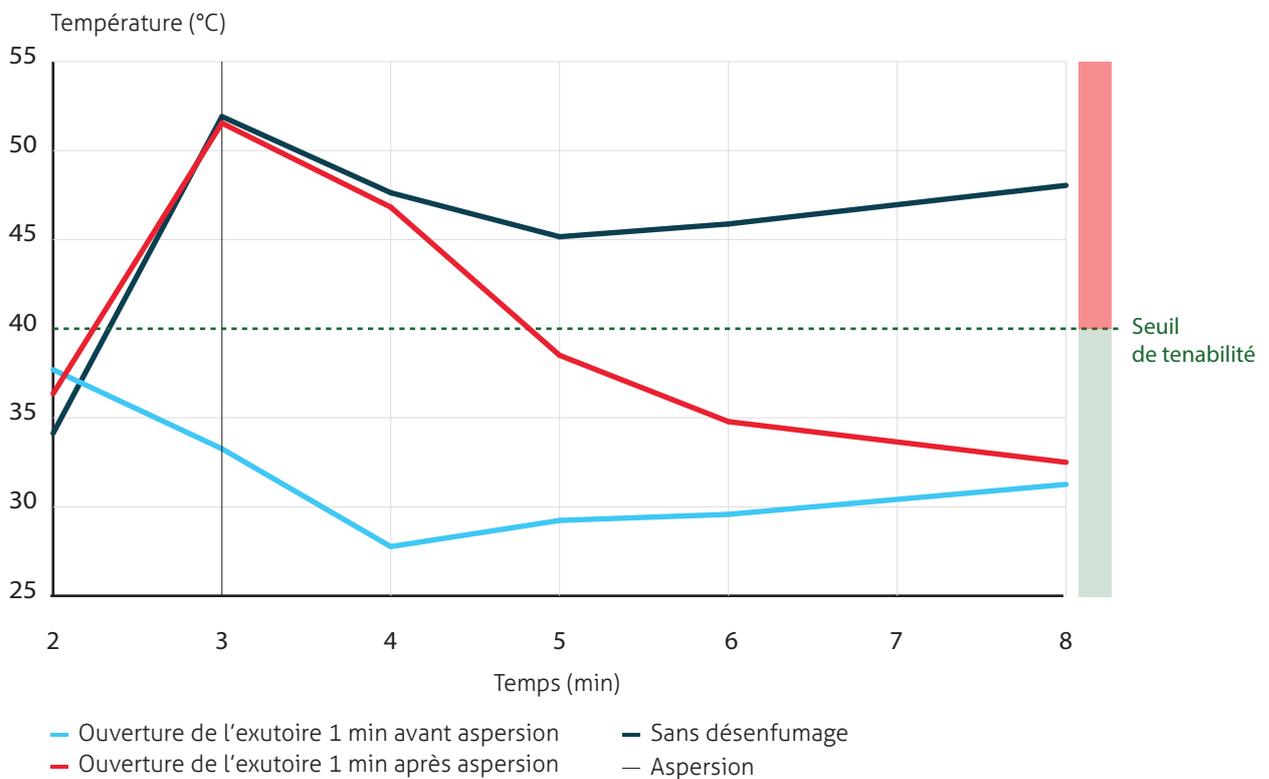
Bon à savoir

En cas d'association sprinklage-désenfumage il est conseillé de positionner la tête de sprinkler dans le volume sous l'exutoire.



L'INFLUENCE DU DÉSENFUMAGE NATUREL ASSOCIÉ AUX SPRINKLERS SUR LES NIVEAUX DE TEMPÉRATURE ET DE VISIBILITÉ

UNE INSTALLATION DE DÉSENFUMAGE NATUREL ASSOCIÉE AUX SPRINKLERS PERMET DE RÉDUIRE PLUS EFFICACEMENT LES NIVEAUX DE TEMPÉRATURE DANS LE BÂTIMENT



Évolution de la température à 2 m du sol selon les 3 scénarios de désenfumage

À hauteur d'homme, le désenfumage permet de ne pas dépasser la valeur seuil de 40°C, lorsqu'il est ouvert avant l'aspersion. Réalisé après activation du sprinklage, le désenfumage naturel permet toutefois de diminuer progressivement les contraintes thermiques et de refroidir plus efficacement le local qu'avec un sprinklage seul.

LE DÉSENFUMAGE NATUREL PERMET D'AMÉLIORER LES CONDITIONS DE VISIBILITÉ, PARTICULIÈREMENT LORSQU'IL EST DÉCLENCHÉ AVANT LE SPRINKLAGE

Essais à moyenne échelle (foyer de 400 kW)



Comparaison de la visibilité pour 2 temps d'activation du DENFC différents

Sans déseufumage, lorsque seule l'aspersion est déclenchée, la visibilité ne fait que diminuer jusqu'à devenir nulle et empêche de bonnes conditions d'évacuation.

Lorsque l'ouverture des exutoires a été réalisée avant le sprinklage, le déseufumage a permis de conserver de bonnes conditions de visibilité tout au long de l'essai.



Bon à savoir

Le déseufumage naturel est plus efficace lorsqu'il est déclenché avant le sprinklage. Même ouvert après l'activation du premier sprinkler, il permet d'améliorer la visibilité, même si des fumées froides peu opaques restent présentes en partie basse.

L'ÉTUDE OSMOSE, MENÉE PENDANT PLUS DE 3 ANS, A PERMIS DE VÉRIFIER LA JUSTESSE DES MODÈLES NUMÉRIQUES DE CALCUL UTILISÉS DANS L'INGÉNIEURIE DU DÉSENFUMAGE, ET DE VALIDER SCIENTIFIQUEMENT LES PRÉCONISATIONS DE L'IT 246. ELLE CONFIRME ÉGALEMENT QUE LA RÉGLEMENTATION EN VIGUEUR EST SÉCURITAIRE.

L'étude Osmose prouve la réelle efficacité d'un système de désenfumage naturel pour :

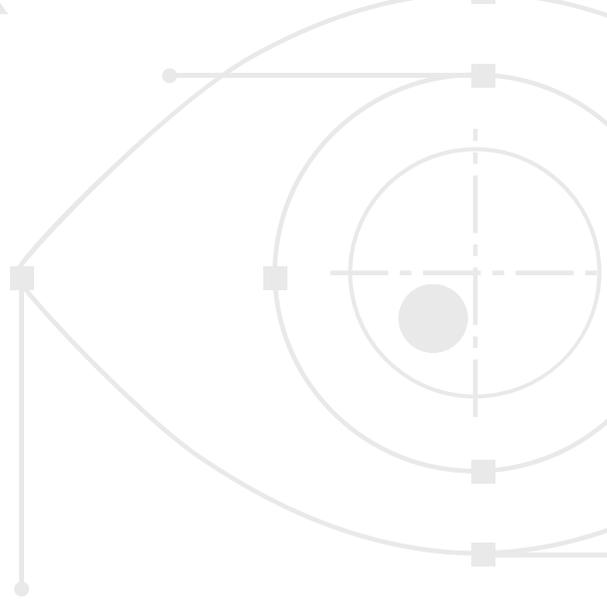
- **La maîtrise et la gestion du risque d'incendie** permettant une évacuation des personnes et une intervention des secours dans de bonnes conditions,
- **La limitation de la propagation du feu**, afin de préserver les biens mobiliers et immobiliers des bâtiments.

Elle a aussi démontré pour la première fois la fiabilité des simulations réalisées par rapport aux essais in-situ. Ceux-ci ont montré que l'efficacité du désenfumage naturel varie selon la nature du combustible et dépend de la chaleur des fumées produites. Un test fiable d'un dispositif de désenfumage naturel ne peut donc être réalisé qu'avec des fumées suffisamment chaudes, afin d'obtenir la stratification thermique nécessaire à son bon fonctionnement.

Enfin, les essais menés in-situ ont également aidé à établir certaines règles de mise en œuvre, qui concourent à l'optimisation de la performance d'un dispositif de désenfumage naturel.



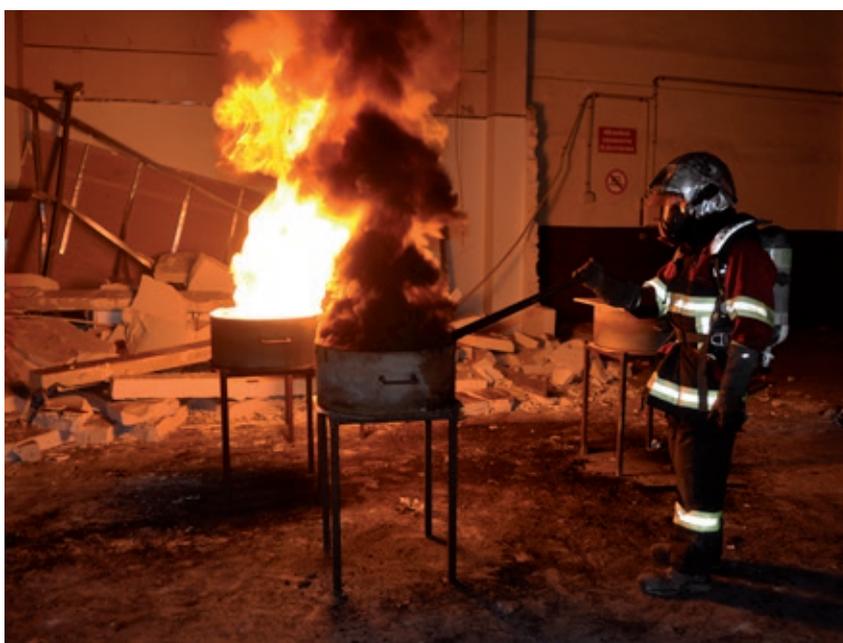
La méthode de désenfumage naturel, rigoureusement encadrée par les textes réglementaires et normes applicables en vigueur, doit être choisie selon la configuration architecturale du bâtiment ainsi que son utilisation. Lorsqu'une arrivée et une extraction naturelle de l'air sont impossibles, un désenfumage mécanique peut être envisagé (voir la brochure consacrée au désenfumage mécanique, publiée en 2018 par la FFMI).

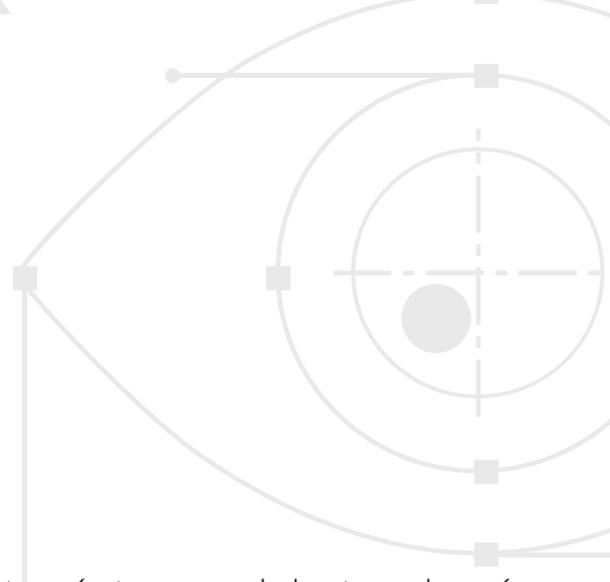


LES 10 RÈGLES D'OR DU DÉSENFUMAGE NATUREL

- Le désenfumage naturel est plus efficace lorsqu'on **augmente la surface d'évacuation** de l'installation. Celle-ci permet un dégagement plus rapide des fumées et des gaz toxiques, et garantit une meilleure visibilité dans le temps, ainsi qu'un maintien de températures supportables pour faciliter l'évacuation des occupants jusqu'à l'intervention des secours.
- Le désenfumage naturel est performant **quel que soit le nombre d'exutoires et leurs dimensions**, tant que la SUI respecte la réglementation en vigueur.
- Le désenfumage naturel est aussi performant avec des **ouvrants de façade ou des exutoires de toiture**.
- Le désenfumage naturel est plus performant lorsque **les cantons sont réduits**, car les fumées s'y concentrent mieux, rendant le tirage thermique plus efficace.
- Le désenfumage naturel est plus efficace lorsqu'on **augmente la surface des amenées d'air**. Elles doivent être d'une surface au moins égale à celle des évacuations de fumées.
- Le désenfumage naturel bénéficie d'une meilleure extraction des fumées, lorsque les **amenées d'air sont positionnées au plus près du sol**.
- Le désenfumage naturel est plus performant lorsque les **ouvrants et amenées d'air sont positionnés sur la même façade**, dans le cas où les locaux sont exposés au vent.
- **Les systèmes de désenfumage naturel et de sprinklage sont complémentaires** pour améliorer la visibilité et réduire les températures, lorsque le **désenfumage est déclenché avant l'aspersion**.
- Les systèmes de désenfumage naturel et de sprinklage sont plus efficaces lorsque la **surface de désenfumage est répartie sur plusieurs DENFC**.
- Les systèmes de désenfumage naturel et de sprinklage sont plus performants lorsqu'un **sprinkler est installé dans la trémie de l'exutoire**.

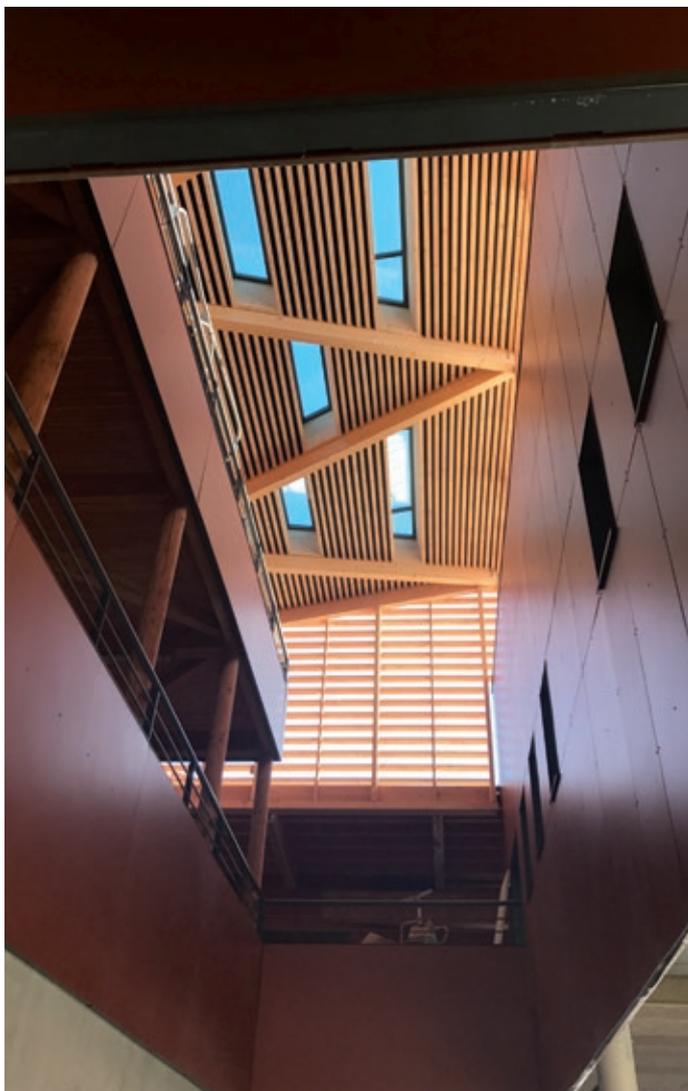
- **Canton de désenfumage** : volume libre compris entre le plancher et le plafond, et délimité par les écrans de cantonnement.
- **Écran de cantonnement** : séparation verticale placée sous la toiture ou le plafond, afin d'éviter la propagation latérale des fumées et gaz de combustion.
- **Dispositif d'Évacuation Naturelle de Fumées et de Chaleur (DENFC)** : désigne les exutoires de fumées et les ouvrants de désenfumage, conçus pour évacuer les fumées et gaz chauds.
- **Exutoire de désenfumage** : DENFC installé en toiture, commandable à distance.
- **Ouvrant en façade** : DENFC installé en façade.
- **Risque de poinçonnement (ou de siphonnage)** : introduction d'air frais par l'exutoire, à travers la couche de fumée extraite.
- **Seuil de visibilité** : distance au-delà de laquelle la visibilité devient trop faible, et rend difficile l'évacuation des personnes présentes. Calculée grâce au coefficient d'extinction, elle est fixée à 20 m (ou $0,4 \text{ m}^{-1}$) par le guide LCPP de référence.





- **Stratification thermique** : phénomène de stratification des températures avec la hauteur, observé lors d'un incendie. Les gaz chauds montent et se concentrent sous la toiture, formant une couche de fumées chaudes et opaques en hauteur. À proximité du sol, dans la zone libre de fumée, les températures restent proches des conditions ambiantes initiales (au moins pendant les premières minutes de l'incendie).
- **Surface aéraulique A_a (ou Surface Utile d'Évacuation)** : désigne la surface d'évacuation des fumées, produit de la surface géométrique de l'exutoire et du coefficient de débit.
- **Surface Utile d'une Installation de DENFC (SUI)** : somme des surfaces aérauliques de chaque DENFC ($SUI = \sum A_a$)
- **Tirage thermique** : effet cheminée, évacuation naturelle de l'air induite par la différence de température entre l'air intérieur et l'air extérieur.





GIF

groupement des fabricants installateurs de
matériels coupe-feu et d'évacuation des fumées

www.ffmi.asso.fr

Immeuble Maison de la Mécanique - 39, rue Louis Blanc
CS 30080 - 92038 La Défense Cedex
Tél. 01 47 17 63 03 - Mail : contact@ffmi.asso.fr

Le GIF est affilié à la Fédération Française des Métiers de l'Incendie

