HAL
open science

Améliorer la sécurité des personnes dans les tunnels et les établissements recevant du public : enquête d'opinion, retour d'expérience et ingénierie du désenfumage

Léa Nachef

To cite this version:

Léa Nachef. Améliorer la sécurité des personnes dans les tunnels et les établissements recevant du public : enquête d'opinion, retour d'expérience et ingénierie du désenfumage. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2017. dumas-01623722

HAL Id: dumas-01623722

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01623722

Submitted on 25 Oct 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

Travail de fin d'études

pour le diplôme d'ingénieur de l'École nationale des travaux publics de l'État

Promotion 62
Année 2016-2017

Voie d'approfondissement :
Environnement et risques

Soutenu mercredi 5 juillet 2017

Devant le jury composé de :

Présidente du jury : Mme Sylvie BONY

Tuteurs : Mme Élodie CARLINI et M. Sylvain DESANGHERE

Expert : M. Jean-François BURKHART

Par

Léa NACHEF

Améliorer la sécurité des personnes dans les tunnels et les établissements recevant du public : enquête d'opinion, retour d'expérience et ingénierie du désenfumage

Lombardi Ingénierie

Notice analytique

AUTEUR	
Nom	Nachef
Prénom	Léa
ORGANISME D'ACCUEIL	
Nom de l'organisme et localité	Lombardi Ingénierie, Lyon
Nom des tuteurs	Mme Élodie Carlini et M. Sylvain Desanghère
ANALYSE DU TFE	
Titre (français)	Améliorer la sécurité des personnes dans les tunnels et les établissements recevant du public ERP : enquête d'opinion, retour d'expérience et ingénierie de désenfumage
Titre (anglais)	How to improve the safety of people in tunnels and establishments open to the public: opinion survey, feedback and smoke extraction engineering
Résumé (français)	Ce rapport résulte d'un stage de trois mois dans les locaux du bureau d'études Lombardi Ingénierie à Lyon. L'objectif est ici de mettre en lumière la nécessité d'améliorer la culture du risque incendie en France. Pour ce faire, un sondage est réalisé au sein de la population française afin d'appréhender les connaissances des Français en matière de réaction face à un incendie dans diverses situations. Dans la suite du rapport, des dispositifs de minimisation des conséquences des incendies dans les tunnels et les établissements recevant du public sont exposés. Pour les incendies en tunnel, le principe du retour d'expérience est détaillé avec un exemple concret. Pour les incendies dans les établissements recevant du public, une étude de cas d'ingénierie du désenfumage est menée. Bien que d'énormes progrès aient été réalisés en France dans le domaine de la prévention du risque incendie, il reste encore aujourd'hui beaucoup à faire, tant au niveau technique qu'au niveau de la culture du risque au sein de la population.
Résumé (anglais)	This report has been made after a 3 months internship within the design office Lombardi Lyon. The aim here is to show the need to improve fire risk culture and management. Therefore, a survey has been answered by 431 French people. This survey deals with the reaction in case of fire, in several situations. Then, two measures for the minimization on the consequences of a fire are displayed: the feedback or project post-mortem principle for tunnel fires and a casework of smoke extraction engineering for building fires. Although big progresses have been made in France since the early 2000s in the field on fire risk prevention, there is still much to be done, both at the technical level and the cultural level within the population.
Mots-clés (français, 5 maxi)	Risque, ventilation, désenfumage, ERP, tunnel
Mots-clés (anglais, 5 maxi)	Risk, ventilation, smoke extraction, ERP, tunnel
Terme géographique	France, Lyon

COLLATION			
	Nb de pages	Nb d'annexes (nb de pages)	Nb de réf. biblio.
	58 pages	3 annexes (10 pages)	16 références

Sommaire

Introduction 6
1 Perception du risque incendie et problématique 7
1.1 Contexte général du risque incendie 7
1.2 Mise en place d'un sondage 9
1.2.1 Conception, objectif et choix de la cible 9
1.2.2 Réalisation du sondage 10
1.3 Analyse des résultats du sondage 13
1.3.1 Informations générales 13
1.3.2 Cas d'un incendie dans un tunnel 14
1.3.3 Cas d'un incendie dans un bâtiment 18
1.3.4 Intérêt des répondants pour le sondage 19
1.4 Conclusion du sondage 19
2 Étude de cas de ventilation et de désenfumage et simulations numériques 21
2.1 Étude de cas 21
2.1.1 Définition du scénario d'incendie de dimensionnement 21
2.1.2 Vérification du dimensionnement du désenfumage 24
2.1.3 Estimation du temps de mise en œuvre du désenfumage et du temps d'évacuation des occupants 25
2.1.4 Vérification des prédictions par la simulation numérique 28
2.2 Choix du logiciel pour traiter ce cas 28
2.3 Simulations numériques 28
2.4 Conclusion sur l'efficacité du désenfumage 30
3 Retour d'expérience 31
3.1 Finalité d'un retour d'expérience 31
3.2 Théorie : aspects réglementaires préalables à la mise en service 32
3.3 Expérience : exercice de simulation d'incendie 33
3.3.1 Présentation de l'ouvrage des objectifs de l'exercice 33
3.3.2 Scénario et déroulement de l'exercice 34
3.4 Retour d'expérience sur l'exercice de simulation d'incendie 36
3.5 Conclusion de l'exercice de sécurité 44
Conclusion 45
Bibliographie 46
Annexes 48

Liste des illustrations

Figure 1 : Nombre de morts causées par incendie dans le monde en fonction de l'âge des victimes, en 2000, 2005, 2010 et 2015 7
Figure 2 : Pourcentage par tranche d'âge de la population française (pointillés) et des victimes d'incendies (bleu) 8
Figure 3 : Comparaison France / échantillon selon la caractéristique tranche d'âge 11
Figure 4 : Comparaison France / échantillon selon la caractéristique catégorie socio-professionnelle. 12
Figure 5 : Distribution des répondants en sexe et tranche d'âge 13
Figure 6 : Localisation de la provenance des répondants vivant en France métropolitaine et ayant renseigné ce champ 13
Figure 7 : Expérience des sondés avec l'incendie 13
Figure 8 : Localisation des incendies vécus par les sondés n'ayant pas reçu de formation incendie 14
Figure 9 : Réaction des sondés face à un incendie en tunnel. Rester dans la voiture : oui ou non ? 14
Figure 10 : Logigramme proposé aux sondés relatif à la conduite à tenir avec sa voiture en cas d'incendie dans un tunnel 15
Figure 11 : Réponses face à a) une personne intoxiquée au CO et b) une visibilité très réduite par les fumées 17
Figure 12 : Pense-bête sur les réactions recommandées à avoir lors d'un incendie dans un bâtiment ... 18
Figure 13 : Position des deux amenées d'air et des trois exutoires 22
Figure 14 : Vue d'ensemble du mail du centre commercial 23
Figure 15 : Extrait du code de modélisation, relatif aux caractéristiques du feu de dimensionnement. 24
Figure 16 : Illustration des séquences de l'évacuation des occupants d'un bâtiment en cas d'incendie et évolution de la puissance de l'incendie (flèche bleue) 26
Figure 17 : Parcours d'évacuation d'un occupant se trouvant à l'étage R+2 au début de l'incendie 26
Figure 18 : État de propagation de la fumée à t = 75 secondes après l'allumage du feu 29
Figure 19 : Champ des températures au niveau R+2 et isosurface T = 50 °C à t = 310 s 30
Figure 20 : Plan de repérage du tunnel dans lequel se déroule l'exercice de sécurité 33
Figure 21 : Schéma de la position de l'incendie et vue des différentes issues du tunnel 34
Figure 22 : Fumée sortant du véhicule arrêté, 22h30 36
Figure 23 : Appel de deux figurants par le poste d'appel d'urgence 37
Figure 24 : le COI et le COS, clairement identifiables par leurs chasubles 38
Figure 25 : Schéma fonctionnel des communications entre les intervenants lors de l'exercice 42

Tableau 1 : Cible du sondage 9
Tableau 2 : Distance à parcourir par l'occupant pour évacuer et temps mouvement 27
Tableau 3 : Comparaison ASET/RSET pour déterminer l'efficacité de l'installation de désenfumage. 29
Tableau 4 : Détail de la chronologie des évènements 39
Tableau 5 : Liste des équipements utilisés et de leur fonctionnement 40
Tableau 6 : Perception de la traversée d'un tunnel par les figurants, avant et après l'exercice 43

REMERCIEMENTS

En premier lieu je remercie mes quatre collègues de bureau Jean-Baptiste Bévillard, Johan Boulhic, Maud Rougeron et Yann Ubelmann, qui ont chaque jour été présents pour répondre à mes interrogations et m'apprendre de nouvelles facettes de leurs métiers.

Je remercie également Élodie Carlini, chef du pôle Exploitation Sécurité dans lequel j'ai effectué mon stage de trois mois, pour ses remarques constructives sur mon premier travail et sa constante bonne humeur, ainsi que Sylvain Desanghère.

Mes remerciements vont aussi à Julien Boutaghane et Sylvain Nachef pour leur relecture attentive, leurs remarques pertinentes et pour l'œil neuf et extérieur qu'ils ont porté à mon travail.

Enfin, merci à Lombardi Ingénierie, structure d'accueil durant mon stage de fin d'études, et tous ses collaborateurs.

INTRODUCTION

En France, un incendie domestique survient en moyenne toutes les deux minutes. C'est le chiffre donné par les services de secours, c'est-à-dire qu'il représente la fréquence des incendies ayant nécessité l'intervention de services spécialisés. Dans la pratique, bien plus d'incendies surviennent et sont stoppés par les particuliers sans l'intervention des pompiers, mais ces incendies ne sont pas chiffrés.

Il n'existe pas d'étude sur le coût réel des incendies d'habitation en France. On peut l'estimer à environ 1,3 milliard d'euros, soit un coût supérieur de 160 % à celui engendré par le vol et de 30 % à celui provoqué par les dégâts des eaux [14]. Rappelons que le risque inondation est le premier risque naturel en France par sa fréquence. Par ailleurs, selon les estimations réalisées en octobre 2004[1], par comparaison avec les études réalisées sur les accidentés de la route, les indemnités versées pour chaque personne morte dans un incendie s'élèvent à 1,1 million d'euros.

Même si les moyens de protection contre les incendies – de la prévention aux techniques d'intervention – s'améliorent d'années en années, aujourd'hui encore les incendies peuvent être très meurtriers. On pourrait citer à titre d'exemple les récents feux de forêts du 17 au 22 juin 2017 au centre du Portugal, déclenchés par des orages violents sur une végétation très sèche et ayant eu pour conséquence 64 morts, plus de 250 blessés et d'importants dégâts matériels. Un autre exemple récent est le tant impressionnant que dramatique incendie du 13 juin 2017 dans la tour Grenfell à Londres qui a eu pour bilan au moins 74 victimes et de nombreux blessés.

Ces faits soulèvent plusieurs questionnements. Est-ce que, lors de tels évènements, les personnes en présence ont réagi de manière efficace, sans se mettre en danger et sans aggraver la situation ? Est-ce que l'incendie a été signalé aux occupants par une alarme généralisée ? Est-ce que les moyens de prévention contre l'incendie étaient efficaces et à jour ? Est-ce que les études préalables à la mise en exploitation du bâtiment avaient été convenablement menées ?

Ce rapport tente de répondre à ces questions en développant les chapitres suivants :

1. La perception du risque incendie par la population française
2. Etude de cas de ventilation et de désenfumage et simulation numérique pour vérifier l'efficacité des installations de désenfumage
3. Retour d'expérience sur un exercice in situ de simulation d'incendie dans un tunnel

Note : dans ce rapport, les numéros entre crochets désignent une référence bibliographique. La bibliographie se trouve en fin de document, avant les annexes.

[1] Par C. Mosciki pour le groupement des fabricants-installateurs-distributeurs-mainteneurs en sécurité incendie domestique (GIFSID) et la fédération française des matériels d'incendie (FFMI)

1 PERCEPTION DU RISQUE INCENDIE ET PROBLEMATIQUE

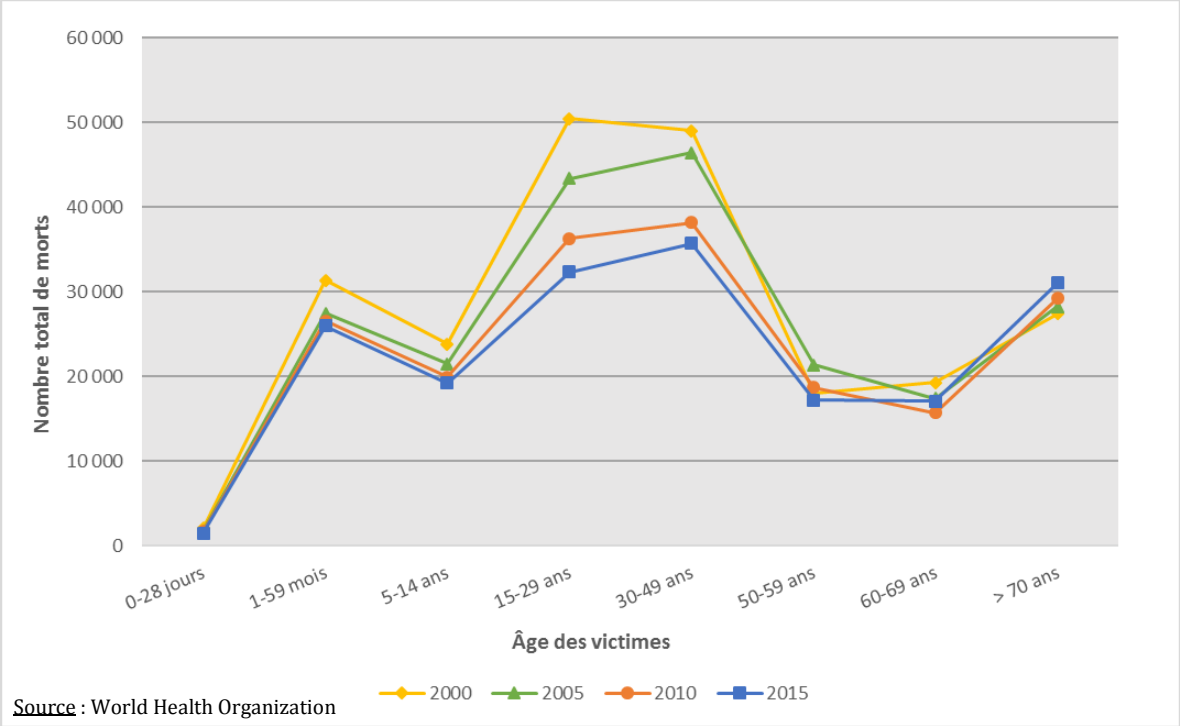
La perception du risque incendie dépend avant tout des personnes concernées. Quand certaines personnes réagissent par réflexes d'une manière appropriée, d'autres cèdent plus rapidement à la panique et peuvent ainsi potentiellement causer un sur-accident. Il importe alors qu'un maximum de personnes aient connaissance des réflexes à adopter en cas d'incendie, pour la sécurité de tous. Le présent rapport traite du risque incendie dans deux milieux fermés : les bâtiments (ERP et habitations) et les tunnels.

Une des meilleures protections contre les incendies est de savoir préalablement comment réagir si on y est confronté. Afin de connaître la position des Français sur ce domaine, un sondage a été mis en place.

1.1 Contexte général du risque incendie

Les incendies existent sur Terre depuis toujours, et bien avant les premiers Hommes, déclenchés notamment par la foudre ou le volcanisme. Si au cours du temps, l'Homme a su domestiquer le feu, s'adapter, réduire le risque et mieux maîtriser les flammes et les fumées, l'incendie reste encore aujourd'hui la quatrième cause de mortalité involontaire[2] dans le monde, après les accidents de la route, les chutes et les noyades[3]. Néanmoins, les données de l'OMS montrent une tendance à la baisse depuis 2000, Figure 1.

Figure 1 : Nombre de morts causées par incendie dans le monde en fonction de l'âge des victimes, en 2000, 2005, 2010 et 2015



Source : World Health Organization

[2] Excluant les maladies

[3] D'après l'OMS, Organisation mondiale de la santé

Sur ce graphique, on remarque que le nombre de victimes d'incendies a tendance à diminuer depuis 2000. Cette baisse est surtout visible pour les tranches d'âge 15 – 29 ans (- 30 % en quinze ans) et 30 – 49 ans (- 27 % en quinze ans). La diminution du nombre de victimes d'incendies est moins représentative pour les autres tranches d'âge. Ce nombre augmente même pour la tranche 60 – 69 ans et pour la tranche plus de 70 ans, mais cela peut se justifier par une augmentation des effectifs de ces tranches entre 2000 et 2015.

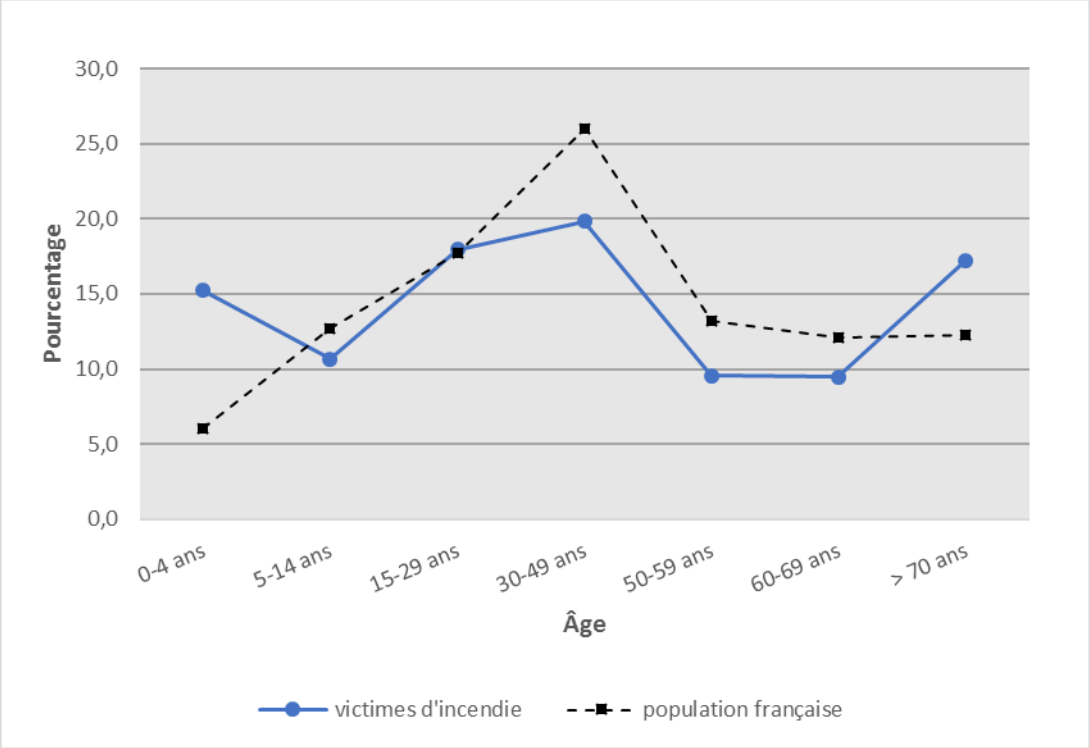


Figure 2 : Pourcentage par tranche d'âge de la population française (pointillés) et des victimes d'incendies (bleu)

Source : World Health Organization et INSEE, 2015

Ce graphique permet de comparer, par tranche d'âge, le pourcentage de la population au pourcentage de victimes d'incendies. Pour une tranche d'âge donnée, si le pourcentage de la population française est supérieur au pourcentage des victimes d'incendie (i.e. si la courbe pointillée est au-dessus de la courbe bleue), alors cette tranche d'âge comporte moins de victimes liées aux incendies que si ces victimes étaient réparties de façon homogène dans la population française.

Il est cohérent que la tranche 0 – 4 ans comporte proportionnellement plus de victimes, car les enfants en bas âge sont moins aptes à se protéger que le reste de la population. Les incendies sont d'ailleurs la deuxième cause de mortalité involontaire chez les jeunes enfants, après les accidents de la route. De la même manière, les plus de 70 ans semblent présenter une plus forte vulnérabilité aux incendies que le reste de la population. Enfin, à l'inverse, la tranche d'âge 30 – 69 ans comporte proportionnellement moins de victimes que le reste de la population.

Forte de ce constat, il m'a semblé nécessaire de connaitre le niveau de connaissances des Français quant aux conduites à tenir en cas d'incendie. Dans cette optique, un sondage a été réalisé à ce sujet.

1.2 Mise en place d'un sondage

1.2.1 Conception, objectif et choix de la cible

Remarque générale : dans ce chapitre, les mots « sondage » et « questionnaire » sont synonymes et désignent les questions posées au panel, en annexe A – 1. Les mots « sondé » et « répondant » sont également synonymes et désignent les personnes ayant répondu au sondage.

L'objectif de ce sondage est de percevoir le niveau général de connaissances des Français quant aux conduites à tenir en cas d'incendie dans un tunnel ou dans un bâtiment. Pour que le résultat du sondage ne soit pas biaisé, il s'agissait d'adresser le questionnaire à un panel de répondants choisi autant que possible au hasard. La durée du sondage est arbitrairement fixée à vingt jours, du 24 mai au 12 juin 2017, ou moins si la cible visée est atteinte avant la date de clôture du sondage.

Initialement, trois caractéristiques sont ciblées :

- le genre ;
- la tranche d'âge ;
- la catégorie socio-professionnelle.

Pour la caractéristique tranche d'âge, on émet l'hypothèse que les personnes les plus confrontées au risque incendie et les plus aptes à répondre à un questionnaire en ligne sont les personnes de la tranche 13 – 69 ans. On a vu précédemment que les deux tranches les plus vulnérables (au niveau mondial) étaient les enfants de moins de 4 ans et les personnes âgées de plus de 70 ans. Cependant, cette population est difficile à sonder par un questionnaire adressé par internet ; pour connaître leur position, un questionnaire papier ou éventuellement un sondage téléphonique serait plus adapté.

Ainsi, on considèrera uniquement dans la cible les personnes âgées de 13 à 69 ans. Les pourcentages ciblés selon chaque caractéristique sont ceux de la population française en 2016 [4] et sont donnés dans le tableau 1 qui suit :

Genre	Femmes : 51,5 % Hommes : 48,5 %
Tranche d'âge	13 – 29 ans : 30 % 30 – 39 ans : 19 % 40 – 49 ans : 20 % 50 – 59 ans : 20 % 60 – 69 ans : 11 %
Catégorie socio-professionnelle	Employés : 27,4 % Professions intermédiaires : 25,8 % Ouvriers : 20,3 % Cadres et professions intellectuelles supérieures : 17,8 % Artisans, exploitants, chefs d'entreprise : 6,6 % Agriculteurs exploitants : 1,8 % Non déterminé : 0,4 %

Tableau 1 : Cible du sondage

Afin que l'échantillon soit représentatif de la population française, il faut au minimum 385 répondants, selon l'Équation 1 : calcul du nombre minimum de sondés :

$$N = \frac{t^2 * p * (1 - p)}{m^2}$$

$$N = \frac{1{,}96^2 * 0{,}5 * (1 - 0{,}5)}{0{,}05^2} = 384{,}16\ personnes$$

$$avec \begin{cases} \boldsymbol{N} : taille\ de\ l'échantillon \\ \boldsymbol{t} : niveau\ de\ confiance\ selon\ la\ loi\ normale\ centrée\ réduite \\ \quad Pour\ un\ niveau\ de\ confiance\ de\ 95\ \%, t = 1{,}96 \\ \boldsymbol{p} : proportion\ estimée\ de\ la\ population\ qui\ représente\ la\ caractéristique \\ \quad Lorsque\ inconnue, on\ considère\ p = 0{,}5\ car\ cela\ donne\ la\ dispersion\ la\ plus\ grande \\ \boldsymbol{m} : marge\ d'erreur\ tolérée. On\ prend\ ici\ 5\ \%\ de\ marge, soit\ m = 0{,}05 \end{cases}$$

Équation 1 : calcul du nombre minimum de sondés

1.2.2 Réalisation du sondage

Le sondage se présente en quatre parties : i) informations générales, ii) cas d'un incendie en tunnel, iii) cas d'un incendie dans un bâtiment et iv) coordonnées du sondé s'il souhaite recevoir l'analyse du sondage. L'annexe A – 1 détaille l'énoncé du sondage, qui s'intéresse à deux thèmes principaux : la réaction face à un incendie en tunnel et la réaction face à un incendie dans un bâtiment. L'énoncé est toutefois brièvement rappelé ci-dessous.

Dans un premier temps, il est demandé au sondé de donner ses caractéristiques, à savoir tranche d'âge, sexe et profession. La personne est ensuite invitée à détailler si elle a déjà été confrontée à un incendie ainsi que les informations qu'elle a reçues sur les conduites à tenir en situation d'incendie le cas échéant.

Dans un deuxième temps, la personne sondée est invitée à parler de sa réaction supposée si elle était confrontée à un incendie dans un tunnel. Il lui est demandé par question fermée si elle choisirait de rester dans sa voiture ou non et d'appeler les sapeurs-pompiers ou non. Après ces questions générales, il est demandé par questions ouvertes la réaction du sondé face à une personne intoxiquée par les fumées, ainsi que sa réaction s'il est lui-même pris dans les fumées et que sa visibilité est très réduite. Pour terminer la deuxième partie du sondage, le sondé est invité à répondre par oui ou non s'il s'était déjà posé ces questions avant le sondage. Cela permet lors de l'analyse des réponses, de percevoir si ce questionnaire a permis une prise de conscience chez le répondant.

Dans un troisième temps, le thème abordé est l'incendie dans un bâtiment. Les questions posées dans cette partie reprennent la même logique que la précédente : des questions générales suivies de questions de mise en situation. Il est d'abord demandé quel volume d'eau est nécessaire pour éteindre un incendie après dix minutes de feu et quel est le paramètre le plus dangereux pour les personnes au cours d'un incendie. Les questions suivantes mettent le répondant dans des situations particulières : incendie survenant dans la pièce où il se trouve, à un étage supérieur à celui où il se trouve, à un étage inférieur et enfin il lui est demandé ses réactions si de la fumée commence à s'introduire sous la porte de la pièce dans laquelle il se trouve.

Enfin, *dans un dernier temps*, le sondé peut s'il le souhaite renseigner ses coordonnées et cocher une case pour recevoir les résultats du sondage.

N.B. L'outil utilisé pour la réalisation du sondage est le site internet www.sondageonline.fr, qui propose une option destinée aux étudiants permettant de créer des sondages d'une durée d'un mois et sans limite du nombre de réponses.

Pour atteindre la cible fixée dans le Tableau 1 : Cible du sondage, l'échantillon de répondants est choisi aléatoirement parmi la population française. Un échantillon est dit représentatif lorsqu'il possède les mêmes caractéristiques que la population mère que l'on étudie – la population française dans notre cas. Le choix de l'échantillon n'est pas exactement aléatoire dans la pratique : le questionnaire est en effet dans un premier temps diffusé dans le réseau d'une université et d'un lycée[4], il est ensuite demandé aux répondants d'adresser à leur tour le sondage à des connaissances d'un horizon différent du leur et ainsi de suite. Afin de diversifier davantage l'origine des répondants, le sondage a également été posté sur les réseaux sociaux, en incitant les sondés à le partager à leur tour.

De cette façon, **au bout des 20 jours de sondage, le panel comportait 431 sondés, hommes et femmes en proportions équivalentes**, de toutes les tranches d'âge et d'horizons socio-professionnels divers. Les deux graphiques qui suivent comparent la répartition des sondés en termes de tranche d'âge et de catégorie socio-professionnelle à la répartition française moyenne. *Remarque :* les données relatives à la population française sont ici les données de l'INSEE pour l'année 2016. Dans les graphiques qui suivent, la répartition moyenne française est appelée « population réelle », en comparaison à la « population sondée » qui est la population de l'échantillon.

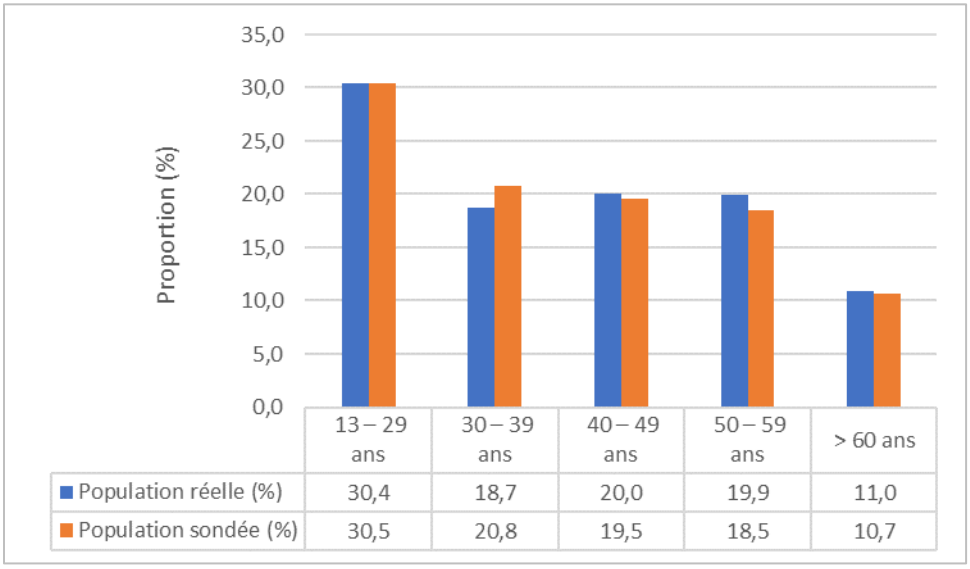


Figure 3 : Comparaison France / échantillon selon la caractéristique tranche d'âge

La différence entre les populations réelle et sondée n'est pas significative (maximum de 2,1 %). On peut alors considérer que l'échantillon est représentatif de la population française au regard de la caractéristique tranche d'âge.

[4] Université : ENTPE et lycée : lycée du Parc à Lyon

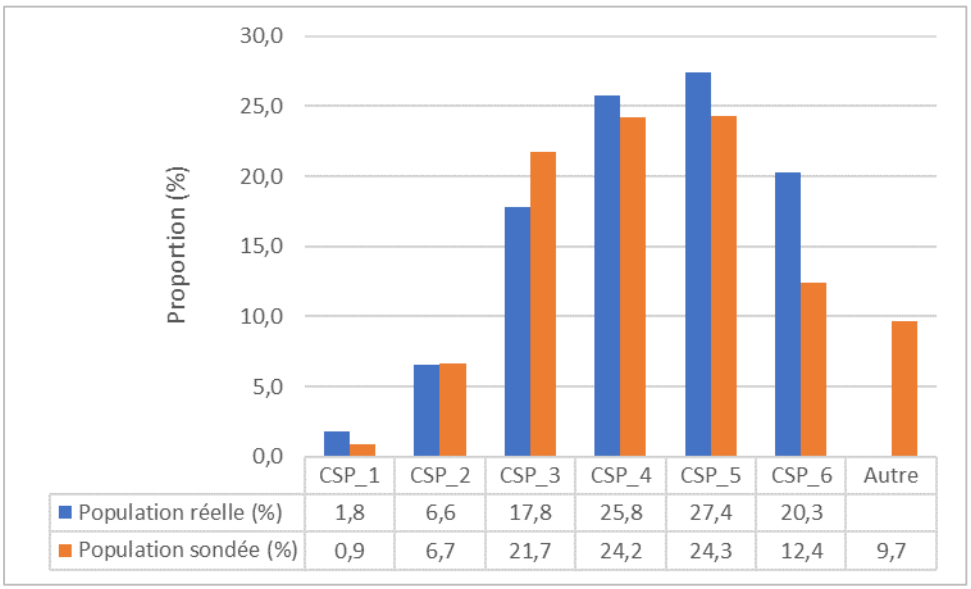


Figure 4 : Comparaison France / échantillon selon la caractéristique catégorie socio-professionnelle

Légende de la figure 2 :

- CSP_1 : Agriculteurs exploitants
- CSP_2 : Artisans, commerçants et chefs d'entreprise
- CSP_3 : Cadres et professions intellectuelles supérieures
- CSP_4 : Professions intermédiaires
- CSP_5 : Employés
- CSP_6 : Ouvriers
- Autre : retraité p. ex.

Pour la caractéristique catégorie socio-professionnelle, il existe une différence entre les populations réelle et sondée. En effet, l'échantillon comporte trop de CSP 3 et pas assez de CSP 6 par rapport à la population réelle. Cependant, près de 10 % de l'échantillon sondé n'a pas souhaité communiquer sa catégorie socio-professionnelle. On peut supposer dans le meilleur des cas que les personnes qui n'ont pas répondu à cette question se situaient principalement dans la CSP 6, mais il n'existe aucun moyen de le vérifier. Nous prendrons donc pour hypothèse que cette différence entre l'échantillon et la population mère n'impacte pas la représentativité des résultats.

1.3 Analyse des résultats du sondage

Les résultats du sondage sont traités dans le même ordre que les questions posées dans le questionnaire. Le panel des répondants est constitué de 431 personnes.

1.3.1 Informations générales

Le panel des répondants se distribue de la manière suivante :

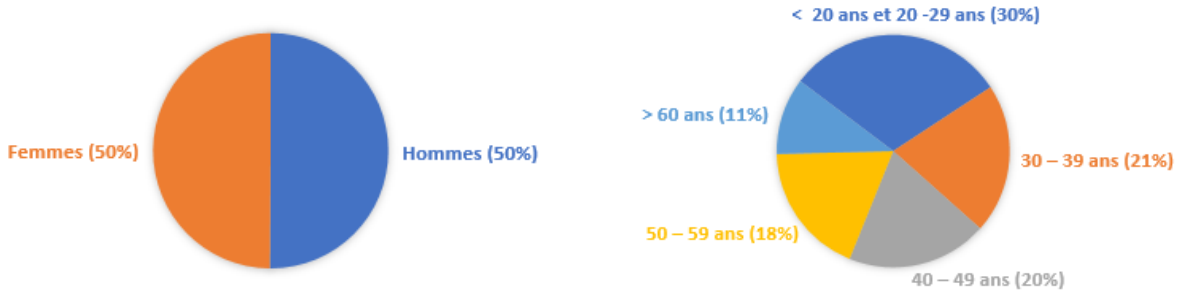


Figure 5 : Distribution des répondants en sexe et tranche d'âge

Figure 6 : Localisation de la provenance des répondants vivant en France métropolitaine et ayant renseigné ce champ

L'expérience des sondés face au risque incendie se distribue de la manière qui suit, Figure 7:

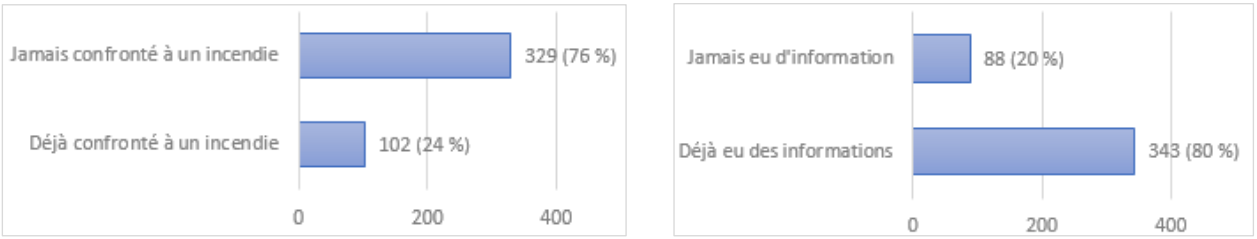


Figure 7 : Expérience des sondés avec l'incendie

Ainsi, une grande majorité des sondés n'a jamais été confrontée à un incendie, mais a déjà reçu des informations sur les conduites à tenir en cas d'incendie. Il paraît opportun de combiner les deux histogrammes afin de visualiser si les personnes confrontées à un incendie avaient déjà connaissance des conduites à tenir en cas d'incendie. Il apparaît alors que sur les 102 personnes sondées ayant déjà été confrontées à un incendie, 77 d'entre elles (soit les trois quarts) avaient déjà bénéficié d'informations sur les conduites à tenir dans une telle situation.

Intéressons-nous aux 25 % confrontés à un incendie et sans connaissance particulière sur les conduites à tenir.

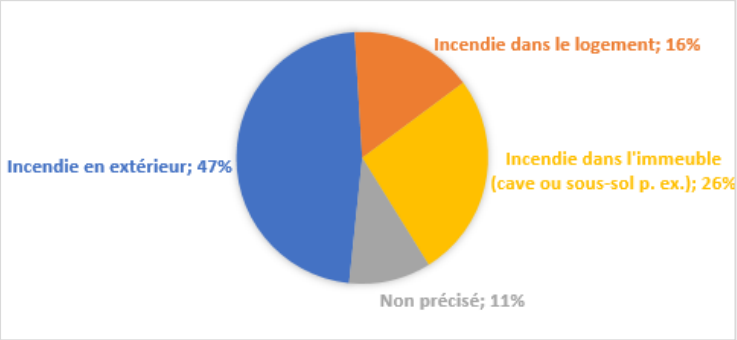


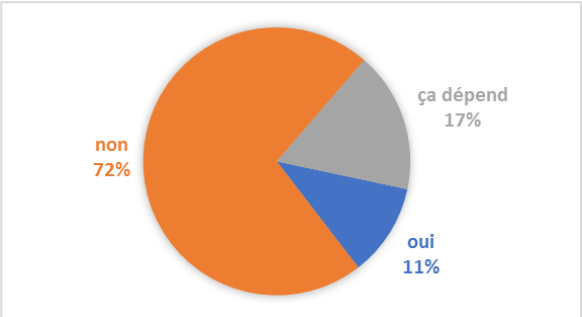
Figure 8 : Localisation des incendies vécus par les sondés n'ayant pas reçu de formation incendie

Pour la plupart d'entre eux, il s'agissait d'un incendie en dehors de leur logement ou de la pièce dans laquelle ils se trouvaient ; le feu ne les impactait donc pas directement. Dans leurs cas, l'incendie a été pris en charge par les sapeurs-pompiers sans action de leur part contre les flammes.

Les personnes sans formation incendie et dont le feu s'est déclaré dans leur logement ont eu le réflexe de quitter les lieux avant que l'incendie ne prenne trop d'ampleur et d'alerter le voisinage ou les sapeurs-pompiers.

1.3.2 Cas d'un incendie dans un tunnel

Dans cette partie, il est demandé dans un premier temps aux répondants de détailler leur réaction s'ils sont confrontés à un incendie dans un tunnel. La première question était de savoir s'ils resteraient ou non dans leur voiture. Leurs réponses se distribuent comme suit :



Dans une telle situation, il ne faut en aucun cas rester dans la voiture. On remarque alors que 11 % des répondants n'ont pas le bon réflexe.

Les sondés qui ont souhaité recevoir le bilan du sondage ont reçu dans le même document un logigramme, présenté en Figure 9, qui leur permet de connaître de façon très simple les réflexes à adopter.

Figure 9 : Réaction des sondés face à un incendie en tunnel. Rester dans la voiture : oui ou non ?

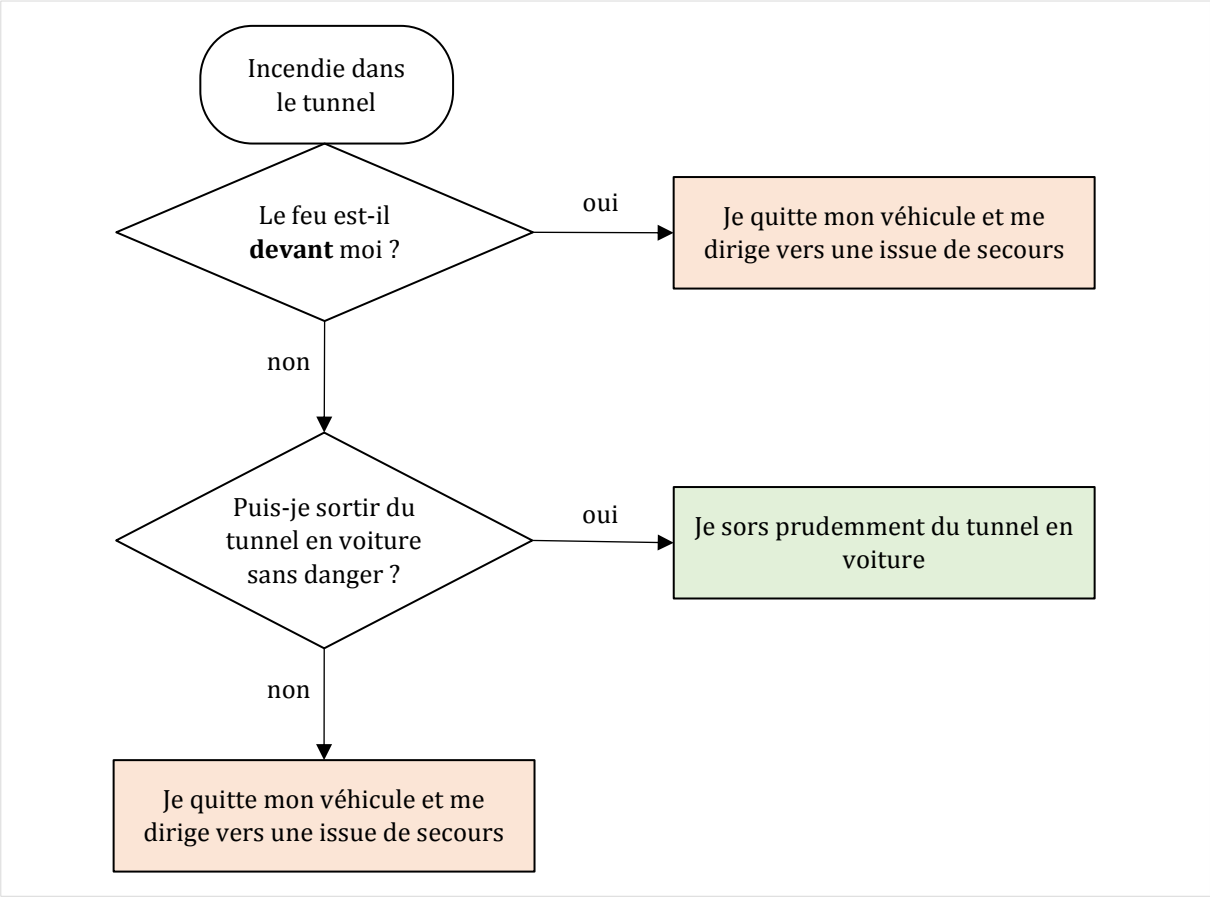
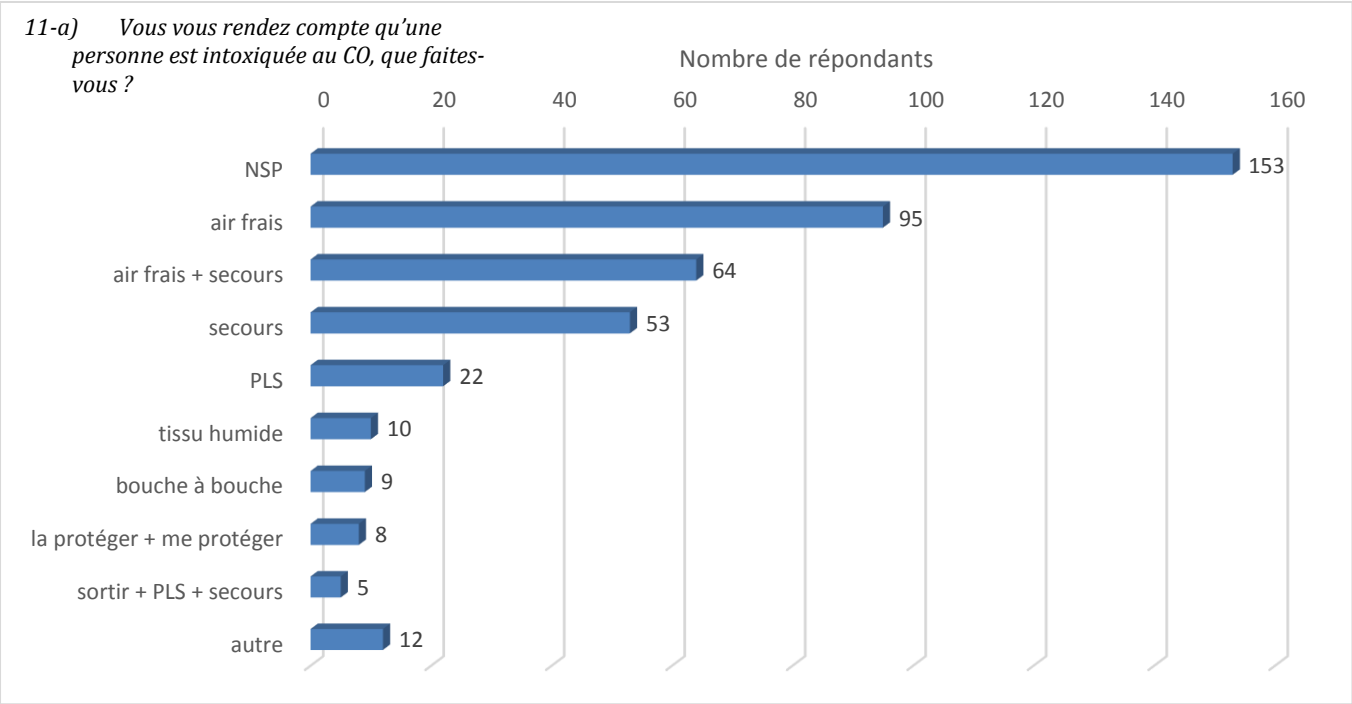


Figure 10 : Logigramme proposé aux sondés relatif à la conduite à tenir avec sa voiture en cas d'incendie dans un tunnel

Plus loin dans le questionnaire, il est demandé aux répondant leur réaction dans deux situations : premièrement face à une personne intoxiquée par les fumées, ensuite si leur visibilité est très réduite. Les réponses sont détaillées dans la Figure 11.



Légende de la *question 11-a)* :

NSP	Ne sait pas
Air frais	Faire respirer de l'air frais à la victime
Air frais + secours	Faire respirer de l'air frais à la victime et alerter les secours
Secours	Alerter les secours (15, 17, 18, 112)
PLS	Mettre la victime en position latérale de sécurité
Tissu humide	Faire respirer la victime dans un tissu humide
Bouche à bouche	Pratiquer le bouche-à-bouche sur la victime
La protéger + me protéger	Venir en aide à la victime tout en ne se mettant pas en danger
Sortir + PLS + secours	Faire respirer de l'air frais à la victime, la mettre en PLS si elle est inconsciente et alerter les secours
Autre	Autre (p. ex. ne rien faire, paniquer, lui donner à manger, etc.)

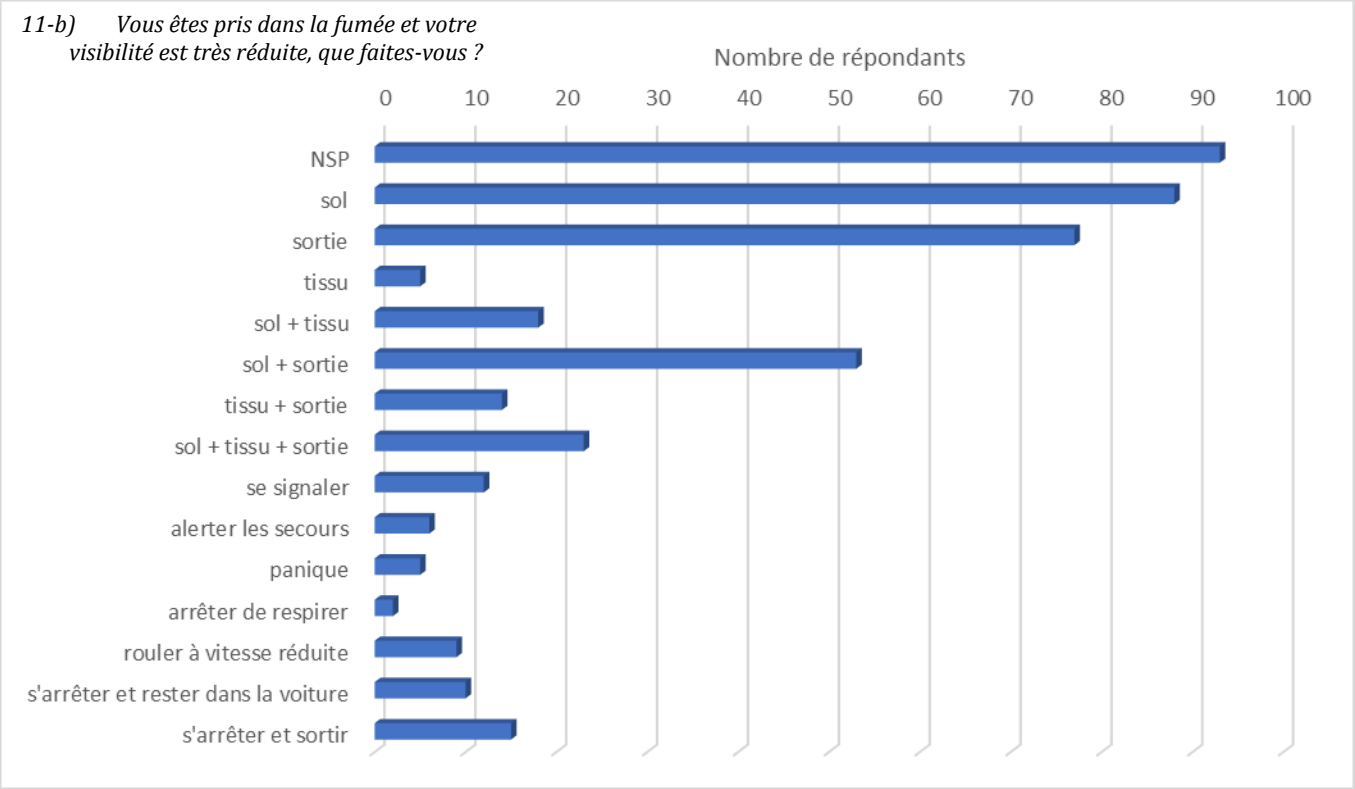


Figure 11 : Réponses face à a) une personne intoxiquée au CO et b) une visibilité très réduite par les fumées

Ces résultats montrent qu'il existe un défaut de réflexe chez un grand nombre de personnes en France : plus de 35 % déclarent ne pas savoir comment réagir s'ils sont face à une personne intoxiquée au monoxyde de carbone et plus de 20 % déclarent ne pas savoir comment réagir s'ils sont dans un tunnel avec une visibilité très réduite. De plus, parmi les réponses, une grande majorité se révèle incomplète. Par exemple, dans le cas d'une personne intoxiquée au CO, en plus d'essayer de déplacer la victime dans un endroit disposant d'air frais, il est également nécessaire d'alerter les secours. Ainsi, moins de 10 % des sondés ont la bonne réaction face à une personne intoxiquée ou en situation de visibilité très réduite dans un tunnel.

Ce résultat soulève la nécessité de plus communiquer sur le risque incendie, et pas uniquement sur les incendies à domicile. Il serait par exemple intéressant de traiter ce sujet en classe, au collège, au lycée ou même en enseignement supérieur. Le Code de l'Éducation [15] indique d'ailleurs que tous les élèves doivent acquérir au cours de leur scolarité les savoirs et les comportements nécessaires pour prévenir une situation de danger, pour se protéger et pour porter secours. Proposer aux étudiants de concevoir eux-mêmes des fiches pédagogiques pour communiquer sur le risque incendie peut être un excellent moyen d'instruire la population à ce sujet et d'éduquer à la responsabilité face aux risques. Un exemple de document pédagogique sur les risques en général est présenté en annexe A – 2. C'est un plan familial de mise en sûreté, document réalisé à destination des habitants d'un même logement, pour caractériser les principaux risques encourus dans leur habitation et les réactions à avoir en cas de survenue d'un des risques évoqués.

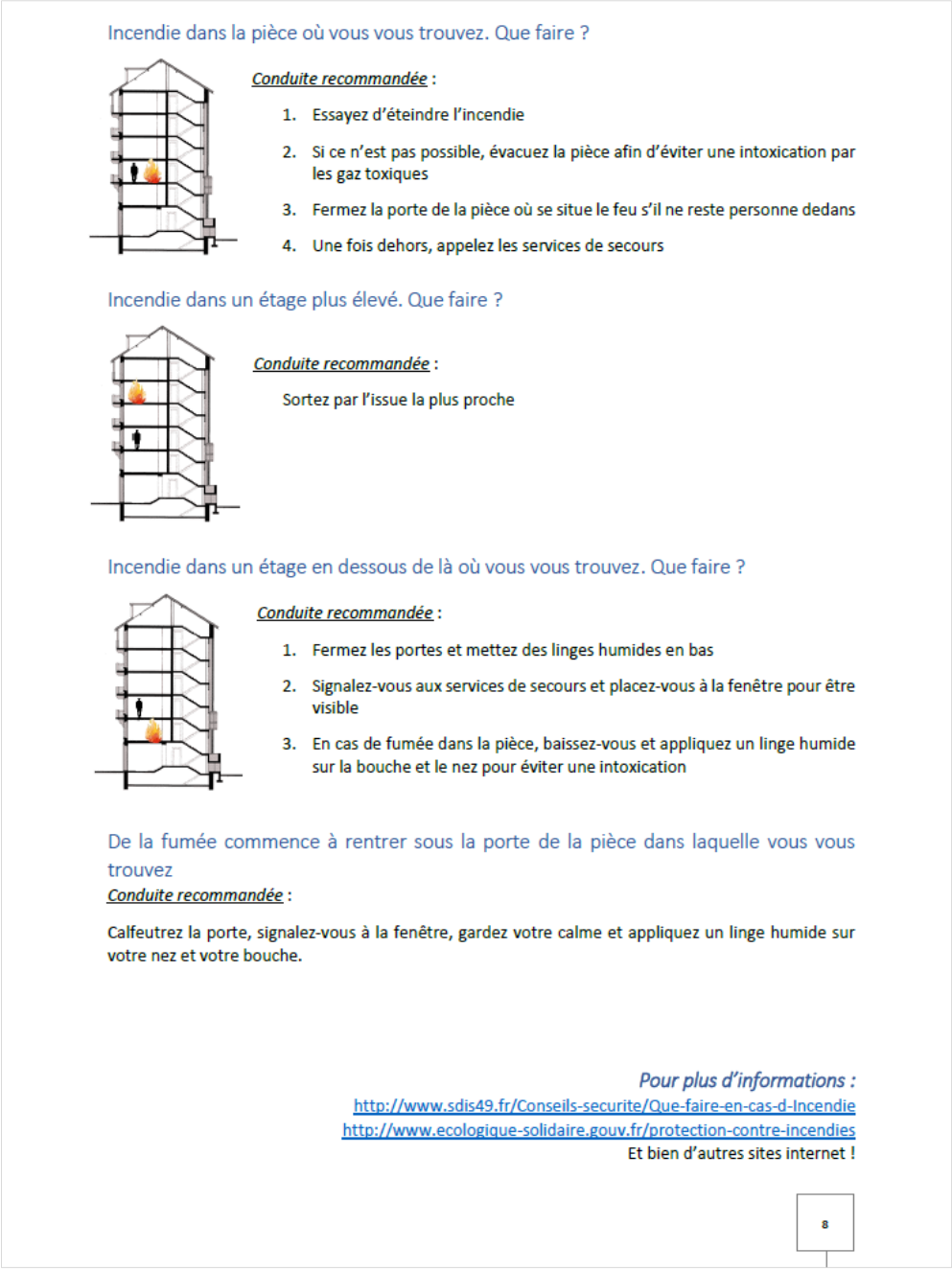
1.3.3 Cas d'un incendie dans un bâtiment

Cette troisième partie du questionnaire s'intéresse aux connaissances du panel face à un incendie dans un bâtiment.

Quatre situations étaient proposées : i) incendie dans la pièce où je me trouve, ii) incendie dans un étage supérieur à celui où je me trouve, iii) incendie dans un étage inférieur et enfin iv) de la fumée commence à rentrer sous la porte de la pièce dans laquelle je me trouve.

De la même manière que pour la situation d'incendie en tunnel, un grand nombre de sondés ne connait pas les bons réflexes, même si leur proportion est plus faible que pour les situations en tunnel. Globalement, moins de la moitié des répondants sait réagir dans chacune des quatre situations proposées, et certaines personnes ont de fausses convictions sur les gestes à adopter.

Afin d'informer les sondés sur les conduites recommandées par les services spécialisés dans les situations données, ceux qui le souhaitaient se sont vu remettre un pense-bête pour chaque situation :



Incendie dans la pièce où vous vous trouvez. Que faire ?

Conduite recommandée :

1. Essayez d'éteindre l'incendie
2. Si ce n'est pas possible, évacuez la pièce afin d'éviter une intoxication par les gaz toxiques
3. Fermez la porte de la pièce où se situe le feu s'il ne reste personne dedans
4. Une fois dehors, appelez les services de secours

Incendie dans un étage plus élevé. Que faire ?

Conduite recommandée :

Sortez par l'issue la plus proche

Incendie dans un étage en dessous de là où vous vous trouvez. Que faire ?

Conduite recommandée :

1. Fermez les portes et mettez des linges humides en bas
2. Signalez-vous aux services de secours et placez-vous à la fenêtre pour être visible
3. En cas de fumée dans la pièce, baissez-vous et appliquez un linge humide sur la bouche et le nez pour éviter une intoxication

De la fumée commence à rentrer sous la porte de la pièce dans laquelle vous vous trouvez

Conduite recommandée :

Calfeutrez la porte, signalez-vous à la fenêtre, gardez votre calme et appliquez un linge humide sur votre nez et votre bouche.

Pour plus d'informations :

http://www.sdis49.fr/Conseils-securite/Que-faire-en-cas-d-Incendie

http://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/protection-contre-incendies

Et bien d'autres sites internet !

8

Figure 12 : Pense-bête sur les réactions recommandées à avoir lors d'un incendie dans un bâtiment

Source : Extrait du bilan du sondage envoyé aux répondants

1.3.4 Intérêt des répondants pour le sondage

S'ils le souhaitaient, dans le dernier champ du questionnaire, les sondés pouvaient laisser leurs coordonnées afin de recevoir les résultats du sondage et les conduites recommandées en situation d'incendie dans un tunnel ou un bâtiment. Sur les 431 sondés, 226 personnes ont souhaité recevoir ces informations, soit plus de 52 % de l'échantillon. Cela témoigne d'un intérêt majeur de la population envers la connaissance des conduites à tenir en situation d'incendie.

1.4 Conclusion du sondage

En conclusion de ce sondage, on constate qu'une majorité de la population n'a pas les bons réflexes en situation d'incendie dans un tunnel ou dans un bâtiment. Néanmoins, cela n'est pas dû à un désintérêt ou une mauvaise volonté, car plus de la moitié des sondés a souhaité en savoir davantage.

Ces résultats soulèvent la question de la culture du risque incendie au sein de la population française.

D'après la définition du site Géorisques[5], la « culture du risque » est la connaissance par tous les acteurs (élus, techniciens, citoyens, etc.) des phénomènes naturels et l'appréhension de la vulnérabilité.

Cette définition s'étend également au risque incendie. L'information des populations, et ceci dès le plus jeune âge, est un moteur essentiel pour faire progresser la culture du risque incendie. Celle-ci doit permettre d'acquérir des règles de conduite et des réflexes, mais aussi de débattre collectivement des pratiques, des positionnements ou encore des enjeux.

Développer la culture du risque serait synonyme d'amélioration de l'efficacité de la prévention et de la protection. En faisant émerger tout une série de comportements adaptés lorsqu'un événement majeur survient, la culture du risque permet une meilleure gestion de la situation conduisant à une meilleure protection de la population.

1.5 Problématique étudiée

Il apparaît cependant qu'enrichir la culture du risque incendie est une solution qui ne se suffit pas à elle-même pour limiter au maximum les conséquences d'un incendie.

Avoir les bons réflexes est certes un élément essentiel, mais il est également nécessaire de prévenir techniquement le risque à la source pour améliorer davantage les méthodes de gestion de la situation en cas d'incendie.

Cela peut se faire à travers différents dispositifs comme :

- la pose de détecteurs et avertisseurs autonomes de fumée (DAAF), obligatoires dans les logements privés depuis 2015 en France ;
- les études d'ingénierie du désenfumage ;
- les retours d'expériences (REX), soit sur des évènements passés, soit sur des exercices de pré-exploitation in situ.

Depuis mars 2015, les logements privés en France sont tenus d'être pourvus de DAAF. L'équipement est obligatoire mais les assureurs ne peuvent pas sanctionner les personnes en cas de non installation. Il est cependant possible que l'assureur favorise l'installation en proposant des réductions sur le tarif de l'assurance habitation. En résumé, dans tous les cas, pour les personnes ayant souscrit la garantie incendie dans leur contrat d'assurance habitation, le

[5] Géorisques : site du réseau developpement-durable.fr

logement sera couvert en cas d'incendie qu'il soit équipé d'un détecteur ou non. Par ailleurs, deux ans après la mise en application du décret rendant leur installation obligatoire, il est encore trop tôt pour juger du degré d'efficacité de ces détecteurs dans la limitation du nombre de victimes d'incendies.

Dans la suite sont développées deux dispositifs d'amélioration de la sécurité des personnes en cas d'incendie :

- les études de ventilation et de désenfumage (chapitre 2) et
- les retours d'expériences (chapitre 3).

2 ÉTUDE DE CAS DE VENTILATION ET DE DESENFUMAGE ET SIMULATIONS NUMERIQUES

Ce chapitre traite de l'amélioration de la sécurité des personnes dans un milieu bâti type M « magasins de vente, centres commerciaux » au sens de l'arrêté du 25 juin 1980. En France, les règles à respecter en matière de sécurité incendie dans les établissements recevant du public sont édictées par le règlement de sécurité contre l'incendie relatif aux établissements recevant du public, initialement approuvé par l'arrêté du 25 juin 1980 [5].

Selon la norme NF EN ISO 13 943 de mars 2011, l'ingénierie de la sécurité incendie désigne l'application des méthodes d'ingénierie, fondées sur des principes scientifiques, au développement ou à l'évaluation de conceptions dans un environnement bâti au moyen de l'analyse de scénarios d'incendie spécifiques.

L'ingénierie du désenfumage désigne en France l'application de ces méthodes dans le but d'évaluer l'acceptabilité d'une installation de désenfumage dans un ou plusieurs espaces prédéfinis, comme une circulation, un local ou un atrium.

Ainsi, une étude d'ingénierie de désenfumage est la mise en œuvre d'une démarche d'ingénierie du désenfumage pour une ou plusieurs zones de désenfumage[6].

L'ingénierie du désenfumage :

- permet d'agir, en amont, dans la conception des installations de désenfumage des infrastructures ;
- dans des bâtiments déjà construits, permet d'évaluer l'efficacité des installations de désenfumage. Si l'efficacité est jugée bonne : pas de problème. Si l'efficacité ne permet pas d'assurer la sécurité des usagers, des mesures compensatoires doivent être prises et/ou l'installation de désenfumage doit être révisée.

2.1 Étude de cas

L'étude de cas réalisée est décrite dans ce paragraphe. L'environnement choisi est un centre commercial et on s'intéresse dans cette étude au désenfumage de son mail[7]. Une étude de ce type se déroule en plusieurs temps :

- Définition du scénario d'incendie de dimensionnement ;
- Vérification du dimensionnement du désenfumage ;
- Estimation du temps de mise en œuvre du désenfumage et du temps d'évacuation des occupants ;
- Vérification des prédictions par la simulation numérique.

2.1.1 Définition du scénario d'incendie de dimensionnement

Un scénario est une description qualitative du déroulement d'un incendie dans le temps, identifiant les évènements clés qui caractérisent l'incendie et le différencient des autres incendies potentiels [10]. Comme le nombre de scénarios possibles est quasi infini et qu'il serait impossible de tous les analyser, il apparaît nécessaire d'en identifier certains, spécifiques et quantitatifs, que l'on nommera incendies de dimensionnement. En ingénierie du désenfumage, un scénario de dimensionnement regroupe l'ensemble des éléments susceptibles d'influencer l'enfumage d'un bâtiment et ses conséquences.

---

[6] Zone de désenfumage : zone que l'on choisit de désenfumer dans le scénario

[7] Mail : voie piétonnière à l'intérieur d'un centre commercial

Le mot « risque » est définit par l'ancien MEEDDM[8] [16] comme la possibilité de survenue d'un dommage résultant d'une exposition à un phénomène dangereux. Dans la littérature scientifique, un risque est souvent défini comme le produit d'un aléa par la vulnérabilité des éléments exposés (les enjeux) et par la valeur de ces éléments :

$$Risque = aléa * vulnérabilité\ des\ enjeux * valeur\ des\ enjeux$$

Pour classer les risques, on utilise la notion de niveau de risque. Le niveau de risque est le produit d'une probabilité d'occurrence par la gravité des conséquences.

$$Niveau\ de\ risque = probabilité * gravité$$

Dans ce chapitre, l'incendie de dimensionnement n'est pas obligatoirement très grave ou très probable, ce qui importe est la combinaison entre ces deux facteurs

Dans notre cas, on considère un incendie qui se déclare dans un kiosque de vente se trouvant au rez-de-chaussée d'un centre commercial de deux étages (R+1 et R+2). Le bâtiment comporte deux issues de secours situées au rez-de-chaussée (notées IS sur le schéma qui suit, Figure 14). Pour rejoindre les étages inférieurs, les occupants du bâtiment peuvent utiliser deux escaliers par étage.

La définition des incendies de dimensionnement est réalisée par l'organisme reconnu compétent[9], en concertation avec le maître d'ouvrage. Dans notre cas, les paramètres du scénario sont les suivants :

- Géométrie de l'ouvrage

La géométrie du mail est présentée en Figure 14. Les magasins du centre commercial ne sont pas représentés sur cette vue, ils se situent tout autour du mail. Le rez-de-chaussée dispose d'un kiosque de vente d'une surface de 64 m^2 et de deux issues de secours. Sa surface hors magasin est de 736 m^2 et il est relié à l'étage R+1 par deux escaliers. L'étage R+1 a une surface de 413 m^2 et est relié à l'étage R+2 par deux escaliers. L'étage R+2 a une surface de 366 m^2.

- Exutoires et amenées d'air

L'ouvrage présente deux entrées d'air qui sont les issues de secours IS 1 et IS 2 et trois exutoires sont situés au niveau de la couverture :

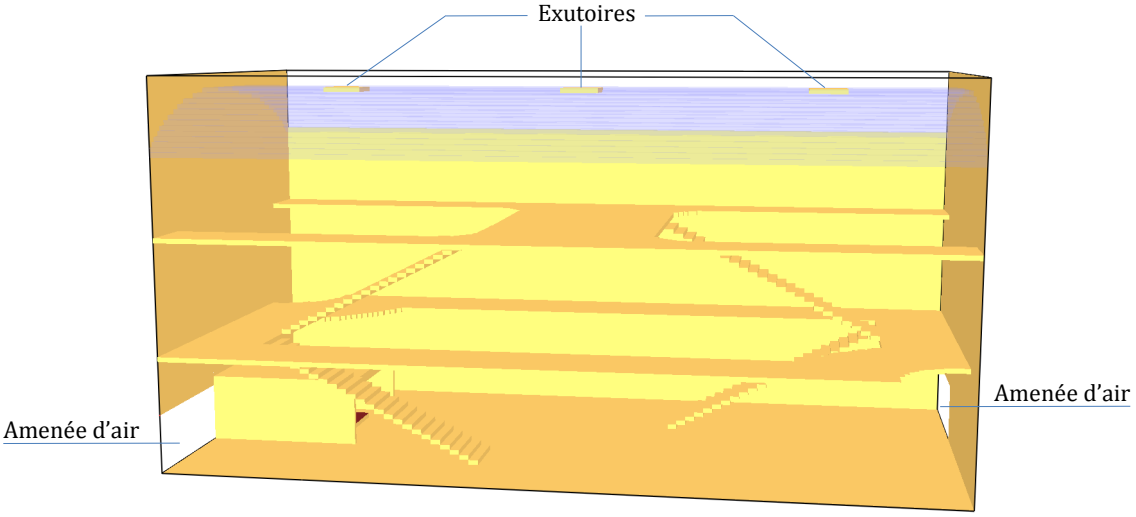


Figure 13 : Position des deux amenées d'air et des trois exutoires

[8] MEEDDM : ancien nom du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire

[9] Organisme reconnu compétent : organisme qui réalise l'étude d'ingénierie du désenfumage. La réalisation d'une telle étude nécessite une reconnaissance de compétence, délivrée par le ministère de l'intérieur et publiée au journal officiel sous la forme d'un avis.

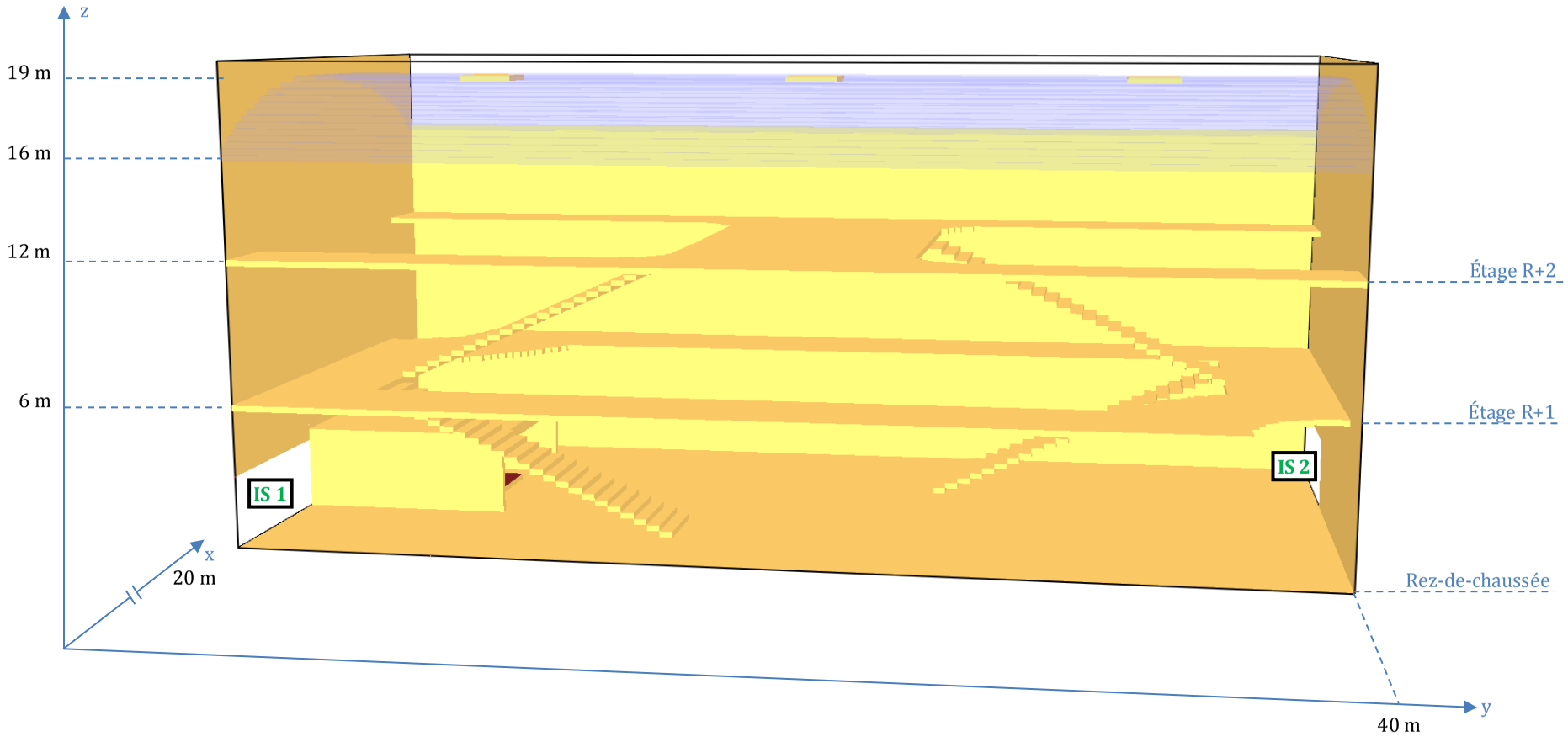


Figure 14 : Vue d'ensemble du mail du centre commercial

- <u>Puissance du feu et cinétique de combustion</u>

La cinétique de combustion, qui désigne par extension l'évolution temporelle du débit calorifique[10], est également appelée terme source ou source prescrite. Il s'agit d'un paramètre clé, surtout dans les premiers instants du scénario, quand le désenfumage n'est pas encore activé ou pleinement établi [8]. Dans notre cas, nous choisissons de modéliser une montée linéaire en puissance de feu, la puissance maximale de 12 MW étant atteinte 8,5 minutes après le départ du feu, comme le préconise le guide des bonnes pratiques pour les études d'ingénierie de désenfumage dans les établissements recevant du public [8, p. 64]. Le taux massique de production de suie (SOOT_YIELD dans la Figure 15) est fixé à 5 % et l'enthalpie de combustion (HEAT_OF_COMBUSTION) à 25 kJ/kg, toujours selon le guide des bonnes pratiques.

```
% Réaction de combustion
&REAC   C = 4.9
        H = 7.9
        O = 1.7
        SOOT_YIELD = 0.05
        CO_YIELD = 0.02
        HEAT_OF_COMBUSTION = 25000/

% Type de surface modélisant la face supérieure débitant du gaz combustible
&SURF   ID='FOYER'
        HRRPUA = 600.0
        RAMP_Q = 'HRR_CURVE'
        RGB = 128 32 32/

% Foyer
&OBST XB=9.0 13.0 2.0 7.0 0.0 0.2 SURF_IDS='FOYER' PERMIT_HOLE=.FALSE./ % foyer 20 m² x 600 kW/m² => 12 MW (feu 4 selon guide LCPP)

&RAMP ID='HRR_CURVE' T= 0   F=  0.0 /
&RAMP ID='HRR_CURVE' T= 510 F=  1.0 / % Montée linéaire en puissance, puissance max atteinte à 8.5 minutes selon guide LCPP
```

Figure 15 : Extrait du code de modélisation, relatif aux caractéristiques du feu de dimensionnement

Le coefficient d'extinction de la lumière est le logarithme népérien du rapport de l'intensité lumineuse incidente à l'intensité lumineuse émise, par unité de longueur de la trajectoire optique. Ce coefficient s'exprime donc en m^{-1}. Il traduit l'atténuation de la lumière, due notamment à la présence de suies (soot en anglais).

L'enthalpie de combustion est l'énergie dégagée sous forme de chaleur par la réaction de combustion d'une unité de masse de combustible dans les conditions normales de température et de pression. L'enthalpie de combustion s'exprime en J/kg. Lorsque le combustible est solide, cette enthalpie est influencée, le cas échéant, par des paramètres extérieurs comme l'humidité ou la ventilation. [8]

2.1.2 Vérification du dimensionnement du désenfumage

D'après l'instruction technique n°246 [6], pour les évacuations de fumées et les amenées d'air, aucune ouverture ne doit avoir une de ses dimensions inférieure à 0,20 m.

Dans notre cas, les deux amenées d'air – qui sont également les issues de secours – sont de dimension 7 m * 3 m : la condition de l'IT 246 est donc respectée pour les amenées d'air. Les trois exutoires sont de dimension 2 m * 2 m : la condition est également respectée pour les exutoires.

Cependant, la hauteur du mail n'est pas traitée par l'IT 246 (qui s'arrête à une hauteur de 15 m). Il n'est donc pas possible d'utiliser l'IT 246 et le recours à l'ingénierie du désenfumage s'impose.

[10] <u>Débit calorifique</u> : quantité de chaleur dégagée par unité de temps, en Watts (W)

2.1.3 Estimation du temps de mise en œuvre du désenfumage et du temps d'évacuation des occupants

Le délai entre le départ de l'incendie et le temps de mise en œuvre du désenfumage dépend des installations de détection d'incendie présentes dans le bâtiment et de leur position. Lorsqu'aucune précision n'est donnée sur ce point, évaluer le délai de mise en œuvre du désenfumage à 180 secondes paraît être une estimation raisonnable. C'est le choix qui est fait dans cette étude de cas.

Dans la pratique, ce délai dépend d'une part des installations de détection de fumées, mais également du temps de levée de doute avant de déclencher une alarme généralisée dans tout le bâtiment d'autre part.

Pour estimer le temps d'évacuation des occupants, il faut dans un premier temps estimer l'effectif des occupants. Pour ce faire, on applique l'article M 2 « calcul de l'effectif » du règlement de sécurité [5] qui indique les densités suivantes :

- Pour les mails, une personne pour 5 mètres carrés de leur surface totale
- Pour les magasins de vente
  - au rez-de-chaussée, deux personnes par mètre carré ;
  - au sous-sol et au premier étage, une personne par mètre carré ;
  - au deuxième étage, une personne par 2 mètres carrés ;
  - aux étages supérieurs, une personne par 5 mètres carrés.

On considèrera :

	Densité	Surface	Effectif = densité * surface
Mail RdC	0,2 personne / m^2	736 m^2	148 occupants
Mail R+1	0,2 personne / m^2	413 m^2	83 occupants
Mail R+2	0,2 personne / m^2	366 m^2	74 occupants
Magasins			200 occupants
			Total centre : 505 occupants

Posons quelques définitions [8] [10] avant de poursuivre :

Critère d'acceptabilité : Critère qui forme la base d'évaluation de l'acceptabilité de la sécurité de la conception d'un environnement construit. Autrement dit, c'est la condition imposée à une ou plusieurs grandeurs physiques données, en vue de définir l'acceptabilité de mesures de sécurité, au regard d'un ou de plusieurs objectifs de sécurité prédéfinis. Un critère d'acceptabilité résulte de la comparaison d'une grandeur physique calculée – comme le champ de température à hauteur de 2 m – à une valeur seuil, dite seuil d'acceptabilité. Trois critères d'acceptabilité sont imposés dans le cas de l'étude d'ERP ; ils correspondent à l'objectif de sécurité fondé sur l'évacuation du public.

Dans notre étude, nous fixons les deux seuils d'acceptabilité suivants à une hauteur de 2 m :

- La température de l'air doit être inférieure à T_{seuil} = 50 °C et
- Le coefficient d'extinction de la lumière doit être inférieur à K_{seuil} = 0,4 m^{-1}.

TAC, temps d'atteinte du critère : temps à partir duquel un critère d'acceptabilité est dépassé dans une zone spatiale préalablement définie.

ASET, available safe egress time : temps disponible pour l'évacuation en sécurité (TDES). Pour un occupant individuel, c'est l'intervalle de temps calculé entre le moment de l'allumage et le moment où les conditions sont telles que l'occupant se trouve dans l'incapacité d'exécuter une action efficace d'évacuation vers une zone de sécurité. En somme, l'ASET est égal au TAC le plus court.

RSET, required safe egress time : temps nécessaire pour l'évacuation en sécurité ou temps de mise en sécurité des personnes (TMSP). Intervalle de temps qui s'écoule entre l'allumage du feu et l'instant où les occupants sont capables de pénétrer dans une zone de sécurité.

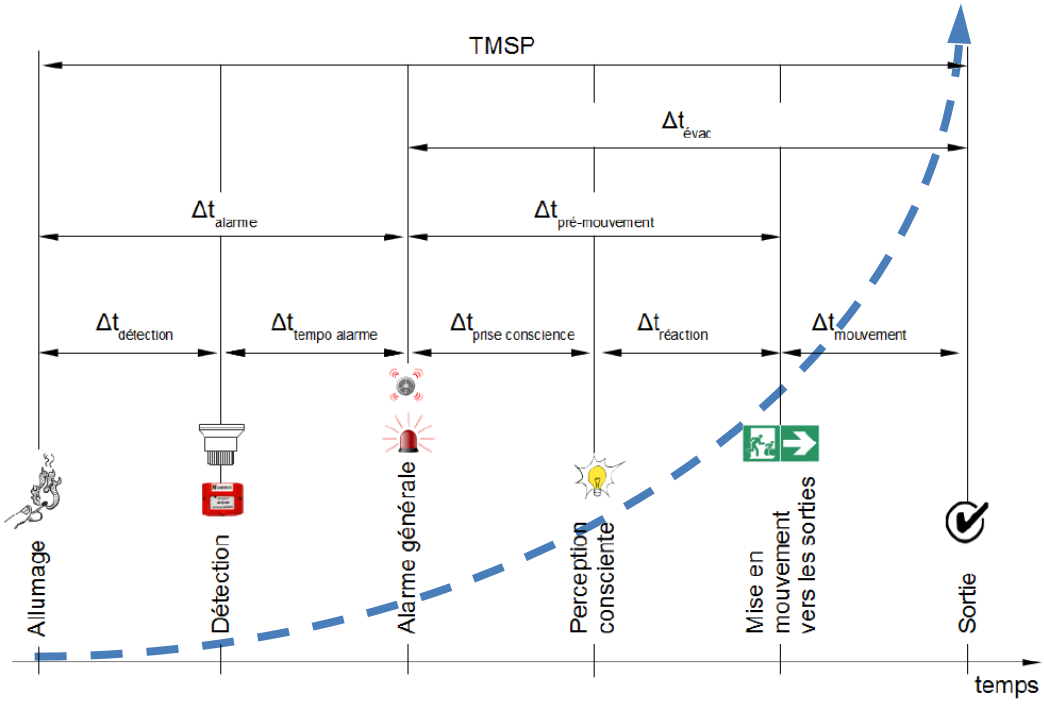


Figure 16 : Illustration des séquences de l'évacuation des occupants d'un bâtiment en cas d'incendie et évolution de la puissance de l'incendie (flèche bleue)

Calculons le temps nécessaire à l'évacuation des occupants (RSET) du centre commercial.

Pour commencer, dessinons un parcours défavorable mais probable, c'est-à-dire le chemin le plus long que peut parcourir un occupant en empruntant les chemins qu'il juge les plus praticables pour évacuer.

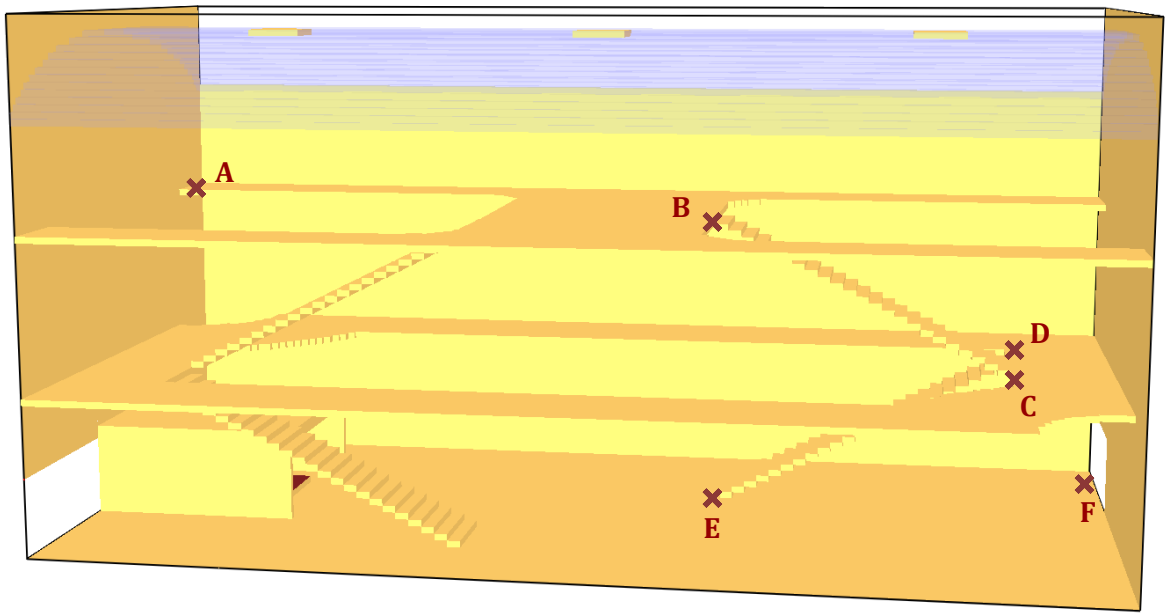


Figure 17 : Parcours d'évacuation d'un occupant se trouvant à l'étage R+2 au début de l'incendie

Segment	AB *R+2*	BC *escalier*	CD *R+1*	DE *escalier*	EF *RdC*	Total
Distance	32 mètres	14 mètres	5 mètres	14 mètres	22 mètres	90 mètres
Vitesse	1,3 m/s	1 m/s	1,3 m/s	1 m/s	1,3 m/s	
Temps (v = 1,3m/s)	25 secondes	14 secondes	4 secondes	14 secondes	17 secondes	74 secondes
Cumul	25 secondes	39 secondes	43 secondes	57 secondes	74 secondes	

Tableau 2 : Distance à parcourir par l'occupant pour évacuer et temps mouvement

La Figure 16 illustre le détail du temps nécessaire pour la mise en sécurité :

$$RSET = t_{alarme} + t_{prémouvement} + t_{mouvement}$$

$$avec \left| \begin{array}{r} \boldsymbol{t_{alarme}} : temps\ entre\ l'allumage\ de\ l'incendie\ et\ le\ déclenchement\ de\ l'alarme \\ \boldsymbol{t_{prémouvement}} : temps\ entre\ l'émission\ de\ l'alarme\ et\ le\ début\ du\ déplacement\ des\ occupants \\ \boldsymbol{t_{mouvement}} : temps\ nécessaire\ pour\ que\ tous\ les\ occupants\ se\ déplacent\ vers\ une\ sortie \end{array} \right.$$

Finalement, on considèrera :

$$t_{alarme} = 90\ secondes$$

$$t_{prémouvement} = 180\ secondes$$

$$t_{mouvement} = 74\ secondes$$

D'où :

$$RSET = 90 + 180 + 74 = 344\ secondes$$

On remarque que le temps de déplacement est faible comparé au RSET.

Pour plus de précision, on peut calculer un RSET pour chaque étage. Cela nous permettra de savoir si le désenfumage est efficace en fonction de l'étage auquel on s'intéresse.

On peut alors poser :

$$RSET_{étage} = 90 + 180 + cumul_{étage}$$

Ainsi,

$$RSET_{R+2} = 90 + 180 + 25 = 295\ secondes$$

$$RSET_{R+1} = 90 + 180 + 43 = 313\ secondes$$

$$RSET_{RdC} = 90 + 180 + 74 = 344\ secondes$$

Dans la pratique, le guide du laboratoire central de la préfecture de police de Paris pour les études d'ingénierie du désenfumage [8, p.27] recommande de ne s'intéresser au temps d'évacuation des usagers que si les calculs démontrent que le désenfumage des locaux ne permet pas de maintenir les cheminements praticables pendant toute la durée du scénario. C'est notre cas dans cette étude comme nous allons le voir avec la simulation numérique au paragraphe suivant. Dans ce cas, **pour que le désenfumage soit jugé efficace, il faut que le temps nécessaire à l'évacuation des personnes (RSET) soit inférieur au temps d'atteinte des critères**.

2.1.4 Vérification des prédictions par la simulation numérique

La modélisation numérique est aujourd'hui un outil incontournable dans le domaine de la sécurité incendie.

Elle permet de vérifier a priori les hypothèses et résultats :

- des études de dimensionnements ;
- des études du temps de mise en œuvre du désenfumage ;
- des études du temps d'évacuation des occupants.

Les outils de modélisation, utilisés quasi-systématiquement, sont principalement de deux types :

- Les modèles monodimensionnels ou 1D (comme CAMATT pour les tunnels, ou CFast qui est un modèle de zone, pour les bâtiments) ;
- Les modèles tridimensionnels ou 3D (comme FDS).

Le détail de la simulation numérique et des résultats sont donnés dans les deux paragraphes qui suivent.

2.2 Choix du logiciel pour traiter ce cas

Les dispositions réglementaires relatives au désenfumage figurant dans le règlement de sécurité indiquent que le dimensionnement d'une installation de désenfumage peut être réalisé selon l'une ou l'autre des dispositions suivantes : soit i) l'application des solutions toutes faites prescrites dans les instructions techniques n° 246 et 263 [6] [7], soit ii) le dimensionnement d'une solution sur mesure, en faisant par exemple appel à l'ingénierie du désenfumage. Dans le second cas, il s'agit de prouver que le désenfumage est acceptable au regard des critères prescrits dans le règlement de sécurité : c'est le cas choisi dans cette étude.

Dans notre cas, on choisit un modèle 3D car c'est le seul à pouvoir traiter une géométrie complexe, les modèles de zones étant plus adaptés à des géométries plus simples, de type « boîte ».

Dans notre étude de cas, nous avons choisi de travailler avec un logiciel utilisant un modèle tridimensionnel (3D). Le choix du logiciel s'est porté sur FDS (Fire Dynamics Simulator). FDS est un modèle de mécanique des fluides numérique (CFD[11]) qui résout numériquement les équations de Navier-Stokes sous la forme de simulation des grandes échelles. Autrement dit, cela signifie que le logiciel ne représente explicitement que les tourbillons qui ont une taille supérieure au maillage choisi en paramètre d'entrée. Le logiciel FDS est particulièrement adapté pour calculer le flux des fumées et les champs de vitesse et de température.

2.3 Simulations numériques

Certaines grandeurs de sortie usuelles sont préconisées par le guide des bonnes pratiques pour les études d'ingénierie du désenfumage [8, p.32] dans les établissements recevant du public :

- Le coefficient d'extinction de la lumière, en m^{-1}. Cette grandeur traduit la présence de fumée et sert alors à estimer indirectement la hauteur libre de fumée évoquée au paragraphe 8 de l'instruction technique 246 [6] ;
- La température de l'air, en °C ;
- Le flux thermique radiatif incident, en kW/m^2.

[11] CFD : Computational Fluid Dynamics

Afin de vérifier que les estimations du paragraphe 2.1.3 sont cohérentes, on lance la simulation avec les données d'entrées décrites au paragraphe 2.1.1. Les paramètres demandés en sortie sont :

- les isosurfaces de température de 50 °C et 100 °C ;
- les isosurfaces de coefficient d'extinction de la lumière de 0,2 m^{-1}, 0,3 m^{-1} et 0,4 m^{-1} ;
- dix coupes en plan selon x, y et z pour visualiser les champs de vitesse, température, fraction de mélange et coefficient d'extinction de la lumière à des endroits stratégiques (escaliers, hauteur d'homme à chaque étage).

Le logiciel FDS dispose d'une extension appelée « smoke view » permettant de visualiser les résultats des calculs en 3D. Ces résultats sont présentés ci-après :

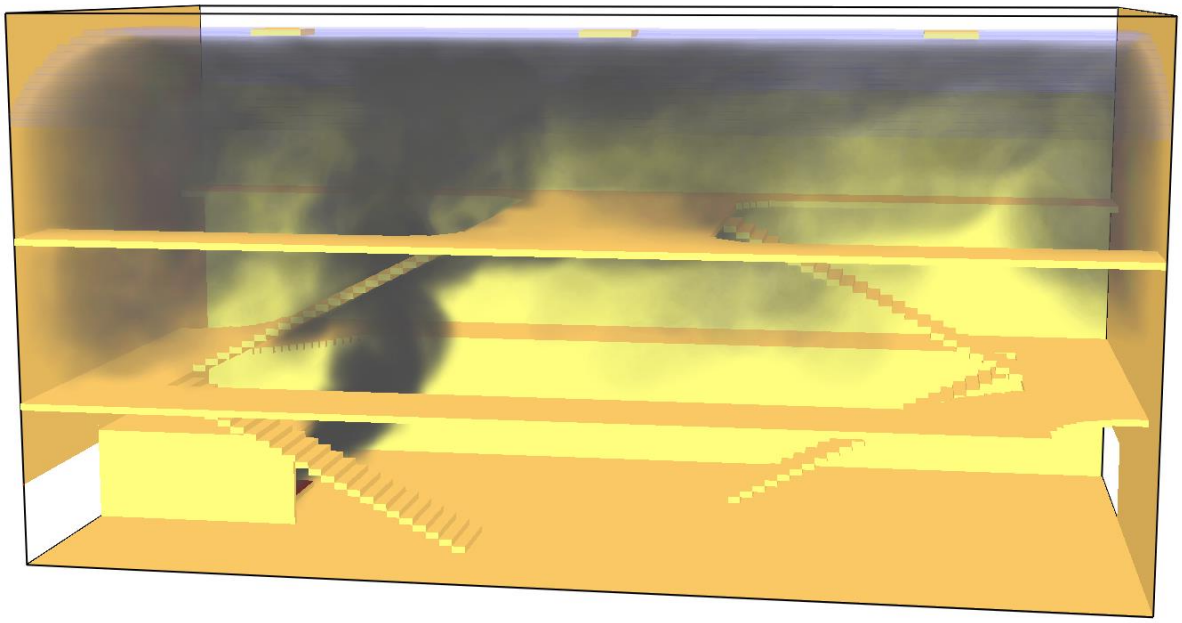


Figure 18 : État de propagation de la fumée à t = 75 secondes après l'allumage du feu

Afin de déterminer si le désenfumage est efficace, procédons à une comparaison ASET / RSET :

	ASET		**RSET**	**ASET/RSET**		**Efficacité**	
	T < 50 °C	**K < 0,4 m^{-1}**		**T < 50 °C**	**K < 0,4 m^{-1}**	**T < 50 °C**	**K < 0,4 m^{-1}**
R+2	310 s	150 s	295 s	1,05	0,51	Oui	Non
R+1	400 s	180 s	313 s	1,28	0,58	Oui	Non
RdC	∞	∞	344 s	∞	∞	Oui	Oui

Tableau 3 : Comparaison ASET/RSET pour déterminer l'efficacité de l'installation de désenfumage

Les informations données dans le Tableau 3 sont les temps disponibles pour (ASET) et les temps nécessaires à (RSET) l'évacuation. Pour l'ASET, deux temps sont donnés, correspondant aux deux données de sortie : la température (T) et le coefficient d'extinction de la lumière (K). Les temps de la colonne ASET correspondent au temps d'atteinte des critères respectifs T et K.

La détermination des temps d'atteinte des critères se fait par lecture graphique à partir des résultats de la modélisation. Un exemple est donné en Figure 19.

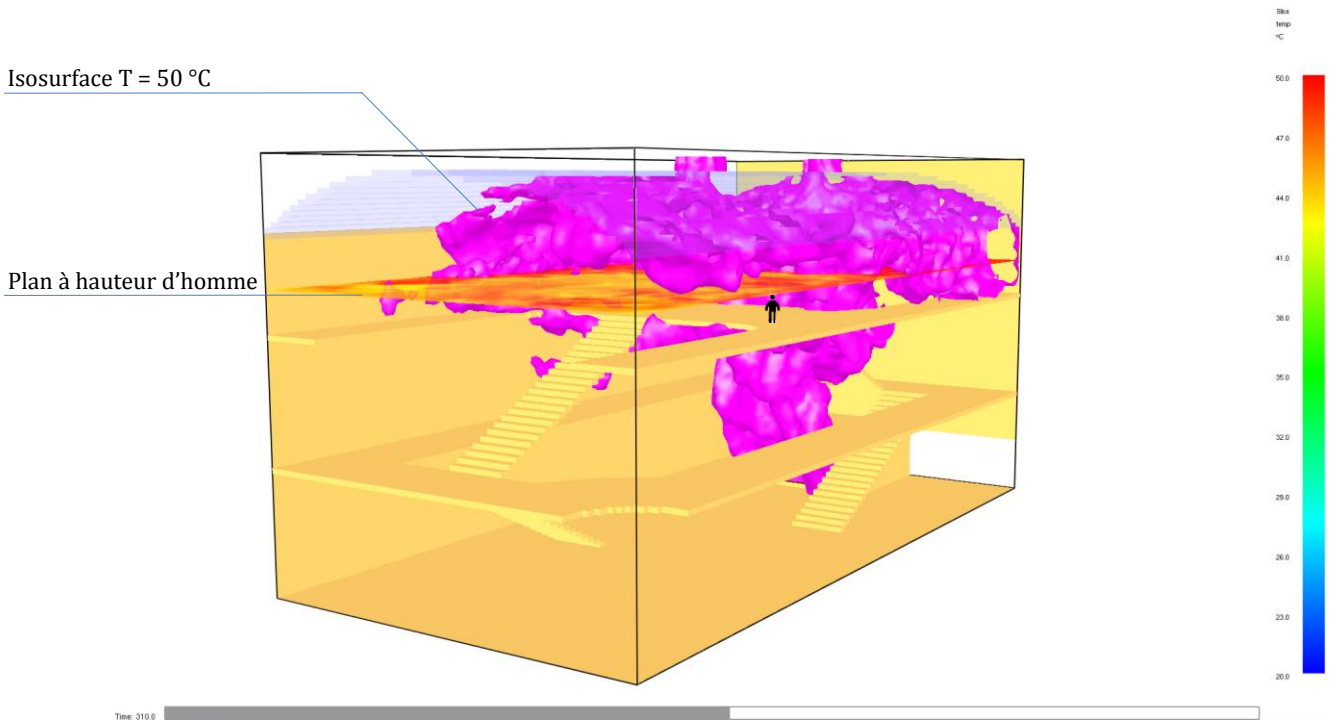


Figure 19 : Champ des températures au niveau R+2 et isosurface T = 50 °C à t = 310 s

2.4 Conclusion sur l'efficacité du désenfumage

Dans notre étude de cas, le temps d'atteinte du critère « coefficient d'extinction de la lumière K < 0,4 m^{-1} » est inférieur au RSET. L'installation de désenfumage n'est donc pas efficace. Le fait d'avoir séparé, dans l'analyse ASET/RSET, les critères T et K permet de cibler les travaux d'amélioration de l'installation : il faut chercher à limiter la progression de la fumée aux niveaux R+1 et R+2.

Afin de rendre l'installation de désenfumage plus efficace, il sera nécessaire de réaliser des travaux. Si ces travaux ne sont pas réalisables techniquement ou financièrement, il sera nécessaire de mettre en place des mesures compensatoires. Des exemples de mesures compensatoires peuvent être par exemple :

- Augmenter la taille ou du nombre d'exutoires ;
- Installer des retombées sous plafond à chaque niveau autour des trémies pour limiter la progression des fumées ;
- Utiliser un désenfumage mécanique.

Intéressons-nous dans la suite à l'évaluation de la sécurité d'infrastructures déjà existantes, par le dispositif de retour d'expérience.

3 RETOUR D'EXPERIENCE

Outre les études théoriques comme les études d'ingénierie du désenfumage, un recours à la pratique est nécessaire d'une part pour vérifier in situ les résultats des modélisations et d'autre part pour évaluer des paramètres non modélisables de façon précise, comme les réactions des occupants d'un bâtiment ou des usagers d'un tunnel face à un incendie par exemple. Ainsi, les retours d'expériences sont nécessaires pour améliorer l'exploitation des infrastructures et optimiser la sécurité de ses occupants, en identifiant les dysfonctionnements et en proposant des solutions pour y remédier.

Il existe deux sortes de retour d'expérience :

- Les retours d'expérience sur des évènements passés. Ils servent à tirer des leçons sur les incidents qui se sont produits par le passé ;
- Les retours d'expérience sur des exercices de sécurité avant l'exploitation ou sur des exercices annuels des tunnels en exploitation.

Ce chapitre traite d'un retour d'expérience sur un exercice de sécurité (simulation d'incendie) dans le tunnel des Tchécoslovaques à Lyon 7ème.

3.1 Finalité d'un retour d'expérience

La mise en place d'un retour d'expérience sur un exercice de sécurité en tunnel s'inscrit dans une démarche d'amélioration continue. Cette démarche de progrès fait suite à l'analyse de l'exercice, qui passe par une connaissance précise de l'incident, de son origine et de la façon dont il est traité par les différents services d'intervention.

D'après la note d'information n°11 *Mise en œuvre du retour d'expérience dans les tunnels routiers* du CETU, le retour d'expérience doit permettre à l'exploitant « de mieux identifier les éventuels problèmes et d'adapter en conséquence les dispositions de sécurité, notamment d'exploitation ». Cette analyse le conduit à « une réflexion systématique sur les dysfonctionnements qui ont pu se produire et à proposer des solutions pour y remédier. Par ailleurs, la disponibilité des mêmes types de données au niveau national permettra à chaque exploitant de comparer son tunnel avec des ouvrages similaires, et le cas échéant l'amènera à rechercher les causes des différences ». Concrètement, il s'agit de tracer et d'analyser l'ensemble des actions qui se sont déroulées au cours de l'exercice.

Ainsi, cette démarche vise à :

- Alimenter un processus d'amélioration continue de la sécurité ;
- Satisfaire une obligation réglementaire ;
- Améliorer la programmation et l'organisation des exercices de sécurité futurs ;
- Engager des actions correctrices immédiates en termes de procédures, consignes, actions de maintenance ou gestion du trafic ;
- Mutualiser les bonnes pratiques des acteurs externes (services de secours, police, préfecture) ;
- Préparer l'évolution et l'optimisation à court terme des plans d'intervention et de sécurité (PIS).

En somme, il s'agit ici de tracer et d'analyser l'ensemble des actions qui se sont déroulées au cours de l'exercice de sécurité.

3.2 Théorie : aspects réglementaires préalables à la mise en service

Les exercices de sécurité répondent aux obligations et recommandations données dans les documents suivants :

- Annexe 2 de la Circulaire interministérielle n°2000-63 du 25 août 2000 relative à la sécurité dans les tunnels du réseau routier national ;

- Directive 2004/54/CE du parlement Européen et du conseil du 29 avril 2004, concernant les exigences de sécurité minimales applicables aux tunnels du réseau routier transeuropéen ;

- Circulaire interministérielle n°2006-20 du 29 mars 2006 relative à la sécurité des tunnels routiers d'une longueur supérieure à 300 mètres ;

- Décret n°2006-1354 du 8 novembre 2006 relatif à la sécurité d'ouvrages du réseau routier et modifiant le code de la voirie routière ;

- Arrêté du 18 avril 2007 portant application des dispositions des articles R.118-3-9 et R.118-4-4 du code de la voirie routière et relatif à la composition et la mise à jour des dossiers préliminaire et de sécurité et au compte rendu des incidents et accidents significatifs et

- Guide des dossiers de sécurité des tunnels routiers (CETU) : Fascicule 5 : Le Plan d'Intervention et de Sécurité, octobre 2006.

La réalisation d'un exercice de sécurité alimente les pièces suivantes du dossier de sécurité :

- Pièce 4 : Règlement de circulation ;

- Pièce 5 : Organisation de l'exploitation ;

- Pièce 6 : Plan d'intervention et de sécurité (PIS) ;

- Pièce 7 : Dispositif permanent de retour d'expérience ;

- Pièce 9 : Exercices de sécurité.

3.3 Expérience : exercice de simulation d'incendie

3.3.1 Présentation de l'ouvrage des objectifs de l'exercice

L'exercice réalisé consiste en une simulation d'incendie dans un tunnel routier urbain monotube unidirectionnel de 320 m de longueur avec un TMJA[12] de l'ordre de 17 500 véhicules par jour en 2015.

Situé au sud du quartier de la Part-Dieu à Lyon, le tunnel des Tchécoslovaques relie le boulevard des Tchécoslovaques au boulevard Vivier Merle, au niveau de la Manufacture des Tabacs (Université Lyon 3).

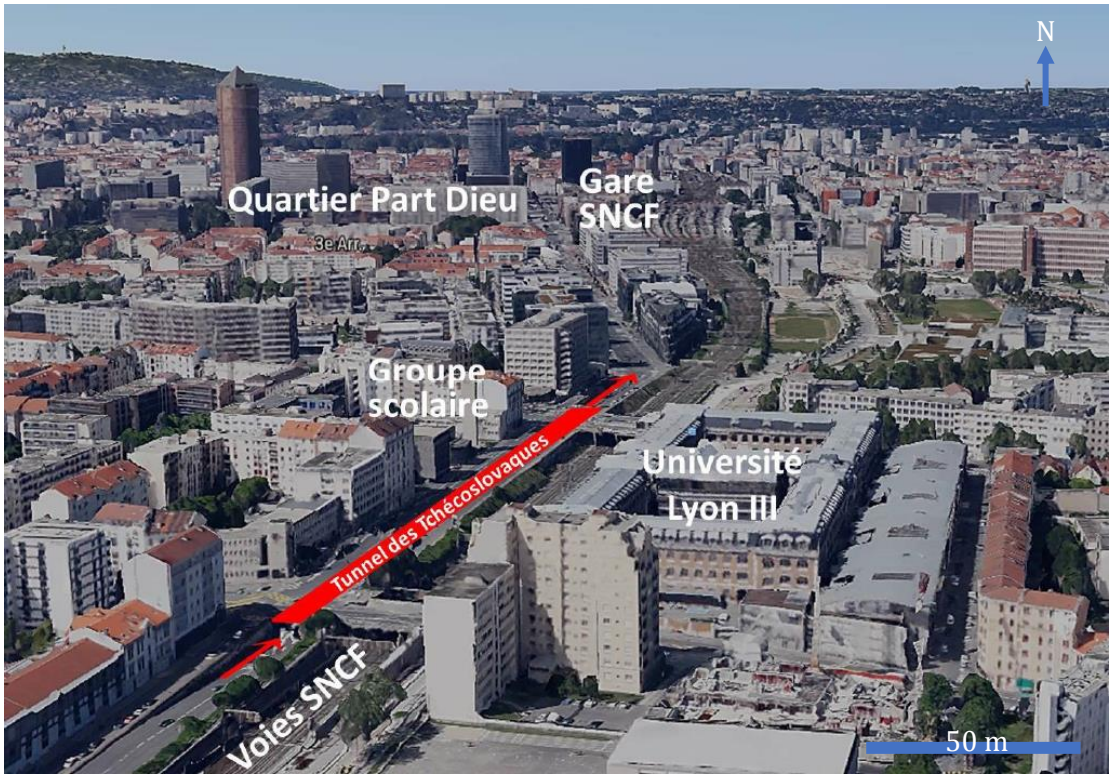


Figure 20 : Plan de repérage du tunnel dans lequel se déroule l'exercice de sécurité

L'exercice du 4 avril 2017 est le premier réalisé dans le tunnel des Tchécoslovaques depuis la reprise de l'exploitation de celui-ci par le service Voies Rapides et Tunnels (VRT) du Grand Lyon en septembre 2013.

Les objectifs du Grand Lyon et du SDMIS pour ce premier exercice sont les suivants :

- Tester les nouveaux équipements installés en ouvrage : DAI (détection automatique d'incident) fumée, caméras, PMF (panneau à message de fermeture), bornes d'appel, barrières ;
- Tester les procédures d'intervention lors d'un évènement dans le tunnel des Tchécoslovaques ;
- Tester les accès au tunnel et le réseau incendie (bouches incendies situées en surface) ;
- Observer les cheminements d'évacuation des usagers bloqués en ouvrage ;
- Observer le passage de l'alerte et des informations entre les intervenants.
-

[12] TMJA : trafic moyen journalier annuel

3.3.2 Scénario et déroulement de l'exercice

Pour atteindre les objectifs précités, le scénario suivant est mis en place.

Le scénario est un incendie de véhicule léger, situé au milieu de l'ouvrage au PM 170, juste avant la connexion avec la bretelle d'entrée latérale. Le véhicule prend feu suite à un problème d'échauffement. S'en suit alors un incendie d'une puissance de 8 MW du véhicule arrêté. Le choix du positionnement de l'incident et de la puissance d'incendie est fait conformément au scénario 2a identifié dans la pièce n°3 du dossier de sécurité de l'ouvrage : l'étude spécifique de dangers (ESD).

Le trafic est considéré comme fluide avant l'évènement, puis devient bloqué dès le début de l'incendie, en amont du véhicule en feu. Les usagers doivent évacuer l'ouvrage par leurs propres moyens. De plus, une nasse de véhicule est simulée en tête de l'ouvrage empêchant le 1er échelon des véhicules de secours du SDMIS[13] d'arriver jusqu'au lieu de l'évènement.

La simulation de l'incendie est réalisée à l'aide d'une machine à fumées produisant une fumée blanche en ouvrage. La victime décédée dans son véhicule est symbolisée par un mannequin. Les conditions météorologiques réelles sont prises en compte lors de l'exercice. L'ouvrage ne possède pas d'accélérateurs : la ventilation est naturelle.

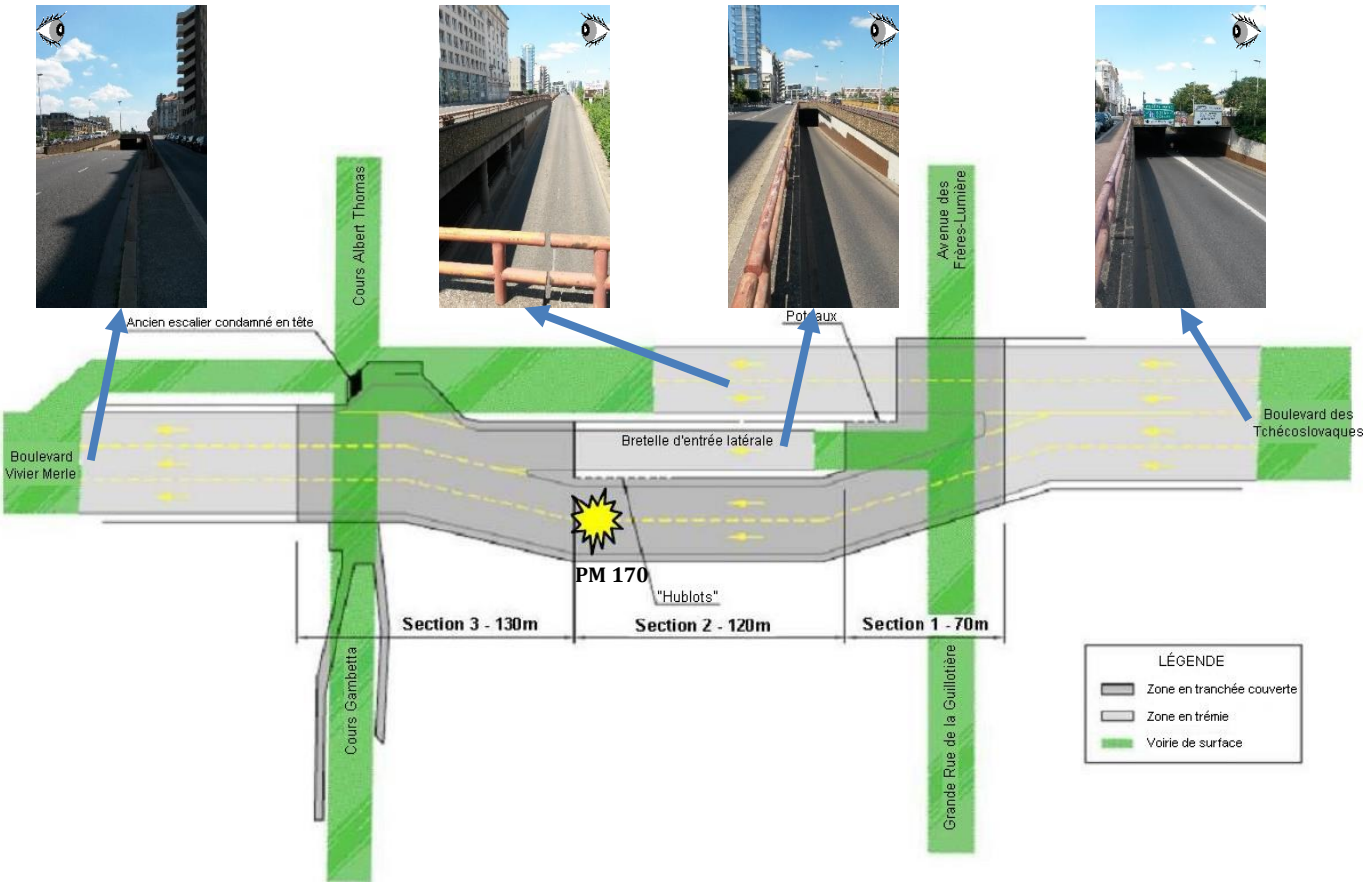


Figure 21 : Schéma de la position de l'incendie et vue des différentes issues du tunnel

[13] SDMIS : service départemental métropolitain d'intervention et de secours

Afin de récolter le maximum d'informations, plusieurs personnes sont requises au cours d'un tel exercice.

Au PC COMET (poste de contrôle, de coordination, de maintenance et d'exploitation des tunnels) :

- Grand Lyon : un organisateur et deux opérateurs, rejoints par le cadre d'astreinte au cours de l'évènement ;
- Sapeurs-pompiers (SDMIS) : un observateur au début de l'exercice, rejoint par le COS (commandant des opérations de secours), accompagné de deux personnes au cours de l'évènement ;
- L'Agent de sécurité tunnel (AST) ;
- Groupe de Services Associés (GSA) : un observateur ;
- Lombardi : un observateur

Sur le terrain :

- Grand Lyon : un opérateur sécurité viabilité (OSV) ;
- GSA : un agent sécurité viabilité (ASV) ;
- SDMIS : deux organisateurs, puis les équipes d'intervention (2 FPT et 2 VL)[14] ;
- Lombardi : un observateur placé au PM 130 environ (moi), proche de la tête amont du tunnel et un organisateur-observateur placé au niveau de l'évènement au PM 170 ;
- Usagers : cinq figurants. Leurs rôles étaient :
    - **Conducteur du VL incendié**, accompagné de sa conjointe : son moteur perd de la puissance et il se rend compte que de la fumée s'échappe du capot de sa voiture. Il allume immédiatement ses feux de détresse et s'arrête sur la voie de droite, dans le tunnel. Son rôle débute dès l'indication « début de l'exercice », il doit alors sortir de son véhicule, chercher un extincteur à proximité et simuler l'action sur son véhicule. Au bout de quelques minutes, il se rend compte que le feu s'intensifie et qu'il ne pourra pas en venir à bout. Il décide alors de quitter le tunnel avec sa conjointe mais se rend compte qu'elle a des vertiges. Il décide alors d'évacuer le tunnel et de prévenir les secours via un PAU ;
    - **Passager du VL incendié** : son rôle débute dès l'indication « début de l'exercice », elle sort de son véhicule avec son conjoint, et l'aide à aller chercher un extincteur à proximité. Ensemble, ils simulent l'action sur le véhicule. Au bout de quelques minutes, elle commence à avoir des nausées et du mal à respirer et à rester debout ;
    - **Usager impliqué conducteur de son véhicule**, avec un passager à bord. À quelques mètres devant lui, un véhicule s'arrête soudainement après avoir allumé ses feux de détresse et de la fumée semble s'échapper du véhicule. Son rôle débute lorsqu'il voit l'usager devant lui partir pour aller chercher un extincteur. Il tente d'aider l'usager devant lui à arrêter l'incendie, mais les fumées deviennent rapidement denses. Dans l'action, il a perdu de vue son passager et décide de rejoindre seul une sortie dans le but de chercher des secours ;
    - **Usager impliqué conducteur et seul dans son véhicule**. À quelques mètres devant lui, un véhicule s'arrête soudainement après avoir allumé ses feux de détresse et de la fumée semble s'échapper du véhicule. Étant pressé, il reste dans son véhicule et souhaiterait quitter les lieux au plus vite. Son rôle commence lorsque la fumée atteint son véhicule, il décide alors d'évacuer. Au bout de quelques secondes, il commence à avoir des nausées et du mal à respirer et à rester debout ;
    - **Usager impliqué conducteur de son véhicule**, sans rôle prédéfini.

Afin de pouvoir traiter toutes les actions qui se sont produites pendant l'exercice, des formulaires sont adressés aux figurants en fin d'exercice pour qu'ils notent leurs observations et leur ressenti. Les observateurs Lombardi (au PC COMET et in situ) disposent également de formulaires

[14] FPT : fourgon pompe tonne ; VL : véhicule léger

permettant d'inscrire rapidement les temps de début d'exercice, d'arrivée des secours, de fin d'exercice, ainsi que des observations sur les réactions des figurants.

3.4 Retour d'expérience sur l'exercice de simulation d'incendie

3.4.1 Chronologie des évènements

À l'aide des questionnaires des figurants et de ceux des observateurs, une chronologie précise des évènements de l'exercice a pu être établie.

DATE	HEURE	ÉVÈNEMENTS DANS LE TUNNEL	ÉVÈNEMENTS AU PC COMET
T0	22h30	Déclenchement de l'exercice Fumée dans le tunnel	

Figure 22 : Fumée sortant du véhicule arrêté, 22h30

T0+1	22h31	Les usagers sortent de leurs véhicules	Un opérateur PC remarque de la fumée via la vidéosurveillance Une alarme est également reçue au PC COMET via la DAI fumée
T0+2	22h32		Appel de l'opérateur PC au CTA/CODIS[14] ; Appel de l'opérateur PC à l'OSV ; Appel de l'opérateur PC au CIC. *Par convention d'exercice, les forces de l'ordre n'interviennent pas lors de l'exercice.*
T0+3	22h33	Appel PAU (n°201, tête TCH) de 2 usagers Informations : 5 véhicules en tunnel, 2 usagers à 50 m de la tête TCH[15]	
	22h33	Arrivée de l'OSV en tête TCH, il trouve les 2 usagers (conducteurs) qui ont évacué	Informations transmises au CODIS L'opérateur PC demande également à l'ASV de se rendre en tête de l'ouvrage.
T0+5	22h35	Appel PAU (n°202, au niveau de la connexion avec la bretelle latérale d'entrée) de 2 usagers Informations : 2 usagers supplémentaires tête VM[14]	

[15] Tête TCH/VM : tête côté boulevard des Tchécoslovaques / Vivier Merle ; CTA/CODIS : centre de traitement des appels / centre opérationnel départemental d'incendie et de secours.

Figure 23 : Appel de deux figurants par le poste d'appel d'urgence

DATE	HEURE	ÉVÈNEMENTS EN TUNNEL	ÉVÈNEMENTS AU PC COMET
T0+7	**22h37**		Appel de l'opérateur PC au PC Bornes
T0+8	22h38		Appel de l'opérateur PC à l'astreinte cadre
T0+9	22h39		L'opérateur PC prévient l'astreinte technique (maintenance). Problème rencontré : Les coordonnées de la personne en astreinte sont renseignées sur une fiche papier au PC COMET. L'opérateur a appelé la mauvaise astreinte car les astreintes de VRTMA étant du jeudi au jeudi, ils apparaissent sur 2 feuilles d'astreinte, pour une semaine donnée, il faut parfois reprendre la fiche de la semaine précédente, pouvant ainsi induire l'opérateur en erreur. L'opérateur RPC (COI)[15] fait un point sur la situation. Il note 2 usagers en tête TCH et 2 usagers en tête VM, dont 3 conducteurs mais 4 véhicules : il manque a priori au moins un usager.
T0+15	22h45		Départ des Services de secours sur le terrain : envoi simultané de 2 véhicules suite à un problème de transmission du CTA/CODIS pour le premier envoi de véhicule SDMIS
T0+19	22h49	Arrivée SDMIS en tête VM avec 1 VL et 1 FPT[16]	
T0+21	22h51	Arrivée SDMIS en tête TCH avec 1 VL et 1 FPT	
T0+22	22h52		Information sur la situation par le SDMIS en tête TCH : l'équipe est bloquée en entrée du tunnel par la nasse Information sur la situation par le SDMIS en tête VM : suite à une bonne visibilité sur évènement, demande d'intervention à contre-sens pour intervention coup de poing sur le véhicule incendié.

[16] VL : véhicule léger ; FPT : fourgon pompe tonne ; RPC : responsable PC ; COI : commandant des opérations internes

DATE	HEURE	ÉVÈNEMENTS EN TUNNEL	ÉVÈNEMENTS AU PC COMET
T0+23	22h53		Informations de l'intervention du SDMIS retransmises à l'OSV et l'ASV
T0+25	22h55	Tête VM : l'équipe d'intervention SDMIS entre dans l'ouvrage Information SDMIS : 3 personnes récupérées en tête VM de l'ouvrage	
	22h55	Tête TCH : prise en charge par le SDMIS des 2 usagers ayant évacué l'ouvrage	
T0+26	22h56		Alarme DAI véhicule SDMIS à contre-sens Remontée d'information SDMIS : - Intervention à contre-sens effectuée - Pas de fumée à l'arrivée au niveau de la bretelle d'insertion
T0+27	22h57	Tête TCH : 4 intervenants du SDMIS de la cellule milieux confinés entrent dans l'ouvrage avec caméras thermiques + ARI[16]. Ils effectuent une opération de reconnaissance.	Arrivée du COS[17]
T0+29	22h59		Demande d'utilisation du tableau blanc au PC COMET pour récapituler la situation (mise en place d'une SITAC – des plans sont en cours de réalisation par le Grand Lyon)
T0+30	23h00	Équipe SDMIS tête TCH : les pompiers trouvent le mannequin et l'évacuent à l'aval de l'incident. Équipe SDMIS tête VM : opération coup de poing par 4 pompiers pour venir à bout de l'incendie. Branchement direct sur la réserve du FPT. Pas d'utilisation du réseau en surface.	
T0+32	**23h02**		Arrivée du CAT[16]. Il prend la fonction de COI

Figure 24 : le COI et le COS, clairement identifiables par leurs chasubles

[17] COS : commandant des opérations de secours ; ARI : appareil respiratoire isolant ; CAT : cadre d'astreinte

DATE	HEURE	ÉVÈNEMENTS DANS LE TUNNEL	ÉVÈNEMENTS AU PC COMET
T0+33	23h03		Point COI + COS : - Explication de la procédure d'intervention - Question sur la ventilation et le point d'énergie à couper
T0+34	23h04	Tête TCH : 2 SDMIS entrent avec lampes torches et ARI et vérifient les VL de l'extérieur – Poursuite des opérations de reconnaissance.	Information du COI au COS sur la tenue au feu de l'ouvrage (de 1h à 2h), vérification des CME[18] Information transmise sur le terrain
T0+36	23h06		Informations SDMIS : feu éteint et fumées dissipées, toujours 2 usagers manquent à l'appel et 3 personnes sont prises en charge (2 en tête TCH et 1 en tête VM)
T0+40	23h10		Test des poteaux extérieurs envisagé par le SDMIS (non réalisé) Le SDMIS ne dispose pas des plans ETARE[19] lors de l'exercice : difficultés pour localiser les poteaux incendie.
T0+41	23h11	Bilan de l'exercice pour le SDMIS Informations : 2 intoxiqués et 1 victime décédée trouvée à 160 m de la tête TCH	
T0+42	23h12		SDMIS a retrouvé l'ensemble des usagers dont deux personnes en difficulté cardio-respiratoire L'équipe d'intervention du SDMIS se replie et l'équipe du VSAV[20] prend symboliquement en charge la victime (dans le cadre de l'exercice le SAMU n'était pas présent mais l'aurait été en cas d'incident réel)
T+44	23h14	**Fin de l'exercice**	
T0+45	23h15		Le SDMIS signale la fin de l'intervention au PC COMET
T0+60	23h30	Débriefing SDMIS sur le terrain Débriefing à chaud au PC COMET	

Tableau 4 : Détail de la chronologie des évènements

[18] CME : conditions minimales d'exploitation

[19] Plan ETARE : plan des établissements répertoriés

[20] VSAV : véhicule de secours et d'assistance aux victimes

3.4.2 Bilan des équipements utilisés

Un des objectifs de l'exercice pour l'exploitant est de tester les nouveaux équipements installés en ouvrage ainsi que le réseau incendie. Le tableau qui suit répertorie les équipements utilisés, leurs utilisateurs et leur bon fonctionnement ou non.

ÉQUIPEMENTS	UTILISATEURS	FONCTIONNEMENT
DAI fumée	PC COMET	**OK** (fumées + CS correctement détectés)
Caméras de vidéosurveillance	PC COMET	**OK, néanmoins** l'espacement des caméras dans l'ouvrage et l'absence de caméra mobile a montré ses limites, l'opérateur n'ayant pas de visu direct sur l'incident, ni sur la tête VM.
Barrières de fermeture ouvrage + Feux R24	PC COMET	**OK :** les barrières ont pu être correctement fermées par l'opérateur.
PMF en entrée	PC COMET	**OK**
Système de commande des équipements au PC COMET	PC COMET	Les équipements du tunnel ne sont pas intégrés au système d'intégration des tunnels du Grand Lyon (SITG). La commande de fermeture de l'ouvrage ne s'est donc pas faite de façon automatique, mais par un scénario à codes. De ce fait, il est compliqué de localiser la provenance des appels PAU au PC COMET.
PAU	Usagers et PC COMET	**Fonctionnalité non reprise en intégralité** : des interférences dans les consignes transmises ont été notées par les usagers. Cela est dû au mode de fonctionnement des postes d'appel d'urgence (PAU) sur le modèle des radios (conversation micro audible dans le PC). Le volume des PAU présents au sein de l'ouvrage n'est pas suffisamment fort. Signalisation du PAU en tête amont du tunnel difficile à repérer visuellement pour le SDMIS en présence de fumées. Localisation difficile de la provenance des appels PAU, le système de commandes de l'ouvrage n'étant pas relié au SITG.
Plots de jalonnement	Usagers	**OK** : les usagers ont suivi ce chemin pour s'auto-évacuer.
Poteaux incendie	SDMIS	**Le réseau incendie n'a pas été testé lors de l'exercice.** Peu de ressources (pas de point d'eau à l'intérieur du tunnel).

Tableau 5 : Liste des équipements utilisés et de leur fonctionnement

Bilan des équipements
Les équipements utilisés ont fonctionné correctement ; cependant, certains points ont été relevés et pourraient être améliorés sur le plan technique : ▪ Le volume des PAU et les interférences dues au fonctionnement du système comme un canal radio ; ▪ La signalétique de la niche de secours en tête TCH : que ce soient les usagers à pied ou le SDMIS, la signalisation du PAU à cet endroit semble peu visible ; ▪ Le système des commandes de l'ouvrage n'est pas relié au SITG. Le relier faciliterait la gestion d'un évènement par le PC COMET, avec des outils communs et un plan d'actions uniformisé (notamment pour la gestion de la main courante) ; ▪ L'absence de caméras mobiles aux têtes et l'espacement des caméras dans l'ouvrage réduit le champ de vision possible pour les opérateurs au PC COMET ; ▪ En cas d'incendie, les hydrants de l'ouvrage apparaissent comme stratégiques et nécessitent d'être opérationnels. Il convient d'en effectuer des tests réguliers, l'exploitant devant s'assurer auprès du gestionnaire du bon déroulement de ces tests.

3.4.3 Bilan de la transmission de l'alerte

Un objectif majeur de cet exercice étant d'observer le passage de l'alerte et des informations entre les intervenants, on détaille ici la transmission des informations entre les acteurs. Ces informations ont été récoltées en post traitement grâce aux questionnaires observateurs, comme les informations relatives au fonctionnement des équipements du tunnel.

L'opérateur a détecté la présence de fumées dans le tunnel grâce à la vidéosurveillance. L'alerte a ensuite été reçue au PC COMET via la détection automatique d'incident (DAI) fumée très rapidement après le départ de l'incendie. La transmission de l'alerte s'est déroulée correctement suivant le schéma d'alerte définis dans le plan d'intervention et de sécurité.

Une seconde alerte a été transmise au PC COMET à 22h33 par le biais de deux appels d'urgence. Deux appels ont été passés simultanément entrainant des interférences dans la transmission des instructions du PC vers les usagers.

Suite à cela, le PC COMET a alerté :

- L'opérateur sécurité viabilité (OSV) du Grand Lyon et l'agent sécurité viabilité (ASV) de la société GSA à 22h32 pour procéder à la fermeture de l'ouvrage. Dans le cadre de l'exercice, l'ouvrage était déjà fermé. Cette communication s'est déroulée **correctement** ;
- Le SDMIS à 22h32. Cette communication s'est déroulée **correctement** ;
- Le CIC à 22h32. Par convention d'exercice, les forces de l'ordre ne devaient pas se rendre sur place. Cette communication s'est déroulée **correctement** ;
- Le cadre d'astreinte (CAT) à 22h38. Cette communication s'est déroulée **correctement** ;
- L'astreinte technique en charge de la maintenance à 22h39. Cette communication **ne s'est pas déroulée de façon optimale.** En effet, la personne en charge de l'astreinte change tous les jeudis, la période d'astreinte étant d'une semaine. Les coordonnées de la personne chargée de l'astreinte sont inscrites sur une feuille. L'opérateur s'est servi de la fiche de la mauvaise semaine et a donc contacté la mauvaise personne. Par convention d'exercice, l'astreinte technique ne devait pas se rendre sur place.

Le PC COMET a également informé de l'incident :

- Le PC Bornes à 22h37. Cette communication s'est déroulée **correctement** ;
- TCL (Keolis) à 22h40. Cette communication s'est déroulée **correctement**.

La figure qui suit schématise la transmission des informations entre les différents intervenants. Les heures indiquées sur le schéma sont les horaires des appels.

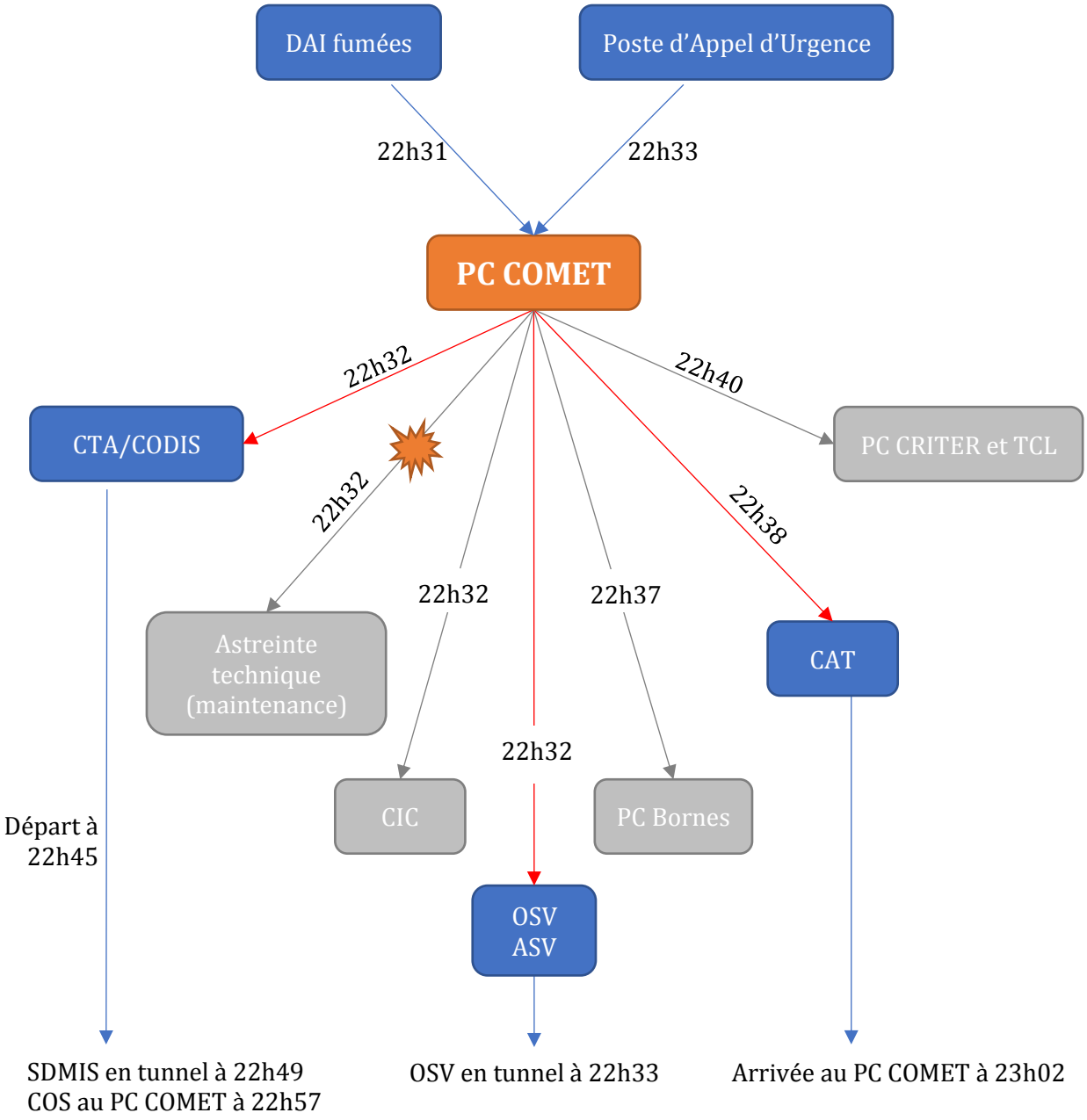


Figure 25 : Schéma fonctionnel des communications entre les intervenants lors de l'exercice

Bilan de la transmission de l'alerte
La communication s'est globalement effectuée de façon très fluide ; néanmoins, certains points ont été relevés : ▪ Une erreur a été relevée au moment de contacter l'astreinte technique. Le processus d'appel de cette astreinte pourrait être reprécisé ; ▪ Les questions entre l'opérateur PC et l'OSV auraient pu être plus précises, en particulier du fait que l'opérateur PC n'avait pas de visuel sur l'évènement. Il aurait pu demander des informations comme le type de carburant ou le nombre de véhicules, de façon à fournir le maximum d'informations aux équipes d'intervention du SDMIS ; ▪ Des difficultés de communication ont été relevées, en particulier concernant la localisation au sein de l'ouvrage. Une homogénéisation des termes définissant la localisation dans l'ouvrage pourrait faciliter l'échange d'informations entre l'exploitant et les services d'intervention. Une localisation de la provenance des appels PAU serait également un plus.

3.4.4 Bilan des questionnaires figurants

Les réponses aux questionnaires des figurants ont permis d'enrichir ce retour d'expérience et de soulever des points qui n'auraient pas forcément été remarqués par les seuls observateurs.

Ces réponses valident le bon fonctionnement d'un certain nombre d'équipements du tunnel, comme la signalétique (panneaux et les plots de jalonnement), qui ont facilité la prise de conscience des figurants ainsi que leur évacuation.

Le questionnaire soulève aussi quelques points pouvant être améliorés, comme le son des bornes d'appel d'urgence qui n'était pas clair, rendant l'échange d'informations difficile entre les figurants et le PC COMET. Un autre point soulevé concerne le visuel des panneaux « S.O.S » (CE2a) signalant les postes d'appel d'urgence, peu visibles pour un piéton dans le tunnel marchant de l'aval vers l'amont, et encore moins en présence de fumée dense.

Pour conclure, il a été demandé aux figurants de donner en un mot leur ressenti quant à la traversée d'un tunnel avant et après l'exercice :

N° figurant	AVANT L'EXERCICE	APRES L'EXERCICE
1	Rien	Normale
2	Noir	Insécurité
3	Passager	Confus
4	Normale, sans danger	Plus dangereuse qu'à l'air libre
5	Banale, aucun problème	Dangereuse

Tableau 6 : Perception de la traversée d'un tunnel par les figurants, avant et après l'exercice

Il ressort alors que l'exercice a permis une large **prise de conscience** de la part des figurants qu'un incendie en tunnel peut avoir des conséquences bien plus importantes qu'un incendie ordinaire, et que de nombreux services doivent être dépêchés sur place pour gérer l'évènement. Pour l'exploitant, il s'agit ici d'une confirmation, si besoin était, du caractère anxiogène des tunnels routiers.

Enfin, l'auto-évacuation des figurants s'est bien déroulée en comparaison avec le bilan du scénario 2a de l'ESD qui stipule que « les conditions d'évacuation pour les usagers situés derrière l'incendie sont en partie difficiles » et que « les usagers qui se trouvent directement en amont de l'incendie se trouvent dans une position critique en termes de visibilité et devront réagir très rapidement pour rejoindre l'issue de secours au PM 70 [*i.e.* la bretelle de sortie]. Les conditions de température et de de toxicité restent acceptables pour l'auto-évacuation. ». Les usagers n'ont en effet pas eu de difficultés à sortir du tunnel, leur cheminement vers l'extérieur s'étant déroulé facilement. Cependant, le fait que les figurants aient eu une visibilité très réduite dès l'allumage de l'incendie vient souligner l'importance et l'utilité des installations de ventilation permettant une stratification des fumées. Le tunnel des Tchécoslovaques fonctionne en effet en ventilation naturelle et le courant d'air naturel je jour de l'exercice était tel que la vitesse du vent était supérieure à une vitesse critique V_C au-dessus de laquelle on observe une déstratification des fumées.

3.5 Conclusion de l'exercice de sécurité

OBJECTIFS	RÉSULTATS	
Tester les équipements installés dans l'ouvrage	Les équipements ont bien fonctionné : DAI fumée, caméras, PMF. Le son des PAU était brouillé et peu audible	
Tester les procédures d'intervention lors d'un évènement dans le tunnel des Tchécoslovaques	Les procédures sont bien maîtrisées par les différents acteurs.	
Tester les accès au tunnel	Les accès au tunnel ont été bien testés.	
Tester le réseau incendie	Le réseau incendie de surface n'a pas été testé par le SDMIS.	
Observer les cheminements d'évacuation d'un usager bloqué en ouvrage	Les usagers se sont auto-évacués rapidement après le début de l'incendie. Ils n'ont pas eu de difficulté à trouver la sortie. La bretelle d'entrée latérale n'a pas été utilisée par les usagers qui ont privilégié les sorties directes de l'ouvrage, au plus loin de l'évènement. À noter également que le flux d'air étant unidirectionnel sens nord / sud, très peu de fumées se sont retrouvées en aval de l'évènement et dans la bretelle d'entrée latérale. Ainsi, un usager est resté dans l'ouvrage, proche de l'incident en attendant les secours. Ceci pourrait être dangereux si jamais le flux d'air venait à s'inverser.	
Observer le passage de l'alerte et des informations entre les intervenants	Au niveau de l'exploitant, l'alerte a correctement fonctionné.	

Ainsi, après des observations, un recueil d'informations et leur analyse, il est possible de réaliser un retour d'expérience complet, ciblé sur les objectifs fixés avant l'exercice. Cela permet de mettre en lumière la nécessité ou non d'améliorer l'organisation et la communication des services intervenant. Dans les cas où cela se présente le retour d'expérience peut également permettre de mettre en lumière la nécessité ou non d'améliorer les modèles numériques de simulation. Ces conclusions sont données sous la forme d'un plan d'actions avec des dates d'échéance de chaque action pour permettre un suivi. Un exemple de plan d'action est donné en annexe A – 3.

CONCLUSION

La première partie de ce rapport nous a montré les lacunes constatées en matière de culture du risque incendie au sein de la population française. En effet, plus de la moitié de la population ne réagit pas de façon adéquate en situation d'incendie dans un tunnel ou un bâtiment, et une partie non négligeable cède à la panique. Cela met en lumière la nécessité d'améliorer les connaissances générales de la population dans le domaine de la gestion du risque incendie.

Dans la seconde partie, nous avons mis en évidence l'importance des études d'ingénierie du désenfumage dans l'évaluation du niveau de performance des installations de désenfumage dans un établissement recevant du public. Ces études sont essentielles avant la mise en service d'un bâtiment et peuvent également permettre de déceler des défauts dans les installations de désenfumages de bâtiments déjà existantes.

Enfin, la dernière partie du rapport nous a démontré l'importance capitale du dispositif de retour d'expérience. Ce dispositif permet de repérer des dysfonctionnements tant au niveau de la communication entre les services intervenants qu'au niveau de l'état de fonctionnement des équipements de l'infrastructure ou du bâtiment en question. Pour remédier à ces éventuels dysfonctionnements, un plan d'action est proposé par le rédacteur du retour d'expérience et soumis à l'exploitant de l'infrastructure. Le retour d'expérience s'inscrit ainsi dans une démarche d'amélioration continue.

Ainsi, une relation étroite existe entre culture du risque et études scientifiques visant à réduire le risque incendie. Les deux sont essentiels à la minimisation des conséquences des incendies.

Comme perspective à ces conclusions, on peut espérer dans les futures années une approche plus approfondie de la gestion des risques dans les cursus scolaires, dès le plus jeune âge. L'instruction de la population par des moyens pédagogiques attractifs, scientifiques ou vulgarisés, est un levier non négligeable qui mériterait d'être plus souvent activé.

BIBLIOGRAPHIE

[1] P. CARLOTTI. Mécanique des fluides pour la ventilation des tunnels routier. ISRN : EQ-CETU-05-01-FR. 59 p. **2005**

[2] CETU. Dossier pilote des tunnels, section 4.1 – Ventilation. ISBN : 2-11-084740-9. Lyon : SEVEN Lyon, 152 p. **2003**

[3] CETU. La modélisation aéraulique pour les tunnels. Fascicule 1 : outils et critères de choix. 19 p. **2011**

[4] INSEE

[5] MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR. 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 (ERP). Chapitre IV : Désenfumage [en ligne]. Version consolidée au 15 mai **2017**.
Disponible sur :
https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do;?cidTexte=LEGITEXT000020303557

[6] MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR. Arrêté du 22 mars 2004 portant approbation de dispositions complétant et modifiant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (dispositions relatives au désenfumage). Annexe III : instruction technique n°246 [en ligne]. NOR : INTE0400223A. Journal officiel, n°78 du 1er avril **2004**, pp. 6348-6358.
Disponible sur :
https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2004/3/22/INTE0400223A/jo/texte

[7] MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR. Circulaire du 30 décembre 1994 complétant la circulaire du 3 mars 1982 relative aux instructions techniques prévues dans le règlement de sécurité des établissements recevant du public. Annexe : Instruction technique n°263 relative à la construction et au désenfumage des volumes libres intérieurs dans les ERP [en ligne]. NOR : INTE9400341C. Journal officiel, n°32 du 7 février **1995**.
Disponible sur :
https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000166571

[8] LCPP. Guide des bonnes pratiques pour les études d'ingénierie de désenfumage dans les établissements recevant du public. 88 p. **2016**

[9] L. GERVILLE-RÉACHE, V. COUALLIER. Échantillon représentatif (d'une population finie) : définition statistique et propriétés [en ligne]. HAL Id : hal-00655566, 12 p. **2011**.
Disponible sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00655566/document

[10] NF EN ISO 13943 : Sécurité au feu – Vocabulaire. Association Française de Normalisation, **2011**.

[11] P-H. BOURRELIER, G. DENEUFBOURG, B. de VANSSA. Les catastrophes naturelles, le grand cafouillage. Edition Osman Eyrolles, Santé & Société, 262 p. **2000**

[12] INERIS - Glossaire grand public, **2012**

[13] CETU. Note d'information n°11 sur la mise en œuvre du retour d'expérience dans les tunnels routiers [en ligne]. **2000**
Disponible sur : http://www.cetu.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Note_Info_11_retour_experience_cle7ce78d.pdf

[14] D. MESLOT. Rapport fate au nom de la commission des affaires économiques de l'environnement et du territoire sur la proposition de loi (n°2535) visant à rendre obligatoire l'installation de détecteurs de fumée dans tous les lieux d'habitation [en ligne]. **2005**
Disponible sur : http://www.assemblee-nationale.fr/12/rapports/r2554.asp

[15] MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE. Circulaire n° 2009-068 du 20 mai 2009. Préparation de la rentrée 2009 [en ligne]. NOR : MENE0911464C. Journal officiel n°21 du 21 mai **2009**.
Disponible sur : http://circulaire.legifrance.gouv.fr/pdf/2009/10/cir_29651.pdf

[16] MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ÉNERGIE ET DE LA MER. Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003 [en ligne]. NOR : DEVP1013761C. Journal officiel du 10 juillet **2010**.
Disponible sur : http://www.bulletin-officiel.developpement-durable.gouv.fr/fiches/BO201012/met_20100012_0100_0027.pdf

Annexes

A – 1. Sondage 49
A – 1.1. Énoncé du sondage 49
A – 1.2. Site utilisé pour réaliser le sondage 53
A – 1.3. Traitement des données du sondage 53
A – 2. Plan familial de mise en sûreté 54
A – 3. Plan d'action d'un retour d'expérience 58

A – 1. SONDAGE

A – 1.1. Énoncé du sondage

<u>Auteur</u> : Léa Nachef

Questionnaire incendie 0 %

Bonjour,

Vos réponses à ce sondage me seront très utiles pour mon projet de fin d'études dans le domaine de la prévention du risque incendie. Il s'agit pour vous de répondre à des questions dans deux domaines : l'incendie en tunnel et l'incendie dans un bâtiment. Pour que ce sondage ait un intérêt, merci de répondre aux questions avec vos connaissances actuelles, sans chercher plus d'informations pendant ou juste avant de répondre au questionnaire.

Merci d'avance à vous de prendre le temps d'y répondre ! Cela vous prendra moins de 10 minutes.

Léa

Suiv.

Questionnaire incendie 8 %

Partie 0 - Informations générales

Votre tranche d'âge *

- Moins de 20 ans
- 20 – 29 ans
- 30 – 39 ans
- 40 – 49 ans
- 50 – 59 ans
- 60 ans ou plus

Votre genre *

- Femme
- Homme
- Autre

Votre profession

Préc. Suiv.

Questionnaire incendie 15 %

Avez-vous déjà été confronté(e) à un incendie ? *

- Oui
- Non

Préc. Suiv.

Questionnaire incendie

23 %

Si oui, décrivez l'incendie :

Merci de décrire brièvement la situation, d'indiquer le type d'incendie (voiture, mobilier, etc.), le lieu de l'incendie ainsi que votre réaction.

Questionnaire incendie

31 %

Informations reçues p. ex. par un dépliant ou lors d'une formation

Avez-vous déjà reçu des informations sur la conduite à tenir en cas d'incendie ? *

- (x) Oui
- ( ) Non

Préc. Suiv.

Questionnaire incendie

38 %

Si oui, décrivez comment vous avez reçu ces informations :

Dépliant, formation, par qui ? où ? quand ? etc.

Préc. Suiv.

Questionnaire incendie

46 %

Partie 1 - Incendie en tunnel

Deux questions introductives pour commencer.

Le plus souvent, lors d'un trajet en voiture ou moto, je suis *

- ( ) Conducteur
- ( ) Passager
- ( ) Autre :

À quelle fréquence utilisez-vous voiture ou moto ?

- ( ) Fréquemment (plusieurs fois par mois)
- ( ) Rarement (moins d'une fois par mois)
- ( ) Jamais

Préc. Suiv.

Questionnaire incendie

54 %

Les questions qui suivent s'intéressent à vos réactions si vous êtes dans un tunnel lors d'un incendie.

Restez dans la voiture ? *

Si vous êtes en tunnel et qu'un incendie s'y déclare, restez-vous dans votre voiture ?

- ( ) Non
- ( ) Oui
- ( ) Cela dépend :

Appeler le 18 (sapeurs-pompiers) *

- ( ) Non
- ( ) Oui
- ( ) Autre :

Appeler un autre numéro ? *

- ○ Non
- ○ Oui (lequel, comment) :

Vous vous rendez compte qu'une personne est intoxiquée au monoxyde de carbone CO (nausées, étourdissements). Que faites-vous ? *

Si vous ne savez pas, indiquez 'NSP'

Vous êtes pris dans la fumée et votre visibilité est très réduite. Que faites-vous ? *

Si vous ne savez pas, indiquez 'NSP'
Remarque : cette question est indépendante de la question précédente

Utilisez le champ ci-dessous si vous avez des remarques ou des éléments à ajouter qui vous semblent pertinents.

Préc. Suiv.

Questionnaire incendie

62 %

Vous étiez-vous déjà posé ce genre de questions avant ce sondage ? *

- ○ Oui
- ○ Non

Remarques éventuelles :

Questionnaire incendie

69 %

Partie 2 - Incendie dans un bâtiment

Cette partie est la dernière du questionnaire. Elle traite des incendies dans un milieu fermé : incendie domestique ou incendie dans un ERP (établissement recevant du public). En France, toutes les 2 minutes, un incendie domestique survient.

À votre avis, quel volume d'eau est nécessaire pour éteindre un incendie, 10 minutes après le départ du feu ? *

P. ex. feu, fumées, chaleur etc.

Selon vous, quel est l'élément le plus dangereux lors d'un incendie ? *

Classez les éléments ci-dessous en fonction de leur dangerosité selon vous : *

1 = le plus dangereux ; 3 = le moins dangereux

- Température
- Visibilité réduite
- Toxicité

Questionnaire incendie

77 %

Un incendie se déclare dans la pièce où vous vous trouvez. Vous êtes proche de la sortie.
Que faites-vous ?

Un incendie se déclare. Vous vous trouvez à un étage inférieur à celui où le feu s'est déclaré.
Que faites-vous ?

Un incendie se déclare. Vous vous trouvez à un étage supérieur à celui où le feu s'est déclaré.
Que faites-vous ?

De la fumée commence à rentrer sous la porte de la pièce dans laquelle vous vous trouvez.
Que faites-vous ?

Préc. Suiv.

Questionnaire incendie

85 %

Partie 3 - Vos coordonnées

Si vous ne souhaitez pas laisser vos coordonnées, merci de passer directement à l'étape suivante.
Si vous acceptez de laisser vos coordonnées pour recevoir le résultat du sondage (d'ici un mois), vous pouvez remplir tout ou partie des champs qui suivent. Veuillez noter qu'aucune des informations vous concernant ne sera diffusée.

Si vous souhaitez être informé du résultat de ce sondage, veuillez renseigner vos coordonnées :

Vous n'êtes pas obligé de remplir tous les champs

Prénom et Nom

Code postal ou ville

Email

Téléphone

Je souhaite recevoir l'analyse du sondage

- Oui
- Non

Préc. Suiv.

Questionnaire incendie

92 %

Fin du questionnaire

Vous avez atteint la fin du questionnaire !

Pour quitter, cliquez sur le bouton 'Terminé'.
Si vous avez renseigné vos coordonnées et répondu 'oui' à la question 'Je souhaite recevoir l'analyse du sondage', vous serez informés du résultat d'ici un mois. Si vous n'avez pas renseigné vos coordonnées, vous pouvez encore le faire en cliquant sur le bouton 'Préc.'
Merci à vous d'avoir pris le temps de répondre à ce questionnaire.

Léa

Préc. Terminé

A – 1.2. Site utilisé pour réaliser le sondage

Ce sondage a été réalisé sur le site sondageonline.fr. Ce site permet aux étudiants de réaliser des sondages gratuitement et sans limite du nombre de réponses et de sondés. Le sondage reste en ligne un mois avant de s'effacer automatiquement.

A – 1.3. Traitement des données du sondage

Après trois mois en ligne, j'ai récupéré les réponses des 431 sondés au format Excel. Pour les questions fermées avec réponse obligatoire, les réponses ont été traitées et mises en forme sous l'aspect de graphiques de secteurs. Les questions ouvertes ont été traitées par lecture des réponses et classement en grandes catégories.

A – 2. PLAN FAMILIAL DE MISE EN SURETE

Auteur : Léa Nachef

PLAN FAMILIAL DE MISE EN SURETÉ

Les bons gestes à adopter quand ma famille est en danger

Préambule

Par définition, une catastrophe est un **phénomène soudain aux conséquences remarquables,** qui provient d'une source humaine ou naturelle. La vitesse de survenue d'une catastrophe justifie de **se préparer en amont afin d'être capable de réagir** le jour de l'évènement et disposer des **bons réflexes.**

Les secours, en cas de catastrophe, mettent du temps à arriver **et les citoyens peuvent sauver des vies.** La sécurité civile concerne tous les citoyens.

Ce guide a pour vocation de **réduire la vulnérabilité de la famille** et de son entourage en cas de catastrophe. Le plan familial de mise en sûreté fait appel au bon sens individuel et propose à chaque citoyen de **réfléchir,** de **se préparer** et de **s'équiper** avant qu'une situation d'exception ne se transforme en tragédie.

1

Étape 1 : SE RENSEIGNER

Sur les risques majeurs auxquels ma famille est exposée

À notre adresse, nous sommes concernés par différents risques majeurs potentiels : risques de tempête, d'un accident de transport de matières dangereuses (TMD), de rupture de barrage, de canicule et risque sanitaire global comme une pandémie grippale en hiver.

Comment suis-je alerté en cas de survenue de l'un de ces risques ?

Les autorités et les exploitants mettent en place différents moyens d'alerte en fonction des risques auxquels je suis exposé.

Les sirènes du RNA, le réseau national d'alerte

Ces sirènes sont présentes sur toute la France. En cas d'alerte, elles émettent un son de 3 séquences et 1 minute 41 secondes chacune espacées d'un silence. Ce sont ces sirènes que j'entends tous les premiers mercredis du mois avec une seule séquence. Quand j'entends ce signal à un autre moment, **je me mets à l'abri dans un bâtiment et j'écoute la radio**.

Les sirènes « barrage »

Elles sont localisées en aval des grands barrages comme le barrage de Vouglans ou de Coiselet et émettent le son d'une corne de brume lorsqu'elles sont actionnées. Ces sirènes sont testées à 12h15 une fois tous les trois mois le premier mercredi des mois de mars, juin, septembre et décembre. Si j'entends ce son à un autre moment, c'est qu'une rupture du barrage est imminente. Dans ce cas, **j'évacue et le gagne les hauts points**.

Les ensembles mobiles d'alerte

Ce sont des haut-parleurs installés sur les toits des véhicules communaux, des sapeurs-pompiers, des forces de l'ordre ou des industriels. Ils peuvent diffuser des messages spécifiques en fonction du risque majeur en jeu. Par exemple, les messages peuvent être une recommandation de mise à l'abri ou d'évacuation.

Les radios locales

Ce sont les radios du type France Info ou France Inter. Elles disposent de conventions avec les services de l'État. En cas d'évènement grave, les programmes habituels sont interrompus pour informer sur l'évènement en cours et les comportements à adopter.

Étape 2 : SE FORMER

Que faire dans le cas de la survenue de l'un de ces risques ?

Il existe des réflexes à adopter en cas de survenue de l'un ou plusieurs de ces risques. Ces comportements à adopter sont détaillés dans le tableau qui suit :

RISQUE	FAIRE	NE PAS FAIRE
Tempête	Me mettre à l'abri Fermer les fenêtres Couper l'eau et l'électricité Écouter la radio	Ne pas téléphoner sauf urgence médicale Ne pas chercher les enfants à l'école Ne pas utiliser la voiture Ne pas toucher de câbles électriques
Rupture de barrage	Gagner un point haut en étage Écouter la radio Retrouver ma famille au point de rencontre	Ne pas téléphoner sauf urgence médicale Ne pas chercher les enfants à l'école
Accident de transport de matières dangereuses	Donner l'alerte si je suis témoin Me mettre à l'abri Écouter la radio	Ne pas téléphoner sauf urgence médicale Ne pas chercher les enfants à l'école Ne pas fumer et éviter toute étincelle
Canicule	M'hydrater régulièrement Fermer les volets pour garder la fraicheur	Ne pas faire du sport en extérieur Ne pas ouvrir les fenêtres au soleil
Pandémie grippale	Me laver régulièrement les mains Jeter les mouchoirs usagés	Ne pas être en contact avec des personnes vulnérables si je suis touché Éviter les personnes à risque

Que faire en cas de tempête ?

Avant la tempête

- Consulter la carte de vigilance météo sur www.meteo.fr
- Rentrer à l'intérieur les objets susceptibles de s'envoler (plantes, jardinières du balcon) Rentrer dans un abri en dur et fermer les volets
- Arrêter les activités en plein air ou le chantier

Pendant la tempête

- Débrancher les appareils électriques
- S'informer du niveau d'alerte et des consignes de autorités
- Se déplacer le moins possible : si je suis à la maison, je ne prends pas la voiture, si je suis en voiture, je roule lentement

Après la tempête

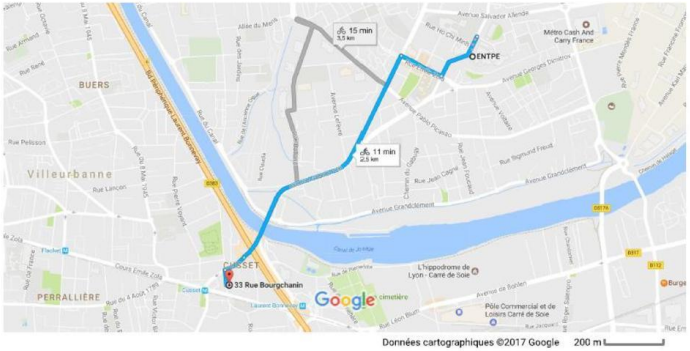
- Ne pas toucher aux câbles électriques tombés par terre
- Continuer de s'informer du niveau d'alerte et des messages météo

Que faire en cas de rupture de barrage ?

Nous sommes soumis au risque de la rupture des barrages de Vouglans et Coiselet dans le Jura. Si ces barrages cèdent, Lyon sera submergée de 10 mètres d'eau en 9 heures. Ce délai nous offre la chance d'avoir plus de temps pour réagir que si on habitait à proximité du barrage, mais il faut tout de même connaître les comportements à adopter en cas de survenue de la rupture !

Avant la rupture

- Connaître les dispositifs d'alerte : si tu ne les connais pas encore, reporte-toi à la page 2 : c'est le bruit d'une corne de brume
- Connaître les points de regroupement, les moyens et les itinéraires d'évacuation :
  - Si je suis déjà chez moi, je monte dans les étages de l'immeuble
  - Si je suis sur mon lieu de travail lors de la survenue de la rupture, je vais chez les tantes Laure et Célia = 10 minutes à vélo



Pendant la rupture

- Reconnaître le signal d'alerte
- Gagner le plus vite possible les points hauts ou les étages supérieurs de l'immeuble

Après la rupture

- Aérer
- Désinfecter à l'eau de javel
- Chauffer dès que possible l'appartement
- ATTENTION : ne rétablir le courant électrique que si l'installation est sèche

Que faire en cas d'accident de TMD ?

TMD signifie transport de matières dangereuses. Certains poids lourds qui circulent à proximité de la maison transportent des matières dangereuses : explosives, corrosives, toxiques, etc. Pour être prêt à réagir en cas d'accident de TMD, je dois avoir certains réflexes.

Avant l'accident de TMD

- Savoir identifier un convoi de matières dangereuses : les panneaux et pictogrammes que je vois sur les camions de transport me permettent d'identifier les risques générés par les matières transportées.

Pendant l'accident de TMD

- **Si je suis témoin,** donner l'alerte aux sapeurs-pompiers
- **Si je suis témoin,** éviter un sur-accident en balisant les lieux de l'accident et en évacuant les personnes à proximité
- Ne pas fumer ni produire d'étincelle
- Ne pas entrer en contact avec le produit
- Quitter la zone de l'accident perpendiculairement à la direction du vent
- Rejoindre le bâtiment le plus proche et se mettre à l'abri
- S'enfermer dans un local clos en calfeutrant les fenêtres et aérations
- Arrêter la ventilation du local
- Ne pas téléphoner pour ne pas encombrer les lignes
- Écouter la radio
- Ne pas chercher les enfants à l'école
- Respecter les consignes de sécurité diffusées par les services de secours

Après l'accident

- Une fois l'alerte passée, aérer tout l'appartement ou le local dans lequel je me suis réfugiée

Étape 3 : SE PRÉPARER

Les consignes générales que je dois respecter

Selon le type d'évènement, je suis susceptible dès a diffusion de l'alerte ou des consignes de :

- Évacuer
- Ou me mettre à l'abri dans un bâtiment

Se préparer en famille

Je me prépare en famille en partageant les informations recueillies et m'organise en conséquence

Dans la maison, nous devons :

- Savoir couper eau, gaz et électricité
  - *Dans le panneau de la cuisine pour le gaz et dans l'entrée pour l'électricité*
- Connaître toutes les issues
  - *La porte d'entrée qui donne sur le pallier*
- Localiser les clés
  - *Sur le porte-clés de l'entrée*
- Avoir un kit spécial catastrophe complet
  - *Il est sous le piano dans la boîte avec une croix rouge*
- Savoir où se trouve l'extincteur s'il y en a un
  - *Pas d'extincteur*
- Mettre en lieu sûr les papiers importants (documents administratifs, fonciers, assurances)
  - *Les placer dans le coffre en métal de l'entrée*
- Mettre ses biens en sécurité
  - *Les placer dans le coffre en métal de l'entrée*
- Avoir un papier avec les numéros importants : pompiers, mairie, secours, etc.
  - *C'est le papier est collé sur le frigo*

À l'extérieur, nous devons :

- Connaître les gestes des premiers secours
  - *Ce sont les gestes appris pendant la formation PSC 1*
- Identifier et reconnaître les points de regroupement de la famille en cas de séparation et d'accès impossible au domicile
  - *Chez les tantes Laure et Célia, on sait tous y aller ;)*

Étape 4 : S'ÉQUIPER

Enfin, il est nécessaire de s'équiper avec le matériel qui permettra de satisfaire les besoins élémentaires, dont certains vitaux, dans différentes situations en attendant les secours. Tout ce matériel est rangé dans le Catakit !

Ce kit de survie, situé sous le piano dans l'entrée, sert à se soigner, se protéger, se signaler, boire et manger. Dedans, je range :

- Pansements adhésifs
- Gants en latex
- Ciseaux
- Couverture de survie
- Gel anti-brûlure
- Masque respiratoire
- Compresses
- Bandages
- Antiseptique
- Sérum physiologique
- Poche de froid
- Épingle à nourrice
- Mouchoirs
- Téléphone portable et son chargeur
- Photocopie des papiers d'identité
- Clés de maison et de voiture
- Argent
- Bougies de survie
- Banderole SOS
- Cutter
- Sachets hermétiques
- Sac poubelle
- Bidons de 5L d'eau
- Bloc note et stylo
- Kit hygiène
- Cachets de purification de l'eau
- Radio à piles et lampe à dynamo
- Sifflet
- Briquet
- Ruban adhésif
- Vêtements et chaussures de rechange
- Nourriture

Une fois que tout ce qui est dit au-dessus est acquis, je peux m'amuser à tester mes connaissances en famille et entre amis ! Pour cela, j'organise des exercices pour tester la préparation et pour que chacun ancre les bons réflexes.

Les numéros utiles

Pompiers : **18** ou 112

Samu : **15** ou 112

Police : **17** ou 112

Météo France : **08 92 68 02 69**

Mairie : **04 78 03 67 67**

Assurance : **04 72 78 39 21**

Fréquences radio

France Info : **105.4 FM**

France Inter : **101.1 FM**

Et voilà, nous sommes prêts !

A – 3. PLAN D'ACTION D'UN RETOUR D'EXPERIENCE

VI. PLAN D'ACTIONS

Ce retour d'expérience a permis de noter tous les points ayant correctement fonctionné, ainsi que certains points pouvant encore être améliorés pour une plus grande efficacité d'intervention.

Ces points d'amélioration, évoqués plus haut dans les encadrés rouges, sont regroupés ici :

	ANOMALIE IDENTIFIÉE / MESURE CORRECTIVE	RESPONSABILITÉ	DÉLAIS DE MISE EN ŒUVRE
Équipement en tunnel	Afin d'améliorer la communication des consignes de sécurité aux usagers et d'éviter que plusieurs PAU puissent être connectés simultanément au PC, il pourrait être judicieux de **modifier le fonctionnement des appels PAU** pour ne permettre qu'un appel à la fois. **Un message d'attente pourrait par ailleurs être mis en place** en cas d'appel simultané de plusieurs PAU au PC.		
	Pour augmenter la visibilité des PAU, il semble opportun d'étudier l'amélioration **de la signalisation du poste d'appel d'urgence** (panneau CE2a) au PM 70	VRTMO	Intégré dans le DPS – travaux en 2018
	Il semble que la **mise en place de caméras mobiles aux têtes** permettrait d'avoir un visu plus complet au PC COMET	VRTMO	Intégré dans le DPS – travaux en 2018
Équipement au PC	Pour simplifier les commandes de l'opérateur et homogénéiser les pratiques, il serait opportun d'étudier l'**intégration du système de commande de l'ouvrage au SITG**	VRTMO	
	Trouver une solution pour faciliter l'accès des services de secours au parking du bâtiment et au PC COMET **(difficulté pour le PC de gérer les interphones en cas de gestion de crise)**.	VRTMO / VRTEX	2018
Communication	**Homogénéiser les termes de localisation entre le Grand Lyon et le SDMIS**, pour garantir une bonne transmission des informations	VRTEX - SDMIS	Mise à jour annuelle du PIS fin 2017
	Mettre en place un synoptique à jour comme support à la SITAC pour gagner du temps en cas d'évènement	VRTEX – LOMBARDI	3ème trimestre 2017

Recommandation du retour d'expérience :

En cas d'incendie, les hydrants de l'ouvrage apparaissent comme stratégiques et nécessitent d'être opérationnels. Il convient d'en effectuer des tests réguliers, l'exploitant devant s'assurer auprès du gestionnaire du bon déroulement de ces tests. Il convient également de se rapprocher du SDMIS pour connaître leur stratégie d'intervention en cas d'incendie dans l'ouvrage, notamment en cas d'incendie d'un PL.

Il conviendra de repositionner cet objectif lors d'un prochain exercice annuel dans l'ouvrage.