

## 4. INCENDIES EN TUNNEL

### 4.1. ÉLÉMENTS DE CONTEXTE

Les incendies en tunnel ont toujours été au centre des discussions sur la sécurité des tunnels. Le *chapitre 4* présente une brève caractérisation des incendies en tunnel, suivie d'une discussion sur les facteurs d'influence pertinents et d'une liste de données à recueillir sur les incendies en tunnel. La principale partie du *chapitre 4* traite des données relatives aux incendies en tunnel, notamment les taux d'incendies.

Des données et statistiques internationales sur les incendies en tunnel ont été recueillies et publiées par l'AIPCR en 1999, (AIPCR doc. 05.05.B – Contrôle des incendies et des fumées dans les tunnels routiers) [7]. Le rapport, qui a maintenant plus de 15 ans, sert de document de référence pour l'estimation des taux d'incendies de base dans les tunnels. Il fournit des données relatives à certains tunnels dans un nombre donné de pays.

Depuis, la variété et la qualité des données relatives aux incendies en tunnel se sont améliorées. Pendant l'élaboration de ce rapport, il a été possible de collecter et d'évaluer des informations plus ou moins complètes de 12 pays. L'objectif est de présenter des données statistiques sur les incendies en tunnels provenant de différents pays ainsi que d'autres informations pouvant se révéler utiles pour décrire les caractéristiques d'incendies réels en tunnel. De cette façon, les paramètres du risque d'incendie pourront être mieux estimés et traités de manière adéquate, par exemple dans les analyses des risques, durant la phase de conception des tunnels ainsi que durant leur exploitation. Le retour d'expérience en rapport avec les incendies peut également servir de base pour l'évaluation de l'exploitation du tunnel, de l'action des services de secours ainsi que du comportement des usagers.

L'accent sera mis ci-après sur la mise à jour des taux d'incendies plutôt que sur les considérations relatives aux conséquences des incendies, car les conséquences d'un incendie en tunnel particulier dépendent grandement des circonstances particulières de l'événement en question. Étant donné que les incendies en tunnel sont des événements rares, une approche entièrement statistique des conséquences des incendies en tunnel n'est pas toujours suffisante.

### 4.2. CARACTÉRISTIQUES DES INCENDIES EN TUNNEL

Les discussions sur les incendies en tunnel tournent souvent autour des événements extrêmes survenus dans le tunnel du Mont Blanc, le tunnel des Tauern et le tunnel du Gothard. Cependant, dans la réalité, la majorité des incendies en tunnel sont des événements relativement petits pouvant toutefois évoluer vers des événements très dangereux, en fonction de divers paramètres déterminants. L'espace confiné d'un tunnel constitue un environnement dans lequel les conditions peuvent rapidement devenir intenable en cas d'incendie. Plusieurs essais incendie réels ont été réalisés dans le cadre de différents programmes de recherche nationaux et internationaux dans le but de confirmer les hypothèses sur la taille des incendies et le comportement au feu. Encore une fois, ces essais portaient principalement sur des incendies à grande échelle avec des puissances thermiques élevées. Ces essais sont réalisés dans certaines conditions et les résultats doivent être vérifiés par des données relatives à des incendies réels en termes de statistiques d'incendie.

La collecte de données à ces fins statistiques requiert une définition plus restrictive des événements à considérer comme des incendies. Actuellement, les pratiques diffèrent d'un pays à l'autre quant aux événements enregistrés ou non en tant qu'incendie (pour la définition du terme « *incendie* » dans le contexte de ce rapport, voir le [chapitre 1.2](#)). Différentes pratiques existent également en matière de mode de détection des incendies ainsi que pour la consignation ou non de leur cause. La taille de l'incendie est souvent ni estimée ni enregistrée et doit donc dans de nombreux cas être estimée sur la base d'indicateurs. Différents facteurs peuvent expliquer les diverses pratiques existantes en matière de collecte des données, comme les différentes localisations de tunnel (urbain ou rural), la densité de la circulation, différents niveaux de surveillance liés à la longueur du tunnel, etc. Pour une meilleure compréhension de la fréquence et de la gravité des incendies en tunnel, il peut être nécessaire d'analyser leurs occurrences, la charge calorifique, la puissance thermique, la durée et l'évolution de l'incendie et peut être aussi les causes de l'incendie et ses conséquences.

Quelques facteurs clés pertinents pour la caractérisation des incendies en tunnel sont présentés ci-dessous :

#### **Évolution de l'incendie**

- vitesse d'évolution :
  - évolution lente avec fumée
  - évolution rapide
  - évolution explosive

#### **Taille de l'incendie**

- charge calorifique
- incendie de pleine intensité
- incendie d'intensité partielle

#### **Causes de l'incendie :**

- collision
- défaut du véhicule déclenchant un incendie (par ex. moteur en feu / surchauffe des freins, etc.)

La vitesse d'évolution de l'incendie et la taille de l'incendie revêtent une grande importance s'agissant de la sécurité des personnes. Elles sont influencées par la nature de la charge calorifique, l'état technique des véhicules impliqués, la circulation de l'air dans le tunnel durant l'évolution de l'incendie ainsi que l'étude de la sécurité en cas d'incendie du tunnel en question.

La puissance thermique maximale d'un incendie dépend de la quantité et du type de matériau, de la charge calorifique, des conditions limites de l'apport en oxygène, etc. Les incendies de véhicules légers évoluent rarement vers de fortes puissances thermiques, alors que des incendies en pleine intensité du chargement de PL et les feux de nappe peuvent potentiellement évoluer vers de très fortes puissances thermiques.

Les deux types d'incendies en tunnel (déclenchés par une collision ou un défaut du véhicule) peuvent se distinguer par leurs caractéristiques : les incendies provoqués par un défaut du véhicule commencent généralement au niveau du moteur, du système d'échappement, des roues ou des freins, rarement au niveau du chargement. Dans la plupart des cas, ces incendies

sont protégés et de nature à évoluer lentement dans la première phase, avec par la suite un développement progressif jusqu'à une pleine intensité. Avec ce type d'évolution, la probabilité d'extinction de l'incendie (ou de retardement de son évolution) soit au moyen d'extincteurs manuels, soit par les pompiers intervenant, avant qu'il ne menace la santé et la sécurité des personnes se trouvant dans le tunnel, est accrue. Les incendies qui surviennent à la suite de collisions présentent une évolution souvent plus rapide en raison des fuites de carburant (en quantité limitée) provoquées par l'accident. Les incendies de liquides inflammables, c'est-à-dire les feux de nappe avec de grandes quantités de liquides inflammables, sont extrêmement rares et surviennent en cas de déversement d'une grosse quantité de liquide inflammable (en conséquence d'une collision ou pour d'autres raisons).

### 4.3. FACTEURS D'INFLUENCE POUR LES INCENDIES EN TUNNEL

On part généralement du principe qu'un certain nombre de facteurs influencent le taux d'incendies. Certains de ces facteurs sont fondés sur l'avis d'experts et des indicateurs. Pour quelques facteurs précis uniquement, l'estimation est fondée sur les enregistrements et des statistiques.

Il est normal de distinguer les incendies résultant de collisions, des incendies considérés comme résultant d'un défaut du véhicule (par ex. une conséquence de défauts techniques, électriques ou mécaniques). La majorité des incendies de véhicules sont le résultat d'un défaut du véhicule. Cependant, les incendies causés par des collisions peuvent avoir de graves conséquences, car ils peuvent évoluer plus rapidement et concernent souvent des personnes incapables de s'extraire du véhicule en feu. Les facteurs ayant une incidence sur les collisions (et uniquement ayant une incidence indirecte sur les incendies) ne seront pas examinés ci-après, car ces aspects ont déjà été abordés au [chapitre 3](#).

Les facteurs d'influence ci-après sont utiles pour déterminer la probabilité ou la fréquence des incendies :

- Taux de collisions ;
- Pourcentage de trafic de PL (car le taux d'incendies pour les PL peut être différent de celui des voitures de tourisme) ;
- Pente dans le tunnel et longueur de la pente ;
- Pente sur les routes menant au tunnel ;
- Combinaison de la longueur du tunnel et de la pente ;
- Composition du trafic / âge et état technique des véhicules, ainsi que l'entretien des PL.

L'évolution et les conséquences d'un incendie une fois déclenché ne seront pas approfondies dans ce chapitre. Nous renvoyons à l'annexe qui contient un échantillon représentatif d'incendies caractéristiques en tunnel.

Pour mieux étayer la quantification des facteurs ayant une incidence sur les taux d'incendies, il serait nécessaire de consigner l'ensemble des paramètres pertinents lors de l'enregistrement d'un incendie. Lors de l'évaluation de ces données, il pourrait être possible d'établir la corrélation entre le facteur d'influence et le taux d'incendies.

Jusqu'à présent, les statistiques n'ont pas suffi pour établir des modèles fiables de l'influence des pentes et de la combinaison des pentes et longueurs sur les taux d'incendies. C'est pour cette raison que les modèles existants peuvent être considérés comme des avis d'experts qui pourraient être ultérieurement étayés par des données réelles.

On peut observer que la composition du trafic en termes de vétusté et d'état technique des véhicules a une incidence sur le taux d'incendies. Il est tout particulièrement important que les freins des poids lourds soient adaptés aux tunnels / routes de montagne présentant de fortes pentes descendantes et que le système d'échappement du moteur et la transmission fonctionnent de manière optimale dans les montées. Cependant, nous ne disposons jusqu'à présent d'aucune base statistique pour quantifier cette influence.

Il convient de souligner que des données statistiques sont utiles pour établir des modèles. Dans de nombreux cas toutefois, les données statistiques doivent également être combinées avec certains des avis d'experts. Un modèle entièrement statistique montrerait par exemple que les tunnels sous surveillance semblent présenter un taux d'incendies supérieur à celui des tunnels sans surveillance. Bien sûr, cela n'implique pas que le taux d'incendies est influencé par la surveillance, mais plutôt que le système de surveillance a une incidence sur la qualité de l'ensemble de données.

#### 4.4. COLLECTE DE DONNÉES RELATIVES AUX INCENDIES EN TUNNEL

Pour améliorer la sécurité dans les tunnels, il est nécessaire de tirer des enseignements de l'expérience d'événements réels. Les incendies en tunnel sont relativement rares et il est donc particulièrement important de signaler tous les aspects pertinents relatifs à ceux-ci. Indépendamment des caractéristiques de l'incendie (notamment sa taille), il est essentiel de documenter les paramètres pertinents afin qu'ils soient disponibles pour des évaluations plus approfondies, car même l'expérience de petits incidents peut-être précieuse s'agissant de l'amélioration de la sécurité. À cet égard, il est recommandé de documenter également les incidents (par ex. dégagement de fumée sans combustion significative) qui selon la définition fournie dans le présent rapport (voir [chapitre 1.2](#)) ne sont pas considérés comme des incendies.

Étant donné que les incendies sont rares, une collecte d'informations plus détaillées que pour les incidents plus fréquents est justifiée. À l'avenir, la collecte de données en soi pourrait être davantage améliorée pour renforcer la fiabilité des statistiques sur les incendies. Il convient de déclarer les données suivantes relatives aux incendies :

- Informations sur le tunnel, nom, unidirectionnel ou bidirectionnel, longueur et pente.
- Date précise d'occurrence de l'incendie, (année, mois, jour et heure).
- Données caractéristiques relatives au trafic (TMJA, composition du trafic, en particulier le pourcentage de PL), caractéristiques spécifiques de la circulation (notamment la congestion), conditions de circulation avant et pendant l'événement.
- Localisation de l'incendie dans le tunnel.
- Caractéristiques de l'incendie :
  - Évolution de l'incendie (temps estimé entre le début et la combustion complète du véhicule / l'extinction du feu).
  - Estimation de la puissance thermique maximale (MW).
  - Indication des températures durant l'incendie.

- Durée de l'incendie.
- Conséquences de l'incendie :
  - Véhicules impliqués (poids lourds et véhicules légers - nombre).
  - Personnes impliquées (nombre).
  - Victimes (nombres, tués, blessés, hospitalisés, etc.).
  - Indication des dommages subis par les véhicules impliqués (utile pour l'estimation de la taille de l'incendie).
    - Endommagement du tunnel (gros œuvre, équipements techniques, etc. – également utile pour l'estimation de la taille de l'incendie).
- Durée de fermeture du tunnel.
- Où et comment l'incendie a été détecté.
- Cause de l'incendie, par ex. :
  - Collision.
  - Défauts du véhicule, mécaniques, électriques (par ex. surchauffe des freins).
  - Incendie dans des installations techniques du tunnel.
- Mode d'extinction de l'incendie.
- Modalités d'interventions de la brigade de pompiers et d'autres services de secours durant le sauvetage (quelle organisation, heure de l'alarme, temps écoulé jusqu'à l'arrivée sur le site de l'incendie, heure de début de l'attaque du feu, temps nécessaire pour maîtriser l'incendie, temps nécessaire pour éteindre complètement l'incendie).
- Désenfumage : type (ventilation longitudinale, extraction de la fumée, etc.), effet (propagation de la fumée le long du tunnel dans le temps, retour de fumée).
- Performance des systèmes tunnel techniques ; tous les systèmes ont-ils fonctionné comme prévu ou ont-ils fait défaut ou montré un comportement inattendu ?
- Informations sur l'évacuation :
  - Issues de secours, interdistance.
  - Heure de l'alarme/alerte/annonce.
  - Temps écoulé entre l'alerte au feu et le début de l'auto-évacuation.
  - Temps nécessaire pour achever l'auto-évacuation.
  - Nombre de personnes évacuées.
  - Activités des services de secours pour faciliter le sauvetage.
  - Nombre de personnes avec des difficultés physiques ayant eu besoin d'une assistance.
  - Prise en charge et protection apportées aux personnes évacuées.
- Il convient également de consigner des observations générales concernant le comportement des personnes impliquées dans l'incident.

Par ailleurs, toutes les données enregistrées automatiquement par les différents systèmes techniques (par ex. télésurveillance, systèmes de détection et d'alarme, etc.) doivent être systématiquement évaluées.

#### 4.5. DONNÉES DISPONIBLES

Depuis sa publication en 1999, le rapport 05.05B « *Contrôle des incendies et des fumées dans les tunnels routiers* » [7] de l'AIPCR constitue l'une des principales sources de données relatives aux incendies en tunnel routier.

Ce rapport comprend les informations suivantes :

- *Taux d'incendies de tunnels donnés dans différents pays, avec une plage de 0 – 250 par milliard de véhicules. Par exemple : Pour le tunnel sous l'Elbe, on indique un taux d'incendies de 90 incendies par milliard de véhicule.km, avec une répartition de 60 incendies par milliard de véhicule-km pour les véhicules de tourisme et 250 incendies par milliard de PL.km.*
- *Les statistiques des incendies en tunnels en France indiquent 10 à 20 incendies par milliard de véhicule.km pour les voitures de tourisme et 80 par milliard de véhicule.km pour les poids lourds sans matières dangereuses (soit 20 à 30 incendies par milliard de véhicule.km pour un trafic avec une part de PL de 15 %). Pour les incendies dans les tunnels en France, une estimation du taux des incendies de gravité différente est indiquée.*

En principe, il convient de souligner que la compréhension de l'occurrence et de l'évolution des incendies ne peut pas reposer uniquement sur des statistiques. Les incendies décrits au [chapitre 6](#) (ainsi que tous les autres cas connus tels que les célèbres incendies extrêmes des tunnels du Mont Blanc, du Tauern, du Gothard, de Via Mala Burnley, etc.) peuvent être utilisés pour acquérir une connaissance qualitative du déroulement possible des événements durant un incendie. L'« *avis d'experts* » doit dans tous les cas se fonder sur la connaissance des informations disponibles sur des incendies réels. De plus, il est possible de déterminer les chiffres clés et les facteurs d'influence à partir d'un ensemble détaillé et complet de données décrivant les incendies. Dans cette section, nous utilisons des données statistiques pour définir les taux d'incendies. Les données et informations pertinentes ayant servi de base aux calculs des taux d'incendies sont indiquées à l'[annexe 4](#).

Les taux d'incendies sont présentés sous forme de taux par véhicule.km, ce qui a obligé de recueillir également le volume de circulation dans les tunnels pour la période de collecte et dans la zone géographique couverte par la collecte de données.

Il convient de souligner que pour certains pays des données complètes/exhaustives étaient disponibles (partie droite du [tableau 6](#)) alors que pour d'autres seul un nombre limité de données ont pu être recueillies. Pour les pays suivants, il a été possible de recueillir des données pour le calcul des taux d'incendies moyens (voir [tableau 6](#)) :

- Norvège
- Pays-Bas
- Autriche
- Allemagne
- Italie
- Espagne
- France
- Royaume-Uni
- République tchèque

- Japon
- Corée du Sud
- Vietnam

**TABLEAU 6 : TAUX D'INCENDIES MOYENS DES TUNNELS ROUTIERS DANS DIFFÉRENTS PAYS**

Pays	Taux d'incendies tous véhicules (pour 10 <sup>9</sup> véh/km)
Norvège	15,0
Pays-Bas	3,2
Autriche	6,5
Allemagne <sup>°</sup>	25,7
Italie	5,6
Espagne	3,5
France	10,6
Royaume-Uni <sup>#</sup>	Données insuffisantes (10 – 20)
République tchèque	17 - 25
Japon <sup>^</sup>	(38)
Corée du Sud	6,4
Vietnam <sup>*</sup>	560

Remarques :

# La valeur du R-U entre parenthèses est une estimation très approximative.

^ Les tunnels couvrent uniquement quatre tunnels avec cas d'incendie – le taux est une valeur supérieure pour le Japon.

\* Les statistiques ne couvrent qu'un seul tunnel.

° Les données disponibles ne couvrent que 28 tunnels allemands du réseau routier transeuropéen – de petits incendies sont également inclus

Pour des données de base relatives aux taux d'incendies, se reporter à l'[annexe 4.1](#)

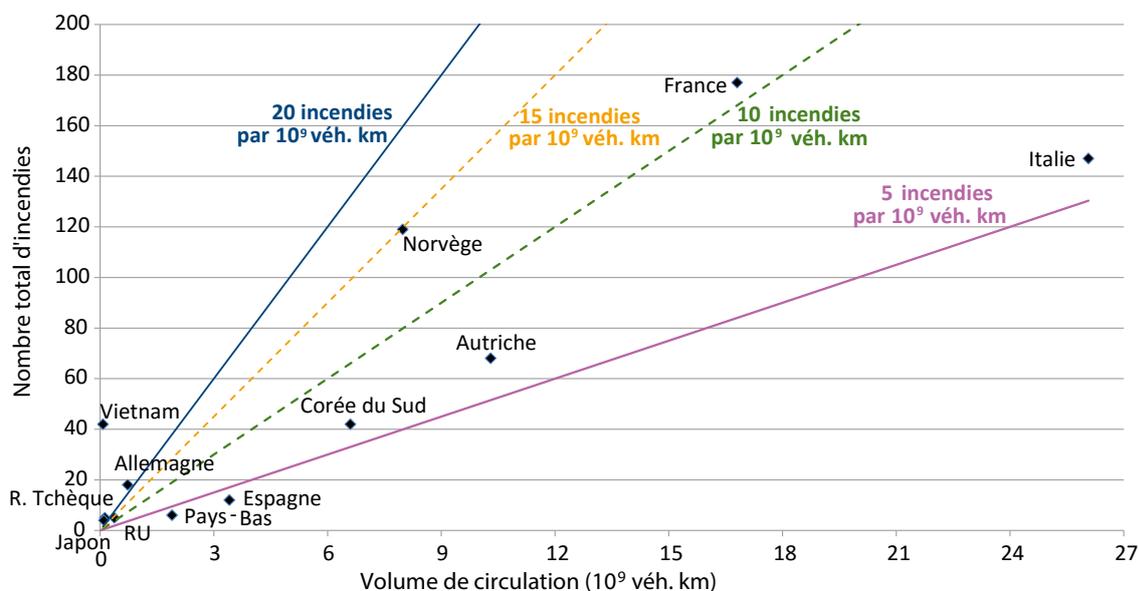


Illustration 8 : nombre total d'incendies enregistrés en relation avec le trafic correspondant pour divers pays - Lignes de référence pour les taux d'incendies

Dans l'[illustration 8](#) les taux d'incendies sont comparés par rapport au taux d'incendies numérique par milliard de véh.km. Au lieu de présenter les taux d'incendies sous forme de graphique, le nombre total d'incendies enregistrés apparaît par rapport au volume de

circulation du tunnel correspondant pour chacun des pays présentés dans l'*illustration 8*. Par conséquent, dans l'*illustration 8*, la pente d'une courbe de (0,0) au point de données correspondra au taux d'incendies. Les points de données basés sur un volume de circulation du tunnel élevé (ici : Autriche, France, Italie, Norvège et Corée du Sud) donnent plus de poids au taux d'incendies général que ceux basés sur un faible volume de circulation. Nous renvoyons le lecteur à l'annexe pour plus d'explications sur la base des taux de chaque pays.

Comme illustré dans l'*illustration 8*, les taux d'incendies se trouvent généralement dans l'intervalle de 5 à 15 incendies par milliard de véhicule.km. Les taux ont tendance à être inférieurs aux taux d'incendies indiqués dans le rapport 05.05.B de 1999 de l'AIPCR qui comme susmentionné se trouvaient dans une plage de 0 - 250 par milliard de véhicule.km sur la base de tunnels donnés avec une moyenne pondérée de 45 par milliard de véhicule.km.

Avec le niveau de détail actuel d'enregistrement des incendies, il ne semble pas possible d'établir un taux d'incendies général pour les PL, car les résultats ne sont pas cohérents d'un enregistrement à l'autre. En Autriche, le taux d'incendies pour les PL est 4 fois supérieur à celui de l'ensemble des véhicules, dans la région Est de la Norvège, le taux d'incendies pour les PL est 2 fois supérieur à celui de l'ensemble des véhicules, alors que dans la région Ouest, le taux d'incendies pour les PL n'est pas plus élevé que celui de l'ensemble des véhicules. Pour les Pays-Bas, le taux est donné pour les incendies de PL au-delà de 25 MW, ce qui n'est pas comparable avec les autres taux. Pour la France, le taux d'incendies pour les PL est 70 % supérieur dans les tunnels unidirectionnels et quatre fois supérieur dans les tunnels bidirectionnels, ce qui donne une moyenne de 2,7 pour l'ensemble des tunnels. Dans les autres pays, les informations sont rares ou non fournies. Le taux d'incendies pour les PL qui apparaît dans le rapport 05.05.B de 1999 de l'AIPCR comme 4 fois supérieur au taux d'incendies pour l'ensemble des véhicules semble être dans la partie haute de la plage basée sur les enregistrements de Norvège, de France et d'Autriche.

Dans la mesure du possible, les événements « *fumée sans combustion significative* » (voir définitions au *chapitre 1.2*) ont été exclus de la base statistique. Néanmoins, ces événements peuvent dans certains cas avoir été comptés parmi les incendies, de ce fait les taux d'incendies présentés ci-avant sont majorants.

Il existe en général une grande incertitude quant à l'enregistrement des incendies et aux taux d'incendies qui en découlent. Comme cela l'a été expliqué au *paragraphe 4.7* certains incendies peuvent ne pas avoir été enregistrés (chiffres noirs), phénomène qui abaisse la valeur des taux d'incendies estimés. D'autres différences dans les taux d'incendies peuvent provenir de différences dans la conception du tunnel, la culture du volant, les véhicules, etc. dans les différents pays/tunnels.

#### **4.6. TYPE ET GRAVITÉ DES INCENDIES**

Outre l'estimation des taux d'incendies pour l'ensemble des véhicules et pour les PL, il est intéressant d'estimer le type et la gravité des incendies. Des estimations, enregistrements et avis d'experts à cet égard sont indiqués à l'*annexe 4.1*, notamment d'Autriche, de Corée du Sud et dans une certaine mesure de Norvège et des Pays-Bas.

Les causes des incendies en Autriche ont été enregistrées et il en ressort que la grande majorité des incendies (60 sur 68) étaient dus à défauts du véhicule. 6 incendies étaient le résultat de collisions (5 avec des véhicules de tourisme, 1 avec un PL) et pour 2 incendies la cause était inconnue. Cela signifie que 90 % de l'ensemble des incendies ont été causés par une inflammation spontanée et 10 % par des collisions.

L'inflammation spontanée a été mesurée en lien avec les pannes. Alors que les voitures de tourisme affichent 1,5 inflammation spontanée pour 1000 pannes, les PL enregistrent 9,9 inflammations spontanées pour 1000 pannes. Le taux d'inflammation spontanée pour les PL est influencé par les pente de la route conduisant au tunnel. Le taux des incendies causés par une inflammation spontanée est donc 3 à 6 fois supérieur pour les PL que pour les véhicules de tourisme (d'après les données autrichiennes et françaises). Les données provenant de Norvège ont révélé des taux d'incendies 1,5 à 2 fois supérieurs seulement pour les PL par rapport aux voitures de tourisme.

À titre d'exemple des répartitions, les enregistrements provenant d'Autriche, de Corée du Sud et d'Italie sont fournis dans les [tableaux 7, 8 et 9](#).

**TABLEAU 7 : RÉPARTITION DE LA GRAVITÉ DES INCENDIES SELON LES STATISTIQUES AUTRICHIENNES**

Gravité de l'incendie	non PL	PL
Extérieur*	6 %	25 %
0-1 MW	58 %	37 %
5MW	36 %	23 %
30MW		14 %
100MW		1 %
	100 %	100%

\* Dans les statistiques autrichiennes, les incendies en tunnel sont enregistrés même si le véhicule en feu s'est arrêté à l'extérieur du tunnel juste avant d'y entrer ou juste après en être sorti.

**TABLEAU 8 : RÉPARTITION DE LA GRAVITÉ DES INCENDIES SUR LA BASE DES DONNÉES RECUEILLIES AUPRÈS DES TUNNELS DES ROUTES EXPRESS DE CORÉE DU SUD**

Gravité de l'incendie	non PL	PL
1 MW	77%	17%
5MW	23%	42%
25MW		33%
50 MW		8%
100MW		
200MW		
	100%	100%

**TABLEAU 9 : RÉPARTITION DE LA GRAVITÉ DES INCENDIES CONFORMÉMENT AUX DIRECTIVES ANAS ITALIENNES [48]**

Gravité de l'incendie	non PL	PL
0-1 MW	40%	85%
5 MW	59%	
8 MW	1%	
15 MW		12%
30 MW		2%
50MW		1%
	100%	100%

Il convient de souligner que le degré d'incertitude est beaucoup plus élevé pour les chiffres décrivant la taille de l'incendie que pour les taux d'incendies, car les informations sur la taille de l'incendie sont souvent rares et imprécises dans les enregistrements des données relatives aux incendies.

Il sera signalé que ces informations sont particulièrement pertinentes pour l'appréciation des risques, car elles ont une incidence considérable sur les résultats pour la modélisation du risque d'incendie. Les données reflètent la situation à laquelle on peut s'attendre dans un tunnel routier, sans mesures spécifiques influençant l'évolution de l'incendie (comme la lutte précoce contre l'incendie ou des systèmes d'extinction actifs). La taille de l'incendie de dimensionnement doit faire objet d'une attention particulière, car il s'agit d'une valeur déterminante définie dans des règles normatives qui sert de base aux exigences de conception (par ex. la configuration du système de ventilation du tunnel).

#### 4.7. CHIFFRES NOIRS / SURVEILLANCE

Il est possible que certains tunnels aient subi des incendies, même si ceux-ci n'apparaissent pas dans les statistiques. On parle alors de chiffres noirs.

Le taux d'incendies enregistré dépend fortement de la surveillance, voir *l'illustration 9* (extrait des données norvégiennes qui distinguent les tunnels avec surveillance de ceux sans surveillance). La différence des taux d'incendies dans les tunnels avec et sans surveillance peut donner une idée du chiffre noir. Si l'on suppose que le taux d'événements pour l'ensemble des tunnels est le même que pour les tunnels avec surveillance, les chiffres noirs seraient alors deux fois plus élevés que ce qui est enregistré dans la réalité.

De plus, dans les statistiques, les événements survenus par le passé ne sont généralement pas aussi bien représentés que ceux survenus récemment. On peut constater dans les données norvégiennes que le taux d'incendies a tendance à augmenter avec le temps, ce qui est contraire à l'évolution générale des taux d'incendies. Les résultats indiquent que les enregistrements passés peuvent être incomplets.

Il convient de remarquer que les chiffres noirs peuvent surtout concerner des incendies de moindre gravité. Dans un tunnel sans surveillance, un petit incendie peut ne pas être déclaré à la police et aux pompiers (et être éteint au moyen d'extincteurs ou de dispositifs similaires). Un incendie grave ou très grave exigeant l'intervention des pompiers pour éteindre le feu ou bien entraînant de graves dommages sera déclaré aux pompiers et à la police. Ces incendies sont plus susceptibles d'être inclus dans les statistiques.

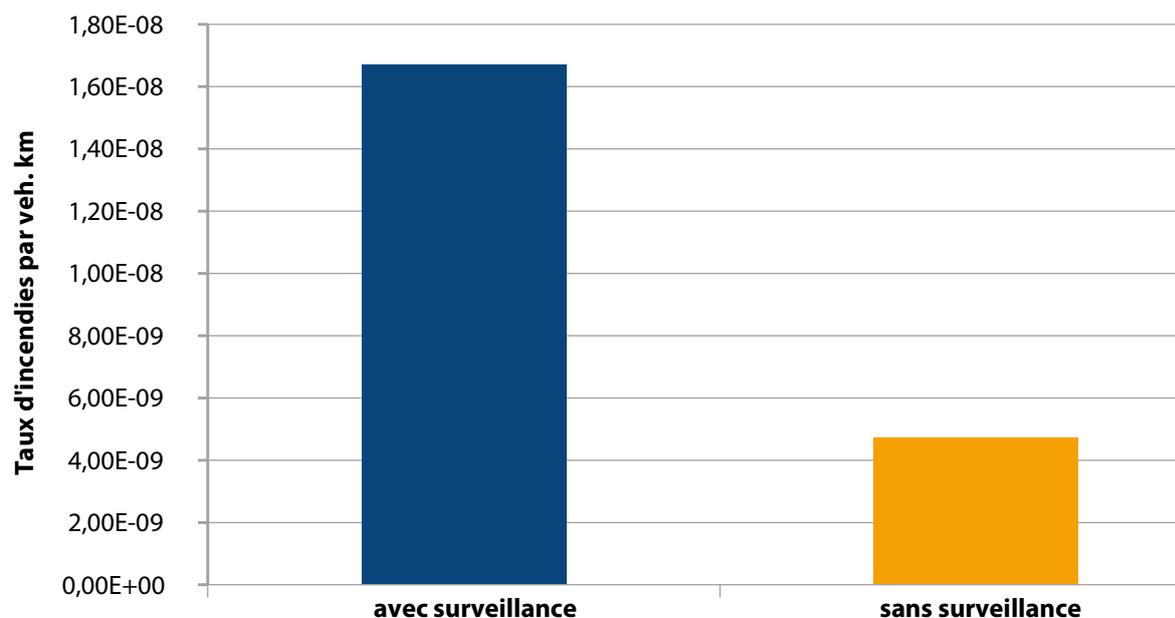


Illustration 9 : Comparaison des taux d'incendies dans les tunnels (en Norvège) avec et sans surveillance

Ce résultat souligne l'importance d'une collecte complète et exhaustive des données.

#### 4.8. APPLICATION DES DONNÉES ET CONCLUSIONS

Selon de nombreuses réglementations, une appréciation des risques doit servir de base aux décisions : cela inclut aussi bien les recommandations nationales relatives aux tunnels que la directive européenne 2004/54/CE. Il est en outre devenu une bonne pratique de réaliser des analyses des risques pour de nombreux tunnels aussi bien en conception qu'en exploitation et d'appuyer les décisions relatives aux systèmes de sécurité/systèmes de protection incendie sur ces analyses des risques (voir [chapitre 6](#) qui examine le retour d'expérience en matière d'application des analyses des risques). Cependant, pour estimer la fréquence des incendies attendue dans un tunnel, il est nécessaire de disposer d'une base de taux d'incendies ainsi que d'informations sur la taille et l'évolution des incendies.

Dans le présent chapitre, des taux d'incendies ont été estimés pour des tunnels à travers le monde.

Il en ressort que le taux d'incendies d'un « tunnel moyen » est de l'ordre de 5 à 15 incendies par milliard de véhicul.km. L'écart de taux d'un tunnel à l'autre est très marqué et un tunnel seul étudié présentait un taux d'incendies de plus de 500 incendies par milliard de véhicule.km. Un certain nombre de facteurs peuvent avoir une incidence sur les taux d'incendies enregistrés. Par exemple : conception du tunnel, emplacement du tunnel, géométrie de la route, surveillance, état technique des véhicules, code de la route, limitation de vitesse, culture du volant, etc.

La collecte de données relatives aux incendies sert de base pour calculer les taux d'incendies et pour les analyses des risques, qui à leur tour déterminent la décision sur les mesures de sécurité dans les tunnels. Il est donc important à l'avenir de recueillir des données fiables pour un grand nombre de tunnels de manière à améliorer la base statistique dans les prochaines années.

Lorsque la fréquence des incendies dans un tunnel donné doit être estimée, il est en outre nécessaire d'évaluer le taux d'incendies de base applicable et de prendre en compte l'influence des caractéristiques particulières du tunnel sur le taux d'incendies (notamment ses caractéristiques en termes de trafic et l'état technique des véhicules empruntant le tunnel).

Il convient donc de considérer les taux d'incendies avec précaution et de confier à des experts expérimentés dans la sécurité des tunnels l'évaluation de l'applicabilité et la modification des taux pour chaque application donnée. Ce n'est qu'une fois ces conditions remplies que les taux d'incendies peuvent être appliqués de manière à parvenir à des systèmes de sécurité pour les tunnels proportionnés au risque d'incendie considéré.