

CANCER
du côlon

CANCER
du rectum

CANCER
du cerveau

CANCER
de la vessie

CANCER
du rein

LEUCÉMIE

LYMPHOME
Non-Hodgkinien

CANCER
des testicules

CANCER
du poumon

CANCER
de l'oesophage

CANCER
de l'uretère

LÉSION
cardiaque 24 hrs

CANCER
de la peau

CANCER
du sein

CANCER
de la prostate

MYÉLOMA
multiple

TEE L. GUIDOTTI,
MD, MPH, FRCPC, FFOM,
FCBOM, DABT
Vice-président,
Santé et sécurité,
environnement et durabilité

ÉVALUATION DE L'ASSOCIATION

entre la maladie
et le métier de pompier

LE **DR GUIDOTTI** EST UNE ICÔNE DE L'INDUSTRIE DANS LES DOMAINES DE LA MÉDECINE DU TRAVAIL ET DE L'HYGIÈNE DE L'ENVIRONNEMENT. L'ENSEMBLE DE SES CONNAISSANCES DANS CES DEUX DOMAINES, COMBINÉ À SA VASTE EXPÉRIENCE, SES RÉALISATIONS UNIVERSITAIRES ET SES CONNAISSANCES PRATIQUES, A CONDUIT À SA RECONNAISSANCE INTERNATIONALE À TITRE D'EXPERT. L'EXPERTISE DU DR GUIDOTTI COUVRE LE SPECTRE TOTAL DE CES CHAMPS DE LA MÉDECINE; Y COMPRIS L'ÉPIDÉMIOLOGIE, LA TOXICOLOGIE, LA GESTION DES RISQUES PROFESSIONNELS ET D'ENTREPRISE, LES ÉVALUATIONS MÉDICALES, LES ÉTUDES SUR LA QUALITÉ DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'AIR ET DE L'EAU À L'INTÉRIEUR ET LES QUESTIONS LIÉES AUX INDEMNITÉS DES ACCIDENTÉS DU TRAVAIL.

Évaluation de l'association entre la maladie et le métier de pompier

TEE L. GUIDOTTI, MD, MPH, FRCPC, FFOM, FCBOM, DABT
Vice-président, Santé et sécurité, environnement et durabilité



TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ DIRECTIF	6
CONTEXTE.....	6
EXPOSITION.....	7
APPROCHE	6
MALADIE CARDIOVASCULAIRE	9
CANCER.....	9
RECOMMANDATIONS.....	10
INTRODUCTION.....	11
CONTEXTE.....	12
PRÉSUMPTIONS EXISTANTES.....	14
LE PROBLÈME DU « PREMIER CAS »	14
LE RAISONNEMENT DERRIÈRE L'INDEMNISATION	15
LA DOCUMENTATION ÉPIDÉMIOLOGIQUE	16
<i>Tableau 1. Estimation des risques de certains cancers à partir</i>	
<i>d'importantes études sur les pompiers.</i>	<i>18</i>
MESURE DU RISQUE	20
<i>Boîte 1. La différence entre attribution et répartition</i>	<i>23</i>
PRÉSUMPTION.....	24
LATENCE	26
CONCLUSIONS NÉGATIVES ET POSITIVES.....	26
MÉTA-ANALYSE.....	32
LES CRITÈRES DE « HILL »	33
<i>Tableau 2. Les critères de Hill pour évaluer l'association statistique comme cause</i>	
<i>plausible en épidémiologie.....</i>	<i>35</i>
CADRES ANALYTIQUES.....	37
<i>Boîte 2. Illustration du programme d'agrégation et de dilution</i>	<i>38</i>
MÉTHODOLOGIE APPROPRIÉE.. ..	39
LA LUTTE CONTRE LES INCENDIES.....	40
ACTIVITÉS DE LUTTE CONTRE LES INCENDIES	40
EN QUOI LES RÉPONDANTS À LA CATASTROPHE DU WORLD TRADE CENTER	
SONT-ILS DIFFÉRENTS?.....	42
DANGERS CHIMIQUES PROPRES À LA LUTTE CONTRE LES INCENDIES.....	45
<i>Tableau 3. Expositions dans le cadre de la lutte contre les incendies^{7, 72, 72-78}</i>	<i>46</i>
RISQUE DE MALADIE CARDIOVASCULAIRE	47
MORTALITÉ IMPUTABLE AUX MALADIES CARDIOVASCULAIRES	49
FACTEURS DE RISQUE SPÉCIFIQUES AU MÉTIER.....	51
<i>Tableau 4. Décès par maladies cardiovasculaires lors du travail et Tâches</i>	
<i>effectuées au moment du décès, d'après les travaux de Kales et al.⁹⁰</i>	<i>51</i>

EXPOSITIONS TOXIQUES : ACCIDENTS AIGUS.....	52
MONOXYDE DE CARBONE.....	52
CYANURE.....	53
PARTICULES FINES ET ULTRAFINES	54
EXPOSITIONS TOXIQUES : MALADIES SOUS-JACENTES.....	54
MONOXYDE DE CARBONE (NON CONFIRMÉ).....	54
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP)	54
COMPOSÉS ORGANIQUES POLYHALOGÉNÉS	54
FACTEURS PHYSIQUES	55
FACTEURS DE RISQUE MÉTABOLIQUES	56
AUTRES OBSERVATIONS.....	59
LIENS AVEC LE TRAVAIL	59
INTERVALLES.....	59
RISQUE DE CANCER.....	60
RISQUE DE CANCER LIÉ AU TRAVAIL	60
LE FONDEMENT PROBATOIRE DU CANCER	62
CANCERS GÉNITO-URINAIRES	67
CANCER DE LA VESSIE	67
CANCER DU REIN.....	68
CANCER DES TESTICULES.....	70
CANCER DE LA PROSTATE	72
CERVEAU.....	78
LEUCÉMIE, LYMPHOMA, MYÉLOME : UNE COMBINAISON ILLOGIQUE	80
LYMPHOMES NON HODGKINIENS.....	80
LEUCÉMIES.....	83
MYÉLOMES.....	84
INTERPRÉTATION	85
CANCER DU POUMON.....	85
RISQUES NON CONFONDUS ATTRIBUABLES À LA LUTTE CONTRE LES INCENDIES.....	86
LE POMPIER NON FUMEUR.....	88
CANCER DU CÔLON.....	90
CANCER DE LA THYROÏDE	91
AUTRES TYPES DE CANCERS	92
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	92
GÉNÉRALITÉS	92
MALADIE CARDIOVASCULAIRE	93
CANCER.....	93
<i>Tableau 5. Résumé des recommandations.....</i>	<i>95</i>

RÉSUMÉ DIRECTIF

Le présent rapport est préparé pour le Regroupement des Associations de Pompiers du Québec (RAPQ) dans le but d'examiner la preuve quant aux risques de certaines maladies associées à leur activité professionnelle. Les maladies qui suscitent de l'inquiétude sont les maladies cardiovasculaires (surtout la cardiopathie), le cancer (certains cancers en particulier). Cette évaluation comporte trois étapes: 1) une évaluation de la preuve de la causalité générale (la démonstration que l'évolution de la maladie est un risque associé au travail de pompier, soit par cause directe ou indirecte); 2) une évaluation de la solidité de la preuve, dans son ensemble, pour soutenir une présomption réfutable (la politique voulant qu'à moins qu'il y ait preuve irréfutable du contraire, une demande d'indemnité faite par un pompier dans le but de recevoir une indemnisation pour une maladie particulière est normalement acceptée); et 3) l'identification, lorsque c'est possible, des facteurs s'appliquant à la causalité spécifique, des caractéristiques individuelles qui rendent plus ou moins vraisemblable l'attribution des causes à la lutte contre les incendies.

CONTEXTE

Les lois sur les accidents du travail, telles qu'elles s'appliquent aux pompiers, les présomptions prévues par la législation, et les politiques courantes d'indemnisation des travailleurs sont fondées sur les dangers connus de la lutte contre les incendies, sur les risques connus et assumés de certaines maladies chez les pompiers, et sur la reconnaissance que de telles présomptions sont nécessairement fondées sur un niveau de certitude qui diffère de la certitude scientifique.



Le mouvement de présomption touchant le cancer a débuté à l'Assemblée législative du Manitoba en 2001. La Commission sur les accidents du travail du Manitoba a sollicité notre aide pour évaluer l'association entre différents types de cancers et la lutte contre les incendies au moment même où cette proposition était faite par des membres de l'Assemblée législative de cette province, à la suite de résultats de travaux sur le sujet effectués en Alberta. Une loi a été adoptée, suivie peu après par l'adoption de lois dans d'autres provinces; au total, sept provinces sur dix (sauf Terre-Neuve et Labrador, l'Île-du-Prince-Édouard, et le Québec) et trois territoires ont adopté des présomptions. Les législations d'état dans la plupart des états américains ont des présomptions pour la cardiopathie et la plupart ont maintenant une présomption spécifique pour certains cancers. Les motifs qui justifient l'acceptation des demandes d'indemnité pour certains cancers sont de plus en plus reconnus dans les processus d'indemnisation des travailleurs du Canada et des États-Unis, mais moins souvent pour les maladies cardiovasculaires, du fait que plusieurs états ont déjà adopté des présomptions pour les crises cardiaques.

EXPOSITION

Pour s'assurer qu'une maladie est associée à un métier, il n'est pas toujours nécessaire d'en connaître la cause scientifique exacte. Toutefois, le fait d'identifier une exposition toxique responsable étaye la conclusion, est un important facteur en épidémiologie dans l'évaluation d'une association comme cause responsable, et est requis dans certaines juridictions à des fins d'indemnisation.

Les pompiers sont exposés à un nombre de produits chimiques dangereux associés à la combustion qui sont réputés toxiques pour le cœur. Les principaux sont le monoxyde de carbone et le cyanure, mais d'autres ont récemment été identifiés, en particulier les particules ultrafines; d'autres encore commencent seulement à être reconnus pour leur potentiel dangereux comme l'acide perfluorooctanoïque (APFO). Ce qui complique la situation chez les pompiers est que la cardiopathie est la principale cause de décès en Amérique du Nord, et que les niveaux moyens des facteurs de risque cardiovasculaire qui les caractérisent ne se sont pas avérés très différents de ceux de la population en général. L'analyse doit cependant aller au-delà des moyennes superficielles et approfondir davantage la preuve. Les pompiers peuvent être à risque pour un nombre de cancers en raison de leur exposition professionnelle vérifiable à une variété d'agents toxiques, dont les plus significatifs en termes de risque de cancer sont les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), l'amiante, le benzène, le butadiène-1,3, les dioxines et les furanes, et le chlorure de vinyle; le formaldéhyde peut également être significatif. Les feux de foyer peuvent aussi ajouter substantiellement à l'exposition en raison de composés de biphényles polychlorés (BPC) qu'ils dégagent. Un important changement dans le niveau de risque est survenu à la suite de l'introduction, dans les années 1950, de matériaux d'ameublement et de construction en plastique combustibles qui produisent des matières toxiques de combustion pouvant être cancérogènes.

Les premiers répondants, et en particulier les pompiers du service des incendies de la ville de New York, présents sur les lieux du désastre du World Trade Center le 11 septembre 2001, ont subi des expositions prolongées qui étaient très différentes de celles des pompiers professionnels ordinaires; il existe des preuves que leur état de santé diffère à cet égard de celui de tous les autres pompiers. Par conséquent, le présent rapport n'englobe pas l'expérience vécue par les pompiers de New York présents sur les lieux de la tragédie.

APPROCHE

L'évaluation des cancers associés aux pompiers pose des problèmes d'ordre méthodologique et logique, dont certains sont communs à d'autres applications d'épidémiologie professionnelle.

Les problèmes de santé au travail des pompiers ont été étudiés en profondeur, à un point tel que la documentation épidémiologique mondiale sur le sujet figure parmi les plus complètes et détaillées qui soient pour un métier donné. Malgré cela, plusieurs problèmes demeurent non résolus. En particulier, on cherche à savoir si les pompiers sont exposés à un risque accru pour certains cancers et certaines maladies cardiovasculaires. Il ne s'agit pas d'une lacune dans la documentation. Ce manque reflète plutôt les limites inhérentes à l'application de la science de l'épidémiologie aux règles applicables à l'indemnisation.

La preuve d'un taux élevé de maladies cardiovasculaires et de certains cancers était imprécise jusqu'à tout récemment. Ceci a suscité d'importantes controverses et incohérences dans l'indemnisation des réclamations liées aux maladies professionnelles. Pour ce qui est des maladies cardiovasculaires, le problème a été compliqué par le taux élevé de ces maladies, notamment la cardiopathie, et par les difficultés à évaluer le risque. Pour ce qui est du cancer, il y a des raisons scientifiques différentes, mais plus précises expliquant pourquoi le risque élevé de certains cancers a été difficile à démontrer. Une erreur statistique et une faible puissance permettent de prédire que plusieurs études répétées ne démontreront pas non plus un vrai taux élevé. En raison de considérations liées à l'évolution de maladies peu courantes, et la tendance à mal classer et à avoir un biais de constatation qui diminue l'estimation du risque, il est tout à fait possible, aléatoirement, de ne pas relever une augmentation véritable pour une maladie peu courante. Par conséquent, on devrait accorder, à juste titre, plus d'importance à la preuve d'une augmentation qu'aux résultats négatifs tirés d'une étude semblable, toutes choses étant égales par ailleurs. Lorsque ce n'est pas le cas, la validité du modèle et de la puissance des études positives et négatives plus substantielles sont plus convaincantes qu'une méta-analyse.

De telles présomptions doivent répondre aux normes juridiques quant au poids de la preuve de deux façons. Premièrement, le lien avec le travail doit être étayé par de la documentation sur la prépondérance des probabilités (« plus probable qu'improbable », ou certitude >50 %), mais pas nécessairement à un niveau de certitude scientifique (certitude habituellement supposée >95 %). Deuxièmement, il doit être plus probable qu'improbable dans le cas individuel non sélectionné à indemniser, que la maladie est survenue en raison du travail, ce qui correspond presque au double du risque relatif. Les facteurs spécifiques au cas individuel sont des motifs de réfutation ou de contestation de la présomption. Les présomptions de cancer de la vessie et de cancer du rein sont fondées sur une preuve substantielle qui se rapproche beaucoup des normes scientifiques de certitude. La présomption de cancer des testicules est fondée sur une documentation émergente qui suggère fortement un risque élevé, mais indique qu'il s'agit d'un « premier cas » ; le premier cas de toute demande d'indemnité pour une maladie non reconnue comme étant liée au travail est vraisemblablement refusé, puisque la documentation qui étaye un tel cas n'existe pas. Les présomptions de cancer du cerveau, de lymphomes non hodgkiniens et de leucémies sont fondées sur la supposition que dans l'ensemble des maladies, il existe des troubles spécifiques pour lesquels la preuve suggère qu'il y a un risque élevé, mais il n'est pas possible de discerner quelles maladies ont un taux élevé. Il existe une preuve indirecte, mais forte de l'augmentation du risque de cancer du poumon chez les pompiers non fumeurs, mais chez les pompiers fumeurs, le risque lié à la lutte contre les incendies serait éclipsé par le risque lié au tabagisme. L'argument de présomption pour un pompier non fumeur ayant un cancer du poumon peut aussi servir dans certains cas de cancer du côlon.

Ces questions appellent des approches plus appropriées que l'analyse traditionnelle pour appliquer des données épidémiologiques à des cas ou des réclamations individuels. L'utilisation de ces approches reconnaît que les normes de certitude scientifique ne s'appliquent pas au cas individuel puisque l'obligation juridique est de déterminer, sur la base du poids de la preuve, que les pratiques traditionnelles en épidémiologie sont inappropriées pour évaluer avec précision

le risque des maladies rares, surtout lorsque celles-ci sont agrégées en catégories dénuées de sens médicalement.

Même en utilisant cette nouvelle approche, il y a quelques maladies dont les fondements probatoires sont simplement inappropriés pour émettre un jugement pouvant appuyer des recommandations de causalité générale ou établir une présomption. Dans de telles situations, le cas individuel est évalué, par défaut, à la lumière de la preuve disponible à ce moment-là.

MALADIE CARDIOVASCULAIRE

Pendant plusieurs années, on laissait entendre que les pompiers avaient un risque plus élevé de souffrir de cardiopathie que les hommes exerçant d'autres métiers (dans l'histoire de la lutte contre les incendies, les pompiers ont davantage été des hommes). Certaines juridictions (comprenant 43 états américains) ont intégré cette hypothèse dans leur législation pour indemniser les pompiers frappés de crises cardiaques, et reconnaissent désormais la crise cardiaque survenant dans les 24 heures suivant une alarme comme étant mise au compte de l'activité professionnelle (critère retenu par la National Fire Prevention Association). Ce critère est trop rigoureux et devrait être révisé.

Les activités liées à la lutte contre les incendies peuvent manifestement déclencher une crise cardiaque. Toutefois, il a été difficile de démontrer une causalité générale de mortalité due à la cardiopathie chez les pompiers par rapport au taux élevé de mortalité due aux maladies cardiovasculaires, lesquelles sont la principale cause de décès en Amérique du Nord. Il existe maintenant de solides preuves voulant que l'activité professionnelle puisse déclencher un infarctus du myocarde chez les pompiers ayant une maladie coronarienne préexistante. Il y a aussi une preuve concluante que la mortalité peut survenir sous différentes formes et peut être associée au travail du pompier et à ses expositions au monoxyde de carbone, en particulier, mais aussi aux cyanure et autres produits de la combustion.

À savoir si le risque sous-jacent de maladie cardiovasculaire est élevé ou pas chez les pompiers, la présomption demeure généralement controversée. La lutte contre les incendies est un travail qui requiert d'être en très bonne forme physique pour assurer sa sécurité et son efficacité. Cependant, ce n'est que récemment que les services des incendies ont adopté des exigences de bonne forme physique plus strictes pour accomplir le travail. Ils ne les appliquent pas rigoureusement aux pompiers chevronnés, qui sont vraisemblablement plus âgés que ceux nouvellement recrutés. Par conséquent, les données courantes sur la santé cardiovasculaire des pompiers englobent une population mixte et peuvent à la fois sous-estimer le risque chez les pompiers plus âgés et surestimer le risque chez les pompiers plus jeunes.

CANCER

Certains types de cancers soulèvent des questions uniques et des problèmes de méthodologie dans l'interprétation des données épidémiologiques: cerveau, vessie, rein, lymphome non hodgkinien (souvent appelé « cancer lymphatique ») ainsi que myélome et leucémie (souvent appelé « cancer hématopoïétique »), poumon, prostate, mélanome et thyroïde. Les directives générales quant à la période de latence et au temps écoulé sont discutées dans le texte.

Des preuves connues depuis 1994 suggèrent qu'il est raisonnable, étant donné la preuve scientifique disponible, d'adopter une politique de présomption de cancer du cerveau, de la vessie, du rein, de lymphome non hodgkinien (cancer lymphatique), de myélome et de leucémie (cancer hématopoïétique) pour les demandes d'indemnités associées à l'activité professionnelle du pompier. Les facteurs spécifiques au cas individuel sont des motifs de réfutation ou de contestation de la présomption. Les présomptions de cancer de la vessie et de cancer du rein

sont fondées sur une preuve substantielle qui se rapproche beaucoup des normes scientifiques de certitude. La présomption de cancer des testicules est fondée sur une documentation émergente qui suggère fortement un risque élevé, mais indique qu'il s'agit d'un « premier cas »; le premier cas d'une demande d'indemnité pour une maladie non reconnue comme étant liée au travail est vraisemblablement refusé puisque la documentation qui étaye un tel cas n'existe pas. Les présomptions de cancer du cerveau, de lymphomes non hodgkiniens et de leucémies sont fondées sur la supposition que dans l'ensemble des maladies, il existe des troubles spécifiques pour lesquels la preuve suggère qu'il y a un risque élevé, mais il n'est pas possible de discerner quelles maladies ont un taux élevé. Il existe une preuve indirecte, mais forte de l'augmentation du risque de cancer du poumon chez les pompiers non fumeurs mais chez les pompiers fumeurs, le risque lié à la lutte contre les incendies serait éclipsé par le risque lié au tabagisme. L'argument de présomption pour un pompier non fumeur ayant un cancer du poumon peut aussi servir dans certains cas de cancer du côlon.

Le cancer de la prostate pose un problème différent. Il a été démontré que les pompiers des États-Unis ont une fréquence d'incidence élevée de cancer de la prostate, mais il est probable que cette incidence résulte d'une erreur systématique de dépistage. La maladie est réputée être sous-diagnostiquée dans la population en général puisque la majorité des cas sont indolents et découverts accessoirement seulement. La maladie est toutefois dépistée chez les pompiers dans le cadre de programmes de santé globale plus règlementés. De ce fait, on pourrait s'attendre à une plus grande détection de cancer de la prostate par rapport à la population en général, sans nécessairement avoir une véritable hausse de l'incidence. La preuve soutient cette explication pour les études présentant une incidence accrue, plutôt qu'une association causale entre le cancer de la prostate et la lutte contre les incendies.

Il a été démontré que les pompiers ont une fréquence élevée de mélanome – une forme peu commune, mais très maligne de cancer de la peau –, mais ce n'est pas clair si le mélanome résulte d'une exposition au soleil, qui est le facteur de risque le plus courant, ou de tout autre danger. L'association est vraisemblablement plus claire chez les pompiers combattant les feux de friche puisqu'ils sont davantage exposés au soleil dans leur travail quotidien. Ce cancer est très virulent et ne risque pas d'être éclipsé ou mal diagnostiqué dans les études; la question n'est pas de valider l'association, mais plutôt d'évaluer la causalité résultant de la lutte contre les incendies. Aucune conclusion n'a encore été dégagée à ce sujet.

On rapporte un taux élevé de cancer de la glande thyroïde chez les pompiers. Les preuves ne sont pas suffisantes pour faire une recommandation à ce moment-ci.

RECOMMANDATIONS

Les recommandations suivantes sont proposées:

1. Conditions pour lesquelles une présomption est justifiée grâce aux preuves courantes

- Crises cardiaques peu de temps après une alarme ou un événement (jusqu'à 24 à 72 heures)
- Cancer de la vessie
- Cancer du rein
- Cancer des testicules
- Cancer du poumon chez le pompier non fumeur
- Lymphomes non hodgkiniens (les connaissances actuelles ne permettent pas la différenciation par type)
- Myélomes (les connaissances actuelles ne permettent pas la différenciation par type)

2. Conditions pour lesquelles une présomption est justifiée avec qualification

- Cancers du cerveau (il est plus probable que le gliome soit lié au travail que d'autres types)
- Leucémies (leucémie myéloïde aiguë plus probable)

3. Conditions pour lesquelles une association, et non une présomption, est suggérée par les preuves courantes

- Cancer du poumon (réfutable en fonction des antécédents de tabagisme)
- Cancer du côlon (chez les individus avec risque *a priori* faible)
- Mélanome (chez les pompiers travaillant surtout à l'extérieur, comme ceux combattant les feux de friches)

4. Conditions nécessitant plus d'évaluation (preuves insuffisantes à la formulation d'une recommandation)

- Cancer de la glande thyroïde

INTRODUCTION

Tenter de savoir si les pompiers sont plus à risque ou non de souffrir d'une maladie cardiovasculaire, d'une maladie pulmonaire et de cancers particuliers a fait l'objet de plusieurs investigations depuis plusieurs années. Cette question s'inscrit dans une discussion plus large sur la santé des pompiers, y compris les risques sur leur santé, la protection des professionnels de la sécurité publique et leur indemnisation équitable.¹

Les problèmes de santé au travail des pompiers ont tellement été étudiés que la documentation épidémiologique mondiale sur le sujet est parmi les plus complètes et détaillées, pour un métier donné. Malgré les examens en profondeur, l'intérêt soutenu et la relative exhaustivité des données, il y a toujours plusieurs questions non résolues et qui le demeureront au cours des années à venir parce que la certitude statistique n'est pas atteignable. Puisque les décisions relatives aux indemnisations ne peuvent pas être retardées, plusieurs problèmes continueront de nécessiter des règlements par inférence et jugement.

Quelques questions litigieuses seront réglées d'une façon ou d'une autre à partir de l'étude multicentrique sur les pompiers, actuellement organisée par la National Institute for Occupational Safety and Health (É.-U.), mais la mise en œuvre et l'analyse des données de cette étude d'envergure prendront des années et se buteront aux mêmes limites que les études actuelles. Les décisions visant à assurer la protection de la santé des pompiers et leur admissibilité à une indemnisation ne peuvent toutefois pas attendre.

Plusieurs, et même la plupart des questions en suspens relatives au cancer et aux autres maladies « rares » (rareté au sens biostatistique) ne seront vraisemblablement pas entièrement résolues même avec des données beaucoup plus exhaustives.² Ceci en partie à cause de certains cancers d'intérêt, comme ceux classés dans la catégorie des lymphomes non hodgkiniens, qui sont si peu communs individuellement que même des études très exhaustives réalisées dans le futur comporteront une incertitude statistique, et parce que la classification des cancers par groupes pertinents à l'étiologie change, parfois, et change souvent dans le cas des lymphomes. Par ailleurs, les questions d'interprétation fondées sur l'attribution (au sens épidémiologique formel) et la répartition (dans le sens de maladie, d'indemnité, de cas individuel) demeureront.

Les pompiers peuvent être à risque d'une cardiopathie en raison de leur exposition à plusieurs substances cardiotoxiques en même temps lorsqu'ils atteignent des niveaux d'activités cardiaques élevés, et à risque d'un certain nombre de cancers liés à ces expositions puisque le travail les place en présence d'une variété d'agents toxiques.²⁻⁷ Une importante hypothèse est que le risque a augmenté depuis l'introduction, dans les années 1950, de matériaux d'ameublement et de construction en plastique combustibles reconnus pour produire des matières toxiques de combustion qui peuvent être soit cardiotoxiques ou cancérogènes. Toutefois, la preuve d'un taux élevé de cardiopathie ou de certains cancers est équivoque, car différentes études donnent différents résultats. Ceci a entraîné une grande controverse et une incohérence dans l'indemnisation des réclamations faites pour maladies professionnelles. L'aspect pratique de cette question, en plus de son intérêt scientifique, a fait en sorte qu'une attention accrue a été portée à la santé cardiovasculaire des pompiers au cours de la dernière décennie, et au risque de cancer au cours des trois dernières décennies.

L'ajout constant d'études de mieux en mieux conçues et menées sur la santé des pompiers a été le bienvenu, car elles ont été très utiles pour orienter la prise de décision. Chaque nouvelle étude apporte son lot de répétition, mais aussi des différences touchant la population des pompiers et la communauté d'où ils proviennent, des modèles locaux de dangers professionnels tels que le parc de logements, et des différences méthodologiques qui permettent de comparer les études.

La plupart des grandes études sur les pompiers sont similaires en termes de conception et font face à des limites semblables quant à leur capacité à identifier des maladies rares. Toutefois, elles comportent souvent des différences, parfois subtiles, qui peuvent servir à étudier des problèmes particuliers en examinant des sous-groupes, des relations exposition-réponse, des anomalies ou des facteurs de confusion comme le tabagisme.

La méta-analyse a été effectuée afin de surmonter quelques-unes de ces limites. Cependant, le fait d'appliquer la méta-analyse aux études sur les pompiers n'a pas été satisfaisant dans son ensemble et cette approche n'offre pas suffisamment de directives. Il est suggéré que ces questions représentent en fait une classe de problèmes en épidémiologie professionnelle dont l'approche est plus rigoureuse lorsqu'on examine la structure résultat par résultat.

CONTEXTE

En 1994, le Comité des normes en matière de maladies professionnelles de l'Ontario⁸ a publié un rapport largement cité et conçu pour identifier l'état des candidats quant aux présomptions de maladies professionnelles en vue de l'indemnisation des accidentés du travail. Nous avons publié une analyse semblable en 1995⁵, avec des conclusions formulées de manière indépendante. À cette époque, nous croyions que certains cancers étaient vraisemblablement associés au métier de pompier : cancer du poumon, cancers génito-urinaires (rein, vessie), cerveau, lymphatique et hématopoïétique, côlon et rectum. Dans cette étude, les forces et les faiblesses du fondement probatoire ont été examinées en profondeur. Les études plus anciennes ne seront pas critiquées en détail ici sauf dans la mesure où elles sont spécifiquement pertinentes à la présente discussion. Plus de preuves ont été disponibles dans les années qui ont suivi, ce qui tend à renforcer ces conclusions et à reconnaître d'autres associations possibles.

En 2002, nous avons préparé un rapport⁹ sur les risques sur la santé des pompiers pour le compte du gouvernement du Manitoba, à la demande de la ministre du travail et de l'immigration, également responsable de la Loi sur les accidents du travail, l'Honorable Becky Barrett. Le projet de loi 5, fondé sur ce rapport, a été présenté à la législature manitobaine, pour faciliter le règlement des demandes d'indemnité pour certaines maladies chroniques (énoncées comme étant les cancers de la vessie, du rein, du cerveau, hématopoïétiques et lymphatiques) et puis

adopté comme loi. Le rapport a également fait l'objet de mention par le lieutenant-gouverneur du Manitoba, l'Honorable Peter Liba, dans son discours du Trône en novembre. Ce rapport a reçu beaucoup de visibilité dans les médias et dans d'autres gouvernements. La Commission des accidents du travail du Manitoba a plus tard demandé des directives supplémentaires pour l'indemnisation de réclamations touchant certains types de cancers. Ces directives visaient à appuyer les propositions d'amendement de la Loi sur les accidents du travail quant à l'établissement de présomptions pour les maladies professionnelles chez les pompiers.

L'étude a été séparée en trois parties. La première servait à établir la preuve d'une association suffisamment grande et fréquente pour être causale et non confondante. La deuxième partie était d'évaluer si la grandeur de l'association, en contexte, avait des probabilités égales ou comportait un risque doublé par rapport à une population de référence non exposée. La troisième partie servait à fournir des conseils sur les périodes de latence pouvant être jugées réalistes pour des cancers liés à l'activité professionnelle. Pour les pompiers, comme pour la plupart des métiers, le seul critère pour déterminer cette période est la durée de l'emploi. Nous n'avons pas donné de conseils sur des critères d'affectation de travail spécifiques ou sur un nombre cumulatif d'alarmes à la caserne sur lesquelles les pompiers ont été affectés, car toutes ces données sont généralement bien documentées.

En 2003, le Manitoba a adopté des présomptions pour certains cancers chez les pompiers. La province a suscité un intérêt en raison d'une croyance solidement ancrée voulant que les gens qui travaillent à la sécurité publique, à l'instar des militaires qui défendent leur pays, doivent être indemnisés et leurs familles protégées pour les conséquences liées aux risques considérables qu'ils prennent. On sentait que cette décision devait être prise de façon expéditive sans processus de contestation.

Nous avons par la suite mis à jour l'étude et élaboré plusieurs points dans un rapport préparé pour le compte de la British Columbia Professional Firefighters Association (BCPFFA), lequel a ensuite mené à l'adoption d'une présomption par l'Assemblée législative de cette province. Nous avons également présenté des mémoires aux commissions et tribunaux des accidents du travail de l'Alberta et la Colombie-Britannique (avant le rapport au BCPFFA) et témoigné lors d'audiences législatives dans des états américains (notamment au Vermont et en Oregon) sur les mêmes sujets.

En 2007, nous avons publié une communication détaillée sur certains cancers qui fournissait une approche différente pour aborder le problème.¹⁰ Le présent rapport est en quelque sorte un prolongement de cette documentation qui couvre également les maladies cardiovasculaires. En 2011, le Regroupement des associations de pompiers du Québec (la coalition des associations de pompiers du Québec) nous a demandé de préparer un rapport sur certaines maladies des pompiers (maladies cardiovasculaires, cancers). Le présent rapport constitue une mise à jour de ce rapport, une révision et une augmentation, commanditée par le RAPQ, qui connaît plusieurs importantes avancées depuis sa première édition.

Pendant tout ce processus, nous avons eu l'occasion d'évaluer plusieurs cas individuels et de réviser plusieurs demandes d'indemnité de cancer chez les pompiers, mais peu de demandes pour des maladies cardiovasculaires. Certaines de nos révisions n'appuyaient pas les demandes d'indemnisation. Cette révision de cas individuels nous a fourni une riche expérience qui permet de mettre les données statistiques en contexte. Par exemple, il est devenu très clair, en révisant ces cas, qu'il est généralement impossible pour une personne demandant d'être indemnisée de préparer un cas scientifique complet pour une maladie nouvellement reconnue ou partiellement étudiée, même si une preuve de causalité existe. Une des raisons les plus impérieuses pour adopter des présomptions quand elles sont soutenues par des preuves est de soulager les

pompiers blessés et leurs familles de ce fardeau et de cet obstacle.

Présomptions existantes

Au Canada, les présomptions ayant fait l'objet de législation pour certains cancers ont été adoptées par sept des dix provinces, les exceptions étant Terre-Neuve et Labrador, l'Île-du-Prince-Édouard et le Québec, ainsi que par les trois territoires. Les présomptions de maladies cardiovasculaires se limitent aux « crises cardiaques » survenant au cours des 24 heures suivant l'entrée en service, et ont été adoptées par cinq provinces (sauf la Nouvelle-Écosse, Terre-Neuve et Labrador, l'Île-du-Prince-Édouard, la Colombie-Britannique et le Québec) et par les trois territoires.

Selon la National League of Cities (NLC)¹¹, qui s'oppose généralement à la présomption pour les pompiers et autres employés des services publics, plusieurs juridictions (comprenant 43 états américains) ont intégré cette hypothèse à leur législation pour indemniser les pompiers frappés de crises cardiaques, et reconnaissent désormais les crises cardiaques survenant 24 heures après une alarme comme étant liées à l'activité professionnelle (critère de la National Fire Prevention Association). Comme il a été noté plus haut, le mouvement visant à inclure la présomption de certains cancers s'est répandu dans au moins 35 états américains, et a entraîné un ajout à la législation dans 26 de ces états, pour établir des présomptions réfutables pour l'indemnisation des pompiers qui développent certains types de cancer. Ces lois et politiques sur les accidents du travail sont fondées sur les dangers connus de la lutte contre les incendies, le risque connu et présumé de certaines maladies chez les pompiers, et la reconnaissance que de telles présomptions sont nécessairement fondées sur un niveau de certitude qui est différent de la certitude scientifique.

En 2009, le NLC a publié un rapport¹¹ remettant en question le lien entre la lutte contre les incendies et les cancers, qui se fondait sur les résultats d'une entreprise de recherche sous contrat qui avait révisé toute la documentation. Ce rapport ne s'attardait pas aux aspects les plus importants de notre travail précédent : les questions fondamentales de méthodologie, la norme de certitude, les sources intrinsèques d'erreurs systématiques, la puissance et la cohérence des études des cas rares, et les preuves internes d'une relation exposition-réponse démontrée dans les études les plus fiables. La NLC représente les employeurs des pompiers municipaux ; ce rapport peut donc être perçu comme une tentative de réfuter toute preuve soutenant la présomption. En dépit d'une publicité abondante, la tentative n'a pas réussi.

Le problème du « premier cas »

Le poids que doit porter le demandeur est particulièrement important lorsque son cas est le premier du genre ou lorsqu'il est fondé sur une preuve nouvelle et incomplète. Le problème du « premier cas » a pour effet de rejeter le fardeau de la preuve sur le demandeur d'indemnité, en dépit de la disposition de la plupart des lois sur les accidents de travail qui stipule qu'on donnera le bénéfice du doute au travailleur. De plus, le demandeur d'indemnité n'a généralement ni les moyens ni la capacité de préparer un cas d'une certitude scientifique, même pour des maladies connues et généralement acceptées telles que l'infarctus du myocarde survenu alors qu'il est en service, durant une intervention, en raison des incertitudes cumulatives des cas individuels. De la même manière, il est pratiquement impossible pour tout demandeur d'indemnité de préparer un cas d'une certitude scientifique pour une « maladie rare », c'est-à-dire une maladie dont la fréquence est faible, puisque les études seront de nature contradictoire. Il est pratiquement impossible pour tout demandeur d'indemnité de préparer un cas d'une incertitude scientifique pour une maladie courante, soit une maladie qui représente une hausse significative du risque et une fréquence élevée dans la population. Une fois ces options éliminées, il appert que le

poids de la preuve est lourd à porter pour les demandeurs d'indemnité.

Le problème ne réside pas dans les cas eux-mêmes. Naturellement, certains cas sont fondés, d'autres pas. C'est l'application de normes scientifiques inappropriées, pour lesquelles seule la non-certitude est admissible, au meilleur jugement basé sur le poids de la preuve en présence d'incertitude qui constitue la façon dont les litiges extérieurs à la science sont normalement résolus et qui était la norme initialement prévue pour procéder à l'indemnisation en vertu des lois sur les accidents du travail d'Amérique du Nord.

LE RAISONNEMENT DERRIÈRE L'INDEMNISATION

Le raisonnement qui sert à évaluer la causalité dans le règlement des demandes d'indemnité n'est pas le même que celui servant à établir la causalité en recherche scientifique, où la norme de certitude minimale est théoriquement de 95 %, ou celui d'une poursuite criminelle (où la norme est « au-delà du doute raisonnable », parfois défini comme sûr à 99 %). Dans les poursuites civiles et dans la plupart des décisions d'arbitrage, on ne s'attend pas à ce que les experts aient à prouver la causalité à une certitude totale.^{10, 12, 13}

Lors d'indemnisation et de poursuites civiles, le fardeau du demandeur d'indemnité ou du plaignant est de déterminer s'il est plus probable qu'improbable que les preuves favorisent une partie au détriment de l'autre. Dans l'indemnisation des accidentés du travail, les experts doivent démontrer une preuve pour ou contre la proposition soutenant que la blessure du demandeur d'indemnité est imputable à son activité professionnelle, et doivent déterminer le poids de cette preuve. Dans les cas individuels, tout porte sur le poids de la preuve. Dans la plupart des juridictions nord-américaines, y compris au Québec, les lois sont écrites de manière à ce que le bénéfice du doute soit accordé au demandeur d'indemnité si les preuves ne penchent pas d'un côté plus que l'autre. Au moment d'indemniser des accidentés du travail, le poids de la preuve disponible, qui est ordinairement incomplète, doit pouvoir appuyer une décision qui énonce qu'il est plus probable qu'improbable que la condition de santé du demandeur d'indemnité soit imputable à son travail.

La norme quasi universelle de certitude du « poids de la preuve » est « plus probable qu'improbable » que le niveau de 95 % de certitude traditionnel, et la probabilité alpha d'erreur du type I (indiquant une vérité alors que ce n'en est pas une), ou d'une sur vingt, est communément exprimée comme $p < 0,05$, pour un résultat ou une recherche scientifique. Ainsi, un des obstacles dans l'application de résultats épidémiologiques à un règlement d'indemnisation est de savoir laisser de côté la notion traditionnelle de certitude scientifique, qui rend très prudente et rassurante la norme de certitude, mais qui est totalement inappropriée pour répondre aux demandes d'indemnité ou aux litiges dans le monde réel où tout n'est pas toujours très limpide. Au moment d'évaluer une demande d'indemnité ou un litige, les experts travaillent dans un cadre dans lequel les études individuelles sont jugées en fonction d'un énoncé de probabilité absolue, mais le poids de la preuve est évalué en tant que probabilité plus grande qu'égale pour favoriser une conclusion plutôt qu'une autre.

Le lien entre le risque et la décision d'accepter une demande d'indemnité ou de régler en faveur d'un demandeur ou plaignant particulier est une autre étape, loin d'être simple. Faire la démonstration qu'il y a risque élevé d'une maladie particulière parmi les membres d'un corps professionnel ne suffit pas à prendre une décision pour une demande d'indemnité. Il faut aussi démontrer que les circonstances individuelles du demandeur d'indemnité sont cohérentes avec l'argument qui avance que l'état de santé est relié aux conditions de travail. Le poids de la preuve disponible, qui est ordinairement incomplète, doit pouvoir soutenir une décision indiquant qu'il est plus probable qu'improbable (le bénéfice du doute étant accordé au demandeur si les

preuves sont égales) que l'état de santé du demandeur d'indemnité soit en effet imputable à son travail. Le facteur qui cause la maladie peut être un danger lié au travail ou à des circonstances étroitement associées au travail (tel que le tabagisme passif), mais ne serait normalement pas une activité volontaire non requise dans le cadre du travail (tel que le tabagisme).¹²

Il importe de considérer qu'une évaluation fondée sur la prépondérance de la preuve ne représente pas une distorsion des normes scientifiques. On entend dire qu'évaluer une preuve épidémiologique (ou toute autre preuve scientifique) par rapport à une norme de prépondérance de la preuve revient à pratiquer l'épidémiologie « comme si » la norme de certitude était de 50+ % et non 95 %. Ceci est toutefois une exagération. La prépondérance de la preuve est requise et sert de critère ultime une fois la preuve disponible, mais l'interprétation des études est faite à l'aide des statistiques déductives déjà appliquées à l'interprétation de chaque étude.

Attendre d'avoir une preuve d'une certitude scientifique ajoute un fardeau de preuve déraisonnable sur le demandeur d'indemnité, surtout dans une situation où cette certitude ne pourra probablement jamais être atteinte. La certitude scientifique n'a pas été conçue pour régler des litiges de causalité courants. Elle est plutôt une exigence légale et une convention sociale. Les témoins experts doivent suivre les règles du tribunal d'indemnisation et des procédures et non les règles de la recherche scientifique. En fait, on ne demande pas aux experts de pratiquer l'épidémiologie « comme si » la norme de certitude était 50+ %, plutôt que 95+ %, mais d'intégrer les éléments en fonction de la meilleure preuve disponible, en tenant compte de l'incertitude, puis de déterminer le poids relatif afin d'arriver à une conclusion. Il s'agit de l'exigence légale d'un système qui confie l'autorité de la prise de décision à un tribunal, un arbitre ou un jury, et non à un expert.¹²

C'est la raison pour laquelle les rapports soigneusement préparés par McGregor pour l'IRSST ont limité l'application de la norme de certitude aux règlements d'indemnisation. Ce sont des documents scientifiques complets et bien ficelés, mais ils n'abordent pas la prépondérance de la preuve.¹⁴⁻¹⁷

La documentation épidémiologique

Le Tableau 1 présente les estimations de risques globaux publiés pour les principales catégories de maladies et tirés des principales études utilisées dans l'évaluation du risque que les pompiers développent les maladies énumérées. Il s'agit d'un ajout à notre tableau initialement publié en 1995.⁵ Il importe avant tout de constater que ce tableau ne brosse pas la situation au complet. Le reste du présent rapport est consacré à déterminer ce que cachent ces données globales plutôt que de préciser ce qu'elles révèlent.

Les investigateurs et arbitres ont un important avantage lorsqu'ils traitent des questions liées à la lutte contre les incendies, car la documentation sur le sujet est volumineuse. Il peut alors sembler anormal que ce rapport traite des limites de la certitude, du manque de preuve, des lacunes de connaissances et de l'incertitude dans l'interprétation. Ceci s'explique parce qu'aucune documentation en épidémiologie professionnelle, même semblable à la présente, ne reflète la complexité de la réalité du travail.

Les incertitudes dans les études du risque chez les pompiers émanent de plusieurs sources :

- Lacunes des données. Par exemple, il n'y a pas d'études sur le risque du cancer du poumon chez les pompiers non fumeurs.
- Relation exposition-réponse. Dans seulement quelques études (p. ex. Baris et coll.¹⁸ et Guidotti¹⁹), les indicateurs d'exposition sont rapportés au-delà de la durée du service.

- **Catégories de maladie.** La subtilité clinique du diagnostic se perd lorsque les maladies sont classées en catégories. Par exemple, les leucémies sont des maladies distinctes et au moins une d'entre elles (leucémie myéloïde aiguë) est largement associée à l'exposition au benzène. Toutefois, les leucémies sont la plupart du temps toutes regroupées à des fins analytiques (l'exception étant L'Abbe et Tomlinson et les rapports fondés sur ces travaux^{20, 21}). La raison qui explique ceci est que les méthodes statistiques des travaux épidémiologiques utilisent de grands nombres; mais les méthodes statistiques appliquées aux grands nombres basées sur des combinaisons illogiques ne sont pas particulièrement efficaces non plus.
- **Identité des maladies.** Le fait de développer une connaissance scientifique, en particulier pour établir une causalité, rend plusieurs, sinon toutes, les catégories de maladies imprécises. Par exemple, le consensus universel sur la classification des lymphomes non hodgkiniens a fondamentalement changé au moins quatre fois depuis les années 1970.²² Il est très probable que certains types de lymphomes soient causés par des expositions différentes.^{22, 23} Toutefois, puisqu'aucune étude sur les différents types et risques de lymphomes n'existe pour la lutte contre les incendies, les lymphomes individuels sont relativement rares comparés aux autres cancers, ce qui rend ces études excessivement chères et difficiles à réaliser; la classification changera probablement encore avec l'ajout de nouvelles connaissances scientifiques et la possibilité, pour l'épidémiologie, d'établir des associations précises avec le travail est faible, pour le moins qu'on puisse dire.
- **Erreur statistique.** En statistiques, le terme « erreur » ne signifie pas une faute. L'erreur aléatoire signifie qu'en raison du hasard, la valeur vraie est voilée par la variation aléatoire. Il s'agit d'une caractéristique commune à chaque étude épidémiologique. Pour les maladies rares (en termes épidémiologiques) telles que les cancers, cette erreur se traduit par l'impossibilité d'être certain qu'il y a un risque élevé ou non. L'argument théorique à savoir si les études « positives » (celles présentant une augmentation du risque) pèsent plus que les études « négatives » (celles qui n'en présentent pas) constitue une importante préoccupation de l'épidémiologie professionnelle. En pratique, les résultats positifs importent plus dans la situation des maladies rares et de leur causalité. Les raisons seront discutées en détail dans le présent rapport.
- **Erreur systématique.** En principe, l'erreur systématique (modifiant les résultats en raison de problèmes de cueillette des données) peut entraîner une surévaluation ou une sous-évaluation du risque. En pratique, l'épidémiologie étiologique des maladies rares entraîne presque toujours une sous-évaluation de manière à voiler tous les liens.
- **Facteur de confusion.** Plusieurs autres facteurs de risque touchent l'évolution de la maladie, le plus évident étant le tabagisme. Pratiquement aucune étude sur les pompiers n'a corrigé cette confusion (l'exception étant celle de Beaumont et coll.²⁴)
- **Paradigme de la cécité.** La pensée dominante en épidémiologie est que chaque étude représente l'expérience d'un échantillon de la population issue du monde des pompiers, qui est exposé plus ou moins uniformément (avec une variation aléatoire) à des dangers. Ce paradigme peut aveugler les investigateurs sur les différences entre les générations et entre les époques d'exposition, sur le risque sous-jacent ou le risque de base des populations comparées, et sur la réalité que les populations sont des groupes d'entités individuelles non tangibles ayant une existence indépendante.

Tableau 1. Estimations des risques de certains cancers à partir d'importantes études sur les pompiers.

AUTEUR, ANNÉE	POPULATION	FORME	ESTIMATION DU RISQUE	POUMON	CÔLON	RECTUM	VESSIE	REIN	CERVEAU	MCV	MPOC
Baris et coll., 2001 ¹⁸	Service des incendies Philadelphie	Cohorte	RSM (ratio standardisé de mortalité)	1,13 (0,97 – 1,32)	1,51 (1,18 – 1,93)	0,99 (0,59 – 1,68)	1,25 (0,77 – 2,00)	1,07 (0,81 – 1,88)	0,61 (0,31 – 1,22)	1,01 (0,96 – 1,07)	0,64 (0,40 – 1,02)
Bates, 2007 ²⁵	Californie	Registre des cancers	Risque relatif approché	0,92 (0,84 – 1,01)	0,84 (0,74 – 0,94)	0,79 (0,68 – 0,92)	0,98 (0,81 – 1,20)	1,23 (0,97 – 1,56)	s.o.	s.o.	n/a
Beaumont et coll. 1991 ²⁴	Service des incendies San Francisco	Cohorte	RSM	84 (64-108)	99 (63-147)	145 (77-249)	57 (19-135)	68 (19-174)	81 (26-190)	95 (87-104)	75 (43-123)
Burnett et coll. 1994 ²⁶	27 États américains	Surveillance	PMC (part de mortalité due à une cause donnée)	102 (94-111)	s.o.	148 (105-205)	99 (70-137)	144 (108-189)	103 (73-141)	101 (97-105)	83 (73-94)
Département des services de santé de Californie, 1987 ²⁷	Californie, ajusté au tabagisme, prise d'alcool, SES	Surveillance	Ajusté au RSM	132 (89-190)	131 (48-284)	s.o.	115 (24-337)	s.o.	126 (99-158)	57 (7-206)	s.o.
Demers, Heyer, Rosenstock, 1992	Services d'incendies municipaux Nord-ouest du Pacifique	Cohorte	IDR v. Policier :	95 (67-133)	158 (73-343)	89 (30-266)	16 (2-124)	s.o.	163 (70-379)	88 (74-104)	89 (47-169)
Dubrow et Wegman, 1984 ²⁸	Pompiers du Massachusetts, 1971-73	Surveillance	RRASM (mortalité)	86	76	60	110	122	86	s.o.	s.o.
Eliopoulos et al 1984 ³⁰	Australie occidentale. Pompiers feux de friche.	Cohorte	RSM	104 (42-213)	159 (43-407)	s.o.	108 (29-276)	s.o.	84 (60-114)	65 (13-190)	65 (13-190)
Feuer et Roseman, 1986 ³¹	New Jersey	Cohorte	PMC, comparé à état du NJ	92	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	111	s.o.
Giles et coll., 1993 ³²	Service des incendies de Melbourne, Australie	Cohorte	RIS (ratio d'incidence standard)	0,77 (0,28 – 1,68)	1,36 (0,62 – 2,59)	1,02 (0,28 – 1,68)	s.o.	s.o.	s.o.	n/a	n/a
Guidotti, 1992 ¹⁹	Pompiers municipaux, Alberta	Cohorte	RSM	142 (91-211)	161 (88-271)	316 (86-808)	414 (166-853)	147 (30-429)	110 (92-131)	157 (79-281)	157 (79-281)
Guralnick, 1963 ³³	Recensement américain 1950	Surveillance	RSM à 65 ans	83	93	s.o.	s.o.	s.o.	72	s.o.	n/a
Hansen, 1990 ³⁴	Recensement danois	Cohorte d'un échantillon recensé	RSM, v. fonctionnaires	163 (75-310)	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	115 (74-171)	s.o.

Tableau 1. Estimations des risques de certains cancers à partir d'importantes études sur les pompiers.

AUTEUR, ANNÉE	POPULATION	FORME	ESTIMATION DU RISQUE	POUMON	CÔLON	RECTUM	VESSIE	REIN	CERVEAU	MCV	MPOC
Heyer et coll., 1990 ³⁵	Service des incendies de Seattle	Cohorte	RSM	97 (65-139)	79 (32-164)	65 (8-237)	s.o.	s.o.	95 (20-279)	75 (63-89)	s.o.
Lindsey et coll., 1993 ^{36, 37}	Échantillon main-d'œuvre canadienne recensé	Cohorte d'un échantillon recensé	RSM v. employé	111 (41-242)	154 (19-556)	s.o.	s.o.	s.o.	0 (0-625)	s.o.	s.o.
Ma et coll., 1998 ³⁸ (blancs)	24 états américains	Surveillance	RRAM (risque relatif approché lié à la mortalité)	1,1 (1,0 - 1,2)	1,0 (0,9 - 0,2)	1,1 (0,8 - 1,6)	1,2 (0,9 - 1,6)	1,3 (1,0 - 1,7)	1,0 (0,8 - 1,4)	s.o.	s.o.
Ma et coll., 1998 ³⁸ (Afro-américains)	24 états américains	Surveillance	RRAM	0,8 (0,5 - 1,3)	2,1 (1,1 - 4,0)	0	1,2 (0,9 - 1,6)	1,3 (1,0 - 1,7)	1,0 (0,8 - 1,4)	s.o.	s.o.
Ma et coll., 2005 ³⁹	Registre d'attestation de Floride	Cohorte	RIS (ratio d'incidence standard)	0,65 (0,54 - 0,78)	1,16 (0,92 - 1,45)	0,88 (0,56 - 1,32)	1,29 (1,01 - 1,62)	0,78 (0,52 - 1,14)	0,58 (0,31 - 0,97)	s.o.	s.o.
Mastromatteo, 1959 ⁴⁰	Service des incendies de Toronto	Cohorte	RSM	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	[141]	s.o.
Massachusetts Dept. of Public Health, 1990 ⁴¹	Pompiers résidents du Massachusetts	Surveillance (incidence)	RRASM État :	122 (87-169)	120 (80-182)	145 (84-219)	159 (102-250)	s.o.	86 (34-215)	s.o.	s.o.
Milham, 1983 ⁴²	Résidents de l'État de Washington	Surveillance	PMC	105	90	103	233	115	194	116	53
Musk et coll., 1978 ⁴³	Service des incendies Boston	Cohorte	RSM	88	s.o.	s.o.	92	103	86	s.o.	s.o.
Petersen et Milham, 1977 ⁴⁷	Résidents de la Californie	Surveillance	PMC	168	113	48	82	175	90	108	[70]
Rosenstock et al., 1990 ⁴⁴	Côte nord-ouest du Pacifique	Cohorte	RSM v EU :	134 (90-191)	95 (41-187)	119 (44-259)	23 (3-83)	27 (3-87)	210 (131-317)	82 (74-90)	119 (72-183)
Sama et coll., 1990 ⁴⁵	Registre des cancers du Massachusetts	Surveillance	RRASM v policiers	130 (84-203)	104 (59-182)	97 (50-188)	211 (107-414)	s.o.	152 (39-592)	s.o.	s.o.
Tornling et coll., 1990 ⁴⁶	Service des incendies de Stockholm	Cohorte	RSM	90 (53-142)	85 (31-185)	207 (89-408)	31 (1-170)	110 (30-281)	279 (91-651)	98 (81-117)	0 (0-48)
Vena et Fiedler, 1987 ⁴⁷	Buffalo FC	Cohorte	RSM	94 (62-136)	183 (105-297)	208 (83-428)	286 (130-540)	130 (26-380)	236 (86-513)	92 (81-104)	s.o.

Mesure du risque

Ce qui est essentiel dans l'évaluation de l'association est la mesure du risque. L'importance du risque est exprimée en épidémiologie professionnelle sous l'une des deux formes générales. L'étude d'une cohorte examine l'expérience d'un groupe de personnes ayant un facteur d'exposition commun (comme le métier d'un pompier) et la compare à l'expérience d'un groupe de référence, préféablement un groupe de personnes similaires, souvent issues de la population en général. Une étude de cas-témoin examine la fréquence à laquelle les personnes ayant contracté la maladie (les « cas ») avaient un facteur en commun (comme dans le travail des pompiers), et la compare à la fréquence de ce facteur chez des cas non connus pour cette maladie au moment de l'étude (les cas-témoins). Mathématiquement, les deux études sont identiques pour les grandes populations, mais de manière opérationnelle, elles représentent deux approches différentes et sont réalisées avec des méthodes différentes.

Les études de cohorte sont utilisées lorsque l'exposition peut facilement être documentée pour un groupe donné et qu'il est possible d'obtenir des résultats cliniques. Les études de cohortes se servent d'une estimation du risque appelée « risque relatif », souvent exprimé comme étant la mortalité (ajustée selon l'âge) ou le rapport d'incidence « normalisé ». (Par exemple, ce rapport pourrait être les décès ou nouveaux cas liés à une maladie particulière chez les pompiers, comparés à ceux présents dans la population de référence, souvent la population en générale ou les policiers.) Les études de cas-témoin sont utilisées quand l'investigateur doit d'abord identifier le cas, et ensuite reconstruire l'exposition, ordinairement par un questionnaire ou en examinant les dossiers du personnel. Les études de cas-témoin se servent d'une estimation du risque appelée « risque relatif approché » qui représente les probabilités qu'un cas comporte une caractéristique ou une exposition particulière. Puisque les études de cas-témoin visent généralement un nombre moins élevé d'individus que les études de cohorte, elles sont moins sûres statistiquement et leur interprétation est moins tranchée.

Les études qui observent l'expérience d'une population dans le temps (c.-à-d. les études de cohorte ou prospectives) se servent d'un ratio défini comme étant le nombre de cas observés par rapport au nombre de cas présumés ou risque relatif (RR). Ce ratio peut s'exprimer de manière à ce qu'aucun risque ne soit égal à 0; qu'un risque semblable dans la population en général comme dans la population de référence soit égal à 1 par définition (autrement dit, une unité); qu'un risque élevé soit >1 ; et qu'un risque réduit soit <1 , quoique ce dernier soit ordinairement interprété plus simplement comme étant « non élevé ». Lorsqu'on réfère à la fréquence de décès après rajustement selon l'âge, ce ratio multiplié par 100 est appelé « ratio standardisé de mortalité » (RSM) et lorsqu'on réfère à la fraction des décès dus à une maladie particulière, ce ratio est appelé « part de la mortalité due à une cause donnée » (PMC). (Certains auteurs, comme Baris et coll.¹⁸ ne font pas de distinction le RSM et le risque relatif sans la normalisation traditionnelle à 100.)

L'autre terme pour décrire l'importance du risque est utilisé dans des modèles d'étude qui comparent à quelle fréquence un facteur de risque était présent dans le passé chez les personnes ayant développé la maladie, par rapport aux personnes ne l'ayant pas développée (études de cas-témoin ou rétrospectives) et l'expriment sous forme de ratio. Ce ratio s'appelle risque relatif approché (RRA ou parfois RRAM lorsqu'il réfère spécifiquement à la mortalité). Le risque relatif approché est semblable au risque relatif mathématique, mais est généralement reconnu comme ayant plus d'incertitude.

Dans le présent rapport, les évaluations du risque seront présentées telles qu'elles ont été rapportées dans le document initial. Les RSM sont indiqués par trois chiffres, sans décimale, ou exprimés comme étant des risques relatifs dans les études de Baris et coll.¹⁸ Les risques relatifs

sont exprimés en décimales, sans qualification. Les risques relatifs approchés, identifiés comme tels, sont exprimés en décimales.

Dès que les estimations de risque sont calculées, elles doivent être interprétées. Un risque comme celui du groupe de référence est égal à 1 par définition. Un risque estimé supérieur à un 1 ($RR > 1$, $RRA > 1,0$, $RSM > 100$, $PMC > 100$) est une « augmentation » du risque. La variabilité entourant cette estimation doit être prise en compte en raison de « l'erreur » aléatoire (qui n'est pas une « erreur » dans le sens de faute, mais plutôt un écart ou une fluctuation aléatoire créée par le hasard). Un « intervalle de confiance » est une gamme de valeurs dans laquelle on peut être certain à 95 %, ou certain que la valeur vraie se situe dans l'incertitude aléatoire. Un risque élevé peut être statistiquement significatif (à nouveau, une application de la certitude scientifique guide toutefois l'interprétation d'études individuelles), dans lequel cas l'intervalle de confiance de l'estimation du risque le plus probable (appelée « estimation ponctuelle ») est clairement au-dessus de (mais parfois sous) l'unité. Ceci s'applique à une étude individuelle, seulement, et n'est valide que si l'étude est assez puissante statistiquement (notion discutée plus loin) pour fournir un véritable résultat. Lorsque les nombres sont plus petits, les risques élevés n'ont pas une importance statistiquement significative puisque l'étude est « trop faible ». C'est si souvent le cas en épidémiologie professionnelle, qu'il s'agit de la situation qui prévaut pour les maladies dites peu courantes ou « rares ».

Le problème est plus grand pour les maladies relativement peu courantes, par rapport aux autres maladies présentes dans la population. Dans le jargon statistique, on appelle cela l'hypothèse de la « maladie rare ». En épidémiologie et en statistique, « rare » est un terme signifiant que la maladie en question est très peu courante par rapport à toutes les autres maladies, et que la valeur du risque relatif approché est très près de celle du risque relatif. (C'est la raison pour laquelle plusieurs études citées dans le présent rapport traitent cette valeur comme étant quasi équivalente.) La maladie n'a pas besoin d'être rare en termes absolus; elle doit seulement exercer peu d'influence statistique sur la part de décès ou morbidité, mais doit être largement influencée par d'autres états de santé plus courants dans la même population. Par exemple, le cancer du poumon est un cancer très courant, mais puisqu'il ne représente que 7 % de tous les décès, il aurait très peu d'influence sur les statistiques globales de mortalité d'une large population et serait considéré comme « rare » à des fins d'analyse statistique. À l'autre bout du spectre, la cardiopathie cause plus de 25 % de tous les décès et ne serait alors pas considérée comme rare puisqu'elle affecte de façon marquée la proportionnalité des autres décès.

L'importance de la hausse du risque est aussi pertinente que sa signification statistique, en particulier pour les maladies « rares ». (La prochaine sous-section précisera cet énoncé.) Le contexte est primordial. En épidémiologie traditionnelle, un risque élevé de 1,50 (exprimé en termes de RR) est commun et considéré anodin. Toutefois, dans l'épidémiologie s'intéressant à la pollution de l'air et aux particules fines, d'énormes populations – donc une forte puissance statistique –, confirme l'importance des risques relatifs de l'ordre de 1,01. En épidémiologie professionnelle, par contre, une hausse sous 1,5 n'est ordinairement pas considérée comme la preuve concluante d'un effet donné en raison de la confusion possible. Une hausse supérieure à 2,0 est considérée comme ayant une association plus plausible avec un effet puisqu'au fur et à mesure que le RR augmente, la confusion devient de moins en moins probable pour expliquer le risque apparent. De telles hausses peuvent ou pas indiquer de vraies augmentations du risque, bien entendu, alors il faut toujours procéder à une évaluation individuelle, cas par cas, avec une preuve accessoire et à l'aide d'une des méthodes indiquées plus haut.

Le dédoublement est important pour une autre raison.⁴⁸ Un RR de 2,00 correspond à des « probabilités égales » ($RRA = 2,0$), ce qui signifie que la maladie avait une probabilité égale

d'être associée à une cause en particulier ou à toutes les autres causes, prises globalement. En effet, il s'agit de la représentation statistique de la « prépondérance des probabilités » pour une cause ou une autre. Quand $RR = 2,0$ ou $RRA = 2,0$, cela signifie que le risque attribuable aux conditions de travail est égal au risque dans la population en général et représente un haut niveau d'association. Cela veut aussi dire que le risque attribuable au travail est au moins égal au risque partagé avec d'autres facteurs de la vie courante, comme les facteurs environnementaux touchant les membres d'une communauté. Appliqué aux pompiers ayant fait une demande d'indemnisation, un RR de 2 implique, toutes choses étant égales, que le risque pour un pompier de développer un cancer (comme le cancer de la vessie) en raison d'une exposition professionnelle est approximativement égal au risque de développer ce même type de cancer dans sa vie de tous les jours. Ainsi, il s'agit de l'expression statistique de la norme « plus probable qu'improbable » indiquant que l'état de santé soit relié au métier. Ceci constitue la base d'une présomption, en vertu de laquelle tous les cas survenant chez les travailleurs exerçant un métier particulier seraient normalement considérés comme étant reliés à leur métier, à moins qu'il y ait preuve du contraire ou une autre cause très certaine dans le cas d'un individu.^{5, 49 12, 48}

Une autre façon d'envisager cette question est de se servir de la « fraction attribuable au risque » (FAR), aussi appelée « fraction étiologique ». Le risque attribuable à un facteur de risque particulier pour une maladie particulière est le nombre de cas qui sont statistiquement associés à ce facteur de risque particulier. Il est plus utile de l'exprimer comme étant une fraction du total des cas pouvant être attribués au facteur de risque agissant seul, qui se traduit plus simplement par $(RR - 1)/RR$. Par exemple, si le risque relatif d'une exposition est 1,50, la fraction attribuable au risque (FAR) est 33% ($= 1,50 - 1 / 1,50$, converti en pourcentage). Si le $RR = 1,0$, alors la FAR est 0, ce qui explique autrement que ce facteur ne contribue pas au risque de la maladie (c.-à-d. à peine attribuable, et non pas un facteur de risque). Si le $RR = 2,0$, alors la FAR = 50%, ce qui signifie que le facteur de risque égale le risque provenant de tous les autres risques dans la population, et ce qui signifie aussi que les probabilités sont égales et que la « prépondérance des probabilités » standard est atteinte.

La FAR s'applique seulement aux populations. Le risque attribuable d'un facteur de risque particulier est une description de son impact sur une population, et non une contribution au risque chez tout individu donné. « L'attribution » est un terme d'épidémiologie qui s'applique à la population et non à l'indemnisation des accidentés du travail. Le terme semblable pour l'indemnisation des accidentés du travail est la « répartition », mais celle-ci s'applique à la part d'influence des facteurs de risque dans des cas individuels.⁵⁰ Une FAR peut être la meilleure évaluation de la répartition dans un cas individuel si ce cas se situe exactement, ou très près, du profil moyen de la population à risque. Toutefois, certains cas individuels peuvent s'écarter considérablement des caractéristiques moyennes de la population. L'indemnisation (en vertu de la plupart des lois) est censée relever des cas individuels. La boîte 1 décrit de manière simple et accessible comment la FAR est reliée au concept de répartition.

Boîte 1. La différence entre attribution et répartition.

« L'attribution » est un terme d'épidémiologie, applicable aux populations, et non à l'indemnisation des travailleurs. Le terme similaire pour l'indemnisation des accidentés du travail est la « répartition », qui s'applique seulement à l'influence proportionnée des facteurs de risque dans un cas individuel.

L'attribution est une estimation de la proportion du facteur de risque (qui peut lui-même être une cause ou un marqueur reflétant l'action d'une cause) dans le nombre total de cas d'une maladie donnée. L'attribution peut être exprimée en nombre de cas (risque attribuable) ou pourcentage de cas (FAR), ordinairement ce dernier, et reflète la distribution et la contribution des risques dans une population. La répartition évalue la contribution d'une cause à une maladie chez un individu, soit un demandeur d'indemnité. Les deux concepts sont fréquemment confondus. Le pourcentage de cas s'applique seulement aux populations. Le risque attribuable d'un facteur de risque particulier décrit son impact sur une population et non sa contribution chez un quelconque individu.

La différence entre attribution et répartition peut être illustrée par un exemple simple. Dans une population de personnes exceptionnellement malheureuses, qui vivent dans un village situé dans une forêt exceptionnellement dangereuse, il y a un taux élevé de mortalité due à la prédation. Ces mortalités sont réparties comme suit : 51% des morts ont été dévorés par des ours, 30% par des loups, 15% par des cougars et 4% sont mâchés à mort par des carcajous. Ceci ne signifie pas que dans un cas spécifique, un peu plus de la moitié du corps a été dévoré par l'ours, les jambes par les loups, le bras par un couguar et le reste par les carcajous. Ceci signifie plutôt qu'en l'absence d'informations supplémentaires, il est plus probable que tous restes humains trouvés dans la forêt soient la conséquence d'une rencontre avec un ours plutôt qu'avec un quelconque autre prédateur, ou tous les autres types de prédateurs combinés. Malgré cela, les autres causes de mortalité sont possibles et le risque que celles-ci soient substantielles est présent, peu importe le prédateur ayant causé la mort du villageois. Un tandem coroner et garde-chasse évaluant la cause du décès, sans indices complémentaires (comme une étude stomatologique de l'animal), aurait raison la plupart du temps, mais aurait tort parfois de toujours imputer le décès à l'ours; le même tandem aurait tort la plupart du temps et aurait parfois raison de toujours imputer la mort à un loup ou à un couguar. Le problème réside dans le fait que sans preuve supplémentaire, les experts ne pourraient établir quels cas sont vrais et quels cas sont faux. Par ailleurs, ils auraient la plupart du temps tort, et dans de rares occasions auraient raison, d'attribuer la responsabilité de la mort aux carcajous de manière telle que le cas deviendrait exceptionnel et requerrait une preuve positive pour être accepté. En fait, le premier cas de décès imputé au carcajou passerait probablement inaperçu, car il n'aurait aucun antécédent. Il faut aussi noter que lorsque les pourcentages de cas provenant de multiples études sont additionnés, les pourcentages combinés totalisent presque toujours plus que 100%. Cela est typique des résultats des études épidémiologiques et correspond aux résultats courants – plus évidents chez les cancers et maladies cardiovasculaires – voulant que plus d'une cause puisse être présente en même temps. Le carcajou peut mordre le survivant attaqué par un ours.

Présomption

La présomption est, tout simplement, la politique qui veut que les demandes d'indemnité soient acceptées sans opposition quand, toutes choses étant égales, il est plus probable qu'improbable qu'une demande d'indemnité faite par un travailleur occupant un certain métier soit liée à son activité professionnelle, qu'il soit ou non possible de prouver l'association avec son cas individuel. Une présomption tient pour acquis que, toutes choses étant égales, la plupart des cas de même type sont associés à une exposition professionnelle même s'il n'est pas possible d'en déterminer la nature.¹²

Les présomptions sont normalement réfutables, ce qui signifie que l'organisme d'indemnisation peut examiner la preuve du cas individuel, qui appuie ou met en doute le risque individuel du demandeur d'indemnité, et son lien avec le travail. Ainsi, d'importants antécédents familiaux d'une maladie, la présence d'un facteur de risque personnel (ordinairement le tabagisme), ou un historique professionnel incompatible avec la période de latence constituent tous des raisons de réfutation. La présomption est une façon d'inclure et d'accepter de telles demandes d'indemnité étant donné qu'il n'est pas possible de faire de distinction entre elles.

La présomption est une façon d'obtenir de la conformité, de l'efficacité et de l'équité administratives dans la gestion des demandes d'indemnité. Les demandeurs d'indemnité doivent généralement démontrer qu'ils appartiennent au groupe et satisfaire certains critères comme la durée de service et la période de latence. Les critères de réfutation doivent être abordés avec des preuves ou des arguments convaincants. Au final, c'est la valeur du cas individuel qui est considérée, mais la présomption facilite l'indemnisation.

Contrairement à l'hypothèse, l'adoption de présomptions ne remplace pas la formule découlant d'une politique d'évaluation des cas individuels. L'épidémiologie contribue au poids de la preuve quant à la causalité générale, mais dans le système d'indemnisation des accidentés du travail, toutes les demandes d'indemnité sont traitées selon la valeur individuelle de chaque cas, tel que le stipulent les lois. L'utilisation des présomptions et des risques dans la population sert à guider et à donner une estimation quand le risque individuel ne peut pas être connu, et elle décharge le demandeur d'indemnité du lourd fardeau, souvent impossible, de prouver ce qui n'est pas connu. Les risques attribuables à la population sont acceptés comme estimations brutes du risque individuel et constituent les meilleures estimations quand il n'y a pas d'informations spécifiques sur lesquelles évaluer le risque individuel. Elles sont souvent utilisées à cette fin en médecine, en criminalistique et en indemnisation. Toutefois, lorsqu'il existe des informations spécifiques à l'individu, elles devraient être utilisées et la plupart des lois exigent qu'on porte attention au cas individuel.

Une présomption suppose que, toutes choses étant égales, la plupart des cas d'un certain type parmi les travailleurs d'un métier donné soient associés à une exposition professionnelle, même s'il n'est pas possible de déterminer lesquels parmi les cas individuels. La validité apparente est par conséquent plus claire lorsque le risque dans un groupe est au moins deux fois plus élevé que dans la population de référence. Un risque relatif (RR) de 2,0 et un ratio standardisé de mortalité (RSM) de 200 sont égaux à un risque attribuable de 100 % des cas présumés, ou une fraction du risque attribuable de 50 %, et constituent un lien très élevé. Ceci implique que le risque attribuable au travail de pompier est égal au risque partagé avec d'autres facteurs de vie, comprenant les facteurs environnementaux touchant les membres vivant dans une communauté. En pratique, dans les litiges d'indemnisation des accidentés du travail et de responsabilité civile, un RSM de 200 implique que, toutes choses étant égales, le risque pour un pompier de développer un cancer (comme celui de la vessie) en raison de son exposition professionnelle est environ égal au risque de développer ce même cancer dans sa vie de tous

les jours. Par conséquent, les propositions voulant que le cancer soit imputable au travail ou ne le soit pas sont vraisemblablement égales – ayant des probabilités égales – et il est plus probable qu’improbable (en donnant le bénéfice du doute au travailleur) que son état de santé soit relié à son travail. Ceci constitue le fondement d’une « présomption réfutable » en vertu de laquelle de tels cas seraient normalement considérés comme étant liés au travail, à moins d’une preuve du contraire.^{5, 51}

La présomption est ordinairement fondée sur la démonstration que le risque relatif dépasse 2,0 puisque cette mesure statistique correspond à des probabilités égales, mais en pratique, il est impossible de préciser une telle distinction. Un risque relatif de 1,7 ou 1,8 (RSM de 170 ou 180) n’est ordinairement pas distinguable statistiquement d’un RR de 2 (200). La présomption est plus appropriée lorsque l’état de santé est rare et qu’on suggère qu’il y a une forte association avec un métier pouvant être cachée par d’autres facteurs qui compliquent l’interprétation de l’estimation du risque.^{4, 5, 10, 52}

Il serait désirable, sur le plan scientifique, d’établir les sous-groupes dans lesquels le risque est concentré, afin d’identifier les types spécifiques de cancers dans les catégories agrégées qui sont le plus vraisemblablement associés à un risque élevé, et afin de déterminer le seuil associé au risque significatif. Toutefois, ceci n’est pas faisable, pas plus qu’il n’est pas pratique en ce moment d’identifier un agent cancérigène spécifique responsable de plusieurs risques.

Dans le monde réel, il y aura des erreurs d’inclusion pour lesquelles les demandes d’indemnité seront acceptées sans être vraiment liées au métier, et des erreurs d’exclusion se produiront, alors que les demandes d’indemnité seront rejetées pour des maladies qui sont vraiment liées au travail. Le nombre dépend du ratio du risque et de la fraction du risque attribuable. Si tous les demandeurs d’indemnité sont compensés, et si le RR = 2,0, alors environ 50 % des cas auront été indemnisés lorsque la maladie n’est pas liée au travail, mais il n’est pas possible de savoir de quels cas il s’agit. Si le RR = 4,0, alors environ 25 % des cas auront été indemnisés lorsque la maladie n’est pas liée au travail, mais il n’est pas possible de savoir de quels cas il s’agit. La seule façon de minimiser le potentiel d’erreur est d’établir les critères le plus solidement possible en se fondant sur la (prépondérance de la) preuve; de réviser souvent les critères à la lumière des nouvelles connaissances (ce qui pourrait, avec le temps, entraîner une incohérence involontaire dans les décisions d’indemnisation); et d’éliminer l’erreur systématique du processus.

Rejeter toutes les demandes d’indemnité et appliquer des critères arbitraires, comme restreindre l’indemnisation aux non-fumeurs, refuserait systématiquement des avantages à des personnes dont la maladie est en fait liée à leur travail et qui ne pourraient pas prouver l’association en raison des connaissances limitées disponibles (tel qu’il a été noté précédemment). Accepter toutes les demandes d’indemnité signifierait systématiquement l’inclusion de tous les cas pour lesquels la maladie est liée au travail et tous les cas pour lesquels la maladie n’est pas liée au travail, avec aucune possibilité de réfuter les demandes d’indemnité non fondées. Une politique qui applique des critères arbitraires supplémentaires, comme restreindre l’indemnisation aux non-fumeurs, refusera inévitablement des avantages à certains (souvent beaucoup) demandeurs d’indemnité dont la maladie est en fait liée à leur travail, mais qui ne pourraient pas établir une preuve. Appliquer des critères de tolérance, c.-à-d. des critères englobant presque tous les travailleurs dont la demande d’indemnisation est plausible et excluent tous ceux qui ne satisfont pas aux critères, pose inévitablement des problèmes quant à l’adéquation, la spécificité et la validité des critères, et exclut vraisemblablement quelques individus dont l’état de santé est lié au travail, mais qui ne répondent pas exactement à des critères précis. Pour éviter ce problème, la présomption de tolérance est parfois appliquée pour assurer que le plus grand nombre possible de personnes dont la maladie est liée au travail puissent être indemnisées, ce qui confère un

avantage social d'équité à la plupart des personnes dont l'état de santé est lié au travail versus le coût qu'entraîne l'acceptation de toutes les demandes d'indemnité qui ne le sont pas, mais en compensant un peu ce coût pour minimiser les dépenses opérationnelles.

Outre l'équité et l'avantage social, les présomptions présentent d'autres caractéristiques positives. Elles sont plus simples à gérer que les demandes d'indemnités litigieuses et reconnaissent des situations particulières comme le risque pris volontairement par le personnel assurant la protection du public. Elles déchargent d'un lourd fardeau le demandeur d'indemnité et ceci a tendance à réduire le coût d'application des demandes d'indemnité et le recours à des avocats.

Latence

La latence est le temps qui s'écoule entre l'origine de la cause et la manifestation de son effet. Dans les maladies cardiovasculaires, ce peut être le temps écoulé entre la première lésion de la paroi interne de l'artère coronarienne et la formation d'un thrombus qui provoque une crise cardiaque (ischémie myocardique). La vraie latence est rarement reconnaissable parce que l'origine de la cause n'est ordinairement pas identifiée.

La latence en épidémiologie du cancer est le temps écoulé entre la première exposition à un carcinogène et la manifestation clinique de la maladie. Elle reflète la période suivant le changement dans la constitution génétique de la cellule, alors que la cellule est dormante, puis quand elle devient cancéreuse puis prolifère finalement en se divisant jusqu'à ce que le cancer devienne apparent et détectable.

Il est généralement admis que la période de latence menant à la détection de tumeurs solides est de l'ordre de vingt ans, mais cette période devrait être considérée comme la latence modale, soit le temps écoulé avant qu'une grande prolifération soit observée, et non comme le temps minimum requis avant que la tumeur ne se manifeste. De telles règles empiriques ne s'appliquent pas nécessairement aux individus. Les cancers associés à des expositions professionnelles peuvent apparaître, et apparaissent, bien avant la période de latence arbitraire, même s'il y a ordinairement une période minimale imposée par la biologie de la tumeur et son taux de prolifération. Les tissus des organes hématopoïétiques peuvent avoir de très courtes périodes de latence, de l'ordre de quelques années. La latence pour le cancer de la vessie – une tumeur solide – chez les travailleurs exposés aux colorants d'aniline au début du 20^e siècle était inférieure à dix ans, à une époque où l'exposition à ces carcinogènes chimiques était élevée. Seuls quelques cas de mésothéliome, un cancer reconnu comme ayant une période de latence longue de plusieurs décennies, apparaîtront dans les dix années suivant l'exposition.

Il est difficile de dissocier la durée de l'emploi de la période de latence.

Conclusions positives et négatives

Une approche épidémiologique fondée sur la norme « plus probable qu'improbable » admet la prépondérance de la preuve d'une association même lorsque la preuve n'atteint pas la norme scientifique de certitude. Ceci oblige à aborder d'une façon différente les études plus faibles.

L'essence même de cette approche est que si on croit que la puissance d'une étude, et le biais qui y est inhérent rendent plus probable qu'improbable qu'une association ne soit pas décelée, il faut alors donner plus de poids aux études positives. Cette incertitude par rapport à la puissance de l'étude signifie que les études qui présentent un taux élevé de risque devraient avoir plus de poids dans l'indemnisation que la preuve des études n'ayant pas démontré un taux élevé de risque. Les études qui ne montrent aucune augmentation du risque peuvent simplement avoir

éclipsé le taux élevé et ne véhiculent aucune information en ce sens. Les études montrant un taux élevé de risque, surtout si elles sont cohérentes et présentent une relation dose-effet (un important critère pour établir une vraie association) sont vraisemblablement plus utiles dans l'évaluation de l'ampleur probable du vrai taux de risque élevé.

Toutes les estimations du risque épidémiologique ne sont que cela – des estimations – et représentent l'expérience des populations étudiées. Des cas peu courants, tel le cancer du poumon, sont soumis à des variables aléatoires. C'est la raison précise pour laquelle on écarte les intervalles de confiance des estimations. La puissance d'une étude est sa capacité à détecter un risque élevé quand il y en a un véritablement. On préfère une puissance d'au moins 80 %, mais quelques études seulement peuvent atteindre 50 % pour le cancer du poumon, puisqu'il n'est pas suffisamment courant, même s'il s'agit d'un des cancers les plus courants et qu'il est la principale cause de décès par cancer chez les hommes et les femmes depuis 1987.⁵³ Ceci signifie qu'une importante fraction des études a incontestablement manqué la vraie association. Il ne s'agit pas d'une controverse: c'est inhérent à la définition de puissance et facilement observé dans l'expérience pratique.

L'épidémiologie professionnelle et l'épidémiologie environnementale, et l'étude des maladies « rares » individuelles comme le cancer par site en particulier, font communément et fréquemment face au problème de résultats incohérents des études entreprises. Que faire avec les études négatives lorsque des études positives très puissantes qui examinent une association possible sont controversées, surtout en raison de l'hypothèse tacite voulant que l'incohérence et la non-homogénéité suggèrent un trouble ou un manque de clarté, alors qu'en réalité, ces attributs sont entièrement prévisibles en présence d'un faible taux de maladies rares. Il s'agit là d'un important problème pratique. Les décisions touchant la prévention contre le cancer, la promotion de la santé, l'indemnisation des accidentés du travail, les blessures personnelles et la protection des travailleurs dépendent de l'interprétation d'études aux apparences conflictuelles.

Des études qui ont des modèles semblables et s'intéressent à des populations similaires peuvent produire des résultats incohérents, certaines montrant un taux élevé de risque et d'autres ne présentant aucune preuve statistique d'un risque élevé chez un même groupe. Les études qui démontrent un taux élevé de risque, communément appelées études « positives », sont souvent abordées avec scepticisme, car elles peuvent présenter une erreur du type I (suggérant que certaines conclusions sont présentes alors qu'elles ne le sont pas) ou, plus souvent, un biais. Les études qui n'indiquent pas de taux élevé de risque, car elles évaluent le risque proche de l'unité, sont ordinairement, et souvent à tort, prises au sérieux. Toutefois, dans le cas d'études montrant peu de maladies rares, il est fort probable qu'elles présentent une erreur du type II, souvent en raison de la puissance limitée de l'étude ou d'une erreur de classification, laquelle entraîne presque toujours une sous-estimation du risque.

Dans la plupart des cas d'épidémiologie professionnelle, les études disponibles à partir desquelles on peut tirer des conclusions sont peu nombreuses. Seulement quelques métiers ont été étudiés en profondeur et de façon répétée, en utilisant les mêmes méthodes. Parmi ceux-ci, les pompiers et travailleurs de l'amiante sont les principaux. Ces métiers peuvent alors être examinés en comparant de nombreuses preuves plutôt qu'une collection d'études individuelles. Malgré cela, on ne devrait jamais présumer que ces études sont toutes identiques. Les tendances peuvent au fil du temps éliminer la pertinence des études précédentes dans le calcul du risque courant, ne serait-ce que par les différences dans le profil de l'exposition et l'interaction avec les habitudes du tabagisme, et les populations sur lesquelles elles s'appuient différeront.²

En tant que problème scientifique, de telles disparités sont souvent considérées et toujours décrites dans la documentation comme étant un défi à relever pour les études subséquentes.

Toutefois, il est peu probable que la répétition réponde à plusieurs questions importantes ou clarifie le risque pour les maladies « rares » les moins communes, telles que les lymphomes ou les leucémies, surtout à cause des priorités de financement accordées par les grandes agences telles que les National Institutes of Health américaines. (Les Instituts de recherche en santé du Canada financent quelques études dans lesquelles l'activité professionnelle est le point central.) Le National Institute for Occupational Safety and Health (É.-U.) réalise sa propre étude multicentrique sur les pompiers et ses résultats seront disponibles dans plusieurs années; elle est toujours au stade de la planification. Il est probable que seulement une poignée de métiers, en particulier les pompiers, obtiennent des réponses aux questions fondamentales de précision dans l'estimation du risque, avant que le métier lui-même change en raison de nouvelles technologies ou de tendances économiques, et que ces mêmes questions deviennent obsolètes pour les nouveaux travailleurs. L'indemnisation des travailleurs dont l'exposition a eu lieu dans le passé doit être faite avec les connaissances qui existent actuellement.

Toutes choses étant égales (et elles ne le sont jamais), les études positives l'emportent sur les études négatives en importance épidémiologique et statistique. Dans des circonstances individuelles, cette généralisation, à l'instar de toutes les généralisations, peut ne pas être vraie, mais la logique de puissance prétend que si les hypothèses sont satisfaites, le fardeau démontrant qu'elle n'est pas vraie revient à ceux qui mettent en doute l'association et non à ceux qui accordent plus de valeurs aux études « positives ».

L'argumentaire qui accorde un poids disproportionné aux études « positives » présume de ce qui suit au sujet des études examinées:

- Les études individuelles sont fondées sur des populations comparables, mais non nécessairement identiques, rapprochant un échantillon de tous les travailleurs de ce métier, nonobstant que les pompiers soient recrutés dans des populations ayant d'autres problèmes de santé quelque peu différents.
- Les études sont menées en utilisant une méthodologie semblable; elles sont principalement des études de cohortes, avec identification presque complète des maladies chez les sujets.
- Il y a un nombre suffisant d'études dont la méthodologie est semblable pour refléter une variation statistique due à l'erreur aléatoire au niveau des études individuelles (autrement dit, une estimation raisonnable de l'erreur type ou le coefficient de variation parmi les études serait possible).
- Le biais des études, particulièrement confondant, n'est pas assez fort pour masquer les anomalies statistiques au niveau de toutes les études.

L'argumentaire commence par un examen serré de la signification du mot « puissance ». La puissance est la probabilité qu'une conclusion – dans le cas présent, un risque élevé véritablement présent chez une population exposée – soit observée dans une étude particulière. Son expression officielle est $(1 - \beta)$, où β est la probabilité de faire une erreur du type II, dans laquelle une conclusion qui aurait dû être détectée en raison de sa présence dans la population à l'étude ne l'a pas été. Comme dans la plupart des sciences, une grande attention est accordée pour éviter une erreur du type I (sa probabilité étant α), dans laquelle une conclusion qui n'est en réalité pas présente dans la population est rapportée par erreur. Ceci représente un jugement de valeur indiquant qu'il est préférable de faire une erreur par omission que d'affirmer un énoncé qui est faux.

La logique derrière l'hypothèse que α devrait être plus grand que β provient des premières années d'inférence statistique et elle est profondément enracinée. Sa racine pratique résulte de l'idée voulant que pour assurer l'avancement de la science, il soit préférable d'éviter de présenter de fausses conclusions, mais, la science étant systématique et s'autocorrigant, le fait de rater une découverte qui est vraiment présente est moins grave puisque la science finira de toute façon par la trouver. Sa racine philosophique vient de Karl Popper, dont la doctrine veut que la science progresse seulement à l'aide de « réfutation » et exige une estimation claire de la proposition à réfuter. Puisqu'il n'est pas possible de réfuter l'absence de quelque chose, la valeur α , et par conséquent la puissance, a été fixée à un haut niveau de réfutation, mais la valeur β a été fixée à un niveau inférieur d'acceptation puisqu'il semblait plus acceptable de rater une découverte que d'induire en erreur des scientifiques qui aurait pu croire une fausseté.

Par convention, la valeur de α est fixée pour ne pas permettre plus d'une erreur dans vingt études répétées, soit 0,05. Toutefois, la valeur de β est toujours plus élevée, souvent 0,2, avec une puissance 0,8 pour le principal effet étudié. Ceci signifie qu'il y a une chance sur cinq de trouver qu'il n'y pas de conclusion alors qu'une conclusion existe. La puissance minimale acceptable, $1 - \beta$, dans les études traditionnelles conçues pour identifier (plus précisément, réfuter l'identification) un effet particulier est d'environ 0,8, avec 80 % de chance d'identifier un effet s'il est présent (l'intensité de l'effet étant spécifié dans les paramètres de l'étude). Si ces études atteignent une puissance de 0,8 pour des cancers, c'est ordinairement seulement pour tous les cancers, et cette donnée est rarement utile d'un point de vue pratique. Ces conventions fonctionnent bien pour des maladies courantes telles les maladies cardiovasculaires, lorsque l'étude est conçue avec suffisamment de puissance pour identifier une – ou un petit nombre – de maladies importantes et courantes.

Malheureusement, ces mêmes conventions fonctionnent peu en pratique pour les maladies rares tels les cancers, lesquels sont ordinairement étudiés en groupes agrégés (soit cerveau ou lymphome ou leucémie) dans une seule cohorte limitée ou dans une étude de cas-témoin. En pratique, une étude de cohorte, comme dans la présente documentation, examine 20 ou 30 maladies ensemble et la puissance de l'étude pour identifier le vrai risque d'une maladie rare, est souvent plus élevé que 0,1 et souvent moindre pour des maladies comme les lymphomes individuels. Autrement dit, ceci signifie qu'au moins 90 %, sinon toutes les études documentées dans le monde n'identifieront pas le lien.

Les études qui identifient un quelconque effet, mais ne donnent pas une estimation précise du risque sous-estimeront plus souvent le risque qu'elles ne le surestimeront, parce que l'erreur statistique n'est pas répartie uniformément dans les fréquences extrêmes. Lorsqu'on émet la probabilité d'identifier un résultat donné en raison de la puissance de l'étude, on dit que la probabilité d'identifier toutes les valeurs au-dessus du seuil critique d'effet est plus élevée que la puissance elle-même. Ceci signifie que les études qui sous-estiment largement le risque font partie de la prévision β . Les quelques études qui surestiment le risque se retrouvent dans une échelle de probabilités beaucoup moindres que $1 - \beta$. Ceci signifie aussi qu'il y a distribution autour du seuil critique d'effet près de la courbe d'intérêt, laquelle devrait logiquement être asymétrique puisque les sous-estimations sont plus courantes que les surestimations. Ceci signifie qu'il y a distribution autour du seuil critique d'effet de la courbe d'intérêt qui serait logiquement asymétrique. Cet énoncé est logique puisque les sous-estimations sont plus courantes que les surestimations. Les estimations de haut risque extrême sont moins probables que les estimations de risque près de l'unité, uniquement en raison du hasard.

Tous les investigateurs sont habitués de calculer et d'interpréter la valeur de α dans une large échelle de valeurs. Toutefois, dans les études conçues pour les maladies courantes, la valeur ($1 - \beta$) est définie à l'avance pour l'effet principal. Pour les maladies rares, qui sont accessoires,

mais non au cœur même des études – ce qui est pratiquement toujours le cas pour les cancers individuels dans l'univers des études sur les pompiers – la valeur $(1 - \beta)$ des autres maladies est en pratique calculée après coup. Quelques investigateurs sont plus préoccupés par la possibilité de détecter des maladies rares à moins que l'étude ait présenté un « résultat positif ». À ce moment-là, les résultats sont généralement examinés en rétrospective afin d'évaluer s'ils sont vraiment « vrais ». L'intensité de l'effet est ordinairement exprimée comme un risque relatif dans la plupart des études sur les cancers liés à l'activité professionnelle.

L'écart fixé pour éviter les deux erreurs peut avoir entraîné une logique trompeuse s'inscrivant comme suit.

La puissance de l'étude donne les réponses aux questions. L'étude est-elle plus en mesure de découvrir ou de rater un effet ? Toutes les études qui sont peu puissantes rateront probablement l'effet. Par conséquent, pour les maladies rares, la puissance de l'étude prévoit que les effets observés seront regroupés autour de l'unité avec l'erreur aléatoire, ce qui présentera une distribution plus ou moins normale. Autrement dit, il y a un sous-ensemble d'études qui auront complètement échoué à identifier l'effet, et non simplement une sous-estimation, et les données de ces études ne donneront aucune information. Il n'y aura pas d'informations qui pourront même être utilisées comme dénominateur pour établir une proportion, puisque la puissance de l'étude se définit en fonction de l'échantillon d'une population, et non de l'échantillon d'une population mis en commun avec une autre sous-population, provenant d'une étude ayant échoué à identifier l'effet.

Un sous-ensemble d'études beaucoup plus petit montrera l'effet, même si la puissance de l'étude est faible. Peu importe la puissance de l'étude, la valeur réelle d'un risque dans une population est la valeur la plus probable pour l'estimation ponctuelle de ce risque dans les études qui identifient l'effet; plus probable que toute autre valeur venant d'études positives. Ceci signifie que dans le sous-ensemble d'études qui sont « positives », il y aura aussi une distribution des valeurs de l'estimation ponctuelle autour de la valeur vraie. La distribution sera asymétrique et plus dense sur la gauche (plus près de l'unité) parce que la courbe de puissance est asymétrique (elle est asymptotique au-dessus de l'effet de seuil) et parce que les valeurs extrêmes sont moins probables que les valeurs plus près de l'unité ou que la valeur vraie.

Considérons le cas où une série d'études de cohorte identiques et répliquées ont été réalisées en utilisant une méthodologie identique et sur une même population. Les études ont une puissance uniforme de 0,2, ce qui, en pratique, est trop élevé pour des maladies rares. La taille de l'effet de seuil est le double du risque, ainsi fixé, car il s'agit d'une valeur de comparaison importante dans la pratique médicolégale, parce qu'elle correspond au « poids de la preuve » ou est « plus probable qu'improbable » lorsqu'un groupe de professionnels est comparé à la population de référence ou générale. On prévoit que 80 % de ces études seront « négatives » parce qu'elles ne montreront pas un risque élevé, non pas parce que le risque n'est pas présent, mais simplement parce qu'elles n'auront pas réussi à l'identifier. Parmi ces études « négatives », il y aura une distribution normale des valeurs autour de l'unité (aucune augmentation du risque). Toutefois, 20 % de ces études seront « positives » parce qu'elles montreront un risque relatif élevé plus grand ou égal à 2,0. Il y aura aussi une distribution des estimations du risque dans ces études, mais elle sera centrée autour de 2, et quelque peu étalée vers la gauche (c.-à-d. la courbe n'est pas gaussienne [forme de cloche] même si elle peut être dans une transformation logarithmique). Par conséquent, même en présence de ces hypothèses très artificielles qui favorisent l'identification d'une maladie rare, le résultat est à peu près identique à ceux qu'on trouve généralement dans la documentation sur la lutte contre les incendies pour certains cancers d'intérêt, notamment un sous-ensemble d'études regroupées autour de l'unité et un autre sous-ensemble plus ou moins regroupé autour d'une estimation du risque plus élevé.

Dans cette étude imaginaire, la valeur la plus commune pour le risque élevé sera près de la valeur vraie de l'échantillon de l'étude « positive », mais pas pour tous les échantillons issus de la population. Si le nombre d'études présentant l'effet est tracé sur un diagramme par rapport à la grandeur de l'effet, il y aura deux valeurs nominales. La plus grande valeur nominale sera « négative », mais entièrement « inappropriée » pour décrire le risque vrai dans cette population. L'estimation ne peut pas être améliorée en regroupant les résultats des études qui n'ont pas identifié l'effet (et ne fournissent aucune information), aux études qui l'ont identifié (et fournissent toute l'information), car ceci diluerait seulement l'estimation la plus précise des études qui l'ont identifié.

On pourrait ensuite imaginer qu'au lieu de nombreuses études répliquées, il y en a seulement 10, mais qu'elles suivent toutes le même modèle statistique. Ceci signifierait que deux études positives présentant un vrai effet seraient comparées à huit études qui ne l'ont pas identifié ou l'ont grandement sous-estimé. Dans la documentation, ceci serait considéré comme des « résultats conflictuels » avec le poids de la preuve favorisant le résultat négatif. Une méta-analyse serait probablement réalisée et il en résulterait une estimation du risque diluée par l'inclusion des résultats essentiellement nuls des quatre études ayant raté les conclusions aux dépens de chaque étude ayant un résultat valide. L'estimation du risque diluée serait vraisemblablement rejetée comme étant globalement « négative ». Cette interprétation serait alors complètement fausse.

Étant donné que la puissance de l'étude est basée sur la probabilité d'identifier un résultat vrai, il est évident que certaines études qui ne présentent pas un taux élevé de risque sont jugées négatives seulement parce qu'elles sont passées à côté du vrai résultat. Par ailleurs, une étude « positive » a plus de chance d'avoir un résultat valide qui identifie un vrai résultat. Les résultats inconsistants devraient être interprétés avec soin, mais non de manière trop prudente. Pour ajouter au problème, il y a la tendance de certaines sources de biais de sous-estimer le risque, principalement en le classant mal.

Pour plusieurs maladies touchant les pompiers, tel le cancer du cerveau, le mode est clairement à $RR = 1,0$ (aucun risque) et un second mode se situe autour d'un risque élevé, avec une distribution des deux côtés, et très peu au centre. Ceci suggère que même si le risque est masqué par la dilution, en raison de l'agrégation et de la nature fragmentaire des données dans lesquelles des nombres relativement petits sont présents, la courbe suivrait la forme de ce qu'un véritable effet serait dans les études de faible puissance. Le modèle se répète dans plusieurs autres cancers présents dans la population de lutte contre les incendies.

La première implication de cette analyse est que des décisions pratiques, surtout quand des questions d'équité sont en jeu, ne devraient pas être prises sur la base de la « prépondérance de la preuve » considérée comme la tendance de la majorité des études. Cette approche ne donnera pas une interprétation correcte de la situation. La totalité de la preuve devrait être considérée, y compris les raisons expliquant des résultats divergents, les différences dans les populations étudiées, les signes de confusion (tels qu'un risque relatif qui augmente quand l'évaluation de l'exposition est plus forte) et la possibilité d'une distribution bimodale des estimations du risque.

La deuxième implication est que la méta-analyse peut systématiquement sous-estimer le risque vrai lorsque des études de faible puissance sont agrégées, puisque les études qui n'ont pas réussi à identifier l'effet sont combinées à plusieurs autres études qui ont observé l'effet. Ultimement, il n'existe aucun moyen facile d'interpréter la situation.

Les études touchant les pompiers sont généralement conformes à ces hypothèses et à ces implications, même si les études ne sont pas toutes identiques.

Méta-analyse

La méta-analyse est devenue populaire pour contourner l'impasse et, en particulier, pour contourner la limitation de la puissance.⁵⁴ La méta-analyse ne peut pas améliorer la sous-estimation du risque qui accompagne généralement un mauvais classement, en augmentant le nombre de sujets, mais elle peut rendre une erreur du type I moins probable. La méta-analyse peut fournir une orientation utile, surtout pour les diagnostics courants comme l'infarctus du myocarde, mais son utilisation s'est avérée décevante, voire même trompeuse, quand elle a été appliquée aux pompiers. Par exemple, les méta-analyses précédentes⁵⁵ n'ont pas prévu ni anticipé le modèle subséquent des cancers liés au métier de pompier dans d'autres méta-analyses^{56, 57} avec plus de précision qu'en lisant ou en interprétant des recherches individuelles^{5, 58}, comme on le démontrera.

Malgré le fait que la méta-analyse n'a pas donné de meilleurs résultats même dans le contexte beaucoup plus favorable d'études sur les drogues multiples – dans lequel les résultats sont comparés aux essais cliniques – il s'agit d'une approche statistique qui peut être utilisée lorsque la population sous-jacente est relativement uniforme et que les méthodes sont sensiblement les mêmes. Les études sur les pompiers se rapprochent plus de cet idéal que celles sur la plupart des métiers, mais il est faux de croire que toutes les populations de pompiers se ressemblent, que les communautés desquelles ils sont issus comportent des risques identiques, que différentes époques présentent les mêmes risques, que les cas d'exposition ont la même répartition aléatoire dans chaque service de lutte contre les incendies, ou que l'exposition est différente dans les villes ayant différents parcs de logement et d'immeubles commerciaux. Les études sur les pompiers se ressemblent, mais ne sont pas identiques.

La méta-analyse n'aborde pas ces questions efficacement et, au mieux, est un outil statistique rudimentaire qui nous guide de façon très générale, mais qui est trop rudimentaire pour identifier une causalité générale. En épidémiologie, une réévaluation de la méta-analyse est faite en raison de ses échecs flagrants à prévoir les résultats des essais cliniques, alors qu'on pourrait croire qu'elle convient parfaitement.⁵⁴

Les méta-analyses précédentes n'ont pas réussi à identifier plusieurs cancers pour lesquels des études de cohorte subséquentes ont fourni une forte preuve de risque augmenté, comme les cancers du rein et de la vessie.^{55, 57} Des études regroupées sur des populations plus grandes, mais avec une précision limitée, n'ont pas résolu ces problèmes non plus.^{59, 60} Une méta-analyse, analysée dans le sens littéral de puissance, n'est vraisemblablement pas très utile dans le cas d'une maladie rare parce que le vrai risque sera à peine dilué par les estimations de risque faible des études qui n'ont pas pu détecter une (vraie) augmentation. Les raisons expliquant ceci sont détaillées ci-dessous.

La principale tendance des études sur les pompiers semble présenter un taux élevé de risque pour plusieurs maladies – en particulier un petit groupe de cancers non courants – et la méta-analyse le présente aussi. Toutefois, comme dans la plupart des méta-analyses, l'ampleur de l'estimation du risque est probablement sous-estimée. La puissance donne, de manière prévisible, un nombre substantiel d'études présentant des résultats « négatifs » comme étant des maladies « rares » (soit des résultats non fréquents et peu enclins à modifier l'estimation du risque totale et globale). Ces études négatives ne sont pas aussi utiles que les études positives pour estimer le vrai risque, parce que les études qui n'ont pas réussi à identifier le risque en raison de leur puissance ne fournissent aucune information (elles ont en fait échoué). Elles ne sont pas utiles non plus à cause de leurs biais (généralement une erreur de classification) et des limites de la méthode épidémiologique qui entraînent une sous-estimation et une estimation diluée du risque plutôt qu'une surestimation. Dans la méta-analyse, les facteurs de pondération

aident, de manière incomplète, à tenir compte du problème de puissance, mais ils ne peuvent pas traiter les questions du biais de l'étude ou du biais de publication.

Il n'y a pas d'autres substituts pour examiner les données des études individuelles, pour pondérer leurs forces et leurs faiblesses et, dans la mesure du possible, pour déterminer la tendance des données, dans des études bien conçues, qui tient compte de la confusion et de la dilution.

La méta-analyse a été appliquée à la documentation sur la prévalence du cancer chez les pompiers, avec des résultats mixtes à la lumière des études subséquentes. L'efficacité de la méta-analyse à prédire que le risque de cancer sera identifié dans le futur par des investigateurs qui se serviront des études appropriées, mais largement acceptées, est plutôt faible si on se fie aux études précédentes.⁶¹ La méthode a confirmé les augmentations du risque pour certains cancers (cerveau et myélome) qui étaient déjà reconnus à l'époque, mais elle n'a pas abordé les questions soulevées dans le présent rapport et n'a pas identifié des associations qui sont maintenant largement acceptées. Les études regroupées ayant de grandes populations n'ont pas résolu ces problèmes non plus.⁵⁹ La principale et plus récente méta-analyse sur les pompiers^{59, 62} a appliqué une série de critères de validation arbitraires et rigoureux aux conclusions après l'analyse initiale, aboutissant à l'exclusion de certaines associations sur des motifs contestables, qui esquaivaient les résultats des cancers reliés au métier de pompier. Pour toutes ces raisons, la méta-analyse est utilisée seulement provisoirement et non comme un principe d'organisation du présent rapport.

L'évaluation des associations entre le métier de pompier et les maladies rares présente une classe de problèmes en épidémiologie professionnelle qui sont abordés plus rigoureusement en examinant la structure du problème maladie par maladie.⁵ Comme on le fait valoir ailleurs dans le présent rapport et dans la documentation professionnelle⁵, une autre approche pour aborder ce problème est de prendre en compte la totalité de la preuve.⁶³ L'estimation sommaire des RSM globaux des études publiées ne devrait pas être considérée comme déterminante. La méta-analyse traditionnelle (sans parler des études rapides) fondée sur des estimations du risque sommaire n'est honnêtement pas utile, en particulier lorsqu'elle est appliquée à un cas individuel.

Par conséquent, il y a d'autres approches statistiques qui peuvent avoir plus de valeur que d'additionner les études positives par rapport aux études négatives et de voir quelle liste est la plus longue, ou que faire une méta-analyse qui mêle des études, pondérées ou autres, et qui n'ont pas réussi à identifier l'effet avec celles qui ont réussi. De telles approches peuvent servir à tester la preuve d'une distribution bimodale plutôt que de traiter les résultats de chaque étude comme s'ils étaient une photographie ou un microcosme de toute la population pouvant être réassemblé à l'aide d'une méta-analyse. En pratique, on ne fait jamais cela.

Les critères de « Hill »

Les critères de Hill sont une série de directives (sans plus) servant à évaluer (et non à déterminer) si une association en épidémiologie est vraisemblablement causale, ou à refléter toute autre relation (telle que la confusion, le résultat d'une fausseté écologique ou un facteur de risque qui supposerait une exposition sans que cela en soit une véritablement). Ils ont été proposés par le biostatisticien anglais Sir Austin Bradford Hill (1965) pendant une conférence au cours de laquelle il a insisté, sans équivoque, sur le fait que les critères étaient des directives, et non des règles qui n'étaient ni infaillibles ni une preuve de causalité.⁶⁴ Les critères de Hill s'appliquent aux populations, jamais aux individus, et seulement quand il y a suffisamment d'études épidémiologiques disponibles pour pouvoir faire de grandes généralisations. Étant donné que les études sur les pompiers sont relativement nombreuses, certains auteurs ont été tentés d'appliquer les critères de Hill à différentes associations de la lutte contre les incendies.⁶⁵

La science progresse en ne pouvant pas réfuter une hypothèse, et non pas en compilant des preuves qui en favorisent une. Les méthodes utilisées en épidémiologie peuvent éliminer un effet causal, mais à elles seules, ne peuvent établir une causalité avec certitude. C'est la raison pour laquelle des études supplémentaires sont nécessaires et doivent utiliser les méthodes qui prévalent en toxicologie et en biologie expérimentale.¹²

La question centrale de la plupart des études environnementales et épidémiologiques est d'établir la causalité. La plupart des gens pensent que la causalité se résume simplement à une question de cause à effet. Toutefois, il est très rare en épidémiologie professionnelle qu'une cause unique entraîne un effet unique. Plus souvent, il y a plusieurs déterminants, dont certains n'ont rien à voir avec le sujet étudié (mais qui peuvent confondre l'association à d'autres), qui peuvent augmenter ou réduire la probabilité d'un effet donné, ou d'une maladie, qui se produirait de toute façon. Pour cette raison, on parle de « facteurs de risque » plutôt que de causes ou déterminants, on prend soin d'éviter de décrire une « association », soit une relation statistique entre le facteur de risque soupçonné et la maladie, comme impliquant une causalité à moins d'avoir réussi à prouver que le facteur de risque est la cause et que la maladie est l'effet. Les facteurs sociaux et comportementaux qui permettent aux facteurs de risque matériels d'être présents sont eux-mêmes des « causes » à un certain niveau et doivent donc être caractérisés en tant que tel. Ces facteurs sociaux et comportementaux sont eux-mêmes ancrés dans la culture, l'économie, la politique et les valeurs; cette dimension ajoute alors une couche supplémentaire de complexité à toute question importante touchant la santé environnementale et professionnelle.

On peut imaginer un épidémiologiste naïf étudiant le cancer du poumon en lien avec des objets se trouvant dans une maison, avec l'intention de découvrir un déterminant qui, une fois retiré, empêcherait le cancer de se développer. Notre épidémiologiste pourrait conclure en se basant sur une association très forte que les cendriers causent le cancer du poumon. L'épidémiologiste un peu plus expérimenté écarterait cette association en la jugeant non pertinente, parce que la présence d'un cendrier et l'évolution du cancer du poumon sont deux résultats qu'entraîne l'habitude du tabagisme. L'épidémiologiste chevronné reconnaîtrait qu'il n'y a pas d'association si futile voulant que la présence de cendriers soit un marqueur indiquant un comportement tolérant à l'égard du tabagisme qui pourrait représenter 1) une famille de fumeurs; 2) une famille comptant des non-fumeurs qui tolèrent l'habitude du tabagisme et ne forcent pas les fumeurs à sortir de la maison pour fumer; ou possiblement 3) une famille de non-fumeurs plus permissive à l'égard de ses invités fumeurs et qui se met à risque en respirant la fumée secondaire. Le cendrier peut être la manifestation visible d'un modèle comportemental qui autorise le tabagisme dans la maison, et ce comportement pourrait amener à une intervention et à la prévention du tabagisme.

Une fois l'association identifiée, l'étape suivante est de déterminer si le facteur de risque a joué un rôle causal ou est simplement une association statistique. Pour ce faire, les épidémiologistes utilisent les critères de Hill, largement acceptés. Hill a proposé ces critères comme directives, et non comme des normes établissant la preuve. Il a été très clair en indiquant que ces critères étaient des tests provisoires et non une preuve définitive. Plus il y a de critères qui sont satisfaits, plus il est *probable* que l'association observée soit vraiment causale. Certains critères sont plus forts que d'autres. Ces critères sont présentés dans le Tableau 2.⁶⁶

Tableau 2. Les critères de Hill pour évaluer une association statistique comme cause plausible en épidémiologie

1. Force de l'association
2. Cohérence entre les études, spécialement par différentes techniques
3. Spécificité du résultat
4. Exposition précédant l'évolution de la maladie
5. Relation dose-effet (épidémiologique)
6. Plausibilité d'un mécanisme biologique
7. Cohérence d'une chaîne de preuves
8. Association expérimentale, spécialement la dose-effet
9. Analogie à un effet similaire produit par un agent similaire

Les critères de Hill servant à accepter une association comme étant causale ne sont pas absolus. On doit en comprendre les limites autant que les forces :

1. La *force de l'association* est un critère fort; les estimations de risque élevé à moins de 50 % (par exemple, les risques relatifs approchés moindres que 1,50) sont ordinairement considérées comme peu probablement associées à une simple exposition. Cette règle est quelque peu arbitraire. Les études de grande envergure peuvent être suffisamment puissantes pour identifier des risques plus petits. Toutefois, les questions qui se posent sont alors de savoir si ce risque est ultimement important, dans le sens de la biologie ou de la santé publique.
2. Le critère de *cohérence* est un critère fort. Des résultats contradictoires provenant d'une étude semblable ou d'une analyse utilisant une approche différente dans la même étude remettent en question l'observation initiale, à moins qu'il n'y ait une bonne explication. Deux tendances se côtoient ici. La première est qu'en science, la réfutation est le processus essentiel : nous recherchons la contradiction. La seconde est que lorsque les études ont peu de puissance, il est improbable qu'une conclusion se répète exactement dans une deuxième étude, même si une tendance peut sembler évidente en raison du nombre suffisant d'études non biaisées utilisées pour la méta-analyse. Il s'agit d'une raison pour laquelle les études « positives » sur les maladies rares, telles que le cancer, sont plus persuasives que les études « négatives ».
3. La *spécificité*, qui signifie qu'une cause simple produit un effet ou une petite quantité d'effets spécifiques dans tous les cas, est le critère le plus faible de tous. Une seule exposition (p. ex. amiante) peut mener à un nombre de maladies (p. ex. amiantose, maladie pleurale, cancer du poumon, mésothéliome, cancer du côlon, et petites maladies des voies respiratoires). De toute évidence, Hill avait prévu ce critère pour signifier qu'une exposition à un agent particulier devrait être associée de manière cohérente à une maladie spécifique, et non pas qu'une exposition devrait être associée seulement à une maladie ; c'est la raison pour laquelle ce critère est souvent mal interprété.

4. La *relation temporelle* est essentielle. La cause doit précéder l'effet. De la même manière, une période de latence suffisante doit s'écouler pour les maladies ayant un processus atténué ou à phases multiples. Il s'agit du seul critère absolu parmi tous les critères.
5. Le *gradient biologique de l'exposition et la réponse* est très utile et irréfutable lorsqu'il apparaît. Généralement, en augmentant l'exposition, les effets devraient être plus fréquents et souvent plus graves. Il s'agit là d'un critère important, voire même de définition, en épidémiologie environnementale. Il est également essentiel dans l'évaluation du risque. Toutefois, il n'est pas absolu. Les désordres stochastiques, tels que le cancer, les réponses immunitaires, les infections, et la plupart des effets sur la santé des fonctions reproductrices (y compris la grossesse, si l'exposition est l'insémination) ne s'aggravent pas lorsque l'exposition est plus grande. Ils deviennent seulement plus fréquents. Les effets toxiques d'un mécanisme plus traditionnel deviennent également plus graves, ce qui peut modifier d'une définition à une autre les cas incidents.
6. La *plausibilité biologique* est un critère fort qui suggère un vrai lien de cause à effet. Toutefois, le champ des sciences biomédicales est truffé de squelettes de théories de physiopathologie qui sont fausses. Il est probablement plus utile de dire que lorsqu'un mécanisme biologiquement plausible existe, une association est probablement plus causale, mais l'impossibilité de démontrer un mécanisme ne réfute pas sa causalité.
7. La *cohérence de la preuve* est un critère fort. L'ensemble du tableau devrait concorder. La cohérence n'est jamais une caractéristique précoce dans un domaine de recherche, jusqu'à ce qu'une quantité suffisante d'études et d'observations deviennent cohérentes.
8. La *validation expérimentale ou collatérale* est très forte lorsqu'une telle information est disponible. Toutefois, plusieurs liens de cause à effet sont encore difficiles à prouver en laboratoire. L'exemple classique est la cancérogénicité de l'arsenic.
9. Le *raisonnement par analogie* est l'un des critères les plus faibles. Il ressemble aux critères de la cohérence de la preuve et la plausibilité biologique. Si une association semblable a été démontrée auparavant et définie comme étant causale, alors un lien de cause à effet est plus vraisemblable. Toutefois, une simple analogie est circonstancielle : la preuve empirique l'emporte chaque fois.

L'épidémiologie peut alimenter la discussion du risque chez un individu, mais ne peut pas le définir. Les méthodes épidémiologiques s'appliquent aux populations, et non à de petits groupes ou à des individus. L'estimation découlant d'une méthode épidémiologique est seulement une estimation de la valeur pour tout individu, et cette estimation est faible à moins que l'individu ne corresponde étroitement aux caractéristiques du groupe. Par exemple, le risque de cancer du poumon dans une population est un pourcentage global, présumément ajusté selon l'âge. Il s'agit là d'une estimation faible pour quelqu'un qui ne fume pas, quelqu'un qui fume, quelqu'un qui est très jeune, ou quelqu'un qui est très vieux.

L'épidémiologie est très puissante, car c'est une science de généralisation. L'épidémiologie a aussi ses limites lorsqu'elle est appliquée à des cas individuels, précisément parce qu'elle est la science des généralisations.

Cadres analytiques

Un problème courant en épidémiologie est le « paradigme de la cécité » qui survient lorsque l'attention portée au modèle de l'étude, à la confusion et au biais empêche l'investigateur de s'apercevoir que la construction de l'étude ne reflète pas la réalité. Cela arrive souvent quand l'approche pour étudier un problème semble évidente, mais que la question qui est posée ou que la stratégie analytique n'est pas logique pratiquement.

Le paradigme de la cécité survient souvent en raison des informations limitées mises à la disposition des épidémiologistes. Il y a deux problèmes étroitement liés à la documentation sur les pompiers: l'agrégation inappropriée de maladies biologiquement distinctes et la dilution des risques estimés.

Une agrégation inappropriée survient lorsque des maladies semblables, mais distinctes, comme les cancers attribuables à un métier ou les cancers apparaissant sur un site commun, sont agrégées à des fins d'analyse. L'approche standard prise par les épidémiologistes travaillant sur les maladies professionnelles est d'agréger les cancers à un site particulier ou les cancers d'une certaine classification. Par exemple, il était courant par le passé d'examiner ensemble le risque de leucémie, lymphome et myélome et non pas comme des maladies distinctes. Ceci est dû en partie au fait que les certificats de décès ne fournissent pas suffisamment de détails pour mieux catégoriser les maladies, mais également parce qu'on croit qu'il est nécessaire d'accumuler suffisamment de cas sur lesquels on peut faire des analyses, ceci ne pouvant être fait si la catégorie est divisée et que le nombre de cas diminue, et que la puissance de l'étude s'affaiblit. Médicalement, toutefois, le résultat est sans fondement parce que les leucémies, lymphomes et myélomes ne sont pas seulement distincts les uns des autres, mais qu'il existe plusieurs catégories dans ces maladies, chacune couvrant des douzaines de troubles individuels avec des caractéristiques qui varient beaucoup et qui ont des étiologies différentes lorsqu'elles sont connues. Par exemple, un seul type de leucémie est connu avec une certitude scientifique comme étant associé au benzène, la leucémie myéloïde aiguë (myélogène) qui comprend elle-même trois types, et qui est provoquée par un rayonnement ionisant. Elle est reconnue comme étant la deuxième forme la plus courante de leucémie chez les adultes; la leucémie lymphoïde chronique étant la plus commune, mais il y en a plusieurs autres (le système de classement est constamment raffiné). Dans une population hypothétique dans laquelle la distribution serait de 40% de leucémie lymphoïde chronique (LLC), 20% de leucémie myéloïde aiguë (LMA) et 40% d'autres leucémies, et où le seuil pour reconnaître une augmentation aussi significative était un risque relatif de 1,5, il faudrait que le risque relatif soit de 3,5 pour la LMA pour qu'elle puisse atteindre le seuil de toutes les autres leucémies prises ensemble. Si dans la même population, les lymphomes sont deux fois plus courants et que les myélomes le sont à peu près la moitié moins que toutes les leucémies combinées, alors la LMA devrait être augmentée à environ 6,5 fois pour qu'un taux élevé soit évident. De toute manière, ces très hautes augmentations seraient aussi incertaines, étant donné les problèmes statistiques qu'entraîne une étude dont la puissance est insuffisante. Le résultat final est que l'importance de ce qui semble une faible augmentation dans la catégorie globale sera perdue: le « signal » du risque augmenté d'une leucémie due à l'exposition serait fort probablement raté dans les études ayant agrégé ces résultats sans examiner les maladies individuelles.

Une autre façon de considérer ce problème est par analogie. La boîte 2 illustre ce problème à l'aide d'un exemple hypothétique, sans lien avec l'univers des pompiers, afin de distancer l'explication et de la rendre plus objective.

Boîte 2. Illustration du programme d'agrégation et de dilution

Supposons qu'on vous demande de commenter la causalité dans le cas d'une femme ayant développé un cancer unique aux femmes. Vous vivez toutefois dans un endroit où l'épidémiologie est très rudimentaire. La seule information dont vous disposez est que le risque de développer ce « cancer féminin » chez chaque adulte canadien, y compris les résidents du Québec, est (d'environ) 74,5 cas sur 100 000 par année.

En considérant ces données, votre première réaction sera de dire: « c'est insensé ». Premièrement, un peu moins de la moitié des adultes canadiens sont des hommes, qui développent rarement des cancers féminins. (Pour compliquer les choses – certains en développent, notamment le cancer du sein, mais c'est très rare.)

Vous demanderiez ensuite ce qu'on entend par « cancer féminin ». Vous apprendriez alors que la catégorie « cancer féminin » combine sans discrimination le cancer du sein, des ovaires, du col et de l'utérus. Toutefois, vous (et non le bureau vous ayant fourni les statistiques) savez pertinemment que les facteurs de risque de tous ces types de cancer sont différents, même s'il y a chevauchement entre eux. Alors, vous voudriez qu'on ventile les données dans les résultats des études.

Supposons que ces informations ne soient pas disponibles. Vous voudriez au moins savoir quels types de cancer étaient les plus courants et quelle était leur fréquence relative. Vous apprendriez alors que le cancer du sein est plus commun que les trois autres combinés; vous pourriez alors conclure que les taux de cancer de ce type étaient probablement ceux des taux calculés statistiquement pour toute la catégorie des « cancers féminins ». Puis, vous auriez toujours à identifier le risque chez une personne à un certain âge, et à connaître son histoire personnelle et familiale, puisque le risque de cancer du sein varie considérablement en fonction de l'âge et des facteurs de risque biologique.

Si, en fait, vous étiez en mesure d'obtenir les chiffres d'incidence réelle – en d'autres mots, si vous pouviez aller au-delà du rapport qu'on vous a remis pour vous rapprocher de la vérité – vous trouveriez rapidement que l'incidence chez la femme adulte au Canada est (environ) de 107 cancers du sein, 19 de l'utérus, 15 des ovaires et 8 du col sur 100 000. Mais vous ne disposez pas de ces chiffres. Personne d'ailleurs ne les a dans cet univers épidémiologique fictif.

Vous auriez un autre problème. Si le risque de cancer du col doublait ou triplait, il s'agirait toujours d'un détail passager dans la proportion globale des « cancers féminins ». Vous ne verriez peut-être même pas cette différence, en considérant qu'il y a une variation aléatoire d'année en année et en considérant que le taux de cancer du col diminue lentement et que le taux de cancer (détecté) du sein augmente, mais plus rapidement. Autrement dit, un risque augmenté serait non seulement dilué, mais pourrait également être masqué par des tendances compensatoires allant dans le sens opposé.

Si vous faisiez alors des recommandations sur la prévention des « cancers féminins » en vous fondant sur ce que vous savez, vos recommandations seraient non seulement fausses, mais dangereuses. Ceci s'explique par le fait que vos conclusions seraient fort probablement basées sur les facteurs de risque lié au cancer du sein, parce que ce type de cancer surcharge la catégorie des « cancers féminins », et que les facteurs de risque d'autres types de cancer ne seraient pas présentés clairement ou seraient même absents.

En retour, ceci serait très dangereux pour la santé publique parce que les facteurs de risque du cancer du col sont spécifiques et peuvent être gérés efficacement (par exemple, à l'aide du dépistage, du vaccin du VPH et de l'éducation sur la santé) et des recommandations basées sur le cancer du sein seraient complètement inefficaces pour le prévenir.

Maintenant, si une question d'admissibilité à une indemnisation était en jeu. Si vous preniez l'estimation du risque à sa valeur nominale et l'appliquiez à un individu afin d'obtenir une conclusion au sujet de la causalité, vous rendriez un très mauvais service aux femmes qui ont développé le cancer. Vos conclusions seraient probablement encore basées sur les facteurs de risque du cancer du sein et si la femme avait un cancer du col, vos conclusions seraient toutes erronées. Il vous faudrait fouiller davantage pour obtenir une meilleure appréciation de la réalité, quoiqu'imparfaite.

Ceci ressemble au problème auquel nous faisons face avec les pompiers, avec un plus haut niveau de variabilité des données statistiques. Des maladies qui sont biologiquement assez différentes sont regroupées ensemble dans des catégories qui doivent être démêlées. Les fumeurs et les non-fumeurs sont tous placés ensemble. Différentes durées de service et d'autres indicateurs relatifs à l'exposition ne sont pas rapportés de façon cohérente. Par conséquent, nous devons faire des discernements en examinant la preuve à la lumière de ce qui est connu et en ne nous laissant pas aveugler par des conventions statistiques.

MÉTHODOLOGIE APPROPRIÉE

Nous suggérons que ces questions constituent une classe de problèmes en épidémiologie professionnelle qui est mieux examinée maladie par maladie, en se servant de principes de logique plutôt que de techniques statistiques avancées. L'élément clé de la validité des méthodes décrites dans le présent rapport est le critère essentiel qu'est le poids de la preuve, et non la certitude scientifique, lequel détermine l'évolution du cas ou de la demande d'indemnité dans un cadre légal, tel que le litige de responsabilité civile et l'indemnisation à des fins d'avantages compensatoires.¹²

Afin de fournir une analyse plus réaliste à des fins de compensation, et non d'enquête scientifique, nous avons formulé une série de méthodes et les avons appliquées au risque de cancer chez les pompiers.¹⁰ Elles comprennent ce qui suit :

- Des cadres heuristiques, développés pour décrire des problèmes récurrents d'évaluation, comme le problème d'agrégation et de dilution décrit ci-dessus.
- La preuve convergente parmi les études qu'au moins le double d'un « véritable » risque chez les pompiers ou que des raisons incontestables expliquant une augmentation de la taille du risque, soient masquées par un biais ou une confusion.
- Un test pour détecter la confusion, pour déterminer s'il y a une plus forte association (estimation du risque plus élevé) avec raffinement progressif dans l'estimation de l'exposition ou preuve qu'il y a une augmentation de l'exposition aux dangers reliés au travail.
- Modélisation du cancer du poumon chez les non-fumeurs et des autres types de cancers en fonction de l'augmentation de l'estimation du risque dans l'étude.
- Preuve d'un effet de seuil, ainsi que d'un risque accru, avec la durée du service et le niveau d'exposition, lesquels ne sont pas nécessairement en corrélation étroite chez les pompiers.

LA LUTTE CONTRE LES INCENDIES

Les pompiers municipaux sont au cœur du présent rapport. Il devrait être clair, cependant, qu'ils ne sont pas le seul type de pompiers à risque de développer des problèmes de santé attribuables à leur activité professionnelle.

Il y a trois principales catégories de pompiers qui sont exposés et, par conséquent, subissent des risques de santé :

- pompiers municipaux (professionnels ou volontaires), pompiers industriels (qui offrent des services de lutte contre les incendies et de sauvetage dans des installations comme les mines, raffineries et usines de produits chimiques) et pompiers de feu de friches (feux de forêts et feux de broussailles).

Les pompiers municipaux ont reçu plus d'attention scientifique et sont présumés être le groupe d'intérêt principal de la CSST tel qu'illustré dans le présent document. Toutefois, les pompiers qui combattent les feux de friches jouent un rôle important dans la protection du public et l'économie du Québec, surtout dans les zones rurales et éloignées. Seuls les pompiers municipaux seront couverts par le présent rapport.

ACTIVITÉS DE LUTTE CONTRE LES INCENDIES

Afin de comprendre la terminologie utilisée dans le présent rapport ainsi que les questions touchant l'exposition, il est utile d'avoir des informations fondamentales sur la manière dont les pompiers exécutent leur travail.^{67, 68}

Les incendies en milieu urbain requièrent un confinement étanche pour éviter toute propagation vers les structures adjacentes. La stratégie de base est de circonscrire le feu à la propriété et à la structure et d'en réduire la taille. Ceci est fait en privant le feu de combustible, en le privant d'oxygène, et en refroidissant les matières en combustion sous la température d'inflammabilité.

Au fur et à mesure qu'un incendie développe de la chaleur, il fait jaillir les gaz inflammables des matières non brûlées autour de celles-ci. Ces gaz prennent alors feu lorsqu'ils rejoignent l'incendie ou toute autre source inflammable et l'incendie se propage ou, s'il est circonscrit, continue de brûler. Lorsqu'il n'y a pas suffisamment d'oxygène ou que la température n'est pas assez élevée, les gaz s'accumulent et peuvent alimenter un incendie à un niveau supérieur au fur et à mesure qu'ils montent. Lorsque l'oxygène est abondant et que la température est assez élevée, ou qu'il y a présence d'une source d'allumage, les gaz sont brûlés dans les flammes ou explosent. L'extinction des incendies a pour but, une fois que la propagation est contrôlée, d'empêcher les produits de décomposition inflammables de la chaleur de prendre feu (processus appelé « pyrolyse »), de priver le feu d'oxygène (qui a pour effet de produire du monoxyde de carbone), et de refroidir le feu pour éviter toute combustion spontanée et réduire la production de gaz inflammables.

« Affaiblir l'incendie », expression synonyme d'extinction de l'incendie, est la phase de la lutte contre les incendies au cours de laquelle les flammes sont éteintes, la pyrolyse est réduite et le feu est maîtrisé. L'eau est projetée sur le feu à partir du plus haut niveau possible pour contenir la propagation du feu et pour le refroidir en son point le plus chaud. Cette manœuvre est généralement accomplie en plaçant au moins deux autopompes projetant de l'eau sur le feu, sur le devant et sur l'arrière; des camions à échelle permettent aux pompiers de monter près du feu et d'arroser à partir du haut. Au fur et à mesure que l'incendie est maîtrisé, on combat le feu à partir de sa périphérie vers son centre. Une autre stratégie est de couper ou de percer

des ouvertures pour évacuer la fumée et assurer une combustion plus rapide et plus complète à la base du feu afin d'éviter que des gaz combustibles ne s'échappent et s'enflamment à un niveau supérieur. Lorsqu'un espace est rempli de gaz inflammables qui émanent des matières sous l'effet de la chaleur, il y a un risque qu'ils s'embrasent, soit une des situations les plus dangereuses dans la lutte contre les incendies.

L'affaiblissement d'un incendie est associé au potentiel d'être exposé à plusieurs produits de combustion, mais le principal danger touche la sécurité physique et le stress thermique. Ceci est imputable au fait que les services d'incendie exigent, et ont maintenant atteint la conformité aux exigences, le port d'une protection personnelle sous forme d'appareils respiratoires autonomes par tous les pompiers. Cet appareil respiratoire autonome est un réservoir d'air porté sur le dos et muni d'un masque facial. Pendant la durée de l'approvisionnement en air, de 15 à 20 minutes, le pompier est essentiellement protégé contre l'inhalation de fumée et des produits de combustion toxiques. Cependant, des températures plus élevées favorisent également une combustion plus complète des matières organiques en dioxyde de carbone, ce qui entraîne généralement moins d'expositions (mais aussi importantes) à des produits chimiques toxiques, du moins en hauteur (vers le plafond d'une pièce, par exemple), là où la température de l'air est la plus chaude. À des niveaux inférieurs (sur le plancher d'une pièce en feu), les températures sont moins élevées, l'oxygène n'est pas encore consommé, et les gaz toxiques qui sont plus légers que l'air s'élèvent et s'échappent.

L'appareil respiratoire autonome est massif et lourd. Quand il combat un feu, le pompier est écrasé sous une tenue de feu pesante, qui est encore plus lourde lorsqu'elle est mouillée, mais qui l'isole. Sa tenue le protège à la fois de la chaleur externe, mais elle capture aussi la chaleur interne que produit son corps, surtout en présence d'une très grosse fatigue. L'appareil respiratoire autonome ajoute à ce poids et change aussi le centre de gravité du pompier vers un niveau supérieur et arrière, ce qui rend l'équilibre plus difficile pendant l'exécution de manœuvres dangereuses sur des surfaces non planes et imprévisibles dont une visibilité est souvent limitée. Il y a une règle dans la lutte contre les incendies qui stipule qu'un pompier doit se reposer pendant 10 minutes après chaque période de 20 minutes à porter un appareil respiratoire autonome quand il combat un incendie, afin de récupérer physiologiquement, mais les études récentes ont démontré que cette pause n'est pas suffisante pour maintenir son efficacité pendant de longues périodes.⁶⁹

Une fois l'incendie éteint, la structure doit être inspectée pour assurer qu'aucune braise ne soit présente et ne puisse rallumer le feu. Cette phase est appelée « vérification post-incendie » et est associée à un haut potentiel d'exposition à des produits chimiques toxiques. Ceci est imputable en partie à la réduction de la température du feu, puisqu'elle passe d'une phase qui assure l'oxydation complète des composés organiques à une gamme de température où la chimie favorise la formation de produits encore plus toxiques, tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques et les particules ultrafines. Les dangers caractéristiques de la vérification post-incendie sont également imputables à l'inhalation des gaz partiellement brûlés, dont certains sont absorbés par le béton et s'échappent dès que celui-ci refroidit. Plusieurs pompiers enlèvent leur protection respiratoire à ce moment précis pour avoir une meilleure visibilité et une plus grande souplesse de mouvement sur un sol inégal. Par le passé, certains pompiers fumaient parfois une cigarette pour relaxer après la fatigue causée par l'extinction de l'incendie.

Dans l'organisation moderne de la lutte contre les incendies, les tâches auxquelles sont affectés les pompiers sur la scène d'un gros incendie de bâtiment demanderont vraisemblablement de traîner un boyau, d'arroser, de ventiler (en brisant les fenêtres et perforant des trous avec une hache), de monter dans une échelle, de porter secours ou faire un sauvetage. Monter une échelle avec un boyau, surtout lorsqu'on porte de l'équipement de protection, est exceptionnellement

épuisant. La tâche la plus épuisante de la lutte contre les incendies – et reconnue comme étant la plus stressante – est de faire un sauvetage lorsqu'une personne doit être transportée à l'extérieur d'un immeuble en flammes.

Les pompiers combattant les feux de friches doivent relever de différents défis. Les feux dans les zones peu peuplées comportent souvent des broussailles, des arbres et des bâtiments temporaires. Dans ces cas, l'accent est mis sur la circonscription du feu dans un espace large, l'établissement de coupe-feu pour empêcher l'incendie de se propager, et de contrefeu pour brûler le combustible de manière contrôlée avant que l'incendie se dirige vers un autre endroit, et la préservation des bâtiments lorsque c'est possible. Les feux de forêt sont particulièrement dangereux dans des conditions de vents instables et les pompiers peuvent être piégés si leurs efforts ne sont pas bien coordonnés. Un appareil respiratoire autonome ne peut pas être utilisé parce que les pompiers doivent procéder à l'extinction du feu pendant de longues périodes de temps lorsqu'ils sont sur place ou se déplacer à pied, et parce qu'il y a des problèmes de logistique quant au réapprovisionnement et aux périodes de pause requises.

Les services d'incendie ont mis beaucoup plus d'accent sur la prévention dans les récentes années et sur les enquêtes quand ils soupçonnaient des incendies criminels. La formation met l'accent sur des simulations réalistes avec incendies maîtrisés, qui présentent les mêmes dangers que les véritables incendies. L'enquête sur une scène récente d'incendie présente des dangers semblables à la vérification post-incendie.

EN QUOI LES RÉPONDANTS À LA CATASTROPHE DU WORLD TRADE CENTER SONT-ILS DIFFÉRENTS ?

Il y a une documentation abondante et incontestable sur l'état de santé des répondants de la catastrophe du World Trade Center (WTC) le 11 septembre 2001 et aussi sur l'état de santé des pompiers de la ville de New York, qu'ils aient répondu à l'alarme du WTC ou non. Toutefois, un examen approfondi de la documentation indique que l'expérience des répondants du WTC et des pompiers du service des incendies de la ville de New York (FDNY) était unique et que leur état de santé n'est vraisemblablement pas représentatif des pompiers en général. Ainsi, les membres du FDNY et les répondants du WTC ne devraient pas être considérés comme une population pertinente pour prédire l'évolution de maladies chez les pompiers en général.

Un résumé de l'expérience des répondants du WTC est décrit et servira à démontrer dans quelle mesure l'historique d'exposition de cette population de pompiers est vraiment différente.⁷⁰:

Le 11 septembre 2001, les événements survenus au World Trade Center (WTC) ont exposé les résidents de la ville de New York aux poussières, aux produits de la combustion et à la pyrolyse. La majorité des sauveteurs du service des incendies exposés au feu du WTC ont subi un important déclin de leur système respiratoire au cours des 12 premiers mois post-11 septembre, en plus du déclin normal lié à l'âge qui a touché tous les répondants, suivi d'un plateau persistant de la fonction pulmonaire dans les six années suivantes. Les spectres des maladies pulmonaires qui en résultent s'étendent de l'inflammation chronique, caractérisée par une obstruction de l'entrée d'air et s'exprimant de différentes façons dans les différentes voies respiratoires, petites comme grandes. Ces conditions comprennent l'asthme déclenché par des irritants, la bronchite chronique non spécifique, la broncho-pneumopathie chronique obstructive existante aggravée (asthme ou BPCO), et la bronchiolite. Les conditions concomitantes à l'obstruction des voies respiratoires, en particulier la rhinosinusite chronique et les maladies des voies respiratoires supérieures, et le reflux gastro-oesophagien ont été observées dans cette population. Les cas de sarcoïdose ou de fibrose pulmonaire alvéolaire ont été rapportés de manière moins fréquente. La fibrose pulmonaire et la bronchiolite sont généralement caractérisées par une longue latence, une progression relativement lente, et une période silencieuse concernant la

fonction pulmonaire au cours de son évolution. Pour ces raisons, l'incidence de ces maladies peut être sous-estimée et peut augmenter avec le temps. Le spectre de la maladie des voies respiratoires obstructives chroniques est large dans cette population et peut, de manière importante, comporter une implication du point de vue bronchiolaire qui se manifeste sous forme de maladies des petites voies respiratoires. Des protocoles qui vont au-delà du test de dépistage traditionnel et de l'imagerie de la fonction pulmonaire peuvent être nécessaires pour identifier ces maladies, afin d'en comprendre les processus pathologiques sous-jacents et pour rendre leur traitement plus efficace.

Les membres du FDNY engagés dans l'intervention au WTC sont également différents qualitativement des autres populations de pompiers, pour les raisons suivantes⁷⁰:

- Les pompiers engagés dans l'intervention au WTC ont tous eu des expositions qui sont communes aux autres pompiers municipaux en plus d'une exposition complexe et particulière aux événements du WTC, qui est très différente de l'expérience des autres pompiers.
- Les membres du FDNY sont recrutés à partir d'un grand groupe de candidats et suivent un programme de qualification très rigoureux. Être embauché au FDNY est très prestigieux. Ces facteurs présentent un biais de sélection potentiellement fort au moment de l'embauche, lequel est vraisemblablement observé dans la forme physique des candidats.
- Le FDNY a établi des programmes de promotion de la santé, de la bonne forme physique et du mieux-être cardiovasculaire avant la plupart des autres services d'incendie; ces programmes comportent un biais de rétention potentiellement fort en lien avec la condition cardiopulmonaire.
- Le FDNY lui-même et deux programmes universitaires (Mt Sinai et New York University) ont maintenu un programme de contrôle global et élaboré pour les répondants du WTC, et une troisième installation universitaire vient d'ouvrir (SUNY Downstate and SUNY Stony Brook, à Brooklyn). L'examen intense présente un biais de dépistage potentiellement fort lorsqu'on le compare aux autres services d'incendie municipaux et un biais de dépistage très fort comparé à la population en général.
- Une forte preuve indiquant que les membres du FDNY constituent une cohorte distincte est qu'une incidence excessive de tous les « cancers » a récemment été rapportée pour les répondants du WTC travaillant au service du FDNY, nonobstant le fait qu'une période de latence suffisante ne se soit pas écoulée depuis le 11 septembre. Au moins une partie de ce taux élevé reflète le biais de dépistage susmentionné.

Cette preuve qui distingue les répondants et les pompiers municipaux du WTC peut bien entendu comparer, mais non présumer qu'elle s'applique à tous les pompiers municipaux.

Les répondants du WTC ont été exposés aux principaux composants de la poussière au cours des deux premières journées suivant les attaques du 11 septembre 2001 et à un degré moindre les jours suivants, et ce, pour différentes raisons. Une d'entre elles est que la chaleur intense du feu apporte beaucoup de poussière et, présumément, la plupart des gaz toxiques volatils vers le haut et loin du niveau de la rue et des immeubles qui se sont écroulés. Ensuite, les vents dominants ont éparpillé et soufflé le faisceau de fumée à l'est vers Brooklyn. Enfin, la pluie est tombée plusieurs jours après les événements et a éliminé ce qui restait des particules en suspension. Les hydrocarbures et gaz les plus volatils qui étaient plus légers que l'air seraient montés et se seraient dissipés rapidement. Les plus grosses particules se seraient fixées pendant

plusieurs heures. (La poussière observée dans l'air et sur la rue, selon les photographies des médias, serait de très grosses particules, et non celles ayant le plus grand potentiel toxique.) Les particules très fines (y compris les particules ultrafines) sont peut-être restées en altitude pendant des heures ou des jours et ne se seraient pas fixées, et seraient retombées avec le temps. La poussière ramassée, et qui fut analysée plus tard à New York, était principalement constituée de grosses particules qui s'étaient fixées la première journée et aucun composant volatil n'a pu être mesuré. Conséquemment, la teneur exacte de la composition des éléments à laquelle les personnes ont été exposées au niveau de la rue et dans les immeubles la première journée de la catastrophe n'est pas connue et ne le sera jamais.

Au mieux, on peut reconstituer l'exposition principale des répondants du WTC qui semble avoir été du silicate de calcium calciné et pulvérisé provenant du béton qui était une poussière relativement grossière (>10 Qm de diamètre aérodynamique) ayant un pH très alcalin (> 8) dans une solution aqueuse, en plus d'une quantité inconnue (parce que non mesurée) de particules ultrafines (qui se seraient dispersées rapidement de toute façon). La silice et la fibre de verre étaient aussi présentes et il y avait relativement peu d'amiante. La poussière transportait d'autres matières toxiques telles que des métaux, y compris du fer (qui catalyse les réactions oxydantes au niveau cellulaire), du chrome, un contaminant courant (et allergène) du ciment de Portland et, dans certains échantillons, du plomb. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques auraient été produits en abondance, mais avec une distribution différente qu'à l'ordinaire (en raison de l'intensité calorifique du feu) et les composants volatils (comprenant le benzène) se seraient probablement dissipés plus tôt. La poussière était accompagnée d'un nuage gazeux, dont la composition est inconnue, qui s'est rapidement dissipé et a été remplacé par des sources focales de produits de combustion, parmi lesquels des produits provenant du carburant de l'avion qui brûle, qui ont des caractéristiques semblables aux particules ultrafines polluantes produites par les moteurs diesel. L'adsorption d'agents volatils sur les particules de poussières n'est pas connue, même s'il est certain qu'elle se soit produite de façon toxicologique importante, puisque la poussière respirable aurait fait pénétrer beaucoup d'agents volatils profondément dans les poumons.

On ne trouve pas de contrepartie à ce profil inhabituel d'exposition dans la lutte contre les incendies traditionnelle des municipalités, même si des éléments individuels comme la combustion du carburant d'un avion peuvent parfois être présents dans l'extinction d'incendies industriels. L'effet des poussières alcalines sur les voies respiratoires a été peu étudié, sauf chez les mineurs travaillant à l'extraction du trona. Les effets des poussières relativement insolubles et moyennement alcalines sur les voies respiratoires sont donc inconnus. (La poussière de trona est plus alcaline, mais très soluble que la poussière de ciment; le trona cause de l'irritation des muqueuses, mais pas de maladie pulmonaire chronique.)

L'intensité de l'exposition était aussi exceptionnelle puisque les pompiers du NYPD qui ont survécu sont entrés ou ont été coincés dans le faisceau de fumée au pire moment, toujours sans protection respiratoire (parce que l'appareil respiratoire autonome n'aurait pu servir pendant toute la durée du sauvetage), et n'avaient pas non plus de protection respiratoire adéquate pendant la longue phase de vérification post-incendie qui a duré pendant des semaines pour certains pompiers. Il n'est pas clair, mais cependant probable, que le profil d'exposition soit responsable ou non de l'accélération apparente du déclin de la fonction pulmonaire et de l'augmentation des symptômes (populairement appelée la « toux WTC »). Par conséquent, on ne devrait pas pour le moment tenter de généraliser sur l'état des répondants et des pompiers municipaux présents sur les lieux du WTC. Toutefois, un examen de l'expérience des répondants du WTC peut, mener à des hypothèses pouvant être testées sur des cohortes de pompiers municipaux pour vérifier si une généralisation peut être soutenue.

On peut tirer des leçons de l'expérience des répondants du WTC, mais ces leçons doivent être interprétées. Elles ne peuvent pas être tenues comme représentatives de l'expérience de tous les pompiers.

DANGERS CHIMIQUES PROPRES À LA LUTTE CONTRE LES INCENDIES

La lutte contre les incendies, en tant que métier, implique l'exposition à plusieurs dangers respiratoires s'échelonnant des gaz irritants (tels que le phosgène et le cyanure – tous deux mieux connus pour leur toxicité aiguë – et les oxydes d'azote en plus grande concentration quand la chaleur est plus intense) aux produits de combustion (hydrocarbures aromatiques polycycliques ou HAP et gaz analogues contenant de l'azote, le benzène, le butadiène-1,3), à l'exposition accidentelle à des composants structurels comme l'amiante (surtout le chrysotile en Amérique du Nord) et à des matières dangereuses pouvant se dégager (telles que les composés de biphényles polychlorés, ou BPC, et leurs furanes correspondants, les paraoxones provenant des pesticides organophosphates pouvant se trouver sur le site, et diverses poussières, qui seront abordés plus loin) ou des matières volatilisées (d'innombrables hydrocarbures, y compris le styrène, le benzène et autres composés plus courants comme les solvants). Ces agents, lorsqu'ils sont inhalés, sont toxiques à un certain degré dans toutes les voies respiratoires, de l'épithélium des voies respiratoires supérieures jusqu'aux alvéoles du poumon. (Il est à noter que pour les agents spécifiquement énumérés ici, même ceux qui ne sont ordinairement pas considérés comme étant toxiques pour les voies respiratoires, même si cancérogènes, tels que les BPC et HAP, des études ont démontré qu'ils sont en mesure d'être nocifs pour les tissus des voies respiratoires.) L'exposition pendant que l'on combat un incendie a changé au cours des décennies avec l'introduction de matériaux synthétiques (en particulier dans les années 1970) qui ont ajouté aux dangers traditionnels de la lutte contre les incendies (dans laquelle la fumée du bois qui brûlait, et dont la toxicité est relativement simple, était prédominante) une grande variété d'expositions potentielles (y compris le cyanure des nitriles et les dangers des hydrocarbures chlorés, comme le phosgène, venant des matières contenant du polychlorure de vinyle).

Des modèles d'exposition simple basés sur l'hypothèse d'inhalation comme seule mode d'exposition ne caractérisent pas adéquatement l'exposition au cours de la lutte contre les incendies. La preuve récente suggère que l'absorption cutanée joue un rôle supérieur à celui que l'on croyait auparavant et que le mode d'exposition peut changer la cinétique et, par conséquent, le risque d'excrétion et le métabolisme d'autres produits chimiques.⁷¹ Ceci est mieux établi pour les HAP qui se sont révélés être absorbés par la peau en quantité suffisante (environ 9 fois) pour changer le risque de cancer calculé dans les modèles (et non les expériences). Cette observation donne du crédit à l'opinion courante qui veut que les mélanges et les combinaisons d'exposition puissent changer les effets ultimes.

Le tableau 3 est une liste des expositions, y compris aux produits de combustion, connue dans le cadre de la lutte contre les incendies. Des sections distinctes de ce rapport discutent des principaux dangers d'exposition aux produits chimiques associés à l'évolution de différentes maladies.

Tableau 3. Expositions dans le cadre de la lutte contre les incendies^{7, 72, 72-78}

EXPOSITIONS AU COURS D'UNE RÉPONSE À UN INCENDIE, MAIS NON PRODUITES PAR LA CHIMIE DE LA COMBUSTION	EXPOSITIONS PRINCIPALEMENT ASSOCIÉES À LA COMBUSTION
Antimoine (composant ignifuge des tenues antifeu) <i>Amiante</i> Cadmium Plomb APFO (acide perfluorooctanoïque et son produit polytétrafluoroéthylène) <i>Pesticides</i> Composés polybromobiphényles (mélangé, faible) <i>Composés de biphényles polychlorés</i> (mélangé) Poussière de silice	Acétaldéhyde Acroléine Aldéhydes (mélangé) Alcanes, chaîne droite (comprenant le propane*) Alkènes, chaîne droite (comprenant le propène*, 1-butène*/2-methylpropene) <i>Benzène*</i> Benzaldéhyde Hydrocarbure bromé (faible), 3-Butadiène* Dioxyde de carbone* Monoxyde de carbone* <i>Alcanes chlorés (faible)</i> Chlorobenzènes (faible) Cycloalcanes Cyclopentènes <i>Dioxines et furanes</i> (y compris 2,3,7,8-dibenzodioxine et furane*) Dichlorofluorométhane Éthylbenzène <i>Formaldéhyde</i> Glutaraldéhyde* HAP hétérocycliques analogues Chlorure d'hydrogène Fluorure d'hydrogène Cyanure d'hydrogène Fluorure d'hydrogène Isopropylbenzène Isovaléraldéhyde <i>Chlorure de méthylène</i> Naphtalène (un HAP) Nitriles (mixte) Dioxyde d'azote Particules (fines) Phosgène <i>Hydrocarbures aromatiques polycycliques</i> (mélange, comprenant le naphtalène*) Anhydride sulfureux <i>Styrène*</i> <i>Tétrachloroéthylène</i> Toluène* Trichloréthylène Chlorure de vinyle Xylènes (comprenant l'o-xylène*)

Les mots en *italique* indiquent un potentiel cancérogène.
 Aux niveaux rencontrés.
 « Faible » réfère à de très petits niveaux de détection.

* Prédomine dans des incendies de bâtiments urbains
 non spécifiques.

En général, les incendies de bâtiments urbains sont plus compliqués en termes d'exposition toxique que les feux de friche^{30, 79}, mais la durée d'exposition peut être plus longue quand on combat un feu de friche. Les incendies d'installations industrielles où des dangers particuliers sont présents peuvent comporter des menaces à la fois uniques et puissantes. Par exemple, l'incendie d'un entrepôt comprenant des pesticides organophosphates peut être particulièrement dangereux en raison de la transformation de ces produits chimiques en paraoxones plus toxiques. En 1988, un incendie à Saint-Basile-le-Grand, impliquant de l'huile contaminée aux BPC, présentait un risque particulier d'exposition à des produits chimiques potentiellement cancérogènes et aurait pu contaminer une très large zone du Québec, si les niveaux avaient été plus élevés.

Les pompiers sont exposés à de multiples produits chimiques, en même temps et en séquence rapide, qui passent principalement par les voies respiratoires, mais également par la peau.⁸⁰ Pour certains effets spécifiques sur la santé, la combinaison et la fréquence peuvent être significatives, mais les interactions complexes de ces facteurs sont assez méconnues.

RISQUE DE MALADIE CARDIOVASCULAIRE

Il y a un bon moment qu'on s'intéresse au problème du risque de maladie cardiovasculaire chez les pompiers et qu'on présume que le risque est élevé. Baris et coll., en 2001¹⁸ (décrit plus en détail dans la prochaine section et expliquant l'estimation des risques) a observé une augmentation significative statistiquement et épidémiologiquement de cardiopathie ischémique chez les pompiers de Philadelphie (RR=1,32, 95% IC= 1,19-1,45), qui ont entraîné un risque très élevé de maladies cardiovasculaires (RR=1,12), face à un risque réduit d'accident vasculaire cérébral (AVC) (RR=0,78, 95% IC= 0,62-1,00). En 1986, Feuer a également observé une augmentation des maladies cardiaques, avec une PMC=1,2, mais le modèle qui a servi à l'étude (analyse de la part de la mortalité due à une cause donnée - PMC) est biaisé quant aux causes de mortalité, alors on n'a pas mis l'accent sur ces conclusions à cette époque.⁸¹ D'autres études sur les pompiers ont présenté des risques non remarquables de maladie cardiaque, mais ont également montré un risque relativement faible d'AVC.

Au moins une récente revue d'une source faisant autorité concluait, prématurément, qu'il n'y avait pas d'association cohérente dans la documentation entre la lutte contre les incendies et l'évolution de maladies autre que le cancer.⁸² Malheureusement, ceci s'est avéré incorrect. Il appert maintenant que le profil de mortalité globale masquait d'importantes anomalies.

Les maladies cardiovasculaires englobent un large spectre de troubles liés au cœur et aux vaisseaux sanguins et sont intimement liées au diabète. Les principaux mécanismes sous-jacents aux maladies cardiovasculaires dans la population en général sont l'athérosclérose, un processus complexe qui implique des changements dans les parois des vaisseaux sanguins en raison de l'accumulation de dépôts graisseux – dont certains sont dérivés des gras alimentaires – et la dégénérescence de l'élasticité des vaisseaux sanguins, et l'hypertension, soit la pression artérielle élevée. Chez les pompiers, ces facteurs de risque partagés sont accompagnés de facteurs de risque spécifiques au travail, y compris l'exposition à des produits chimiques cardiotoxiques (principalement, mais non exclusivement le monoxyde de carbone), le stress thermique, la grosse fatigue physique, et des facteurs liés à l'organisation du travail (période d'accalmie ponctuée d'hyperactivité épisodique). Les maladies cardiovasculaires se manifestent principalement par un AVC, une maladie rénale (provenant de l'hypertension et du diabète), une

maladie vasculaire périphérique (courante chez les diabétiques), un anévrisme de l'aorte, et, bien entendu, des crises cardiaques, dont les deux types principaux décrits ici. La cardiopathie ischémique (l'ischémie signifie un apport sanguin insuffisant et donc un manque d'oxygène dans les tissus) se produit quand il y a obstruction de la circulation sanguine dans le muscle cardiaque (myocarde) en raison de l'occlusion (précipitée ou accompagnées d'une « thrombose », soit un caillot sanguin) ou du spasme (pouvant être induit par le monoxyde de carbone) d'une artère coronarienne, ou quand il y a un manque d'oxygène dans le sang (ce qui peut se produire du fait de la toxicité du monoxyde de carbone ou du cyanure). Les crises cardiaques arythmiques surviennent lorsqu'il y a un problème dans le système de conduction électrique du cœur qui l'empêche de pomper le sang de manière coordonnée, de telle sorte qu'il fonctionne moins bien et ne fait pas circuler le sang efficacement dans le corps; ces crises cardiaques peuvent être causées par les mêmes facteurs de risque et par une variété de produits chimiques.

Les maladies cardiovasculaires comptent pour 40% de tous les décès en Amérique du Nord, chez les personnes d'âge moyen et les personnes âgées, mais l'incidence décline rapidement, présumément en raison des choix alimentaires, en dépit de l'épidémie d'obésité et de diabète. Les AVC baissent encore plus rapidement que la cardiopathie, en Amérique du Nord. Dans un tel contexte, les études sur la mortalité des pompiers ont généralement présenté des résultats non remarquables sur la mortalité globale tout au long de la vie, sauf pour une augmentation des anévrismes de l'aorte^{5 83}.

Il devient maintenant clair que ce qui semble être un profil de risque bénin dans la documentation masque en réalité un risque élevé dans certaines circonstances. L'hypothèse courante, et cohérente à cette preuve, est que la plupart des crises cardiaques chez les pompiers sont imputables aux facteurs de risque partagés par leurs pairs, et que certaines des crises cardiaques chez les pompiers sont spécifiques au moment et à l'endroit et représentent une précipitation des événements chez les hommes (presque toujours) ayant une maladie sous-jacente déjà existante. Si l'interprétation est correcte, alors le problème cardiaque qui se produit pendant le travail serait classé dans une des deux catégories suivantes: problème cardiaque qui ne se serait pas produit autrement, et problème cardiaque qui s'est produit avant, mais qui se serait probablement produit des semaines, des mois ou des années plus tard. La dernière contingence, soit la mortalité prématurée dans un groupe à risque, est appelée « cas récoltés » dans la documentation épidémiologique. Toutefois, les implications de cette récolte sont souvent mal comprises, parce que le concept et le terme initial ont été développés pour expliquer les tendances de mortalité chez les personnes âgées infirmes, et non chez les pompiers robustes. La récolte ne touche pas seulement un problème inévitable qui survient précocement. Chez les personnes plus jeunes qui travaillent, ces risques ne sont pas prédestinés puisqu'ils semblent toucher les personnes âgées et les infirmes. Le temps qui s'écoule avant que survienne un problème cardiaque peut être de plusieurs années, et non des mois, ce qui est suffisamment long pour être masqué dans les statistiques de mortalité et être concurrent à d'autres causes de mortalité. Un problème peut donc mener à des années perdues de vie active, productive et sans invalidité, en plus des répercussions sur la sécurité familiale. Ceci en raison de la susceptibilité individuelle à une crise cardiaque qui varie clairement d'une journée à une autre (par exemple, en fonction de l'état de la coagulation sanguine) et si une crise cardiaque ne s'est pas produite une journée en particulier, la coïncidence des circonstances qui favorisent une crise cardiaque pourrait ne pas survenir encore, avant longtemps. Autrement dit, si un pompier avec une cardiopathie ne meurt pas d'une crise cardiaque un jour donné et dans une situation donnée, il pourrait (généralement) vivre encore plusieurs années. Il pourrait même mourir d'une cause différente avant qu'une crise cardiaque ne survienne, ce qui expliquerait pourquoi la mortalité globale tout au long de la vie ne donne pas une indication claire du risque lié au travail.

MORTALITÉ IMPUTABLE AUX MALADIES CARDIOVASCULAIRES

Dans le contexte très clair de la mortalité imputable aux maladies cardiovasculaires⁸⁴, la cause principale de décès en Amérique du Nord, il a été difficile de démontrer la causalité générale de mortalité due à la cardiopathie chez les pompiers, en particulier sur la base des maladies sous-jacentes. Historiquement, toutefois, les études ont été incohérentes⁸⁵⁻⁸⁸ et certaines ont démontré une mortalité excessive due aux maladies cardiovasculaires se limitant à certains sous-groupes, tels que les pompiers âgés de 45 à 49 ans⁸⁹. Une grande partie de l'incertitude a été résolue au cours des récentes années par une série d'études réalisées par des investigateurs de Harvard. Il y a maintenant une preuve solide que des activités liées au travail peuvent précipiter un infarctus du myocarde chez les pompiers ayant une maladie coronarienne préexistante.⁹⁰ Il y a également plusieurs indicateurs que la mortalité peut prendre des formes particulières et être associée à l'activité professionnelle du pompier.

Plusieurs auteurs ont énuméré les raisons pour lesquelles on s'attendrait à ce que la mortalité durant le service imputable à une cardiopathie soit disproportionnée chez les pompiers^{5, 68, 86, 91-94} :

- Exposition à des substances cardiotoxiques, y compris les agents connus comme pouvant provoquer des accidents cardiaques, tels que le monoxyde de carbone, le cyanure et les particules fines, et expositions d'importance méconnue à des agents pouvant accélérer les maladies vasculaires (comme l'acide perfluorooctanoïque)
- Grosse fatigue, soudaine et sans préavis, spécialement pendant un sauvetage
- Grosse fatigue ou accélération soudaine du rythme cardiaque lié au stress, en réaction à des alarmes, au bruit ou à des exigences physiques
- Stress thermique comportant des effets indésirables sur le cœur et les vaisseaux sanguins
- Déshydratation
- Quart de travail, connu comme un facteur de risque de mortalité due à la cardiopathie
- Réaction à une alarme, soit une réponse neurologique distincte du stress psychogène qui accompagne l'alarme et implique la formation réticulée du tronc cérébral (vigilance soudaine), une réponse du système nerveux autonome (décharge sympathique, y compris un rythme cardiaque accéléré et une augmentation de la pression artérielle), et une poussée d'adrénaline (« réaction de lutte ou de fuite »)
- Stress psychogène, plus important durant un sauvetage (les pompiers sont connus comme pouvant développer une dépression clinique après un sauvetage raté)

La cardiopathie est responsable d'environ 45% des décès de pompiers pendant l'exercice de leurs fonctions aux États-Unis, mais il y a environ la même proportion de décès par cardiopathie dans la population en général dans le groupe d'âges de 25 ans (en tenant compte du fait que les pompiers s'engagent rarement les rangs du service des incendies en sortant de l'école) à 64 ans (un peu au-delà de l'âge habituel de la retraite des pompiers), qui est de 43,5%.^{84, 91} Cette proportion est de beaucoup supérieure au personnel d'autres corps d'interventions aux urgences tels les policiers (22%). Du même coup, leur taux de mortalité en cours d'exercice est plus élevé que chez les policiers et n'est pas plus élevé que la population en général, ce qui est inattendu dans un métier qui requiert de hauts niveaux de forme physique. (Les techniciens des services médicaux d'urgence, avec un taux de mortalité de 11%, ne constituent pas un bon groupe de comparaison parce que ces travailleurs ont tendance à sortir du métier à un âge relativement jeune et qui chevauche souvent l'âge des pompiers).

Paradoxalement, la lutte contre les incendies en Amérique du Nord n'indique pas un « effet du travailleur en bonne santé » significatif^{2, 5, 95} malgré les présomptions contraires^{86, 92}. Cette observation a servi de preuve pour le risque de maladie cardiovasculaire sous-jacente, puisque la mortalité globale s'explique proportionnellement par des décès imputables à la cardiopathie. Les pompiers volontaires ont un taux proportionnel de mortalité due à une crise cardiaque plus élevé que les pompiers de carrière (50 %, 39 % respectivement), suggérant un effet lié à la forme et l'entraînement physique. (MMWR, 2006) Toutefois, la plupart des études sur les pompiers américains indiquent un risque de mortalité global imputable à une maladie cardiovasculaire ou une cardiopathie ischémique qui se rapproche de celui de la population en général^{59, 62, 85} (Beaumont⁹⁶ est une des rares exceptions.) Quand on fait une comparaison à l'international, les pompiers français présentent un effet du travailleur en bonne santé élevé, avec seulement la moitié des décès sur une base ajustée selon l'âge (RR=0, 52, 95 % IC = 0,35-0,75) par rapport à la population mâle en général de France.⁹⁷ De même, les pompiers urbains suédois présentent l'effet du travailleur en bonne santé attendu (RSM =82, 95 % IC= 72-91).⁹⁸

En tant qu'éléments déclencheurs, les activités liées à la lutte contre les incendies semblent être autant associées aux maladies cardiovasculaires que les facteurs de risque sous-jacents. Les pompiers qui meurent d'une cardiopathie étaient plus âgés et présentaient une fréquence et une gravité plus élevées des facteurs de risque associés aux maladies cardiovasculaires, y compris le tabagisme, les lipides sériques, l'hypertension, et étaient plus enclins à avoir une cardiopathie diagnostiquée par un médecin.⁹¹ Ces mêmes facteurs de risque, tout comme le diabète et le niveau de cholestérol sérique, prédisaient aussi qu'un problème pouvait être fatal plutôt que guérissable, mais ne pouvaient prévoir si un problème allait survenir avant ou à l'âge de 45 ans.⁹⁹ Les activités au moment où survient le problème étaient toutefois très intenses et fortement associées aux efforts exigés par le travail – en comparaison aux tâches non urgentes – ce qui comprend l'extinction des incendies (risque relatif approché de 64), la réponse aux alarmes (5,6) et l'entraînement (7, 6).⁹⁰ Ceci suggère que dans la plupart des cas, les activités de lutte contre les incendies influent sur le substrat, ou l'état sous-jacent, d'une maladie coronarienne existante.

La période culminante du rythme circadien habituel pour un infarctus du myocarde est entre 8 h et 9 h, jusqu'à 11 h, avec une deuxième période plus courte en soirée, aux environs de 19 h.¹⁰⁰ Toutefois, la période de mortalité due à la cardiopathie chez les pompiers est culminante entre midi et minuit et correspond étroitement à la fréquence des appels d'urgence.⁹¹ De même, les saisons où surviennent les décès dus à la cardiopathie chez les pompiers ont deux périodes de pointe, soit de janvier à mars, et juillet-août¹⁰¹, sans toutefois avoir un lien avec la température.

Par ailleurs, la plupart des études qui ont examiné ces questions n'ont pas démontré une augmentation de la mortalité due aux maladies cardiovasculaires tout au long de la vie du pompier, même en tenant compte de l'exposition.^{2, 19} Rétrospectivement, ceci s'explique peut-être par le fait observé que les crises cardiaques qui surviennent lors du travail constituent une petite fraction des crises cardiaques qui surviennent dans le cours de la vie de tous les pompiers, et que les crises cardiaques au travail ont tendance à toucher les individus qui auraient pu avoir un risque plus élevé plus tard, mais qui souffrent plus tôt d'une crise cardiaque qui se serait produite plus tard dans leur vie.

Alors que les pompiers ont des facteurs de risque qui les caractérisent, leur risque de souffrir d'une maladie cardiovasculaire est assez parallèle à celui de la population en général, pour ce qui est des facteurs de risque traditionnels.¹⁰² L'intérêt pour ce sujet a fait en sorte que les pompiers ont servi de population à l'étude pour examiner de manière plus fondamentale la fonction cardiovasculaire et son risque, même si les résultats ne sont pas liés directement à la lutte contre les incendies.¹⁰³ Les études sur les pompiers contribuent aux connaissances globales concernant les maladies cardiovasculaires.

FACTEURS DE RISQUE SPÉCIFIQUES AU MÉTIER

Cette portion discute seulement des expositions et des exigences de travail intrinsèques à la lutte de contre les incendies, et en particulier à l'extinction des incendies. Le mode de vie et les facteurs nutritionnels associés à la lutte contre les incendies sont de véritables facteurs de risque définis comme « imputables à l'activité professionnelle ». Ils sont liés au travail parce qu'ils sont associés à l'organisation du travail, mais ne sont pas nécessairement intrinsèques au travail de lutte contre les incendies.

Une analyse du dossier « Système des données supplémentaires » (SDS) sur les « cas classés », une grande base de données des demandes d'indemnité des travailleurs jusqu'en 1986, suggère que les pompiers qui ont subi une crise cardiaque étaient démesurément représentés parmi les décès, comme ils l'étaient pour invalidité temporaire à la suite d'un « empoisonnement systémique toxique », qui représente surtout l'inhalation de fumée¹⁰⁴ (Tableau 4). Le fichier SDS, comme la plupart des données sur les indemnités, comporte des limites intrinsèques liées au biais de sélection qui restreignent leur utilisation et leur interprétation. Il faut par contre noter que ces deux catégories sont élevées pour les pompiers puisque les principales expositions chez ces travailleurs (monoxyde de carbone et cyanure) sont toxiques pour le cœur.

Tableau 4. Décès par maladies cardiovasculaires lors du travail et Tâches effectuées au moment du décès, d'après les travaux de Kales et coll.⁹⁰

TÂCHES EFFECTUÉES (LUTTE CONTRE LES INCENDIES)	NBRE	%	RISQUES RELATIFS*	NOTE
Extinction d'incendie	144	32,1	32,1** (136)	Constitue <5 % de la durée totale d'activité
Retour après alarme	78	17,4	2,5 (10,5)	Transitoire
Tâches à la caserne et tâches routinières	69	15,4	0,2 (---)	Constituent > 80 % de la durée totale d'activité
Réponse à une alarme	60	13,4	3,3 (14,1)	Transitoire
Entraînement physique	56	12,5	1,6 (6,6)	Estimé à < 10 % de la durée d'activité ¹⁰⁵
EMS et tâches non liées au feu	42	9,4	0,6 (2,6)	Variable, selon l'affectation

* Pour tous les pompiers de la base de données nationale développée par la Federal Emergency Management Agency, qui établit les valeurs attendues par rapport au temps passé en service pendant la durée totale d'activité. Valeurs exprimées en risque relatif global (en risque relatif comparé aux tâches à la caserne et aux tâches routinières); tous les risques relatifs sont très élevés et significatifs à $p < 0,001$.

** Valeur vérifiée. La similarité avec le pourcentage de la colonne à gauche est une coïncidence qui se produit parce que la proportion attendue de décès pendant l'extinction de l'incendie, qui est le dénominateur de PMC, est de 1%. L'intervalle de confiance de 95% de ce risque extrêmement élevé est de 26,4 à 38,1, ce qui est très peu.

Les facteurs de risque des maladies cardiovasculaires chez les pompiers peuvent être catégorisés comme suit :

- Effets toxiques prédisposant à un accident cardiovasculaire aigu
- Effets toxiques prédisposant à une maladie cardiovasculaire sous-jacente
- Facteurs physiques, ergonomiques et d'épuisement associés à l'extinction ou la maîtrise d'un incendie, prédisposant à une maladie cardiovasculaire, principalement des accidents aigus.

EXPOSITIONS TOXIQUES: ACCIDENTS AIGUS

L'inhalation de fumée est connue pour causer des effets transitoires sur le cœur, qu'il y ait ou non présence de monoxyde de carbone, menant à une diminution de la fonction cardiaque et de sa capacité de pompage.¹⁰⁶ Dans la fumée, il y a de nombreuses substances toxiques qui ont un impact sur le cœur. Les plus importantes d'entre elles, maintenant connues, sont le monoxyde de carbone, le cyanure et les particules fines. Le profil de toxicité de chacune d'elles est décrit ci-dessous et peut être confirmé dans tout manuel de toxicologie actuel.

Monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz incolore, inodore et non irritant qui est plus lourd que l'air et qui est produit partout où il y a de la combustion, avec un rapport combustible-air élevé et une carence en oxygène, comme un feu qui couve ou une petite flamme. Il est plus lourd que l'air et est particulièrement dangereux dans les espaces clos, endroits où des concentrations élevées sont présentes. Les pompiers subissent d'importantes expositions au monoxyde de carbone, soit le produit qui caractérise une combustion incomplète. Selon les circonstances de l'incendie, les pompiers peuvent inhaler d'importantes quantités de monoxyde de carbone. Si des appareils de respiration autonome ne sont pas utilisés, les niveaux d'inhalation peuvent être toxiques, voire même fatals. Le monoxyde de carbone est cardiotoxique parce qu'il interfère directement avec la quantité d'oxygène livré au muscle cardiaque (myocarde), lequel est l'organe consommant le plus d'oxygène du corps humain. Les besoins en oxygène du muscle cardiaque (demande d'oxygène du myocarde) sont particulièrement élevés en période de grosse fatigue, de rythme cardiaque accéléré, et de baisse du volume sanguin (comme dans la déshydratation); toutes ces conditions étant courantes pendant l'extinction d'un incendie. L'exposition au monoxyde de carbone est connue pour déclencher des crises cardiaques (infarctus du myocarde) de manière directe et, moins souvent, induire un spasme des artères coronariennes.

Les adultes non fumeurs ont normalement des niveaux de carboxyhémoglobine d'environ 1% et développent des symptômes lorsque les niveaux augmentent, variablement, au-dessus d'environ 5%. Les gros fumeurs peuvent ne pas ressentir de symptômes et fonctionner normalement avec des niveaux de 5 à 10%, niveaux auxquels les non-fumeurs présenteraient des troubles cognitifs dans des tests neurocomportementaux. La tolérance à des niveaux de carboxyhémoglobine plus élevés rend les fumeurs moins susceptibles aux effets du CO, du moins à des concentrations inférieures.

Le CO a un effet particulier lors d'un incendie, car il est le produit d'une combustion incomplète et, par conséquent, représente un danger pour les pompiers et les victimes de l'incendie. (Dans de tels cas, la possibilité d'une toxicité au cyanure concomitante devrait toujours être considérée.) Le CO, une fois inhalé, traverse facilement la membrane alvéolocapillaire et se

lie rapidement et quasi-entièrement à l'hémoglobine. Une des conséquences de cette haute affinité entre le CO et l'hémoglobine est qu'avec le temps, le niveau de carboxyhémoglobine s'élève au fur et à mesure des expositions et s'accumule aux dépens de l'oxyhémoglobine. Le CO empêche alors l'oxygène d'occuper le site de liaison, et par un mécanisme différent, interfère avec la libération d'oxygène au niveau des tissus. Ceci réduit la capacité du sang à oxygéner les tissus. L'effet net entraîne une diminution progressive de l'oxygénation des tissus et une accumulation accrue du CO sous forme de carboxyhémoglobine. Il peut en résulter une ischémie cardiaque chez les personnes souffrant d'une maladie coronarienne préexistante; ces changements peuvent survenir en raison de la seule présence de CO au-dessus de 30 pour cent de carboxyhémoglobine. L'induction d'une angine, ou l'accroissement de la fréquence et de la complexité des arythmies cardiaques, a été observée à des niveaux aussi faibles que 6 pour cent chez des sujets ayant une maladie coronarienne. Ainsi, un des effets les plus graves d'une exposition au CO sur la santé, même à faible niveau, est le risque de développer une angine, une arythmie ventriculaire, et peut-être même un infarctus du myocarde chez les travailleurs qui ont une maladie coronarienne silencieuse ou diagnostiquée. Une exposition soudaine à des niveaux très élevés peut être fatale en quelques minutes, sans avertissement, en raison d'une asphyxie chimique.

La durée de l'exposition est aussi importante que le niveau d'exposition au CO parce que la carboxyhémoglobine s'accumule avec le temps. De hautes concentrations dans le sang peuvent survenir autant lors d'une exposition prolongée à des niveaux aussi inférieurs que, durant une exposition transitoire à des niveaux modérément élevés. Les modes de ventilation jouent également un rôle dans l'exposition; une ventilation-minute élevée entraîne une accumulation accrue. L'élimination massive du CO survient seulement lorsque les niveaux atmosphériques sont faibles. Le CO inhalé répond à un effet de masse rigoureux: la quantité de CO dans le corps est déterminée – lorsque la concentration atmosphérique est élevée – par la concentration du produit dans l'air, le volume ventilatoire (non le débit) avec le temps, et la durée de l'exposition. Rien d'autre ne détermine cette quantité.

Cyanure

Le cyanure (CN) est un gaz incolore qui est plus léger que l'air et est perçu, par les personnes dotées de la capacité génétique de le sentir, comme ayant une odeur semblable à celle de l'amande. Dans les feux, il existe sous la forme gazeuse de cyanure d'hydrogène. Le cyanure d'hydrogène est libéré durant la combustion des plastiques (en particulier des nitriles) et des polymères naturels, y compris la soie, la laine et le coton. Le cyanure d'hydrogène est ingéré par inhalation et, par les poumons, il entre rapidement dans la circulation sanguine. Il est rapidement distribué dans tout le corps.

Les symptômes d'empoisonnement aigu au cyanure comprennent les crises d'épilepsie, le coma, l'arrêt respiratoire et l'arrêt cardiaque, qui peuvent survenir dans les minutes suivant l'exposition à des concentrations de moyennes à élevées. L'exposition à des concentrations de moyennes à élevées de cyanure peuvent provoquer une perte de conscience en quelques secondes et une dépression respiratoire, suivi d'un arrêt cardiaque quelques minutes plus tard.

Le cyanure est connu pour son effet toxique en inactivant la cytochrome-oxydase mitochondriale, lequel est dangereux, car il chasse l'énergie dont les cellules ont besoin pour rester en vie. La mort cellulaire survient quand les cellules sont incapables d'extraire et d'utiliser l'oxygène du sang artériel dans le métabolisme énergétique. Le cœur, le cerveau et le foie sont particulièrement vulnérables à l'empoisonnement au cyanure en raison de leur grande dépendance à l'oxygène. Le cyanure est aussi très irritant pour les muqueuses et cause de l'irritation aux yeux et à la gorge.

Particules fines et ultrafines

La combustion produit des nuages de petites particules qui varient en grosseur. Les particules les plus préoccupantes sont de taille « fines », soit de 2,5 µm (micromètres ou « microns ») et plus petites. (Les particules « ultrafines » commencent à 0,1 µm.) La pollution de l'air par fines particules a été largement étudiée, car on sait qu'elle est associée à la mortalité et à la maladie dans la population. Les particules de même taille et de composition similaire sont produites par la combustion pendant un incendie. Les effets sur la fonction cardiovasculaire de la pollution de l'air sont associés principalement au niveau de particules fines, comme étant un facteur de risque de mortalité due à des maladies cardiovasculaires. Ces effets peuvent survenir chez les individus normaux sans susceptibilité inhabituelle. Les effets sur la fonction respiratoire de la pollution de l'air, en particulier la bronchite chronique, peuvent ajouter une contrainte à la fonction cardiaque.

EXPOSITIONS TOXIQUES: MALADIES SOUS-JACENTES

Certaines expositions toxiques peuvent accélérer l'évolution des maladies cardiovasculaires chroniques en endommageant les vaisseaux sanguins ou en provoquant des anomalies dans le métabolisme des lipides. On ne croit pas qu'il s'agit d'un mécanisme principal du déclenchement d'une maladie cardiovasculaire chez les pompiers, mais il y contribue peut-être; des investigations futures clarifieront l'influence de l'exposition à des produits toxiques.

Monoxyde de carbone (non confirmé)

Dans les années 1970, on croyait que le monoxyde de carbone causait l'athérosclérose, à la suite des travaux non confirmés d'un investigateur (Aranow: les références à ses travaux ont été retirées). Des erreurs dans la collecte de données et dans la préparation des rapports ont été identifiées dans ses travaux qui, à l'époque, jouaient un rôle important dans l'élaboration des normes sur la pollution de l'air et de l'environnement. D'autres chercheurs n'ont pu atteindre les mêmes résultats, alors ses conclusions ont cessé d'être citées et réputées crédibles.

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Parmi les nombreuses expositions à des produits toxiques auxquelles les pompiers font face, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ont été associés avec une accélération de l'athérosclérose. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques ont fait l'objet d'études expérimentales sur des animaux pour vérifier leur effet sur les maladies vasculaires et l'évolution des maladies coronariennes.

Les HAP sont également des éléments connus des particules fines et ultrafines, décrites ci-dessus, mais leur principal rôle comme agent toxique chez l'être humain est qu'ils sont cancérogènes et induisent des maladies chroniques. Il s'agit d'une grande famille de composants organiques, plusieurs d'entre eux étant des cancérogènes connus. Ils résultent de la combustion incomplète et sont responsables de la carcinogenèse dans plusieurs contextes, en plus d'être des composants de la fumée de cigarette. Une série analogue de composés chimiques est hétérocyclique en présence de l'azote et reconnue comme étant cancérogène, mais ces composées n'ont pas été aussi bien caractérisés.

Composés organiques polyhalogénés

Les substances organiques polyhalogénées sont des substituts de composés organiques avec du chlore, du brome et du fluor, qui peuvent se former ou se libérer pendant un incendie. Les composés bromés étaient auparavant utilisés comme produits ignifuges. Malgré le fait

que certains composés biphényles polybromés peuvent être très toxiques, l'exposition aux composés bromés ne semble pas comporter un risque appréciable associé à la lutte contre les incendies.

Les dioxines et les furanes (plus précisément, les dibenzodioxines polychlorées et dibenzofuranes polychlorés, communément appelés « dioxines ») sont des composés organochlorés puissants qui se forment plus efficacement pendant la combustion en présence d'une source de carbone à des températures variant entre 200° et 400°. En dessous de cette gamme de températures, ils ne se forment pas facilement et au-dessus de cette gamme, ils se rompent et ne persistent pas. Plusieurs des congénères (210 chacun) ne posent pas de problèmes toxicologiques. Quelques-uns sont très toxiques et l'organe le plus touché est le système cardiovasculaire. Présumément, en raison de l'induction de la formation de cholestérol dans le foie et des effets localisés dans les vaisseaux sanguins qui favorisent le développement de l'athérosclérose, les dioxines induisent et accélèrent l'athérosclérose et, par conséquent, le risque de maladies coronariennes, selon des études faites sur des animaux. Dans les études faites chez l'humain, l'exposition aux dioxines a été associée de manière cohérente avec une mortalité accrue due aux maladies cardiovasculaires et en particulier à la cardiopathie ischémique (surtout l'infarctus du myocarde familièrement appelé crise cardiaque), malgré le fait qu'il y ait plusieurs limites et facteurs de confusion potentiels dans ces études.¹⁰⁷ À savoir s'il s'agit d'un effet important chez l'humain n'est pas certain, mais il est possible que les dioxines augmentent potentiellement le risque de maladies coronariennes chez les pompiers.

Les composés de biphényles polychlorés (BPC, dont il existe 209 congénères) ne se forment pas dans des contextes de combustion, mais peuvent être libérés, en particulier dans des incendies où se trouvent des lignes de transport d'électricité ou de vieux transformateurs. Certains des congénères des BPC agissent comme les congénères des dioxines décrits ci-dessus.

FACTEURS PHYSIQUES

L'extinction d'un incendie, l'entraînement physique, et les sauvetages, en particulier, sont des activités très exigeantes pour les pompiers, voire même aux limites de l'endurance. La principale préoccupation est que les facteurs physiques énumérés plus bas surviennent simultanément et puissent, individuellement ou collectivement, conférer un risque de maladies liées à la chaleur (épuisement, et AVC potentiellement mortel dû à la chaleur), réduire dangereusement la performance, exiger un apport en oxygène au niveau du myocarde, provoquer de l'arythmie, et augmenter le risque de blessures :

- Demande métabolique
- Déshydratation
- Épuisement musculaire
- Hyperthermie due à l'incapacité de perdre efficacement sa chaleur
- Exigences ergonomiques en raison des espaces de travail restreints et difficiles d'accès

Durant l'extinction d'un incendie, les pompiers sont exposés simultanément à la chaleur rayonnante et convective; isolés contre les pertes de chaleur par évaporation par leur tenue antifeu; soumis à plus de poids et une grosse fatigue accrue (surtout pendant les sauvetages); et déshydratés par la transpiration, souvent très marquée. Ces facteurs imposent une charge substantielle sur le cœur en provoquant, respectivement, une vasodilatation réactive puis une chute de la pression artérielle avec tachycardie compensatoire, qui maintient la chaleur

corporelle, et en empêchant la perte calorifique de manière telle que la vasodilatation et l'effort cardiaque sont présents simultanément, ce qui augmente la demande d'oxygène du myocarde et réduit le débit cardiaque en diminuant le volume. Il en résulte un effort cardiaque tout près du maximum physiologiquement soutenable pendant une courte période, ce qui nuit à la performance.^{94, 108-110}

Les tâches spécifiques à la lutte contre les incendies sont étroitement liées à la mortalité due à des problèmes cardiovasculaires au cours du travail.^{90, 111} Elles sont résumées au Tableau 1. Il appert que la tâche d'extinction d'incendie, qui constitue une petite fraction de l'activité totale du pompier, mais qui est très intense et entraîne une grosse fatigue, est très disproportionnée par rapport aux décès en exercice dus à des causes cardiovasculaires. Cette disproportion est bien au-delà de l'échelle qui suggérerait une confusion, un biais ou une cause franche comme facteur de déclenchement ou cause immédiate en présence d'une maladie coronarienne existante dans la majorité des cas. Dans une minorité de cas, l'effet de l'extinction d'incendie pourrait être le résultat d'un coup de chaleur, d'une intoxication au monoxyde de carbone ou, peut-être, au cyanure (selon les caractéristiques de l'incendie). Par conséquent, il est irréfutable que les facteurs physiques inhérents à la lutte contre les incendies soient associés aux maladies aiguës et fatales.

Les directives actuelles de la National Fire Protection Association exigent que les 20 minutes passées à porter un appareil respiratoire autonome soient suivies d'une période de récupération de 10 minutes avant de reprendre l'effort pendant 20 autres minutes avec l'appareil autonome respiratoire. Toutefois, des simulations avec hydratation optimale ont démontré qu'il ne s'agirait peut-être pas d'une période de récupération suffisamment longue⁶⁹. Étant donné que la performance diminue rapidement, l'épuisement lié à la chaleur qui est associé à des efforts physiques maximum lorsqu'on lutte contre un incendie, constitue une sérieuse préoccupation de sécurité puisqu'il influe sur la façon dont le pompier se protège, gère un sauvetage et continue de lutter contre l'incendie.

Les pompiers perdent d'énormes quantités de liquide au cours d'efforts intenses dans la chaleur d'un incendie. Il a été établi que la forme et le moyen par lequel le volume diminué est restauré importent peu.⁶⁹

FACTEURS DE RISQUE MÉTABOLIQUES

La lutte contre les incendies est un travail qui requiert un haut niveau de forme physique pour assurer sécurité et performance. Cependant, ce n'est que récemment que les services des incendies ont adopté des exigences de bonne forme physique plus strictes pour accomplir le travail, et ils ne les appliquent pas rigoureusement aux pompiers chevronnés, qui sont vraisemblablement plus âgés que ceux nouvellement recrutés. Par conséquent, les données courantes englobent une population mixte, et peuvent à la fois sous-estimer le risque chez les pompiers plus âgés et surestimer le risque chez les pompiers plus jeunes.

Les services des incendies et les syndicats des pompiers reconnaissent l'importance de la forme cardiovasculaire ainsi que la force et l'endurance et sont très conscients des controverses inhérentes aux maladies cardiovasculaires. Les pompiers contemporains sont encouragés à s'entraîner dans des salles d'exercice lorsqu'ils sont en service, au cours des périodes entre deux alarmes. La mortalité proportionnelle imputable à des « crises cardiaques » est plus élevée dans tous les groupes d'âge chez les pompiers volontaires (50 %) que chez les pompiers de carrière (39 %), suggérant qu'il y a présence d'un effort supérieur de mise en forme.¹¹²

Toutefois, la transition vers des exigences de forme physique plus rigoureuses est toujours en cours d'implantation et, en 2007, on a rapporté que plus de 70 % des services d'incendie

n'avaient pas de normes ni d'exigences obligatoires quant à la forme et l'entraînement physique. Les examens médicaux ou évaluations de la forme physique périodiques, seuls, se sont avérés inefficaces pour identifier les pompiers qui prendront une retraite précoce ou quitteront leur travail pour des raisons d'invalidité dues à des problèmes de santé.^{113, 114} De plus, des études sur la prévalence des facteurs de risque cardiovasculaires provenaient des minorités qui contrôlent leurs pompiers, car elles sont tenues de le faire. Il est par conséquent étonnant que la distribution des facteurs de risque chez les pompiers ne soit pas mieux documentée. Une des raisons s'explique peut-être par le fait que les études disponibles, qui sont principalement des données moyennes de groupes sur la prévalence, sont masquées par les tendances des cohortes. Une autre hypothèse est que les pompiers sont plus influencés en termes de nutrition par les attitudes de leur communauté que par les initiatives mises de l'avant pour promouvoir la santé. Les données ne sont pas claires à savoir laquelle des explications est la plus probable.

Les pompiers, en tant que population, sont quasi exclusivement des hommes (il y a des exceptions et le métier est en mutation), la plupart âgés de 30 à 55 ans et très en forme lorsqu'ils entrent au service des incendies. Au cours des récentes années, les services d'incendie ont grandement encouragé la participation individuelle à des programmes d'entraînement physique et ont introduit des bilans de santé et de forme physique obligatoires, de manière à s'assurer que les pompiers sont en bonne forme pour effectuer leur travail pendant toute leur carrière. Le contenu et la rigueur de ces programmes ont varié avec le temps, mais sont de plus en plus normalisés. Ils sont appliqués de manière plus cohérente chez les pompiers plus jeunes, car ils peuvent être imposés comme une exigence au moment de l'embauche, soit une exigence qui définit des critères documentés de forme physique pour effectuer le travail. Il est plus difficile d'imposer de tels critères de manière rétroactive pour les pompiers vétérans qui ont déjà démontré leur habileté à faire le travail. Historiquement, le service d'incendie a souvent dû conjuguer avec une forme physique médiocre de ses membres et réaffecter son personnel à des tâches moins exigeantes. En conséquence, la population de pompiers actifs dans des postes non administratifs est relativement jeune, quoique toujours mixte, et maintenue en poste en fonction de leur forme physique à l'embauche et tout au long de leur carrière.

La lutte contre les incendies est associée à un mode de vie qui se caractérise par de longues périodes de sédentarité, ponctuées de périodes de mobilisation très stressantes quand survient une alarme. En particulier par le passé, alors que les préoccupations concernant la santé étaient moins développées, ce mode de vie incitait à la suralimentation, à des choix alimentaires mal adaptés¹¹⁵, au risque d'obésité et provoquait de l'hypertension transitoire; toutes ces conséquences contribuaient possiblement au risque de développer de l'hypertension chronique.¹¹⁶

Le profilage des pompiers dans différentes études de prévalence suggère que le métier de pompier présente une anomalie puisque leur travail requiert de hauts niveaux de forme physique, mais la distribution des facteurs de risque est défavorable, avec des facteurs de risque cardiovasculaire plus élevé que la population en général et que les cibles établies par Healthy People 2010.^{117, 118} Dans une étude exhaustive, mais relativement petite réalisée à Chicago, le risque cardiovasculaire le moins favorable se retrouvait chez les pompiers âgés de 45 à 49 ans, avec 79% qui dépassaient un risque projeté « faible », lequel était apparemment imputable à des niveaux élevés de triglycéride et cholestérol LDL (qui, malheureusement, n'étaient pas rapportés).¹¹⁸ Cette observation est surprenante. Au fur et à mesure que les pompiers de cette génération se préoccupaient de plus en plus de leur bonne forme physique, les indicateurs métaboliques auraient aussi dû être plus favorables avec le temps, mais les facteurs contribuant à l'hypertension transitoire liée au stress n'auraient pas dû changer.

En fait, les tendances qui sont apparues présentent une image mixte au cours de la dernière décennie. Les niveaux de cholestérol sanguin semblent avoir diminué avec le temps dans une cohorte du Massachusetts,¹¹⁹ mais non dans une cohorte d'Écosse^{113, 114}. Sans surprise, les taux d'obésité dans les deux cohortes augmentaient et de plus en plus de pompiers présentaient des taux de triglycérides élevés. Les pompiers de l'Écosse de l'Ouest, où les augmentations des facteurs de risque cardiovasculaires sont particulièrement prévalentes, ne présentaient pas non plus d'amélioration du taux de cholestérol à partir de 40 ans jusqu'à la retraite, en dépit d'un programme d'éducation à la santé.^{113, 114} Ceci suggère que les pompiers ont continué d'être plus influencés par les facteurs de risque de leur communauté quant aux maladies cardiovasculaires, à cette époque, que par les programmes les sensibilisant et faisant la promotion de comportements salutaires.

La raison la plus plausible expliquant ce contraste, et l'absence d'amélioration en dépit d'un intérêt et d'un engagement marqués pour la bonne forme physique au travail des pompiers contemporains, est qu'il s'agit d'un artéfact des données. On peut se demander s'il y a un effet de cohorte sous-jacent à cette prévalence. L'effet de recrutement est certainement plus fort que l'effet de rétention en ce qui a trait à l'importance de la bonne forme physique. Depuis plusieurs années, les pompiers plus jeunes ont fait l'objet d'une sélection plus intensive au moment de leur embauche. Les pompiers plus âgés, par contre, ont fait l'objet d'un moindre taux de rétention au fur et à mesure qu'ils vieillissaient (et ceux ayant des maladies symptomatiques apparentes qui ont quitté le service des incendies). Toutefois, les pompiers qui sont entrés en service il y a vingt ans représentent maintenant une cohorte qui était en bonne forme physique au moment de l'embauche, mais qui ont joint les rangs du service des incendies à un moment où le maintien de la bonne forme n'était pas préconisé ni mis en vigueur. Cette cohorte hypothétique se retrouverait toujours sous l'âge auquel leur risque absolu de souffrir d'une cardiopathie causerait suffisamment de morbidité et d'invalidité, et on pourrait alors observer un effet de rétention. Cette hypothèse pourrait être vérifiée si les pompiers qui sont entrés en service à partir de 1960, par exemple, étaient étudiés en tant que cohortes.

Une minorité de pompiers, qui semblent s'accroître, présente des risques élevés de maladie cardiovasculaire.^{119, 120} Dans une étude sur 214 pompiers du Colorado, 15% répondaient à la définition du « syndrome métabolique » par rapport à 24% dans la population en général. Les pompiers n'ayant pas de syndrome métabolique présentaient des valeurs beaucoup plus favorables de poids, d'indice de masse corporelle, de composition corporelle, de circonférence de taille, de triglycérides, de tolérance à l'exercice, et de pression artérielle systolique et diastolique. Les niveaux de cholestérol sanguin et de glycémie à jeun étaient aussi plus faibles, mais les différences n'avaient pas d'importance statistique. Les pompiers en santé sans syndrome métabolique buvaient moins d'alcool et fumaient moins, en tant que groupe.¹²¹

La pression artérielle est un facteur de risque particulièrement sérieux chez les pompiers en raison de son association à des conséquences négatives, non seulement liées à la santé comme une augmentation de la fréquence et de la durée des absences dues à la maladie, mais aussi à la cessation d'emploi. Une explication avancée est que les pompiers avec une hypertension non traitée sont plus enclins à recevoir des traitements inadéquats pour tout autre problème de santé.¹²²

L'hypertension semble particulièrement apparente chez les personnes répondant à des urgences, y compris les pompiers, chez qui le développement d'une hypertension chronique suit de faibles élévations de la pression artérielle, qui atteignent ou se situent au-dessous du seuil auquel on commence à traiter (« préhypertension »). La majorité des maladies surviennent dans ce groupe, et non chez les pompiers souffrant d'hypertension clinique.¹¹⁶ On a longtemps supposé

que cette tendance à l'hypertension infraclinique ou labile pouvait refléter l'effet cumulatif de périodes d'activités intenses épisodiques, imprévisibles et de grosse fatigue. L'hypertension labile et même l'hypertension clinique sont largement méconnues chez les pompiers, avec un taux de prévalence de l'hypertension d'environ 20 % – la plupart du temps non diagnostiquée et sous-traitée – et un taux de pompiers hypertendus atteignant jusqu'à 80 % qui ne sont pas traités ou sont traités inadéquatement dans une population donnée.¹²³

Étrangement, il n'y a que très peu d'études qui font état de la prévalence du tabagisme chez les pompiers. Celles que le font¹²⁴ ne suggèrent pas que l'usage du tabac est plus élevé chez les pompiers que dans la communauté et peut, historiquement, avoir été inférieur que la population générale.

Les études ayant comparé les pompiers industriels (secteur privé) et municipaux suggèrent que l'exercice physique est plus constant et intense lorsque les pompiers sont encouragés à s'entraîner dans le cadre de leur travail, une éventualité tout à fait possible en raison des caractéristiques de l'organisation du travail de lutte contre les incendies.¹²⁵

AUTRES OBSERVATIONS

En cours de préparation de ce rapport, d'autres observations ont été faites et elles peuvent s'avérer utiles.

Liens avec le travail

Trente-cinq états américains ont actuellement des présomptions législatives de maladies cardiovasculaires reliées au travail des pompiers, dont 11 spécifiquement pour l'hypertension, et 11 états ont des présomptions semblables pour les policiers.^{11 116, 126}

À des fins d'enregistrement et d'indemnisation, depuis 2003, la US Fire Administration considère un décès par « crise cardiaque » comme étant survenue lors du service s'il s'est produit dans les 24 heures suivant une alarme. Avant 2003, une exigence supplémentaire stipulait que les symptômes devaient avoir commencé durant la réponse à l'alarme.¹²⁷

Le critère de 24 heures est arbitraire et a présumément été fixé pour répondre à des questions d'ordre administratif. Dans la mesure où les processus inflammatoires sont subis au travail (dus aux particules ultrafines, à la coagulation et aux éléments inflammatoires de la thrombose coronarienne, et à l'inhalation de fumée), 24 heures constitueraient une période de vulnérabilité trop courte pour des problèmes cardiaques aigus, après une réponse à une alarme ou un événement impliquant l'inhalation de fumée. La durée habituelle pour qu'un problème inflammatoire survienne à court terme est de l'ordre de quelques jours et varie beaucoup d'un cas à un autre. À des fins d'indemnisation, une période de 72 heures serait beaucoup plus réaliste.

Intervalles

Les futures études sur les risques cardiovasculaires chez les pompiers devraient aller au-delà de la prévalence lorsque c'est possible et essayer d'esquisser les tendances des cohortes, afin de clarifier l'image actuelle confuse de la distribution du risque lié à ce métier. Lorsque c'est possible, les données devraient être ajustées selon l'âge dans les politiques liées à la bonne forme physique des services d'incendie, et pour distinguer les pompiers volontaires des pompiers de carrière.

Les installations et les politiques qui encouragent les pompiers à s'entraîner dans le cadre de leur travail permettent de meilleurs programmes d'exercice qui mènent à de meilleurs résultats et des risques moins élevés. Elles devraient donc être encouragées dans tous les services d'incendie à titre d'investissement dans les services publics.

L'hypertension est très peu connue et sous-traitée chez les pompiers. Un programme concerté de contrôle dynamique de la pression artérielle chez les répondants d'urgence est une priorité pour la gestion de la population.¹¹⁶

RISQUE DE CANCER

On écrit souvent qu'il y a des données insuffisantes sur les pompiers pour déterminer un risque de cancer. En fait, les données disponibles sur les pompiers sont parmi les plus complètes que nous avons sur les risques de cancer reliés à une activité professionnelle. C'est la raison pour laquelle les pompiers ont été étudiés en tant que population pour examiner les questions plus larges de méthodologie et d'indemnisation des travailleurs.¹²⁸ Le problème réside dans le fait que la plupart des cancers sont « rares » (dans le sens épidémiologique) et que toute étude comporte une faible puissance statistique. À cet égard, il y aura toujours quelques études qui sont « négatives » et quelques études qui sont « positives ». Cependant, l'épidémiologie n'est pas un jeu qui se joue avec une carte de pointage. On doit examiner les études individuelles avec soin et identifier des modèles qui sont sensés. La logique de l'analyse est détaillée plus loin dans ce rapport.

Il y a plusieurs études sur le risque de cancer chez les pompiers et chacune d'entre elles devient périmée dès que de nouvelles informations sont accumulées. La documentation comme telle sur les études ne sera pas discutée en détail ici, mais mettra l'accent sur les sources principales. Il suffit de dire que des deux grandes méta-analyses disponibles, celle de Youakim⁵⁷ démontrait une hausse statistiquement significative dans la cohorte de mortalités imputables aux cancers du rein et du cerveau et aux lymphomes non hodgkiniens, ainsi qu'une hausse au sein des sous-groupes des cancers de la vessie, du côlon et des leucémies.

Cependant, une étude se démarque plus que les autres et c'est celle entreprise par la International Agency for Research on Cancer (IARC), l'autorité onusienne en matière de statistiques et de prévention du cancer. En 2007, l'IARC a reconnu que la lutte contre les incendies était associée à trois cancers : testicules, prostate, et lymphomes non hodgkiniens. La lutte contre les incendies, en tant que métier, a par conséquent été classée dans le groupe 2B, soit « potentiellement cancérigène pour les humains » sur la base de « preuve limitée de carcinogénicité chez les humains ». Leurs critères reflètent davantage les niveaux de certitude scientifique, plutôt que le poids de la preuve.¹²⁹

RISQUE DU CANCER LIÉ AU MÉTIER

La lutte contre les incendies est un métier qui implique une exposition à plusieurs produits chimiques cancérigènes, qui peuvent être classifiés en trois catégories de base :

- Les produits chimiques cancérigènes provenant de la combustion, y compris les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les produits analogues contenant de l'azote, et du benzène
- Les produits chimiques cancérigènes résultant de l'incendie d'un bâtiment, y compris l'amiante (surtout du chrysotile en Amérique du Nord) et les composés de biphényles polychlorés (BPC) et les furanes correspondants
- Les produits chimiques cancérigènes provenant du travail des pompiers, incluant l'échappement des moteurs diesel.

La voie la plus importante que prend l'exposition est l'inhalation. Toutefois, quand il y a absorption suffisante par la peau, le risque de cancer peut augmenter en raison des changements dans la cinétique (excrétion et métabolisme) des carcinogènes.⁷¹

Les HAP sont une grande famille de composés organiques, dont plusieurs sont des carcinogènes connus :

- Benzopyrène
- Dibenzopyrène ...= a,e; a,h; a,l [isomères de dibenzopyrène]
- Indeno (1,2,3 - c,d) pyrène
- Benz(a)anthracène
- Benz(...)fluoranthracène ...= b,j,k [isomères de benzfluoranthracène]
- Dibenzanthracène
- 7-H-dibenzocarbazole
- 5-méthyl-chrydène
- Acridine(s)

Il s'agit d'une grande famille de composants organiques, plusieurs d'entre eux étant des cancérogènes connus. Ils résultent de la combustion incomplète et sont responsables de la carcinogénèse dans plusieurs contextes, en plus d'être des composants de la fumée de cigarette. Une série analogue de composés chimiques est hétérocyclique en présence de l'azote et reconnue comme étant cancérogène, mais ces composées n'ont pas été aussi bien caractérisés.

Les HAP sont également importants lorsqu'ils sont combinés à d'autres produits chimiques caractéristiques de la lutte contre les incendies. Ils résultent de la combustion incomplète d'autres produits et sont responsables de la carcinogénèse dans plusieurs contextes, en plus d'être des composants de la fumée de cigarette. Ils sont des éléments connus des particules fines et ultrafines et du gaz d'échappement de diesel. Une série analogue de composés chimiques sont hétérocyclique en présence de l'azote et reconnus comme étant cancérogènes, mais ces composées n'ont pas été aussi bien caractérisés. Les HAP constituent les principales expositions attribuables à plusieurs cancers, dont les taux élevés chez les pompiers.

Le benzène est un hydrocarbure aromatique (ce qui signifie qu'il a une structure d'électron partagée dans l'anneau) cyclique (mais non polycyclique, ce qui signifie qu'il n'a qu'un anneau). C'est un carcinogène connu, établi comme étant la cause d'une forme de leucémie appelée leucémie myélogène aiguë (LMA), et présumé être associé à d'autres types de leucémies et certains lymphomes. Il est aussi la cause connue d'une forme de défaillance de la moelle osseuse appelée anémie aplasique et la cause quasi-certaine d'une maladie associée, mais plutôt rare connue sous le nom de myélofibrose, lesquelles sont toutes deux associées à la leucémie. Le benzène est produit lors de la combustion de matières organiques, surtout à basse température, et est la cause principale présumée de l'augmentation du risque de leucémie et des agrégations qui comprennent les leucémies.

L'amiante se retrouverait plus souvent dans les incendies des immeubles plus vieux dont l'isolation était faite avec des produits de l'amiante. L'amiante n'a pas besoin d'être défini au Québec. Il suffit de dire qu'il est désormais reconnu mondialement que le chrysotile, même s'il est moins dangereux que l'amiante amphibolique, est associé au cancer du poumon et au mésothéliome ainsi qu'à une variété de problèmes pulmonaires bénins. Alors que les pompiers contemporains sont peu enclins à être exposés à l'amiante, ils seraient quand même exposés à l'occasion à ce carcinogène connu.

Le formaldéhyde peut comporter ou non un risque significatif. Même si le formaldéhyde est un carcinogène nasal connu chez les rongeurs et un présumé carcinogène chez les humains,

et qu'il est en haute concentration dans la fumée de cigarette et les produits de combustion, son effet ne se retrouve pas profondément dans le corps. Ceci s'explique par le fait qu'il est très réactif et interagit immédiatement avec les tissus avec lesquels il entre en contact. S'il a un impact, c'est surtout au niveau du cancer du poumon.

Récemment, une étude préparée par l'ancien directeur de la surveillance et du registre des cancers de l'état de Washington⁴², dans laquelle il émettait une opinion sans fournir aucune preuve, avançait que le risque de cancer accru chez les pompiers pouvait être causé par une exposition à des champs électromagnétiques élevés (CEM), et formulait une conclusion inférant que la répartition des cancers était similaire aux cancers associés aux CEM. Ceci ne tient pas la route. Le spectre des cancers qu'il cite n'est pas du tout spécifique, et en fait non impliqué dans la recherche sur les CEM (vessie) ni dans la plupart des études sur les pompiers (thyroïde, estomac). L'association entre l'exposition aux CEM et le risque de cancer est très controversée et beaucoup moins fondée sur des preuves que la lutte contre les incendies. Il y a plusieurs autres explications liées à l'exposition chimique de manière telle qu'invoquer une cause peu probable, tels les CEM, n'est pas nécessaire. En résumé, il est peu probable que ce soit un facteur étiologique pour les cancers associés à la lutte contre les incendies. L'étude a été publiée dans un journal (*Medical Hypotheses*) dont la raison d'être est de faire part de spéculation pour promouvoir la discussion, et non pas de présenter des preuves.

LE FONDEMENT PROBATOIRE DU CANCER

Dans le présent rapport, les estimations du risque sont présentées comme elles ont été rapportées dans le rapport initial. Les RSM sont rapportés à trois endroits, sans décimales, ou exprimés en tant que risques relatifs comme c'est le cas chez Baris et coll.¹⁸ Les risques relatifs sont rapportés avec des décimales, sans qualification. Les risques relatifs approchés sont donnés avec des décimales et identifiés comme tels.

Le Tableau 1, plus haut dans le rapport, résume les conclusions globales de la plupart des études sur le cancer chez les pompiers, qui ont examiné des maladies multiples. Ce tableau ne devrait pas être utilisé sans qualification et élaboration supplémentaire, parce que les estimations du risque global peuvent être fausses quoiqu'informatives. Les études qui datent d'avant 1995 seront discutées dans le reste de ce rapport seulement lorsqu'une question ou un détail particulier est soulevé, puisqu'elles ont été largement discutées ailleurs.

En 1995, nous avons revu la documentation courante sur les risques de maladies chez les pompiers afin de comparer les conclusions et d'inférer la grandeur du risque.⁸⁸ Les forces et les faiblesses des études plus vieilles sont décrites dans ce rapport. Depuis 1995, il y a eu plusieurs autres études qui ont contribué à la documentation mondiale existant sur les pompiers et une référence relativement obscure³² a été découverte à nouveau. Nous les résumons ci-dessous.

Giles et coll.³² a étudié les pompiers au service de la Metropolitan Fire Brigade de Melbourne dans l'état de Victoria, en Australie, entre 1908 et 1989, en les appariant à 95 % au registre des cancer de l'état pour déterminer l'incidence standard, ce qui en fait une des premières études sur l'incidence. Les chiffres étaient relativement petits et même le ratio d'incidence standard (RIS) le plus élevé présentait de larges intervalles de confiance et n'était pas en mesure d'atteindre une importance statistique. Cette étude a été négligée pendant plusieurs années parce qu'il s'agit d'une contribution australienne parue dans une publication statistique canadienne dont la distribution était limitée. En dépit des efforts évidents déployés par les auteurs, qui étaient des investigateurs du Victorian Cancer Registry, il n'y a eu aucun autre rapport par la suite ni aucun suivi dans la documentation internationale.

Burnett et coll.⁵⁹ a mené une très grande étude sur la mortalité due à une cause donnée chez les pompiers de 27 états américains entre 1984 et 1990, en utilisant les données du système de la National Occupational Mortality Surveillance (NOMS). Les limites de ces données sont partiellement compensées par la taille de la base de données qui, avec 5 744 décès chez les pompiers mâles blancs, dépasse ce qu'on pourrait obtenir en étudiant une cohorte. Ce système est un exemple d'une population surveillée pour déterminer les maladies professionnelles que nous préconisons depuis longtemps.¹³⁰

Deschamps et coll.⁹⁷ a étudié la récente expérience d'un nombre relativement petit de pompiers à Paris en 1977, comme prélude à une étude de cohorte beaucoup plus longue. Parmi ses conclusions, il a observé un RSM élevé de cancers des voies respiratoires (1,12), de cancers gastro-intestinaux (1,14) et de cancers des organes génitaux (3,29). Toutefois, l'étude comporte certaines anomalies, en démontrant seulement un taux de mortalité élevé dû à un AVC (1,19) et un faible taux de mortalité globale (0,52), le plus bas rapporté à ce jour chez les pompiers. Une expérience supplémentaire avec cette cohorte et une incidence plus détaillée des cancers par site est nécessaire pour interpréter ces conclusions.

Ma et coll.¹³¹ a réalisé une grande étude en utilisant les mêmes données pour explorer les disparités spécifiques à la race dans la mortalité par cancer. L'étude ne visait pas à répliquer ou chevaucher celle de Burnett et coll., car son objectif était différent; elle était beaucoup plus petite et couvrait une population qui se chevauchait énormément, alors elle ne devrait pas être considérée comme étant une étude indépendante distincte de celle de Burnett et coll. Pour cette étude, la base de données de la NOMS a été rallongée de trois années jusqu'en 1993, mais a perdu les données de trois états. Comme prévu, les résultats étaient semblables. Les races, telles que codées sur les certificats de décès, donnaient 1 817 décès chez les pompiers blancs et 66 décès chez les pompiers noirs. D'un intérêt encore plus grand était le modèle d'augmentation spécifiques à la race. Ma et coll.¹³¹ a observé un taux élevé de cancer du cerveau, spécifiquement, chez les Afro-Américains, mais pas chez les pompiers blancs. Il s'agit là d'une conclusion intéressante et provocatrice. La proportion de pompiers canadiens noirs dans les services d'incendie canadiens est plus petite que la proportion des pompiers afro-américains aux États-Unis en raison de la démographie de la population globale, alors les répercussions de la disparité raciale pour ce qui est du risque global associé à la lutte contre les incendies ne sont pas claires.

Bates et coll.¹³² a rapporté une étude sur les pompiers de Nouvelle-Zélande faite entre 1977 et 1996, réalisée pour observer un groupe souffrant du cancer des testicules. L'augmentation a été confirmée comme étant une conclusion indépendante du groupe. Cette étude est inhabituelle, car elle rapporte l'incidence du cancer et la mortalité due au cancer. Elle rapporte un des ratios de mortalité les plus faibles pour les pompiers (0,58), suggérant un fort effet du travailleur en bonne santé contrairement à d'autres études. Bates et coll. n'a observé aucune augmentation significative à l'exception du cancer des testicules. Les auteurs indiquent que l'appariement des données sur la mortalité aux données du registre des cancers pourrait être incomplet avant 1990 et suggèrent qu'ils ont plus confiance dans les conclusions faites après cette date. Parmi les cancers d'intérêt dans cette étude, ils ont observé une hausse marquée du cancer des testicules et une hausse non significative de son incidence dans la cohorte de 1977 - 1996 pour les cancers d'intérêt: poumon (1,14, 95% IC 0,7 - 1,8), qui présentait une légère augmentation avec la durée des années de service; vessie (1,14, 95% IC 0,4 - 2,7); cerveau (1,27, 95% IC 0,4 - 3,0); et « myélolœucémie » (1,81, 95% IC 0,5 - 4,6), et non le rein (0,57, 95% IC 0,1 - 2,1). En limitant leur analyse à la sous-cohorte de 1990 - 1996, toutefois, ils ont observé une augmentation du cancer des testicules et une baisse des mêmes cancers, sauf pour le cerveau (1,59, 95% IC 0,3 - 4,6), et aucun cas de cancer du rein ni de « myélolœucémie ». Cependant, un portrait totalement

différent est observé dans le modèle des décès. La mortalité chez les pompiers de la cohorte de 1977 – 1996 est élevée pour le cancer de la vessie (2,73, 95 % IC 0,3 – 9,8), mais moins que prévue pour le cancer du poumon (0,86, 95 % IC 0,4 – 1,6); du cerveau (0,68, 95 % IC 0,1 – 2,4); et du cancer hématopoïétique (0,72, 95 % IC 0,2 – 1,8), et aucun décès du cancer des testicules. La divergence entre l'incidence et la mortalité due aux cancers ayant un haut taux de mortalité tel le cancer du poumon, est une anomalie. Toutefois, tous les chiffres sont petits et les auteurs demeurent candides quand ils décrivent les limites de leur base de données comme étant hors de leur contrôle.

Baris et coll. (2001)¹⁸ a réalisé une étude de cohorte exemplaire sur la mortalité. On devrait accorder beaucoup de poids à cette étude parce que parmi les études récentes, elle a une puissance exceptionnelle, elle s'étend sur une grande partie du 20^e siècle et dispose d'un suivi des plus complets. L'étude mérite par conséquent d'être décrite en détail.

La cohorte était formée de 7 789 pompiers de Philadelphie en service entre 1925 et 1986, que l'on a comparée à des hommes blancs américains, et comporte donc 204 821 personnes-année de suivi. Les hommes ont été embauchés à la fin des années 1920 (en moyenne) et ont travaillé pendant environ 18 ans, avec une moyenne de 26 années de suivi. Baris et coll.¹⁸ a examiné leur cohorte par âge, durée de service, affectation de tâches et nombre d'interventions-incendies (nombre de réponses à la caserne) dans trois grandes catégories classées en ordre.

Il y avait 2 220 décès parmi les membres de la cohorte. Toutes les causes de décès et tous les cancers étaient environ égaux aux taux attendus pour tous les hommes blancs américains. Les auteurs ont observé un taux excessivement élevé de cancer du côlon (RSM =1,51; 95 % IC=1,18-1,93). Des taux élevés non significatifs ont été rapportés de cancers de la cavité buccale et du pharynx (1,36; 95 % IC=0,97, 2,14); de lymphomes non hodgkiniens (1,41; 95 % IC=0,91, 2,19); de myélomes multiples (1,68; 95 % IC =0,90-3,11) et de cancer du poumon (1,13; 95 % IC 0,97-1,32). Chez les pompiers ayant >20 ans de service, les sites de cancer suivants présentaient des risques élevés: cancer du côlon (1,68; 95 % IC 1,17-2,40); cancer du rein (2,20; 95 % IC 1,18-4,08); lymphomes non hodgkiniens (1,72; 95 % IC 0,90-3,31); myélomes multiples (2,31; 95 % IC1,04-5,16); et néoplasmes bénins (2,54; 95 % IC1,06-6,11).

Baris et coll. a développé un index des expositions et d'évaluation des risques en trois catégories d'interventions-incendies; l'exposition faible étant de 3 322 interventions; l'exposition moyenne supérieure ou égale à 3 322, mais moins que 5 099 interventions; et l'exposition élevée à plus de 5 099 interventions. Le cancer du pancréas présentait une relation exposition-réponse qui a augmenté à 1,02 pour l'exposition faible, à 1,17 pour l'exposition moyenne et à 1,61 pour l'exposition élevée. Même s'il n'y avait pas d'autres sites de tumeurs avec un rapport exposition-réponse, en comparant la faible exposition (1,00) à l'exposition élevée, plusieurs sites de cancer ont démontré un risque accru: estomac, 1,20; pancréas, 1,42; leucémie, 1,22; et néoplasmes bénins, 2,06. Les auteurs ont aussi comparé les interventions tout au long de la vie avec des expositions au diesel, y compris une catégorie n'ayant eu aucune exposition. Même s'il n'y avait pas de rapport exposition-réponse, plusieurs sites montraient des risques accrus dans les catégories d'exposition moyenne et élevée par rapport à la catégorie de non-exposition; cavité buccale et pharynx, prostate, cerveau, myélomes multiples et leucémie.

Il y a également une relation apparente de dose-effet dans l'évaluation des expositions faible, moyenne et élevée au gaz d'échappement des moteurs diesel, quant à la mortalité due à des maladies respiratoires (mais à aucun cancer). Le risque s'élève de 1,00 (non-exposition) à 1,37 pour une exposition faible, à 1,45 pour une exposition moyenne et, finalement, à 1,49 pour les pompiers du groupe ayant subi une exposition élevée. Fait assez intéressant, il n'y a pas de relation exposition-réponse pour le nombre d'interventions-incendies pendant toute la carrière d'un pompier (peu importe l'exposition au diesel).

Tous ces taux élevés ont un lien avec la toxicologie et les dangers toxiques liés à l'inhalation qu'on retrouve dans le métier de pompier, à l'exception des taux élevés de néoplasmes. Il s'agit en fait d'une catégorie « poubelle » ou résiduelle des catégories de diagnostics. Ainsi, il n'est pas clair s'il s'agit d'une véritable augmentation dans certaines classes de tumeurs inhabituelles ou (plus probablement) une erreur de classification.

À partir de l'étude de Baris et coll.¹⁸, quelques conclusions ont tenté de faire ressortir une vue d'ensemble des données épidémiologiques. Il n'y avait pas de réduction significative du RSM pour un quelconque site de tumeur liée à la lutte contre les incendies: cerveau, vessie, rein, malignité lymphatique, comme on aurait pu s'y attendre simplement avec l'erreur aléatoire. De plus, l'étude de Baris ajoute du poids aux liens entre la lutte contre l'incendie et les cancers du système lymphatique et du rein, et suggère des associations avec les cancers du côlon, du pancréas et de la prostate.

Le deuxième rapport de Ma⁶⁰ est l'étude d'une cohorte de pompiers de l'état de la Floride ayant une incidence de cancer et non de mortalité. Les études d'incidence identifieront les cancers qui sont rarement ou inhabituellement fatals, comme le cancer de la thyroïde. La force de cette étude est la très vaste population qu'elle couvre et le nombre d'années-personnes observées (plus de 413 000) et l'accumulation d'un grand nombre de pompières (2 017), précédemment non étudiée. Toutefois, les femmes ont joint les rangs des services d'incendie en grand nombre très récemment alors il n'y avait que 52 décès chez les pompières de la cohorte, ce qui consiste en une petite étude d'incidence pour cette sous-population. Le risque de tous les cancers était significativement élevé pour les femmes (RIS exprimé comme un RR = 1,63, 95% IC= 1,22 - 2,09), mais les cancers présentant un risque élevé chez les pompières suggéraient un biais ou une confusion dans ce sous-groupe: col de l'utérus, thyroïde et maladie d'Hodgkin. Chez les pompières, il y avait des risques élevés non significatifs de cancer du rein, de l'estomac, du côlon et du rectum, mais non du sein. Parmi les pompiers, l'étude confirmait des taux élevés de cancer de la vessie (1,29; 95% IC= 1,01 - 1,62) et des tissus testiculaires (1,60; 95% IC= 1,20 - 2,09), et menait vers une conclusion non anticipée de cancer de la thyroïde (3,97; 95% IC= 1,45 - 8,65). Chez les hommes, il n'y avait pas d'augmentation, voire même une évaluation plus faible, du risque de cancer du cerveau, du poumon et des systèmes lymphatiques et hématopoïétiques, agrégés.

Bates¹³³, qui a réalisé l'étude susmentionnée en Nouvelle-Zélande, a mené une étude de cas-témoins basée sur le registre des cancers chez les pompiers de Californie, en comparant les probabilités d'association à des types de cancer par rapport à tous les autres cas de cancers enregistrés. (Bates 2007) L'avantage de cette étude était la taille énorme de la population. Le travail réussit très efficacement à confirmer les risques de cancer précédents (cerveau, testicules, prostate) et à identifier les augmentations du cancer de l'œsophage et des mélanomes.

Kang et coll.¹³⁴ a mené une étude d'incidence du cancer basé sur le registre chez 2 125 pompiers mâles du Massachusetts entre 1987 et 2003. Il s'agit d'une étude de cohorte qui n'est ni complète ni globale car elle couvre une période relativement courte. En utilisant le risque relatif approché standardisé de mortalité (RRASM), les auteurs ont comparé les pompiers aux policiers et à d'autres individus du registre dont le métier a été inscrit, qui forment une population artificielle et synthétique censée représenter la population active. Pour tous les cancers présentant une augmentation (côlon, cerveau, vessie, rein, et, de façon inattendue, la maladie de Hodgkin), le RRASM était plus élevé chez les policiers que dans la population en général. Si on présume que la fréquence de la maladie est vraisemblablement plus élevée dans la population générale, ceci fait ressortir un différentiel dans l'effet du travailleur en bonne santé qui, chez les pompiers (est reconnu comme étant petit), est moindre que chez les policiers qui exercent un métier public dont les caractéristiques de sélection sont semblables. Indirectement, il s'agit d'une preuve

(faible) qu'il y a une association entre ces maladies et le travail, puisqu'on pourrait s'attendre à ce que ces deux métiers engagés dans la protection du public soient similaires.

Ahn et coll.¹³⁵ a réalisé une étude de cohorte très vaste chez les répondants d'urgence de Corée, qui effectuent des tâches de lutte contre les incendies et des sauvetages. Les sujets étaient actifs entre 1980 et 2007 et vivaient toujours en 1995. Le cancer était identifié par son inscription au registre de cancer national, avec un décalage de 16 ans. On peut s'attendre à ce que cette étude omette certains cancers qui se sont développés après 1996, y compris ceux qui ont été mortels avant 1995, et des cancers résultant d'expositions précédentes qui ont entraîné des décès imputables à une quelconque cause avant 1995. L'étude est donc biaisée par une sous-estimation du risque. Malgré cela, plusieurs augmentations significatives ont été observées (colorectal, rein, vessie, et lymphome non hodgkinien,) par rapport aux hommes coréens. (Un plus petit sous-groupe de répondants qui ne luttait pas contre les incendies présentait des caractéristiques inhabituelles, indiquant des augmentations marquées du cancer colorectal et des cancers des os et du cartilage).

En dépit d'une similitude dans le modèle de la plupart des études, les études individuelles varient considérablement en termes de biais et d'exécution. En reconnaissant les différences de chacune, il est plus facile de les interpréter. Par exemple, l'étude précise et performante de Beaumont et coll.⁹⁶, présente des estimations du risque constamment inférieures dans l'évolution des maladies par rapport à d'autres études sur les pompiers. Cette différence est également évidente quand on compare l'étude de Beaumont et coll. à d'autres études sur le cancer du côlon (mais non rectal). Pour cette cause de décès en particulier, l'estimation du risque provenant de Beaumont et coll. est près de 1. S'il s'agit d'une sous-estimation, dans le contexte des risques généralement inférieurs de Beaumont par rapport à d'autres études, elle aurait tendance à diluer le risque sommaire. L'étude de Beaumont et coll. a un poids plutôt élevé (7,8 %) parmi les études, et la limite inférieure de l'intervalle de confiance pour l'estimation sommaire (0,99) est près de 1. Ainsi, une étude qui semble généralement sous-estimer les risques peut faire en sorte que l'estimation du risque sommaire ne soit pas statistiquement significative.

Plusieurs études ont examiné un échantillon de population pour déterminer quels métiers sont associés à quels cancers, la plupart du temps en faisant correspondre les certificats de décès¹³⁶ au registre des maladies¹³⁷. Nous avons observé que les estimations du risque de ces études sont habituellement moindres que celles des études spécifiques à un métier. Une exception se dégage de cette tendance générale et c'est l'étude de Firt, en 1996¹³⁸, qui rapporte un risque plus que décuplé de cancer du larynx chez les pompiers de Nouvelle-Zélande, une conclusion non répétée dans aucune autre étude. Ces études sont sujettes à des biais de classification, même si les meilleures d'entre elles¹³⁸ examinent à la fois les études sur les métiers courants et les études sur les registres, et sont connues comme pouvant comporter des anomalies en termes de constatation des cas¹³⁴.

Un autre exemple de la façon dont les études individuelles sur les pompiers peuvent être similaires, mais non nécessairement identiques à bien des égards, est l'étude réalisée par Eliopoulos et coll.¹³⁹. Cette étude est couramment incluse dans les révisions du risque chez les pompiers alors que les individus étudiés étaient des pompiers luttant contre les feux de broussailles, travaillant à l'extérieur et étant exposés à la combustion de matières végétales qui, à l'instar du bois, ont tendance à présenter un risque cancérigène inférieur à celui de bon nombre de matières synthétiques. Le profil des expositions liées à la combustion est plutôt différent de celui des pompiers urbains.^{3, 140}

CANCERS GÉNITO-URINAIRES

Les cancers génito-urinaires représentent la situation courante dans laquelle des maladies individuelles sont plus ou moins bien classées et dont l'estimation des risques reflète l'expérience du groupe en ce qui a trait aux cancers individuels. C'est peut-être pour cette raison qu'il semble y avoir eu plus d'indemnités qui ont été accordées aux pompiers dans cette catégorie que pour toute autre maladie. Les données sont faciles à interpréter par site de tumeur.

Cancer de la vessie

L'étude de Burnett et coll.⁵⁹ n'a observé aucune augmentation du cancer de la vessie. La PMC était de 101 pour les pompiers qui meurent avant l'âge de 65 ans, et de 99 pour ceux qui meurent après 65 ans. Avec 9 et 37 décès respectivement, il s'agit d'un large nombre de décès dus au cancer de la vessie. En utilisant la même base de données, Ma et coll.^{60, 131} ont rapporté qu'une augmentation peu significative statistiquement de 1,2 a été observée pour le cancer de la vessie parmi les pompiers blancs et une augmentation (basée sur un seul cas) parmi les pompiers noirs.

Pour les cancers de la vessie, les périodes de latence sont généralement mesurées en décennies, mais dans des conditions d'exposition intense à des carcinogènes dangereux, elles ont tendance à être plus courtes et plus variables que pour d'autres tumeurs solides. Des ouvriers qui travaillaient avec des colorants à base d'aniline dans les années 1940 et 1950 ont présenté une courte période de latence de seulement sept ans, présumément en raison d'une exposition élevée et constante qui a réduit la période de latence à son minimum absolu. Cette explication n'est pas plausible pour les pompiers. L'exposition des pompiers à des carcinogènes touchant potentiellement la vessie est de beaucoup inférieure à celle des travailleurs de l'industrie chimique des années 1920. Dans nos données provenant de l'Alberta¹⁴¹, le cancer de la vessie n'apparaissait pas avant l'âge de 60 ans, ou avant 20 années de service, et présentait une période de latence très longue de 40 ans.

L'amélioration de l'évaluation de l'exposition et de l'examen des sous-groupes qui ont subi des expositions plus élevées augmente l'estimation du risque dans l'étude de Baris et coll.¹⁸ Elle a rapporté une légère hausse du RSM de 1,25 pour le cancer de la vessie, avec un risque supérieur chez les pompiers embauchés avant 1935 (RSM=1,71, 95% IC =0,94, 3,08), et chez ceux ayant participé à un plus grand nombre d'interventions au cours de leurs 5 premières années de service (RSM=2,59, 95% IC =0,64 - 9,84). Cette observation suggère fortement une relation exposition-réponse ou un effet diminué des facteurs de confusion, et devrait être considérée comme une preuve soutenant la présomption, en fonction d'une tendance, que les comparaisons individuelles soient ou non statistiquement significatives.

Gaertner et coll.¹⁴² a réalisé une étude de cas-témoin des facteurs de risque professionnels du cancer de la vessie au Canada pour le compte de la Division des politiques médicales et des maladies professionnelles de la Commission de la sécurité professionnelle et de l'assurance contre les accidents du travail de l'Ontario. Les cas (887, un grand nombre) répartis dans sept provinces ont récemment été identifiés de 1994 à 1997, et les témoins ont été sondés en 1996. Le métier de pompier a été défini comme une activité professionnelle avec une estimation du risque élevé, mais cette augmentation n'était pas statistiquement significative. Il est à noter que les études sur le risque de cancer basées sur la population sont habituellement inefficaces pour identifier des risques élevés connus pour des métiers individuels, à moins qu'ils ne soient très communs et que leur association soit très forte. Le fait que cette association ait été identifiée dans une telle étude surpasse le test d'inférence statistique.

Ma et coll.^{60, 131} a démontré un risque significativement accru de cancer de la vessie chez les pompiers et les pompières de Floride (homme: RIS = 1,29, 95 % IC = 1,01, 1,62; femme: 10,00, 0,13 – 55,60, fondé sur un seul cas). Kang¹³⁴, avec un nombre de cas beaucoup plus petit, a démontré un risque similaire, mais non statistiquement significatif lorsque les pompiers étaient comparés aux policiers (RRASM = 1,22, 95 % IC = 0,89-1,69) et à une population de référence (RRASM = 0,93, 95 % IC = 0,93-1,52). La contribution des données de Kang vise à démontrer une cohérence, car même si les études ne présentent pas de risque très élevé et même si elles sont probablement sous-estimées en termes de puissance, elles montrent constamment une augmentation.

Ahn et coll.¹³⁵ a démontré un risque global élevé de cancers des voies urinaires chez les répondants d'urgence de Corée, qui jouent plusieurs rôles, mais sont engagés comme pompier. Cette grande étude est basée sur le registre national du cancer qui, on l'a noté, semble comporter un biais de sous-estimation, mais démontre un rapport d'incidence standard élevé pour le cancer de la vessie (RIS = 1,77, 95 % IC = 1,08 – 2,73).

La plupart des études qui contrôlent le cancer et l'activité professionnelle faites dans la population ont tendance à sous-estimer le risque relatif des études spécifiques aux métiers, ce qui reflète probablement une mauvaise classification et une constatation de cas incomplète. Par conséquent, il pourrait être intéressant qu'une étude canadienne¹⁴² sur l'incidence du cancer présente une élévation du risque chez les pompiers (RIS = 1,51, 95 % IC = 0,59-3,84).

Les produits de la combustion les plus liés au cancer de la vessie sont les hydrocarbures aromatiques polycycliques, qui sont présents en abondance dans les incendies de bâtiment, en particulier à des températures de combustion moyenne; ils sont aussi des éléments présents dans les gaz d'échappement des moteurs diesel.

McGregor (2005) a conclu qu'un risque accru de cancer de la vessie chez les pompiers est plausible, que la preuve qui va dans ce sens est cohérente, et que des facteurs individuels doivent être pris en considération.¹⁵ Toutefois, étant donné la présence d'expositions connues pour causer le cancer de la vessie et de preuves solides d'augmentation dans la documentation approchant le critère de présomption, la prépondérance de la preuve favorise la causalité et donne suffisamment de poids pour établir une présomption.

Il serait difficile d'accepter une période de latence de 10 années pour le cancer de la vessie chez un pompier, mais la documentation sur d'autres métiers n'élimine pas les latences inférieures à vingt ans. On pourrait s'attendre à ce que la durée de service associée au risque chez les pompiers soit de l'ordre de 15 années. Dans sa méta-analyse, Youakim a déterminé que les pompiers ayant plus de 40 ans de service présentaient le risque observé le plus élevé.

Cancer du rein

Le cancer du rein est largement accepté comme étant associé à la lutte contre les incendies grâce à des critères traditionnels.⁵⁷

Le cancer du rein est prédominant sous la forme d'adénocarcinome rénal ou cancer du rein à cellules claires, qui peut ou non comprendre des éléments sarcomateux qui confèrent un pronostic plus grave. Toutefois, 7 % des cancers du rein sont des carcinomes cellulaires transitoires, qui proviennent du bassinet du rein (ressemblant à un entonnoir) et sont semblables aux cancers de l'uretère et de la vessie (appelé cancer urothélial). D'autres formes de cancer provenant du rein sont rares. La raison pour laquelle cet argument est important est qu'on a parfois soutenu que puisque le code ICD-9 des cancers du rein (189) n'est pas exclusif aux adénocarcinomes rénaux, un cas dans lequel le type de cellules prédominantes serait transitoire devrait être traité différemment et la preuve épidémiologique pourrait être biaisée par l'inclusion des cellules

transitoires. Cette petite proportion est peu encline à biaiser les études épidémiologiques de façon significative, même s'il y avait une différence dans le risque de cancer urothélial entre les pompiers et la population de référence. En fait, il y a un risque accru de cancer urothélial – voir cancer de la vessie ci-dessus –, mais il va dans le sens de l'augmentation du risque; une présomption pourrait toujours tenir si le risque est similaire à celui de la vessie (et il le serait probablement). Puisque les cancers urothéliaux sont associés à des facteurs de risque similaires aux adénocarcinomes rénaux en ce qui a trait au tabagisme (et par conséquent aux éléments qui composent la fumée de cigarette et ressemblent à ceux d'un incendie), on s'attendrait à ce que les carcinomes cellulaires de type transitoire aient un risque élevé semblable au cancer de la vessie, et aussi élevé que les adénocarcinomes rénaux, même si cela était difficile à repérer dans la plupart des études épidémiologiques. En résumé, l'inclusion des carcinomes cellulaires de type transitoire du bassinet rénal dans le code ICD des cancers du rein ne constitue pas une objection sérieuse à la présomption de risque.

Burnett et coll.⁵⁹ a observé une augmentation marquée du cancer du rein. La PMC était de 141 chez les pompiers mourant avant l'âge de 65, et de 144 pour ceux mourant à 65 ans ou après. Avec 24 et 53 décès, respectivement, il s'agit d'un grand nombre de décès attribuables au cancer du rein. En utilisant la même base de données, Ma et coll.^{60, 131} ont rapporté une augmentation limite statistiquement significative de 1,3 pour le cancer du rein chez les pompiers.

Une étude de cas-témoin exceptionnellement puissante réalisée en Nouvelle-Zélande¹⁴³ a démontré un risque relatif très élevé et très significatif chez les pompiers (RRA=4,89, 95 % IC= 2,47-8,93).

Le texte sur l'épidémiologie du cancer de Schottenfeld et Fraumeni¹⁴⁴ cite plusieurs études dans lesquelles un risque presque doublé est associé à une durée d'emploi inférieure à dix ans, chez les travailleurs de l'industrie de l'aluminium exposés à des hydrocarbures aromatiques polycycliques. Ceux-ci sont vraisemblablement les carcinogènes responsables qu'on retrouve dans la lutte contre les incendies. Dans des données venant de l'Alberta¹⁴¹, une augmentation marquée du risque de cancer du rein était visible dans la catégorie des 10 à 19 années de service. Baris et ses acolytes¹⁸ ont rapporté un risque doublé avec un RSM =2,20, 95 % IC=1,18, 4,08, chez les pompiers en service depuis 20 ans ou plus.

Ma et coll.^{60, 124} n'a observé aucune augmentation du risque de cancer du rein chez les pompiers de Floride, mais une forte augmentation (basée sur un seul cas) chez les pompières (RIS=4,17, 95 % IC=0,05, 23,18). Kang¹³⁴, dans un échantillon plus limité du Massachusetts, a aussi observé une augmentation, quoique plus petite et non statistiquement importante, plus élevée par rapport aux policiers (RRASM=1,34, 95 % IC=0,90-2,01), mais non par rapport à la population de référence (RRASM=1,01, 95 % IC= 0,74-1,38).

Ahn et coll.¹³⁵ a démontré un risque global élevé de cancers du rein chez les répondants d'urgence coréens, qui jouent plusieurs rôles, mais sont engagés comme pompier. Cette grande étude est basée sur le registre national du cancer qui, on l'a noté, semble comporter un biais de sous-estimation, mais démontre un rapport d'incidence standard élevé pour le cancer du rein (RIS = 1,59, 95 % IC= 1,00, 2,41).

Ce n'est pas clair que la latence du cancer du rein suit le même modèle que le cancer de la vessie. La latence n'a pas été largement étudiée pour le cancer du rein. En se fiant sur la compréhension et la documentation courant sur les pompiers, il pourrait être difficile d'admettre que la période de temps écoulé depuis la première exposition soit moindre que 15 années, simplement en se basant sur la durée que requiert une tumeur solide pour proliférer. Dans sa méta-analyse, Youakim a observé que les pompiers ayant été exposés pendant plus de 30 années présentaient le risque de mortalité le plus élevé.

Certaines références à l'adénocarcinome rénal, parfois citées par le passé et réfutant toute association, devraient être clarifiées. En particulier, les études qui examinent le métier et le risque de cancer dans une population en se servant de données de surveillance, et qui sous-estiment habituellement l'association entre les deux, laquelle est révélée par des études de cohorte et de cas-témoins.

Lipworth¹⁴⁵, dans une vaste étude sur les liens entre activités professionnelles et adénocarcinome rénal, n'a pas abordé la lutte contre les incendies. Contrairement à ses conclusions, qui indiquent qu'en général le métier n'est pas fortement associé à l'adénocarcinome rénal, d'autres études publiées à peu près en même temps (y compris Zhang¹⁴⁶) ont identifié un risque élevé d'adénocarcinome rénal pour plusieurs métiers (les pompiers n'étaient pas étudiés) et ont conclu, clairement, « ... les expositions liées du métier peuvent augmenter le risque d'adénocarcinome rénal ». Moyad¹⁴⁷ était plus clair lorsqu'il a écrit « ... plusieurs métiers, expositions liées au travail, changements ou manipulation au niveau du système reproducteur et hormonal, et une variété d'autres facteurs, peuvent avoir un impact sur le risque, mais *globalement*, leur contribution semble petite comparativement à d'autres facteurs de risque plus constants ». Moyad énonce clairement qu'en contexte, l'obésité et l'hypertension sont des facteurs de risque importants qui augmentent les taux d'adénocarcinomes rénaux globaux dans la population américaine, mais que pour les cas individuels, d'autres facteurs sont significatifs.

Plusieurs des conclusions de l'étude de Pesch et coll.¹⁴⁸ concernant l'exposition professionnelle et l'adénocarcinome rénal sont contredites par une étude danoise antérieure¹⁴⁹, mais aucune des deux n'a étudié spécifiquement les pompiers. Les deux investigateurs en sont arrivés à des conclusions contraires quant au rôle des hydrocarbures et de l'amiante dans leur propre population, mais les deux admettaient que leur étude particulière n'était pas définitive. Mellemgaard et coll.¹⁴⁹ ont également observé une association (non statistiquement significative, toutefois) avec l'exposition aux hydrocarbures, même s'ils n'ont pas abordé le métier de pompier dans leur étude avec une hypothèse *a priori* de risque élevé. Ceci s'explique par le fait que le risque élevé chez les pompiers n'avait été reconnu que l'année précédente, alors les investigateurs n'ont pas signalé cette association. La même année, McLaughlin^{150,151} concluait que « le risque d'adénocarcinome rénal est associé à l'emploi de chauffeur de camion, à l'exposition à l'essence et à d'autres hydrocarbures... », soit une observation significative considérant le profil d'exposition des pompiers. (Les deux études sont antérieures à la reconnaissance de l'association chez les pompiers.) Une récente étude des travailleurs de l'Europe de l'Est exposés aux hydrocarbures aromatiques polycycliques¹⁵² ne présentait pas d'augmentation du cancer du rein, mais les évaluations de l'exposition se limitaient aux caractéristiques de l'emploi et n'ont pas pu être validées.

Toutefois, étant donné la présence d'expositions connues pour causer le cancer du rein et de preuves solides d'augmentation dans la documentation approchant le critère de présomption, la prépondérance de la preuve favorise la causalité et donne suffisamment de poids pour établir une présomption.

Dans sa méta-analyse, Youakim a déterminé que les pompiers ayant plus de 40 ans de service présentaient le risque observé le plus élevé.

Cancer des testicules

L'International Agency for Research on Cancer (IARC) reconnaît une association entre le cancer des testicules et le métier de pompier.¹²⁹

Bates et coll.¹³² a observé un risque relatif approché de 3,0 (95 % IC= 1,3 – 5,90) de cancer des

testicules chez les pompiers de Wellington, en Nouvelle-Zélande. Stang et coll.¹⁵³ a rapporté des conclusions très semblables au nord de l'Allemagne, même si son risque relatif approché de 4,3 (95 % IC= 0,7 – 30,5) n'était pas statistiquement significatif. De tels risques élevés ne peuvent pas être confondus avec des différences dans la prévalence de la cryptorchidie (le principal facteur de risque connu), du tabagisme (non connu comme étant associé au cancer des testicules) ou de tout autre facteur de risque plausible. Stang et coll.^{153, 154} a aussi rapporté la durée de l'emploi. Sur quatre cas, deux étaient des pompiers depuis plus de 20 ans et les deux autres, moins que 4 ans. Bates^{133, 154} a ensuite démontré une augmentation statistiquement significative de cancer des testicules chez les pompiers de Californie (RRA=1,54, 95 % IC= 1,18-2,02).

Il y a cinq types de base de cancers des tissus testicules, le plus courant étant de loin le séminome (environ 95 %). Bates et coll.¹³² ne spécifie pas l'histologie des tumeurs. Stang et coll.¹⁵³ rapporte que des quatre cas qu'ils ont étudiés, deux étaient des embryomes, soit une fréquence inhabituellement élevée qui suggère, sans le prouver, que ce type de cancer (qui se trouve aussi dans les types de cellules germinatives mixtes) peut être associé uniquement au risque professionnel.

La crédibilité biologique de l'association, par contre, provient de l'observation par Olshan et coll.¹⁵⁵ voulant que la progéniture des pompiers mâles (une grande majorité des hommes) ait un risque significativement élevé de souffrir d'anomalies congénitales, en particulier d'anomalies cardiaques (pour la communication interauriculaire, le risque relatif approché est près de 6). Une telle conclusion, qui implique une anomalie congénitale imputable à un facteur mâle, pointe vers un effet sur les testicules ou, de manière moins plausible, sur le liquide séminal.

En raison de la totalité de la preuve, il est raisonnable d'établir une présomption pour le carcinome testiculaire sur la base de la preuve courante. Toutefois, étant donné les limites méthodologiques de Bates et coll.¹³² et le manque de preuve disponible quant à l'exposition, le type de tissus des tumeurs et la période de latence, aucune autre directive ne peut être recommandée. Le cancer des testicules n'était pas considéré dans les études précédentes et un taux élevé peut avoir été masqué dans les données agrégées des cancers génito-urinaires.

Le cancer des testicules représente un bon exemple de problème du « premier cas ». Lorsque le premier cas d'une association, non reconnue précédemment, est révélé dans une poursuite judiciaire ou lors d'une demande d'indemnité, la documentation est inexistante et ne peut donc pas l'appuyer. Le premier cas est pratiquement toujours refusé. Si le cas est jugé par un tribunal, il ferme l'accès à toute future action en justice parce que le cas est considéré comme réglé. À moins qu'il y ait une disposition dans le système d'indemnisation des travailleurs qui stipule qu'il est possible de rouvrir la demande d'indemnité, le demandeur d'indemnité ne reçoit aucune compensation, peu importe l'accumulation subséquente de preuves. Un premier cas publicisé stimule souvent la tenue d'autres recherches, mais celles-ci arrivent ordinairement trop tard pour la demande d'indemnité initiale.

Même si la présence d'expositions connues pour causer le cancer des testicules ne peut pas être documentée chez les pompiers, il y a une forte preuve d'une augmentation dans la documentation qui excède le critère de présomption. La prépondérance de la preuve favorise la causalité et une preuve suffisante pour établir une présomption.

Un rapport qui a parfois servi à réfuter des demandes d'indemnité pour ce cancer est celui de Golka et coll.¹⁵⁶, qui comprend une erreur importante. À la page 388, il énonce qu'« Aucune étude pertinente sur le cancer des testicules attribuable à un métier n'a été publiée. » Cet énoncé ne tient pas compte de l'étude de Bates et coll.¹³² (2001), publiée trois années avant celle de Golka et coll., dans un journal à grande distribution. La raison probable de cette

omission est que Golka et coll., à l'instar de Lipworth, est^{145, 157} biaisé dans sa méthode de recherche et processus de révision par rapport aux études rétrospectives et de surveillance. Ces dernières sont fondées sur des données de contrôle et examinent les associations avec plusieurs métiers, contrairement aux études qui commencent par le métier et cherchent ensuite des associations, soit à l'aide de méthodes prospectives ou rétrospectives. Les recherches qui utilisent les métiers comme première catégorie ne réussiront vraisemblablement pas à obtenir des résultats propres à des métiers spécifiques autant que si la recherche était faite sur ces métiers spécifiques. La méthodologie du contrôle de la population, avec toutes ces possibilités de mauvaise classification et cas manqués, produira probablement plus d'estimations de risque faible systématique qu'une étude prospective bien construite s'intéressant à un seul métier.

Cancer de la prostate

La question du cancer de la prostate est souvent revenue et s'est avérée exceptionnellement difficile. *A priori*, la preuve semblerait suggérer une association plutôt faible avec une plausibilité toxicologique. Toutefois, le cancer de la prostate présente des problèmes particuliers qui remettent même cette conclusion en question. Le cancer de la prostate, en dépit d'un nombre d'études qui semblent suggérer un taux élevé, est l'exemple d'un diagnostic qui ne correspond pas au cadre logique d'une présomption. Le cancer de la prostate ne correspond pas au cadre décrit dans ce rapport. Ainsi, le cancer de la prostate nécessite des discussions et de la documentation exceptionnellement abondantes.

La participation aux programmes de dépistage rapporte maintenant des tendances au sujet du cancer de la prostate. La fréquence à laquelle on reconnaît le cancer de la prostate dans la population en général a augmenté au cours des récentes années, mais non pas la mortalité imputable à cette maladie. La plupart des observateurs croient que ceci est dû à l'amélioration du dépistage et du diagnostic plutôt qu'à une augmentation de l'incidence. En particulier, les programmes de dépistage meilleurs et plus intenses, voire même obligatoires, qui comportent les tests de détection du cancer de la prostate peuvent expliquer cette augmentation.

Le cancer de la prostate est souvent identifié au moment d'un examen ou d'une évaluation, et les formes les plus courantes de celui-ci ne sont pas mortelles ni très progressives lorsqu'elles apparaissent tard dans la vie de l'homme. Pour ces raisons, il est grandement sous-diagnostiqué. De petits cancers « indolents » ou « latents » sont souvent repérés au cours d'une autopsie, surtout à des âges avancés.

Le cancer de la prostate indolent est une maladie courante et virtuellement inévitable chez l'homme vieillissant, de façon telle que les augmentations du risque ne sont pas réellement indicatives de l'incidence à long terme. Dans plusieurs, et peut-être dans la majorité des cas, le cancer de la prostate n'a aucun effet sur la longévité ou sur les symptômes et il n'est pas garanti que l'investigation le détectera, en absence de dépistage. Si aucun dépistage n'est effectué, la maladie ne serait jamais détectée. Les autopsies présentent des taux plus élevés de cancers de la prostate, en particulier ceux de forme indolente, que les efforts de dépistage faits tout au long de la vie. La plupart des hommes âgés qui meurent ne font pas l'objet d'autopsie. S'il y avait des autopsies, le taux rapporté de cancer de la prostate serait beaucoup plus élevé et reflèterait beaucoup plus précisément la vraie prévalence.

Lorsque les membres d'un groupe adhèrent ou se conforment à un programme de dépistage du cancer de la prostate, ces cancers auparavant non détectés sont identifiés et répertoriés en nombre de cas, même s'ils étaient présents, mais non connus dans la population. Aujourd'hui, les pompiers participent à des programmes intensifs de mieux-être et de dépistage, souvent obligatoires, alors on peut s'attendre à cette « surdéttection » du cancer de la prostate.

Si on compare un groupe de pompiers qui adhèrent rigoureusement à des programmes de dépistage à une population de référence qui ne se soumet pas au dépistage (comme la population des hommes en général), on rapportera inévitablement une augmentation du risque qui ne reflète pas la véritable incidence du cancer de la prostate. Le groupe qui adhère plus étroitement aux programmes de dépistage aura beaucoup plus de cas observés de cancers indolents ou latents, mais comportera probablement le même taux (étant donné l'incertitude statistique) de cancers beaucoup plus virulents que la population de référence. Le résultat sera une augmentation apparente imputable à un biais dans la détection plutôt qu'une véritable différence dans les taux de cancers.

Le test de l'antigène prostatique spécifique (APS) a été introduit en 1987, et a rapidement été intégré aux programmes de dépistage médical chez les hommes. On ne s'attend pas à ce que les études menées avant la fin des années 1990 aient repéré un effet relié au dépistage parce que les programmes de mieux-être et de dépistage chez les pompiers n'étaient pas monnaie courante à l'époque. En général, exception faite des études de Giles et coll. (1993)³² et de Demers et coll. (1994)¹⁵⁸, les études réalisées chez les pompiers avant 1990 ne présentent aucune augmentation apparente dans la fréquence du cancer de la prostate. (Par ailleurs, l'augmentation observée chez Grimes est assez élevée, et est survenue en Australie, pays dans lequel un service de santé nationale est institué depuis 1980 cette étude constitue l'anomalie la plus importante.) La coïncidence dans l'augmentation du cancer de la prostate rapportée chez les pompiers semble correspondre à l'introduction massive des programmes de promotion du mieux-être et de la santé chez les pompiers, lesquelles mettent l'accent sur le dépistage de la maladie.

L'International Agency for Research on Cancer IARC (IARC Monographie No 98, 2007)¹⁵⁹ reconnaît deux études qui présentent une association entre le cancer de la prostate et le métier de pompier. Krstev (2008)¹⁶⁰, avec un risque relatif supérieur à 3, est la seule étude à observer un risque si élevé, et Bates, avec un risque relatif d'environ 1,2, est une étude plus en lien avec la documentation mondiale. Plusieurs études revues par l'IARC n'ont présenté aucune augmentation. La monographie de l'IARC n'a pas reconnu la lutte contre les incendies comme métier associé au cancer de la prostate. Elle ne fait que résumer la preuve. Une autre section du document, traitant des quarts de travail, laissait à penser qu'une grande variété de cancers étaient associés aux changements des quarts de travail caractéristiques du métier de pompier, mais l'association entre la lutte contre les incendies et le cancer de la prostate n'a pas été explicitement établie. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques ont longtemps été reconnus par l'IARC comme un groupe de carcinogènes de catégorie 1, mais non comme un risque chimique associé au cancer de la prostate.

Demers et coll. (1994)¹⁵⁸ a constaté que l'augmentation observée (risque relatif de 144) des cancers de la prostate dans la population des pompiers urbains de l'état de Washington était assez réduite lorsqu'on la comparait aux policiers plutôt qu'à la population en général. Les policiers sont un groupe d'employés municipaux ayant des avantages semblables et des exigences physiques comparables à ceux des pompiers, mais sans la même exposition intense aux carcinogènes caractérisant la lutte contre les incendies.

Krstev et coll. (1998)¹⁶⁰ a démontré des augmentations remarquablement élevées de cancer de la prostate chez les pompiers américains blancs et afro-américains (4,75, 2,64, respectivement) dans un groupe synthétique combiné de pompiers d'Atlanta, de Détroit et du New Jersey. L'étude présentait un petit nombre de cas malgré la grande population de pompiers. C'est là une preuve aberrante compte tenu de l'ampleur élevée de l'estimation du risque.

Ma et coll. (1998)³⁸ a observé une augmentation du cancer de la prostate chez les pompiers blancs et afro-américains, mais celle-ci était faible (risque relatif approché de mortalité de 12).

La fréquence du cancer de la prostate est élevée chez les Afro-américains dans la population en général, tout comme l'est la mortalité imputable à cette maladie, et il s'agit d'une situation qui persiste.¹⁶¹ L'égalisation des taux relatifs chez les pompiers semble indiquer, mais ne le prouve pas, que l'accès à des soins de santé et au programme de dépistage soit responsable d'une proportion de cette disparité.

Dans une vaste étude de cohorte des travailleurs des Pays-Bas, que l'on examinait pour détecter le cancer de la prostate¹⁶², les pompiers avaient un taux plus faible que la population de référence. Toutefois, l'étude n'était de toute évidence pas assez puissante et, en raison de ses caractéristiques inhabituelles, le biais a été difficile à interpréter. En 1986, également aux Pays-Bas, Zeegers a réalisé une étude de cohorte prospective du risque de cancer de la prostate, en se servant de l'incidence, chez les hommes âgés de 55 à 69 ans.¹⁶³ Il a ensuite mené une étude de cas-témoin au sein de la cohorte, en utilisant comme cas les sujets qui avaient développé un cancer de la prostate. En raison du modèle de cette étude, il s'est servi d'un intervalle de confiance de 99 % plutôt que de 95 %, mais il ne s'agissait pas là d'une source de biais puisqu'il a observé des réductions modérées du risque chez les pompiers de sa cohorte. Cette étude était alors encore moins puissante que d'ordinaire pour détecter des résultats non fréquents dans des métiers individuels. Les travailleurs de l'industrie du caoutchouc (la définition de ceux-ci étant « a déjà travaillé dans l'industriel ») de cette cohorte ont démontré un très haut RR=4,18, sans atteindre pourtant une importance statistique. (Les travailleurs de l'industrie du caoutchouc étaient connus par le passé pour avoir des taux élevés de cancer de la prostate, recensés dans plusieurs études d'autres pays.) Ceci suggère que même si l'étude était vaste, sa puissance à détecter un taux élevé dans un quelconque métier était faible. Les policiers ont démontré une augmentation du risque très élevée (4,00) et statistiquement significative, ce qui constitue une nouvelle conclusion, non répliquée dans d'autres études sur les policiers.¹⁶⁴ Ce que cela signifie pour les pompiers n'est pas complètement clair, mais devrait être considéré comme une preuve faible ou négative d'association au cancer de la prostate.

Bates et coll. (2007) a démontré une augmentation statistiquement significative du cancer de la prostate chez les pompiers de Californie (RRA=1,22, 95 % IC= 1,12-1,33).^{25, 163}

Une étude assez convaincante qui illustre la complexité de la question est celle de Ahn et coll. (2012)¹³⁵ sur le personnel de sauvetage et d'incendie de Corée, lequel présentait un taux de risque relatif global élevé (1,60). Mais quand on divisait ce risque entre le personnel ayant des tâches de lutte contre les incendies et d'autres qui n'effectuaient pas ces tâches, l'augmentation du risque prédominant était chez les non-pompiers (1,32 et 6,01, respectivement), soit ceux qui s'acquittaient de tâches administratives pendant les mêmes quarts de travail, tous calculés par rapport à la population générale mâle coréenne. Ces conclusions sont contraires à ce que l'on pourrait s'attendre si on tient pour acquis que la lutte contre les incendies est le facteur de risque des opérateurs, associé à l'effet du travail et à l'accès aux services de dépistage, et s'il était observé pour plusieurs autres cancers. Il a été démontré dans cette étude que le personnel de sauvetage et d'incendie est en meilleure santé que la population en général, ce qui laisserait supposer de meilleurs soins de santé et de meilleurs programmes de dépistage sur une plus longue période. (La Corée a instauré une assurance maladie nationale en 1977, mais elle n'a pas couvert toute la population avant 1989. Les employés du gouvernement, y compris le personnel de sauvetage et d'incendie, ont été inscrits au programme en 1979.) Les conclusions de cette étude, dans l'ensemble, ne soutiennent pas un risque augmenté de cancer de la prostate chez les pompiers en dépit de l'apparence d'un risque estimé quelque peu élevé.

D'autres études n'ont pas rapporté une association.

Dans sa méta-analyse de la documentation existante jusqu'à cette époque, LeMasters et coll. (2006)⁵⁶ a observé une élévation de l'ampleur du risque légèrement sous 30 % (risque relatif de

1,28) du cancer de la prostate chez les pompiers. À mon avis, cette conclusion peut être vraie, étant donné l'incertitude statistique (globalement l'étude de LeMasters est bien faite, mais accorde beaucoup de confiance à la méthodologie de la méta-analyse), mais ces résultats ne signifient pas nécessairement que le cancer de la prostate est associé aux expositions provenant de la lutte contre les incendies. Ils signifient probablement que la détection du cancer de la prostate est beaucoup plus efficace chez les pompiers et les autres employés municipaux qui sont assurés et participent à des programmes de dépistage, que dans la population en général, chez qui on retrouve beaucoup de personnes non assurées et un dépistage du cancer de la prostate à géométrie variable, ou inexistant.

Les études sur les cancers professionnels basées sur la population sont habituellement non satisfaisantes en raison de leur faible capacité à identifier des associations avec divers métiers. Une exception à cette règle a été l'étude faite sur 15 millions d'habitants de cinq pays nordiques dans laquelle les auteurs concluent : « Le cancer le plus courant chez les hommes de la présente cohorte était le cancer de la prostate (339 973 cas). En dépit du nombre énorme de cas, nous n'avons pas pu démontrer des risques reliés au métier. La petite variation observée reliée au métier pourrait facilement être expliquée en variant la fréquence du test d'antigène prostatique spécifique (APS). »¹⁶⁵ L'absence d'association professionnelle comprendrait la lutte contre les incendies.

La preuve d'une association entre les expositions professionnelles et environnementales et le cancer de la prostate a fait l'objet de beaucoup de recherche, mais a été difficile à effectuer, sauf pour une association en lien avec le travail sur la ferme. Même si une association a été observée ou est soupçonnée dans les études sur les pompiers, ordinairement avec des risques estimés faibles, l'ensemble de la preuve ne soutient pas une présomption le métier de pompier.

Le cancer de la prostate est une maladie quasi normale chez l'homme vieillissant, avec une incidence progressive avec l'âge si forte qu'il deviendrait presque universel si les hommes vivaient encore plus longtemps. Même si quelques cas peuvent être dévastateurs, et le cancer virulent de la prostate a fauché de nombreuses vies, plusieurs et probablement la majorité des cancers de la prostate ne causent pas la mort ou même d'inconvénient au cours de la vie. Ceci s'explique par le fait que la plupart d'entre eux sont appelés « indolents » ou « latents », ce qui signifie qu'ils progressent lentement et ne sont pas virulents.

La plupart des hommes ne savent pas qu'ils ont un cancer de la prostate et ne le sauraient jamais sans dépistage puisse que seulement une faible proportion des cancers de la prostate se développent de manière suffisamment virulente pour présenter des symptômes et menacer la vie. Plusieurs cancers de la prostate envahissants sont ignorés pendant le cours d'une vie et ne sont repérés qu'au cours d'une autopsie.^{166 167} D'autres sont « indolents », ce qui signifie qu'ils progressent lentement et ne sont pas envahissants et ne seraient donc pas détectés pendant la vie d'un homme. Il en résulte un « réservoir » (terme utilisé par quelques investigateurs) de cas non précédemment détectés qui peuvent être observés en cherchant vraiment bien.

Le dépistage est connu pour détecter un plus grand nombre de cas de cancers de la prostate qu'on pourrait soupçonner dans la population générale. Il identifie surtout des cas indolents qui ne causeraient autrement ni un décès ni une invalidité.^{16, 168-170} L'ampleur de cette « détection excessive » (la détection de tumeurs sans influence sur la santé publique) est rapportée à environ 30 % ou 40 %, ce qui est semblable à l'augmentation rapportée et observée chez les pompiers. L'adoption à grande échelle de programmes de dépistage du cancer de la prostate (spécialement en utilisant l'antigène prostatique spécifique) a été associée à une grande augmentation de la prévalence rapportée, mais il n'y a eu aucun changement dans la mortalité, ce qui démontre que ces cancers additionnels sont surtout indolents (voire même « bénins » – ce sont de vrais cancers, mais leur croissance est trop lente pour causer des problèmes cliniques). Plus il y a de

dépistage, plus de cancers indolents sont détectés et répertoriés dans les études sur l'incidence du cancer, mais ils étaient déjà présents.

Au Canada, où les habitants ont un accès équitable à des soins de santé et où il y a moins de différences entre les avantages accordés aux pompiers et l'accès à des soins de santé pour la population en général, aucun taux élevé de cancer de la prostate n'a été observé chez les pompiers du nord-est de l'Ontario par rapport à la population des hommes y habitant et âgés de plus de 50 ans.¹⁷¹

Les pompiers ont pratiquement toujours avec des contrats de travail et des avantages négociés qui leur fournissent des accès à de bons services de santé, une assurance complète qui couvre les tests, des services de santé qui les encouragent et, en particulier, la participation élevée à des programmes qui font la promotion du dépistage et l'exigent parfois. À titre d'exemple, le service d'incendie et de sauvetage de Dallas est un des nombreux services qui a instauré un programme de mieux-être dans lequel le dépistage est inclus.¹⁷² On ne s'étonnera pas de constater que plus de cas sont observés parmi de telles populations.

Quand on interprète des études sur une activité professionnelle qui comporte particulièrement une bonne couverture d'assurance maladie et de bons avantages sociaux, comme c'est le cas pour les pompiers, l'erreur systématique de dépistage devient très importante. Le dépistage du cancer de la prostate est très assidu dans les programmes d'avantages sociaux des pompiers et est fortement encouragé dans les examens de routine, et dans plusieurs autres programmes offerts aux pompiers. Par conséquent, on s'attendrait à ce qu'une population où le dépistage est très présent démontre un taux élevé apparent, mais non réel, de cas par rapport à la population en général, mais non par rapport à d'autres populations qui font un dépistage routinier et intensif des cancers. C'est exactement ce qui est observé dans le cas des pompiers et du cancer de la prostate.

Les critères pour établir une présomption à des fins de causalité générale s'appuient sur la démonstration voulant que les facteurs de risque professionnels de la majorité des cas qui proviennent de ce métier, contribuent davantage à augmenter le risque que les autres facteurs de risque qui prévalent dans la population en général. Pour le cancer de la prostate et la lutte contre les incendies, cette démonstration ne peut pas être faite.

Si la lutte contre les incendies était associée au cancer de la prostate à un niveau qui garantissait une présomption et qui impliquerait que le métier de pompier est la principale cause de maladie chez les pompiers, on s'attendrait à ce que le risque estimé soit près du double (un risque relatif de 2), avec une marge couvrant l'incertitude statistique et le biais. Seulement Giles suggère ce niveau de risque sans les facteurs de complication des effets du dépistage.³² Le risque relatif dans l'étude de LeMasters était de 1,28, pour un risque attribuable de 22 %, qui est inférieur à l'ampleur à laquelle on devrait s'attendre logiquement pour établir une présomption.⁵⁶ Aucune des études individuelles qu'ils ont insérées dans la méta-analyse ne présentait un risque même rapproché de cette ampleur. Par conséquent, la preuve d'une association avec la lutte contre les incendies ne serait pas suffisamment forte pour satisfaire les critères requis pour établir une présomption, même si on présume que les pompiers n'étaient pas sujets à plus de dépistage intensif.

Dans l'ensemble, la documentation sur le cancer de la prostate pourrait laisser entendre qu'il y a une association, mais elle ne peut pas du tout être démontrée selon la prépondérance des probabilités. Il y a peut-être une association entre le cancer de la prostate et les expositions aux HAP et possiblement à d'autres produits de la combustion dans des cas individuels où l'exposition est très élevée. Toutefois, une présomption basée sur une causalité générale n'est pas à l'évidence justifiée.

Il y a plusieurs raisonnements qui pourraient soutenir une causalité spécifique dans un cas individuel dont les caractéristiques suggèrent une association professionnelle (comme la détection à un âge exceptionnellement bas ou l'intensité des expositions).

Les investigations et études toxicologiques sur les populations intensément exposées à certains agents auxquels les pompiers sont exposés (les HAP et le gaz d'échappement des moteurs au diesel, en particulier) indiquent une augmentation du risque de cancer de la prostate. Cela évoque la possibilité qu'il y ait une association entre une exposition intense et le risque de développer le cancer de la prostate qui pourrait s'appliquer aux cas individuels même pas nécessairement à la causalité générale.

Dans la plupart des cas, le cancer de la prostate n'est ni étroitement ni systématiquement associé à un carcinogène connu, même le tabagisme. Diverses études individuelles ont suggéré une association du cancer de la prostate à une exposition au cadmium, aux huiles de coupe, au diesel et aux vapeurs de diesel, aux herbicides, aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), aux biphényles polychlorés, à la suie, au goudron, à l'huile minérale et aux solvants. Les études les plus spécifiques ont donné des résultats contradictoires au sujet des émissions de gaz diesel comme étant l'association la plus plausible observée jusqu'à présent, atteignant même un risque estimé aussi élevé que 3,7 dans une étude provenant d'Allemagne.¹⁷³ Les pompiers sont exposés aux émissions de diesel alors il est plausible que celles-ci contribuent au risque dans des cas individuels (par exemple, un jeune pompier subissant une exposition exceptionnellement intense), mais la preuve n'est pas suffisante pour conclure à une causalité générale.

Si les HAP, qui font partie des expositions prédominantes reliées à la combustion et associées à la lutte contre les incendies, constituent un facteur de risque principal du cancer de la prostate, comme ils le sont pour d'autres cancers, on s'attendrait à ce que le risque soit étroitement associé au tabagisme qui est une source principale d'exposition très intense aux HAP chez les adultes fumeurs. Toutefois, le lien entre le cancer de la prostate et le tabagisme est faible.¹⁷⁴

Des études sur une activité professionnelle dont l'exposition intense aux HAP est aussi élevée que chez les pompiers suggéraient un risque accru de mortalité due au cancer de la prostate, mais il n'y avait pas d'augmentation dans l'incidence de cancer. L'étude de Sims et coll. a observé une forte association entre le risque de mortalité due au cancer de la prostate et les travaux de précuissson de la fusion de l'aluminium¹⁷⁵, laquelle n'est pas caractérisée par une exposition intense et chronique à des HAP comme c'était le cas dans l'industrie avec la technologie précédente, soit le processus de Søderburg. Si un nombre important de ces travailleurs étaient plus âgés et avaient déjà travaillé dans les usines de Søderburg, toutefois, on pouvait voir une augmentation de la mortalité, mais pas une incidence. L'étude a été réalisée en Australie, où les caractéristiques du système de santé diminuent probablement l'erreur systématique de dépistage. D'autres études sur la précuissson dans les alumineries ne présentaient pas d'augmentation.

Une importante source de données sur les risques de cancer chez les pompiers comprend les cellules prostatiques, mais on devrait mettre en doute sa pertinence marginale avec le cancer de la prostate comme tel. L'étude a été réalisée sur des cellules cultivées de la prostate, en examinant les mécanismes modifiant l'expression génétique (« épigénétique ») plutôt que de modifier les gènes eux-mêmes.¹⁷⁶ Ouyang et coll. (2012) a observé que les pompiers présentaient une prévalence plus élevée dans l'expression d'un gène particulier (promoteur phosphatase 22) qui a été associé à un risque accru de cancer. Cette découverte a été associée à « l'hypométhylation » (l'attache d'un groupement méthyle sur les bases dans la séquence d'ADN codant l'expression du gène). Le niveau d'hypométhylation est corrélé avec la durée du service comme pompiers et non avec l'âge du sujet. L'effet pouvait être reproduit en exposant

les cellules au benzo[a]pyrène, un carcinogène connu que l'on retrouve couramment et qui est toujours présent parmi les hydrocarbures aromatiques polycycliques émanant des sources de combustion. La conclusion des auteurs était que l'exposition cumulative aux HAP pendant la lutte contre les incendies peut causer des changements épigénétiques dans les promoteurs de gènes spécifiques. Il s'agit là d'une étude intéressante et provocatrice, très éloignée des cellules prostatiques humaines vivantes entourées d'autres tissus et sensibles à plusieurs influences, y compris les hormones. Elle présente de façon générale peu de réactions aux agents cancérigènes chez les humains dans les études sur la population. L'importance véritable de cette étude est qu'elle indique que les cellules profondes du corps humain, et non pas seulement celles des poumons ou de la peau sont touchées par des expositions constantes durant la lutte contre les incendies, lesquelles prédisposent au risque de cancer. Ce n'est pas nécessairement une preuve tangible de cancer de la prostate. Le niveau d'exposition du groupe expérimental ne peut pas être facilement relié aux expositions professionnelles et l'article ne compare pas la dose reçue au niveau des cellules.

La conclusion à tirer de ces études est que c'est possible, mais que la preuve n'est pas encore suffisante ni démontrée à une prépondérance des probabilités indiquant que, en cas d'exposition intense aux HAP, le risque de cancer de la prostate puisse être élevé chez les pompiers individuels. Le risque de cancer de la prostate incident au cours d'une vie pour les hommes est déjà tellement élevé qu'il dépend beaucoup plus de la longévité qu'au métier de pompier.

Dans son ensemble, la preuve suggère que s'il y a une association et que le métier de pompier est relié à l'exposition à des produits de combustion et possiblement au gaz d'échappement des moteurs diesel, l'association devrait être démontrée dans les cas individuels. Toutefois, les caractéristiques du cancer de la prostate et l'incidence élevée de sa forme indolente chez les hommes vieillissants ne soutiennent pas une présomption ou une conclusion de causalité générale.

CERVEAU

Youakim⁵⁷ et LeMasters et coll.⁵⁶ ont tous les deux démontré l'augmentation du risque du cancer du cerveau chez les pompiers, en se servant des critères traditionnels de la méta-analyse.

Les cancers du cerveau atteignant les tissus cérébraux sont relativement rares et peuvent comprendre une vingtaine ou plus de types. Chaque type peut être ou ne pas être une maladie différente, avec ses propres facteurs de risque. Les études épidémiologiques ne font pas la distinction entre eux parce qu'ils sont tous rares individuellement, sujets à être mal codés et sont agrégés dans un Code international des maladies (CIM) plus général quand ils sont rapportés. Le cancer du cerveau le plus courant est le gliome, mais ce type constitue seulement la moitié du total des cas. Les gliomes (astrocytes) sont beaucoup plus enclins à être associés aux expositions environnementales et professionnelles que les autres types de tumeurs cérébrales. Le risque d'un cancer du cerveau, comme catégorie agrégée, est augmenté dans plusieurs études, mais le risque est probablement dilué par l'inclusion des cancers (et méningiome) qui ne sont pas associés à des facteurs environnementaux ni professionnels.¹⁷⁷ Ceci apporte un biais quant à la sous-estimation du risque pour ce sous-ensemble de cancers qui pourrait avoir une vraie association à la lutte contre les incendies. L'analyse par type de tumeurs spécifiques pourrait identifier quelle tumeur, le cas échéant, est associée au risque, mais ces cancers sont peu communs et une étude de la sorte serait difficile à faire, exigerait de larges populations et ne serait pas réalisée avant très longtemps, si même elle est réalisée.

McGregor a noté que « le risque de cancer du cerveau a tendance à être plus élevé qu'on s'y attendrait chez les pompiers dans une majorité (10) des 16 publications considérées », mais indique qu'il y a de nombreuses incertitudes et que la plausibilité biologique faisait défaut.¹⁶ Toutefois, McGregor fondait ses conclusions sur la norme de la certitude scientifique, qui n'est pas une norme d'indemnisation. La base de sa conclusion concernant la plausibilité n'est pas claire parce que l'astrocyte, la cellule d'origine des gliomes, est métaboliquement active, impliquée dans le transport, riche en lipides, soit des caractéristiques qui sembleraient favoriser l'action d'un carcinogène responsable.

Une approche différente est requise pour déterminer le risque professionnel dans cette catégorie de tumeurs, en inférant le risque pour le type prédominant à partir de risque combiné pour ce groupe. On peut s'attendre à ce que l'ampleur du risque élevé de gliomes soit diluée par l'agrégation des tumeurs cérébrales qui ne sont pas des gliomes. Par conséquent, toute augmentation constante dans la catégorie en général est probablement une indication du risque élevé de gliomes, mais l'ampleur sera atténuée par la dilution.

Bates (2007)¹³³ a démontré une augmentation statistiquement significative du cancer du cerveau chez les pompiers de Californie (RRA=1,35, 95 % IC= 1,06-1,72). Krishnan (2003)¹⁷⁸ a examiné l'association entre l'incidence de gliomes et le métier en Californie et a observé des risques relatifs approchés chez les pompiers, en tant que métier exercé depuis longtemps (RRA=588, 95 % IC= 0,70-4301) ou déjà exercé (RRA=2,85, 95 % IC= 0,77-10,58), mais le modèle de l'étude était intrinsèquement faible et n'atteint pas une importance statistique. Kang¹³⁴ a observé une augmentation du risque statistiquement significative chez les pompiers du Massachusetts par rapport aux policiers (RRASM=1,90, 95 % IC=1,10-3,26), qui demeurait élevée, mais perdait de l'importance lorsqu'on la comparait à la population de référence (RRASM=1,36, 95 % IC= 0,87-2,12). Ainsi, il semble y avoir une très bonne cohérence dans les estimations des risques pour cette catégorie de cancers agrégés dans les études positives.

Ma et coll.¹³¹ a rapporté qu'aucune augmentation de cancer du cerveau n'avait été observée chez les pompiers de race blanche. Dans son étude sur les pompiers de Floride^{60, 124}, elle a identifié une réduction (RIS=0,58) chez les pompiers et aucun cas chez les pompières. Burnett⁵⁹ n'a pas observé d'augmentation de cancer du cerveau.

Baris et coll.¹⁸ a observé une diminution relative du cancer du cerveau, avec un RSM de 0,61 (95 % IC= 0,31-1,22). Le risque ne semblait pas être concentré dans un quelconque sous-ensemble de pompiers en fonction de leur affectation, du nombre et de la durée des interventions, même si le RSM le plus élevé (1,18) a été observé parmi les pompiers ayant participé à plus de 729 interventions au cours de leurs cinq premières années de service. Étant donné que le cerveau est un site tumoral non commun, la puissance statistique de l'étude est ordinairement limitée, même dans les grandes études de cohorte. Par conséquent, cette étude ne contredit pas les conclusions des autres études qui suggèrent une augmentation du risque (la limite supérieure de 95 % était 1,22), mais elle ne les soutient pas non plus. Le poids de la preuve à ce jour, surtout dans les études précédentes, suggère que l'augmentation du risque de cancer du cerveau reflète un véritable risque qui pourrait être concentré chez certains sous-groupes, tels qu'il a été démontré chez les pompiers de race noire.

Nonobstant l'information courante qui n'identifie pas un seul agent causal responsable, étant donné la présence d'expositions connues ou soupçonnées de causer le cancer du cerveau et d'agir sur l'astrocyte, et étant donné la preuve d'une augmentation décrite dans la documentation qui suggère une dilution du vrai risque qui approche le critère de présomption, la prépondérance de la preuve favorise la causalité et un poids suffisant pour établir une présomption.

Demers et coll.¹⁷⁹ a documenté un risque doublé (RSM 257) à moins de dix années de service, culminant à plus du triple (353) jusqu'à 19 années de service. Heyer et coll.¹⁸⁰ a aussi observé un risque presque doublé (184) à moins de 15 années d'exposition. La période de latence minimale pour un cancer du cerveau n'est pas claire, surtout pour les astrocytomes à croissance rapide. Il serait raisonnable de présumer que pour les cancers du cerveau virulents, le temps écoulé depuis la première exposition est inférieur à dix années dans certains cas. Dans sa méta-analyse, Youakim observait que les pompiers ayant plus de 30 années de service étaient le plus à risque.⁵⁷

LEUCÉMIE, LYMPHOME, MYÉLOME : UNE COMBINAISON ILLOGIQUE

L'agrégation des maladies représente la situation la plus difficile à interpréter en raison de l'hétérogénéité médicale de la catégorie et demeure réfractaire aux efforts visant à extraire quelle maladie individuelle participe davantage à l'élévation du risque.

La « leucémie, lymphome, myélome » ont déjà formé une agrégation commune dans les études épidémiologiques. Toutefois, il ne s'agit pas d'une agrégation médicalement défendable de l'évolution de maladies. Ces catégories de maladies sont distinctes, même s'il y a chevauchement, et chaque catégorie est constituée des maladies individuelles avec des caractéristiques très différentes. La plupart des études épidémiologiques regroupent les décès et les nouveaux cas dans ces trois grandes catégories, et plus souvent ensemble, afin d'obtenir des chiffres servant à des fins statistiques. Toutefois, l'intention de ce regroupement est de faire une évaluation provisoire pour déterminer s'il y a anomalie. Quand ces agrégations sont prises à leur valeur nominale, comme si elles constituaient l'évolution d'une seule maladie, l'augmentation d'une maladie et la diminution d'une autre peuvent facilement fausser l'estimation du risque agrégé.

Lymphomes non hodgkiniens

L'IARC (2007) reconnaît déjà une association entre le lymphome non hodgkinien et le métier de pompier.¹²⁹ Youakim⁵⁷ et LeMasters et coll.⁵⁶ ont tous les deux reconnu un risque significativement élevé à l'aide des critères de leur méta-analyse. McGregor, de son côté, a conclu que la preuve était insuffisante pour pouvoir faire une recommandation.¹⁴

Les lymphomes ne sont pas communs, mais au moins deux fois plus courants que les leucémies. Il y a plusieurs lymphomes reconnus, et chacun d'eux constitue une maladie distincte. Ensemble, ils ont tendance à contribuer à un petit nombre de décès dans la plupart des études et sont difficiles à évaluer en tant que groupe par les épidémiologistes, et encore plus comme cas individuel. Parce qu'il existe plusieurs lymphomes, ils sont rares quand ils sont pris isolément et plusieurs ont tendance à se manifester à un âge plus avancé; leurs liens avec des facteurs environnementaux sont donc plus difficiles à déterminer que les leucémies.

Les études épidémiologiques ne séparent généralement pas les différents types, et si elles le font, elles divisent les lymphomes entre la maladie de Hodgkin et les lymphomes non hodgkiniens. La maladie de Hodgkin n'est en réalité qu'une classe de lymphomes étroitement liés qui ont tendance à survenir chez le jeune adulte, puis à un âge très avancé, et qui n'a pas été associé à un métier, à des expositions environnementales ni à des risques professionnels. (Il y a deux études qui suggèrent un taux élevé chez les pompiers, mais ces documents ne sont pas encore prêts à être évalués, à notre avis.) Les lymphomes non hodgkiniens constituent une catégorie plus vaste et encore plus hétérogène et sont connus depuis longtemps pour leur association avec plusieurs expositions environnementales ou professionnelles.²³ Les lymphomes non hodgkiniens sont divisés davantage, surtout dans les études épidémiologiques plus anciennes, en catégories obsolètes que sont les « lymphosarcomes » et les « réticulosarcomes », qui sont

à peine plus informatives que la catégorie agrégée. Ces classifications ne sont plus acceptées cliniquement et ont toujours été considérées comme approximatives, agrégeant diverses maladies lymphomateuses.

Ce système élémentaire masque le niveau de risque pouvant exister pour certains types de lymphomes graves. Il existe plus de 30 types de lymphomes reconnus dans le système de classification actuel. De nouveaux types seront certainement identifiés à l'avenir au fur et à mesure que la génomique évoluera. Différents types de lymphomes sont connus pour leur association à différents facteurs de risque professionnels : le lymphome folliculaire et l'industrie de la viande, et le lymphome à petites cellules et l'exposition aux solvants.²³ La leucémie lymphoïde chronique, qui est considérée plus précisément comme un lymphome apparaissant dans le sang, a été identifiée comme un risque chez les vétérans du Vietnam exposés aux herbicides, même si les leucémies, en général, ne sont pas reconnues. Il est évident, par conséquent, que combiner tous les lymphomes ne fournira pas une mesure significative du risque pour la recherche étiologique, peu importe les avantages statistiques que fournissent les chiffres agrégés.

Le vaste groupe de lymphomes B est réputé lui-même être un groupe hétérogène de cancers et non une maladie distincte. (Guraxani, 2009) Il s'agit clairement d'une catégorie hétérogène.

Pour cette raison, quand une étude présente une augmentation dans la catégorie « lymphomes non hodgkiniens », elle indique en fait que certaines maladies, et non les 30 qui forment cette catégorie, connaissent une augmentation, mais chacun des lymphomes n'est pas élevé. De la même manière, lorsque l'augmentation est modeste ou même absente, cela ne signifie pas que le risque pour ce lymphome particulier n'est pas élevé par rapport au groupe. La conclusion inévitable est que les estimations du risque sommaires pour les lymphomes, en tant que classe, ne décrivent pas le risque de diagnostics spécifiques pour les lymphomes associés aux travailleurs exposés, et en particulier aux pompiers. Autrement dit, même si le risque global de lymphomes non hodgkiniens en tant que groupe est élevé à, disons 1,50, ceci ne signifie pas que les lymphomes à petites cellules, les lymphomes diffus à grandes cellules B, les lymphomes folliculaires, les lymphomes de Burkitt, ou tout autre lymphome à cellules T sont tous augmentés au même niveau, si seulement ils sont augmentés. Quand il y a une augmentation dans la catégorie en général, une des explications les plus parcimonieuses est qu'il y a augmentation d'un de ces types de lymphomes qui est suffisamment grande pour élever le risque de toute la catégorie. Il est plus probable que la hausse soit dans le type le plus courant, qui serait les lymphomes diffus à grandes cellules B, plutôt qu'il y ait une hausse plus élevée dans un type moins courant, puisque les autres types ne comptent que quelques cas chacun. Toutefois, il ne s'agit là que d'une supposition et non d'un fait. Il est aussi possible qu'il y ait augmentation dans plus d'un type.

Le courant de pensée actuel en étiologie des lymphomes suggère que des modifications dans la stimulation, suppression ou modulation immunitaires constituent des événements clés de la maladie.¹⁸¹ Si, comme cela semble plausible, différentes expositions environnementales sont associées à des changements fonctionnels dans les différents types de cellules des lymphomes non hodgkiniens, alors l'étiologie d'un lymphome particulier pourrait être plus ou moins spécifique. Un risque vraiment élevé qui survient, par exemple, d'une exposition à certains composants des produits de la combustion, pourrait être dilué par son inclusion dans la totalité des autres types de lymphomes qui ne sont pas associés à des expositions. L'analyse par type de tumeur spécifique pourrait identifier lequel des lymphomes est associé au risque, mais ces cancers sont peu courants et une telle étude n'est probablement pas réalisable pour un seul métier.

Les cancers lymphatiques ont été abordés séparément par l'étude de Burnett et coll.⁵⁹, qui a révélé une augmentation des lymphomes non hodgkiniens. La PMC était de 161 chez les pompiers morts avant l'âge de 65 ans et de 130 pour ceux morts à 65 ou après. Avec 35 et 66 décès respectivement, il s'agit là d'un important groupe de décès imputables à des lymphomes. Ces cancers ont également été identifiés séparément par Ma et coll.¹³¹ qui a observé une augmentation statistiquement significative de cancers lymphatiques chez les pompiers blancs, avec un RRAM de 1,4. Chez les pompiers de Floride, Ma et coll.^{60, 124} n'a observé aucune augmentation chez les hommes (RIS=1,09, 95 % IC= 0,61-1,80), mais une grande augmentation chez les pompières (RIS=3330, 95 % IC= 0,44-185,00), basée sur un seul cas. (Ma a aussi observé une augmentation du risque de maladie de Hodgkin, RIS=6,25, 95 % IC= 1,26-18,30, même si ce lymphome n'est généralement pas considéré comme une maladie professionnelle et est rarement élevé dans les études sur les maladies professionnelles.)

Baris et coll.¹⁸ a observé une augmentation globale pas aussi significative de lymphomes non hodgkiniens, avec un RSM de 1,41. Même si elle n'est pas statistiquement significative, cette augmentation est de 1,72 chez les pompiers avec 20 ans ou plus d'expérience et de 2,65 pour ceux affectés aux équipes d'échelles. Le sous-groupe embauché entre 1935 et 1944 présentait une augmentation statistiquement significative de son RSM 219 (95 % IC 1,18-4,07). Une relation dose-réponse inverse a été observée en fonction du nombre d'interventions; le groupe faisant le moins d'interventions présentant une augmentation significative, avec un RSM de 2,36 (95 % IC 1,31-4,26), mais aucun lien observé avec le nombre d'interventions au cours des cinq premières années. Baris et coll. a observé que parmi ceux qui étaient employés depuis plus de 20 ans, le RSM était de 2 (RSM 20, 95 % CI= 0,90-3,31). Ceci suggère la possibilité qu'il y ait de vraies augmentations dans ces sous-groupes.

Parmi les études contrôlant la population, Figgs et coll.¹⁸² a observé un risque extrêmement élevé de lymphomes non hodgkiniens chez les pompiers dans 24 états (MOR=5 RSM 6, 95 % IC= 2 RSM 5-12 RSM 3).

Ahn et coll.¹³⁵ a démontré un risque élevé global de lymphomes non hodgkiniens chez les répondants d'urgence coréens, qui jouent plusieurs rôles, mais sont engagés comme pompiers actifs. Cette grande étude est basée sur le registre national du cancer qui, on l'a noté, semble comporter un biais de sous-estimation, mais démontre un rapport d'incidence standard élevé pour les lymphomes non hodgkiniens, globalement (RIS = 1,81, 95 % IC= 1,12, 2,76).

On connaît très peu de choses sur les expositions des pompiers qui peuvent causer des lymphomes non hodgkiniens, même s'il existe des données à l'effet que des produits chimiques se retrouvant sur les scènes d'incendie, identifiés comme étant des solvants, peuvent être associés à une augmentation du risque de lymphomes non hodgkiniens dans d'autres contextes.¹⁸³ On en connaît très peu aussi sur les augmentations de lymphomes spécifiques, alors toutes les évaluations sont essentiellement basées sur un regroupement de ceux-ci. Une preuve indirecte existe pour les lymphomes B et explique pourquoi une vraie augmentation de ce lymphome, le plus commun, peut être aussi élevée ou même plus élevée que le critère de présomption, en demeurant toujours ignorée. En donnant le bénéfice du doute au travailleur, la prépondérance de la preuve favorise la causalité et donne une preuve suffisante pour établir une présomption.

Il y a une autre façon d'aborder le problème des lymphomes non hodgkiniens chez les pompiers : on ne peut réfuter sur la base de la causalité générale qu'un lymphome non hodgkinien provient du métier de pompier. De plus, non seulement la preuve de la causalité – laquelle est un standard plus élevé –, mais également la démonstration de la causalité selon la prépondérance des probabilités sont techniquement impossibles à faire et au-delà des capacités du demandeur

d'indemnité, parce qu'il y a manque de preuve directe. Le poids de la preuve indirecte qui existe suggère alors que les cancers de cette catégorie peuvent provenir du métier de pompier.

La période de latence pour des lymphomes non hodgkiniens semble très longue dans la plupart des cas. La latence minimale n'est pas claire.

Leucémies

Les cancers hématopoïétiques (qui touchent les organes hématopoïétiques, en particulier la moelle osseuse) sont généralement connus comme des leucémies, qui constituent une famille de maladies disparates. Ce sont des maladies peu courantes qui sont la moitié moins fréquente que les lymphomes non hodgkiniens. Il y a environ une douzaine de formes de leucémie bien connues, dont cinq ou six sont prédominantes. Un type relativement commun, la leucémie lymphoïde chronique est généralement mieux classée comme un lymphome. Différentes expositions environnementales peuvent être associées à différents types de cellules. La leucémie myéloïde aiguë est reconnue comme étant associée à une exposition au benzène. Il s'agit de la leucémie la plus courante chez les adultes et elle a fait l'objet de nombreuses études. Individuellement, les leucémies sont relativement rares. Un risque élevé véritable de leucémie myéloïde aiguë, pouvant provenir d'une exposition au benzène se dégageant des gaz de combustion, peut très bien être dilué par l'inclusion de cette maladie dans tous les autres types de leucémies, dont certaines n'ont peut-être aucun lien avec des conditions environnementales. À moins que les études soient menées sur des leucémies spécifiques aux pompiers, on ne peut résoudre ce problème et le risque doit donc être inféré à partir des données disponibles. De telles recherches seraient ardues, car il faut accumuler suffisamment de cas, mais la difficulté serait moindre que pour les lymphomes, qui comptent un nombre plus élevé de maladies distinctes.

McGregor se sert d'une norme de certitude scientifique pour conclure qu'un lien entre le benzène et la leucémie myéloïde aiguë était biologiquement plausible, mais que la preuve épidémiologie ne soutient pas les autres leucémies.¹⁷ Il reconnaît qu'un obstacle important était la rareté des études qui abordaient les cancers hématopoïétiques séparément et individuellement. LeMasters et coll., dans sa méta-analyse, conclut, en se servant de sa norme de certitude scientifique, que la leucémie en tant que maladie (sans les différencier entre elles) était possiblement associée à une activité professionnelle comme la lutte contre les incendies.⁵⁶

Les cancers hématopoïétiques ont été abordés séparément par Burnett et coll.⁵⁹, qui rapporte une part de la mortalité due à ces cancers de 171 chez les pompiers qui meurent avant l'âge de 65 ans et de 119 chez ceux qui meurent à 65 ans ou après. Avec 33 et 61 décès respectivement, il s'agit du plus grand groupe de décès par leucémie. Ma et coll.¹³¹ n'observe aucune augmentation apparente des cancers hématopoïétiques, avec un RRAM de 1,1 chez les pompiers. Parmi les pompiers de la Floride^{60, 124}, elle n'a observé aucune augmentation chez les pompiers et aucun cas chez les pompières.

Baris et coll.¹⁸ n'a observé aucune augmentation de leucémies (RSM de 83, 95 % IC 0,50-1,37), non spécifiées comme étant aiguës, chroniques ou d'un type particulier. Une importante augmentation statistique du RSM de 275 (95 % IC 1,03-7,33) a été observée chez les pompiers affectés aux équipes d'échelles seulement, mais non à ceux affectés à la fois aux équipes d'échelles et aux servants de pompe. Une augmentation non significative a été observée chez les pompiers ayant participé à un haut niveau d'interventions au cours des cinq premières années, avec un RSM de 2,44 (95 % IC 0,70-8,54) et à des niveaux moyens (mais non élevés) pendant toute leur vie professionnelle, avec un RSM de 2,50 (95 % IC 0,56-11,10). Ces données ne constituent pas une preuve irréfutable qu'il y a une véritable association dans cette population, mais elles ne l'éliminent pas non plus. Pour des raisons liées à sa puissance, l'étude de Baris et coll.¹⁸ n'apporte pas d'éclairage sur cette question.

Une importante anomalie existe dans la documentation plus ancienne. L'Abbé (dont le nom de femme mariée était Aronson) et Tomlinson¹⁸⁴, dans une étude sur les pompiers de Toronto, ont rapporté seulement le risque pour des types de leucémies. Ils ont observé un taux élevé de leucémies « lymphatiques » [lymphoblastiques] à 190 (42 – 485). Cette découverte a été très influente dans le rapport de l'Institute for Development Studies and Practices (IDSP), mais elle est anormale. On s'attendrait à ce que la leucémie myéloïde aiguë (LMA) soit élevée dans les circonstances dans lesquelles le benzène est un danger, et non pas la lymphoblastique. Ces découvertes suggèrent qu'il est prématuré de limiter la présomption à la LMA.

Même si l'Ontario reconnaît maintenant la leucémie lymphoblastique, la preuve présentée par L'Abbé et Tomlinson¹⁸⁴ ne peut pas être utilisée pour éliminer la possibilité d'une association avec la LMA. La preuve suggère (une fois de plus à un niveau plus probable qu'improbable) qu'on ne peut avancer de façon convaincante qu'une seule forme de leucémie aiguë, soit myéloïde ou lymphoblastique devrait être reconnue. La leucémie lymphoblastique est suggérée par les données empiriques, la LMA par le profil d'exposition toxicologique connu et expérimenté par les pompiers. Ainsi, il n'est pas possible de recommander un critère sélectif qui ne reconnaît que la LMA, lymphoblastique ou, plus précisément, seulement les leucémies aiguës et non chroniques.

Ainsi, du moins pour la leucémie myéloïde aiguë, une présomption est bien fondée. Toutefois, la preuve n'est pas suffisamment claire pour exclure les autres types et tous les types de leucémies combinées. Donner le bénéfice du doute au demandeur d'indemnité, tel que requis, suggère qu'une présomption réfutable de leucémie – en tant que classe de maladie – constitue la politique la plus défendable en termes de preuve.

Les leucémies ont tendance à avoir de courtes latences, de l'ordre de cinq ans environ. Les courtes périodes de latence, et par conséquent la durée du service qui est liée au développement de la leucémie, sont raisonnables et de l'ordre de quatre ans pour assurer qu'aucune erreur d'exclusion n'est probable.

Myélomes

Les myélomes sont des lymphomes B et des gammopathies monoclonales cancéreuses, classifiées différemment pour des raisons historiques et de manifestations cliniques. McGregor conclut qu'il n'y a pas de preuve soutenant une association, basée sur la norme de certitude scientifique.¹⁷ Toutefois, Baris et coll.¹⁸ observe un taux élevé global (RSM =1,7, 95 % IC= 0,9-3,1) augmentant au cours de la durée de l'emploi, dont les années de service de 20+ ont un RSM labile statistiquement significatif de 2,31 (95 % IC= 1,0 – 5,2), et un RSM statistiquement significatif de 2,54 (95 % IC= 1,2-5,7) pour les équipes de pompe seulement, suggérant une certaine corrélation entre les expositions moyennes et élevées au gaz s'échappant des moteurs diesel (les dernières basées sur un nombre moindre de décès). Ce modèle suggère une forte association qui ne peut pas être perçue comme étant confondante.

Le poids de la preuve suggère que les cancers de cette catégorie peuvent provenir du métier de pompier. En donnant le bénéfice du doute au travailleur, tel que requis, la prépondérance d'une preuve insuffisante privilégie la causalité et a suffisamment de poids pour établir la présomption. Ceci va dans le sens de la recommandation pour les lymphomes non hodgkiniens, dont les lymphomes B, qui chevauchent biologiquement les myélomes et, probablement leur causalité.

Une autre manière d'aborder le problème des myélomes est qu'ils ressemblent aux lymphomes non hodgkiniens chez les pompiers, dans la mesure où ils ne peuvent pas être réfutés sur la base de causalité générale voulant qu'un myélome provienne de l'activité professionnelle du pompier.

La période de latence du lymphome non hodgkinien semble être très longue dans la plupart des cas. La latence minimale n'est pas claire.

Interprétation

Le poids de la preuve pour le cancer lymphatique non hodgkinien et pour le cancer hématopoïétique suggère que l'augmentation du risque reflète un vrai risque chez certains sous-groupes, mais que ceux-ci ne peuvent pas être facilement identifiés à l'aide de critères pratiques au moment de l'indemnisation. Ainsi, les recommandations précédentes de présomption^{177, 185}, comme une présomption implicite avec évaluation individuelle de chaque cas, ne sont pas contredites par la nouvelle preuve. Puisque les risques de maladies individuelles ne peuvent pas être séparés, ils doivent être pris globalement jusqu'à ce que de nouvelles informations soient disponibles. Le National Cancer Institute (É.U.) poursuit des recherches dans ce domaine (surtout sur les lymphomes et leurs liens avec l'agriculture) depuis les dernières années et pourrait apporter de nouveaux éclairages dans le futur. Il est possible, mais peu probable (après consultations auprès du groupe) que l'importante étude multicentrique de la NIOSH examine les maladies individuelles au sein de ces groupes afin de présenter une image plus raffinée.

CANCER DU POUMON

Le cancer du poumon pose un problème différent. Dans ce cas, le risque associé au métier est supplanté par l'effet du tabagisme. On doit utiliser une approche différente.

Le cancer du poumon est le type de cancer le plus difficile à évaluer dans les études épidémiologiques sur les pompiers. Malgré l'évidente exposition à des carcinogènes inhalés dans la fumée^{3, 186}, il a été difficile de documenter un taux élevé de mortalité attribuable au cancer du poumon d'une ampleur et d'une cohérence qui soient compatibles à l'exposition dans le cadre du travail. Les études que nous avons réalisées en Alberta sur les pompiers qui sont entrés en service entre 1927 et 1987 indiquent une preuve d'augmentation du risque.¹⁴¹ La protection respiratoire a réduit les niveaux d'exposition individuels aux produits de la combustion depuis les années 1970, et cela explique peut-être pourquoi les études riches en années-personnes d'observation récentes, telles que celle de Baris et coll.¹⁸, n'observent pas d'augmentation. Par ailleurs, l'étude de Ma et coll.^{60, 124} ne décrit aucune augmentation du risque chez les pompiers mâles de Floride, et un risque courant modérément élevé de (RIS=1,40, 95 % IC= 0,28-4,8) chez les pompières qui, en général, ont joint les rangs des services de lutte contre les incendies plus récemment.

Incontestablement, le tabagisme complique l'analyse.¹² Les augmentations chez les pompiers surviennent dans le contexte d'une population dont un pourcentage appréciable fume ou a fumé du tabac, surtout chez les plus vieilles générations de pompiers déjà retraités, en âge de la retraite, ou toujours actifs, mais en fin de carrière. Le risque de cancer du poumon (ainsi que le risque des autres maladies liées au tabac) reflète la consommation passée de tabac.

Par ailleurs, la prévalence du tabagisme chez les pompiers contemporains ne semble pas être excessive par rapport aux autres ouvriers « cols bleus ».^{187, 188} On estime, à partir de données récentes tirées des états centraux des États-Unis, qu'environ 13,6 % des pompiers professionnels fument, moins que les 21 % de la population adulte et beaucoup moins que la prévalence de 29 % chez des cols bleus comparables hautement rémunérés et qualifiés. Les pompiers semblent même fumer moins que les 20 % de cols blancs, qui servent souvent à définir les groupes à faible risque de développer un cancer du poumon ou tout autre trouble lié au tabagisme.^{188, 189} Par conséquent, la proportion des cancers du poumon attribuable au métier de pompier est probablement plus élevée.

Une comparaison qui prend en compte la prévalence du tabagisme est éclairante. La preuve suggère qu'une association existe, mais qu'il est probable qu'elle soit masquée par des facteurs de confusion et ne soit pas aussi forte que l'indique la documentation sur la toxicologie.³

Risques non confondus attribuables à la lutte contre les incendies

Plusieurs études ont démontré un taux élevé de cancer du poumon de l'ordre de 20 à 80 % (c.-à-d. un RSM d'environ 120 ou 180), soit des proportions courantes dans les études portant sur les autres cols bleus soumis à moins de niveaux d'exposition.¹⁹⁰ Toutefois, les découvertes empiriques sur le cancer du poumon provenant d'études épidémiologiques récentes et bien menées se sont avérées incohérentes.⁸⁸ Une étude faite au Danemark rapportait un ratio standardisé de mortalité de 317 chez les pompiers plus âgés, mais la population de comparaison était inhabituelle et difficile à interpréter.¹⁹¹ Les études de cohorte de San Francisco⁹⁶ et de Buffalo¹⁹² n'ont démontré aucune augmentation du taux et ont même suggéré une baisse, comme le font la plupart des études contrôlant des populations (qui tendent systématiquement à sous-estimer le risque, et ne sont donc pas citées dans la présente section). On pourrait s'attendre à cela si les pompiers, en moyenne, fumaient moins que la population en général, et il existe quelques preuves à cet effet.¹⁸⁷

En 1995, nous suggérions que le véritable risque de cancer du poumon associé à la lutte contre les incendies, en considérant à la fois les fumeurs et les non-fumeurs, était probablement de l'ordre de 150.⁸⁸ Nous avançons alors que le vrai risque a été sous-estimé chez les pompiers de carrière et supplanté et confondu par l'effet du tabagisme, qui constitue un facteur de risque beaucoup plus grand. Les résultats ont été contestés. Il y a des raisons contextuelles qui portent à croire que le vrai risque a été sous-estimé chez les pompiers de carrière.

En pratique, toutes les longues études qui sont positives, pertinentes, proches des données primaires, grandes et bien réalisées semblent toutes indiquer un taux élevé de 30 % à 68%.⁸⁸ Les principales exceptions sont celles de Baris et coll.¹⁸, et de Vena et Fiedler.¹⁹² L'étude de Baris et coll.¹⁸, malgré un faible risque global (1,13, 95 % IC 0,97 – 1,32), suggère des augmentations dans certains sous-groupes, notamment les pompiers ayant moins de 9 années de service (1,52, 95 % IC 1,16 – 2,01), ceux affectés aux équipes de pompe (1,18, 95 % IC 0,93 – 1,51), et ceux engagés avant 1935 (1,30, 95 % IC 0,97 – 1,73).¹⁹² L'étude de Vena et Fiedler¹⁹² présente un des plus faibles risques globaux de la documentation sur les pompiers (0,94, 95 % IC 0,62 – 1,36), mais ses données indiquent une relation dose-effet possiblement associée avec la durée de l'emploi (une augmentation quasi-monotone du risque relatif de 0,14 pour chacune des cinq décennies de travail comme pompier, non paramétrique $p < 0.07$) et une élévation du taux statistiquement significative (à $p < 0.01$) chez les pompiers cumulant plus de 40 années de service (1,29). (Vena et Fiedler ont également comparé leurs cas incidents à la « population en général », cependant, à cette époque, les résidents de Buffalo avaient déjà un des plus hauts taux de mortalité attribuable au cancer des États-Unis.¹⁹³) Heyer et coll.¹⁸⁰ a rapporté un risque global de seulement 97 (95 % IC 65-139), mais a observé un risque élevé chez les pompiers âgés de 65 ans et plus, lorsque l'incidence de cancer du poumon a tendance à atteindre un sommet. Ainsi, même dans les études dites « négatives », il y a des indices d'association possible.

Parmi ces études qui semblent incontestablement « négatives », celle de Beaumont et coll.⁹⁶ rapporte le plus faible risque (0,84, 95 % IC 0,64 – 1,08). Cette étude fait ordinairement partie des études principales parce qu'elle présente aussi le meilleur effet du travailleur en bonne santé, le taux le plus faible de mortalité attribuable à toutes les causes 0,90 et le plus faible taux de mortalité par cancer (0,95), une distribution d'âge atypique et un taux élevé de cirrhoses.

À l'autre extrême se trouve une étude par Hansen et coll.¹⁹¹ dans laquelle le risque global de 163 (95 % IC 75 – 310) est accompagné d'un risque triplé (317) chez les pompiers âgés de 60 à

74 ans. Il s'agit d'une étude danoise imaginative qui a agrégé d'autres groupes professionnels en un groupe de référence synthétique. Ce caractère artificiel de l'étude la rend toutefois difficile à interpréter.

Dans notre étude des pompiers urbains en Alberta¹⁴¹, nous avons observé des tendances qui semblent suggérer un vrai RSM de l'ordre de 150 dans cette population. Individuellement, ces tendances ne sont pas définitives, mais ensemble, elles sont très suggestives. Le RSM global pour le cancer du poumon était 142 (95% IC 91, 211), statistiquement non significatif et impossible à distinguer de 150. Toutefois, le cancer du poumon avait augmenté à un RSM de 167 chez les pompiers qui étaient entrés en service dans les années 1960, la plus récente cohorte au moment de l'étude pour laquelle la période de latence prévisible s'était écoulée. Il ne s'agit pas d'une preuve forte parce qu'elle est fondée sur deux cas seulement, mais la cohorte suivante de pompiers entrés en service dans les années 1980 présentait un risque encore plus élevé de 261 (même si basé sur un simple cas). Le risque de cancer du poumon indiquait aussi une relation dose-effet dans nos données, chez les groupes de pompiers qui avaient vécu plus d'expositions et avaient une durée d'emploi plus grande, qui démontrait des augmentations de l'ordre de 200. Un risque initialement élevé pour ceux ayant moins d'expositions a décliné pendant la durée de l'emploi, mais a doublé chez les pompiers de 40 années de service ou plus (même si seulement deux pompiers se retrouvaient dans ce groupe). De manière plus convaincante, lorsque la durée de l'emploi était rajustée en termes de niveau d'exposition pour répondre à une classification des emplois, la relation dose-effet a changé et a suggéré, suivant un risque initialement élevé chez les pompiers en probation ou chez ceux inaptes à travailler, une faible augmentation plus ou moins cohérente pour la moyenne des pompiers exposés variant autour de 150 (échelle de 32 à 258), et un risque significativement élevé (408, $p < 0,05$) chez ceux ayant subi plus d'expositions pondérées en 35 années de service.

Malheureusement, les données des autres études ne peuvent pas être désagrégées sur la même base que la cohorte de l'Alberta. Malgré cela, l'étude Baris et coll.¹⁸, même si elle est globalement négative, semble démontrer le même effet au cours des 9 premières années.

Un important facteur de l'étude de l'Alberta, qui n'a pas été évalué au moment de sa publication initiale, est que le tabagisme est historiquement un facteur de confusion moindre en Alberta qu'il l'a été dans d'autres populations.¹⁹⁴ Des études subséquentes sur l'évolution des maladies pulmonaires associées au tabagisme suggèrent que les taux de tabagisme étaient historiquement faibles dans cette province par rapport au reste du pays et ceci se reflète par une mortalité plus faible attribuable à des broncho-pneumopathies chroniques obstructives. Au cours des récentes années, les taux de mortalité attribuable aux maladies reliées au tabagisme semblent avoir convergé avec ceux du reste du Canada puisque les taux de tabagisme ont diminué et que ceux de l'Alberta ont changé de manière moins dramatique. À nouveau, ceci suggère, mais ne prouve pas que l'expérience de l'Alberta est moins confondue par le tabagisme qu'ailleurs.

Une anomalie dans les données de l'Alberta est que le taux élevé a été observé dans une ville (Edmonton) et non dans l'autre (Calgary). À Edmonton seulement, le risque était de 201, le taux global le plus élevé rapporté pour le cancer du poumon.¹⁴¹ Les deux villes représentent une réplication interne parce que la même équipe d'étude a recueilli des données des deux villes en suivant le même protocole, a comparé en même temps les certificats de décès et a analysé les deux séries de données en même simultanément.

Considéré ensemble, et soutenu par des études méthodologiques fortes, 150 apparaît comme étant une estimation raisonnable du vrai risque (non confondu) pour le cancer du poumon chez les pompiers. La fraction attribuable au risque serait alors de l'ordre de 50% pour le métier de pompier. Pour le pompier moyen, par conséquent, l'estimation plus probable du risque associé à son métier serait environ la moitié du risque associé à la population dans laquelle il vit.

Le pompier non fumeur

Les conclusions des études épidémiologiques ne sont pas nécessairement applicables à un cas individuel. Les demandes d'indemnité faites en vertu des programmes d'indemnisation des travailleurs et autres tribunaux d'arbitrage doivent généralement être fondées sur des circonstances individuelles, et non sur de grandes généralisations, à moins qu'il y ait une présomption claire et aucune circonstance inhabituelle pour les réfuter. Un des facteurs individuels de grande importance est le tabagisme.

Lorsque le cancer du poumon survient chez le pompier qui ne fume pas, la comparaison est faite avec le risque chez d'autres non-fumeurs, et non avec la population dans son ensemble qui comprend plusieurs fumeurs. Chez un pompier non fumeur, le risque a priori de cancer du poumon est faible. Est-ce que le risque supplémentaire attribuable à la lutte contre les incendies est suffisant pour doubler le seuil de présomption? Des preuves prétendent que c'est possible, mais certaines hypothèses raisonnables sont nécessaires.

Aucune étude décrivant l'expérience des pompiers non fumeurs n'est disponible. Ceci n'est pas inhabituel: il est difficile d'identifier ou de partager le risque des non-fumeurs dans la plupart des études épidémiologiques s'intéressant aux facteurs de risque des activités professionnelles. Même si le cancer du poumon est rare chez les personnes qui ne fument pas, quand il survient, il s'agit ordinairement d'un adénocarcinome. L'adénocarcinome est également en hausse chez les fumeurs, alors le type de tissu n'est pas un bon indicateur dans le cas individuel.

En calculant le RSM ou le risque relatif, le numérateur comme le dénominateur comprennent généralement des fumeurs. Les fumeurs, chez les pompiers, représentent la grande majorité des cas de cancer du poumon, comme c'est le cas dans la population en général. Même si leur risque peut être augmenté comparativement à celui des fumeurs qui ne sont pas pompiers, cette augmentation est probablement petite en termes absolus, étant donné leur risque déjà accru dû au tabagisme, qui est de 5 à 10 fois plus élevé que celui des non-fumeurs.¹⁴⁴ Dans les années 1980, environ 30 à 40 % des pompiers fumaient; les données disponibles sont imprécises, mais semblent être plus ou moins alignées à celles de la population en général.¹⁸⁷ Par conséquent, la question est de savoir comment estimer le risque relatif chez les pompiers non fumeurs lorsque la plupart des cas proviennent déjà des fumeurs.

On peut présumer qu'à l'intérieur d'une échelle raisonnable d'exposition, l'ampleur de l'augmentation du risque de cancer de poumon, associé à une exposition à des produits de la combustion durant un incendie, serait la même pour les pompiers fumeurs et non fumeurs. Cette exposition s'ajoute au risque largement accru subi par les pompiers fumeurs qui ont une exposition beaucoup plus intense à des carcinogènes semblables et probablement plus puissants en fumant la cigarette. [2,6] Nous prenons donc comme hypothèse un modèle dans lequel le risque d'exposition aux produits de la combustion provenant des incendies et le risque provenant du tabagisme s'additionnent grossièrement. Pour les pompiers fumeurs, le risque provenant du travail s'ajoute au risque provenant du tabagisme, qui est environ dix fois plus élevé que le risque de développer un cancer du poumon chez les non-fumeurs. Ainsi, si le risque de cancer du poumon était augmenté de 50 % chez les pompiers fumeurs, l'augmentation proportionnelle du risque chez les non-fumeurs serait beaucoup plus élevée, au moins dix fois, parce que le même risque attribuable s'additionnerait à un risque initial beaucoup plus petit. Autrement dit, le risque relatif serait de beaucoup augmenté si les pompiers non fumeurs étaient comparés aux non-fumeurs de la population en général, parce que le risque attribuable au métier serait comparé à un risque initial beaucoup plus petit dans la population de référence.

Une approche visant à quantifier le risque chez les pompiers est d'estimer que 40 % ($f = 0,4$) des pompiers fument (une surestimation élevée pour les pompiers contemporains, mais non

déraisonnable pour les pompiers actuellement à la retraite) et que 60 % ne fument pas ($1 - f$); que le risque relatif (représenté par RR) de cancer du poumon chez les fumeurs est 10 fois plus que chez les non-fumeurs ($R = 10,0$, où le risque relatif de cancer du poumon des non-fumeurs est défini comme étant 1); et que le risque relatif des pompiers en général (r dans cette équation) est de 1,5. Si x représente la fraction du risque attribuable, alors:

$$0,4(10+x) + 0,6(1+x)/0,4(10) + 0,6(1,0) = 1,5$$

Le calcul de x donne une fraction du risque attribuable de 2,3. Ceci se traduit par un risque relatif chez les pompiers non fumeurs de 3,3, confortablement au-dessus du double. La valeur exacte n'est pas importante en raison des incertitudes composées; ce qui compte est que ce soit plus élevé que le double.

Une autre façon d'approcher le problème est de déterminer, en se basant sur la même hypothèse, ce que devrait être le risque relatif minimum chez les pompiers en général pour refléter vraiment le double du risque des pompiers non fumeurs. Les calculs sont semblables et donnent $r = 1,22$, résultat qui est confortablement soutenu par la documentation mondiale (que le véritable risque soit 1,5 ou non, comme on l'a mis en doute plus haut). Dans quelle mesure ce modèle est-il sensible aux hypothèses sous-jacentes? Réduire l'estimation de la proportion de la population de pompiers fumeurs à 30 % change à peine le risque relatif global nécessaire pour soutenir la présomption à 1,27. Réduire l'estimation du risque relatif associé au tabagisme de 10 à 5, lequel est une faible estimation qui biaise intentionnellement le modèle par rapport aux non-fumeurs, augmente le risque relatif global pour soutenir la présomption à 1,39, toujours en accord avec la documentation mondiale et sous le niveau de 1,5 qui représente probablement le risque « véritable ». Une fois de plus, le nombre exact n'est pas important; ce qui compte est que le risque global qui serait associé au double dans un sous-groupe de pompiers non fumeurs se retrouve dans une zone entièrement cohérente avec la documentation et devienne ainsi la meilleure preuve.

Cependant, la comparaison la plus pertinente est le simple rapport à la population des non-fumeurs en se servant de la fonction du risque attribuable défini ci-dessus. Si un pompier non fumeur était comparé à une population semblable de personnes qui ne fument pas, l'équation serait:

$$0,6(1 + x)/0,6(1,0) = 1 + x = 3,3$$

qui est le risque relatif énoncé plus haut. (Il ne s'agit pas d'une coïncidence, mais simplement du résultat d'une identité mathématique. Le risque du groupe de personnes qui ne fument pas est défini comme étant l'unité.)

L'importance de ces analyses est qu'elles démontrent par des moyens solides que le risque est clairement augmenté et au-dessus du niveau qui soutiendrait une présomption. Ces chiffres ne devraient pas être considérés comme des estimations exactes du risque véritable de cancer du poumon chez les pompiers non fumeurs. Il y a trop d'incertitudes inhérentes pour que ces estimations soient précises. Il est très important d'admettre une grande marge d'erreur. C'est la raison pour laquelle, il est important que le résultat final des analyses montre que le risque relatif chez les pompiers non fumeurs est substantiellement plus élevé que le double.

Comparativement à un groupe de non-fumeurs, on évalue que les pompiers non fumeurs présentent deux fois plus de risque. La valeur exacte n'est pas importante en raison des incertitudes composées; ce qui compte est que ce soit plus élevé que le double. Ainsi, il semble apparent que la preuve disponible soutienne la conclusion voulant que le risque de cancer du poumon chez les pompiers non fumeurs soit au moins le double par rapport à la population non fumeuse en général.

CANCER DU CÔLON

Il pourrait désormais y avoir suffisamment de preuve pour établir une présomption pour le cancer du côlon. La documentation appuie la conclusion indiquant qu'il y a un risque accru de cancer du côlon chez les pompiers en général, mais ne soutient pas que ce risque accru égale ou dépasse le double, ce qui le définirait comme un critère « plus probable qu'improbable ». Les études récentes, y compris les travaux en profondeur et détaillés de grande qualité de Baris et coll.¹⁸, même si elles démontrent une variabilité commune à ces études professionnelles n'ont pas réfuté cette conclusion et ont renforcé la preuve d'une association en répliquant et en démontrant une relation dose(exposition)-réponse (dans l'étude de Baris).

Globalement, Baris et coll. a observé un RSM de 1,51 (95 % IC 1,18, 1,93), fondé sur 64 décès; il n'y avait pas de dose-réponse cohérente pour la durée du service ni pour un nombre cumulatif d'interventions. Toutefois, les risques étaient supérieurs à 1,00 pour les trois niveaux, à savoir 1,93 pour le niveau faible; 2,22 pour le moyen, et 122 pour le niveau supérieur d'interventions. Le risque de cancer du côlon élevé a été rapporté dans plusieurs autres études.^{136, 141 192} Schwartz et Grady¹⁹⁵ et Vena et Fiedler ont rapporté un RSM significativement élevé de 183. Ainsi, deux études, un des deux sous-groupes sur trois et un autre groupe dans la population en général, ont démontré un risque relatif près ou égal au double. Même si ce n'est pas facilement démontrable, on peut argumenter que les demandes d'indemnité pour un cancer du côlon peuvent être justifiées de la même manière que pour le cancer du poumon chez un individu ayant un faible risque a priori pour la maladie. (Nous avons présenté cet argument dans le cas d'un jeune végétalien n'ayant aucun historique familial de la maladie ni de polypes, mais la demande d'indemnité n'a pas été acceptée.)

Kang¹³⁴, en utilisant une méthodologie qui a tendance à sous-estimer le risque, a observé un taux élevé statistiquement significatif lorsqu'il a fait une comparaison avec les policiers (RRASM=1,36, 95 % IC = 1,04-1,79), mais aucune augmentation avec une autre population de référence (RRASM =1,15, 95 % IC = 0,93-1,43).

Ahn et coll.¹³⁵ a démontré un risque global élevé de cancer du côlon et du rectum chez les répondants d'urgence coréens, qui jouent plusieurs rôles, mais sont engagés comme pompiers actifs. Cette grande étude est basée sur le registre national du cancer qui, on l'a noté, semble comporter un biais de sous-estimation, mais démontre un rapport d'incidence standard élevé pour le cancer colorectal (RIS = 1,77, 95 % IC = 1,08 - 2,73).

Plusieurs auteurs mettent l'accent sur les différences dans les facteurs de risque associés au cancer du côlon et du rectum et suggèrent qu'il s'agit là d'un obstacle dans l'acceptation des taux de cancer colorectal lié à des métiers définis. Leur interprétation est que les études qui combinent le risque de cancer du côlon et de cancer du rectum ne reflètent pas les facteurs de risque professionnels pour le cancer du côlon en général. Toutefois, cette interprétation n'est pas valide. Le cancer du rectum partage avec le cancer du côlon pratiquement tous les facteurs de risque connus du cancer du côlon seul, comme on pourrait s'y attendre. Il y a en effet des facteurs de risque supplémentaires qui augmentent le risque de cancer du rectum, lesquels sont davantage liés au style de vie et aux préférences et pratiques sexuelles de certains sous-groupes de personnes. Ces facteurs de risque semblent relativement faibles dans la population globale, par rapport aux autres facteurs de risque du cancer du côlon. Pour confondre l'estimation du risque du métier de pompiers, ces sous-groupes devraient être beaucoup plus fréquemment représentés chez les pompiers que dans la population en général. Il n'y a pas de preuve ou raison de croire que tel est le cas. De plus, des études récentes réalisées par les National Institutes of Health ont démontré que la biologie des cancers du côlon et du rectum est la même en termes de régulation à la hausse et comportement des gènes. Le cancer du côlon et le cancer du

rectum sont par conséquent la même maladie qui apparaît à différents endroits dans le tractus gastro-intestinal.

Youakim a conclu dans sa méta-analyse que le risque de cancer du côlon chez les pompiers était significativement augmenté après 30 années de services et était à son plus haut après 40 ans.

CANCER DE LA THYROÏDE

Le cancer de la glande thyroïde est un cancer relativement peu courant qui se traite facilement et qui est rarement fatal. Il n'est par conséquent pas observé dans les études sur la mortalité. Il n'y a pas d'exposition évidente qui puisse être associée au cancer de la glande de la thyroïde. Les augmentations ont simplement été notées récemment dans des études portant sur les pompiers, mais ceci est vraisemblablement imputable à l'application de différentes méthodes plutôt qu'au reflet des tendances dans le temps.

L'étude de Ma et coll.^{60, 124} sur les pompiers de Floride comporte une observation saisissante à l'effet que le cancer de la thyroïde est remarquablement et statistiquement élevé chez les pompiers et les pompières (RIS=1,77, 95 % IC = 1,08-2,73; 3,97, 1,45-8,65). Jusqu'à présent, ces conclusions n'ont pas été dupliquées. Le cancer de la thyroïde apparaît dans cette étude et dans aucune autre, présumément parce que l'étude de Ma et coll.^{60, 124} est une étude d'incidence de cas plutôt qu'une étude plus courante sur la mortalité. Kang (2008), dans l'étude des pompiers du Massachusetts, n'a pas observé de taux élevé, mais cette étude était beaucoup moins puissante.



Le cancer de la thyroïde pourrait être touché par une erreur systématique de dépistage favorisant la détection de cas chez des individus bénéficiant de meilleurs soins de santé, puisqu'il est possible de souffrir d'un cancer de la thyroïde sans le savoir.

Jusqu'à présent, il y a suffisamment de preuve pour faire une recommandation, mais si de futures études démontraient une augmentation d'une ampleur semblable, une présomption pourrait être justifiée pour le cancer de la thyroïde, en se fondant sur la cohérence et la force de l'association, en dépit de l'absence d'un mécanisme présumé ou d'une exposition connue.

AUTRES TYPES DE CANCER

Les élévations dans le risque ont été observées dans d'autres types de cancer, mais jusqu'à présent sans confirmation ni réplication.

Bates¹³³ a démontré une augmentation statistiquement significative des mélanomes chez les pompiers de Californie (RRA =1,50, 95% IC = 1,33-1,70). L'exposition la plus plausible qui soit responsable de cette augmentation serait le rayonnement ultraviolet, et dans ce cas on pourrait s'attendre à ce que l'élévation soit plus élevée chez les pompiers combattant les feux de friche, lesquels travaillent à l'extérieur pendant de longues durées, que chez les pompiers urbains. Ceci ne semble pas le cas, comme le reflétaient les études sur les pompiers des feux de friches seulement, mais la question n'a pas été abordée séparément.³⁰

Bates¹³³ a aussi démontré une élévation statistiquement significative du cancer de l'œsophage chez les pompiers de Californie (RRA=1,48, 95% IC = 1,14-1,91). Il est difficile d'identifier une exposition plausible qui pourrait être responsable, même si des nitrosamines (facteurs de risque liés aux habitudes alimentaires) sont formées par la combustion. Les facteurs de risque connus pour le cancer de l'œsophage comprennent le reflux gastro-œsophagien (le syndrome de l'œsophage de Barrett), la prise d'alcool, le tabagisme et l'obésité. Il est peu probable que ces facteurs de risque seraient prévalents chez les pompiers et entraînent, spécifiquement, une augmentation du risque de ce cancer. À l'heure actuelle, cette conclusion isolée ne peut pas être évaluée correctement.

Firth^{138, 196} a observé une énorme augmentation du risque du cancer du larynx (RIS, exprimé en pourcentage = 1348, 95% IC= 254-3991) après rajustement du statut socioéconomique, mais aucune conclusion semblable n'a été rapportée dans une autre étude. Parmi les nombreux dangers auxquels sont exposés les pompiers, l'amiante serait cohérent avec un risque accru du cancer du larynx, mais la rareté de la fréquence relative des maladies reliées à l'amiante chez les pompiers suggère qu'il ne s'agit pas là d'une explication.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

En fonction du poids de la preuve présentée ci-dessus, nous recommandons ce qui suit :

GÉNÉRALITÉS

L'expérience chez les pompiers suggère qu'il est raisonnable d'aborder les problèmes complexes d'indemnisation en encadrant la question différemment et en utilisant une preuve collatérale pour interpréter les conclusions épidémiologiques. Ceci est particulièrement vrai lorsque le but est l'application de conclusions épidémiologiques à un processus légale ou d'indemnisation. Lorsqu'il est fort possible qu'il y ait eu mauvaise classification ou dilution des estimations du

risque, ou lorsque des considérations de puissance rendent l'atteinte d'une pertinence statistique peu probable en raison du nombre restreint de cas, le risque élevé prend une importance accrue.

MALADIE CARDIOVASCULAIRE

La preuve qui existe démontre clairement que les pompiers font face à un risque accru de problèmes cardiaques (« crises cardiaques »), mais il n'est pas clairement établi que la lutte contre les incendies, elle-même, cause les maladies cardiovasculaires. La directive courante de la National Fire Prevention Association considère une crise cardiaque comme étant liée au travail si les symptômes surviennent dans les 24 heures suivant le déclenchement d'une alarme. La preuve disponible suggère que cette période est raisonnable, voire même conservatrice.

Nous recommandons que les futures études sur les facteurs de risque cardiovasculaires chez les pompiers aillent au-delà de la prévalence lorsque c'est possible et essaient de reconstruire les tendances de la cohorte, afin de clarifier l'image courante, indubitablement floue, de la distribution du risque dans ce métier. Lorsque c'est possible, les politiques des services d'incendie devraient ajuster les données selon l'âge, selon la forme physique, et selon le statut, à savoir pompiers volontaires ou de pompiers de carrière.

Les installations et les politiques qui encouragent les pompiers à s'entraîner physiquement quand ils sont en service font qu'ils se conforment mieux aux exercices de routine, obtiennent de meilleurs résultats et réduisent les risques. On doit par conséquent encourager l'exercice physique au sein des services d'incendie en tant qu'investissement dans les services publics.

L'hypertension est largement méconnue et sous-traitée chez les pompiers. Un programme concerté pour le suivi étroit de la pression artérielle chez les répondants d'urgence est une priorité pour la gestion de cette population.¹¹⁶

CANCER

Dans cette analyse, nous avons mis beaucoup de poids sur l'ampleur et la cohérence d'une association avec les cancers de la vessie et du rein, qui sont des tumeurs cachées et séparables, et avons suggéré une augmentation dans différents sous-groupes des cancers du cerveau, lymphatique (lymphomes non hodgkiniens) et hématopoïétique.

À ce jour, le poids de la preuve suggère qu'une augmentation du risque de cancer du cerveau reflète un vrai risque dans certains sous-groupes, comme il a été démontré chez les pompiers noirs. Ces sous-groupes ne peuvent pas être facilement identifiés à l'aide d'un critère utilisable à des fins d'indemnisation. L'incohérence dans la documentation ne peut pas être expliquée par des données courantes, mais étant donné la puissance des études antérieures, la démonstration d'un taux élevé apparaît comme une preuve plus convaincante d'une association confondue ou masquée, qu'une preuve convaincante qu'il n'y a aucune association.

Le poids de la preuve du cancer lymphatique de type non hodgkinien et du cancer hématopoïétique suggère que l'augmentation du risque reflète un risque véritable chez certains sous-groupes, mais ces derniers ne peuvent pas être facilement identifiés à l'aide d'un critère utilisable à des fins d'indemnisation. La preuve la plus récente est cohérente avec une augmentation des lymphomes et ne contredit pas la conclusion d'autres études quant au risque accru de cancers hématopoïétique (leucémies). Les études de L'Abbé et Thomlinson²¹ et de Demers et coll.¹⁷⁹, par exemple, fournissent une preuve concluante suggérant qu'il y a un risque élevé nonobstant la variation dans les estimations du risque de d'autres études. Baris et coll.¹⁸ présente une image confondante du lymphome non hodgkinien parce que la durée de service de 20 ans donne un RSM de 1,72, avec un risque élevé pour les pompiers embauchés après 1935; mais il y avait

inversion du risque pour un nombre d'interventions cumulatives. Ainsi, les recommandations précédentes du Comité des normes en matière de maladies professionnelles²⁰⁴, et celles de Guidotti⁸⁸, pour une présomption implicite, mais avec évaluation individuelle de chaque cas, ne sont pas contredites par une nouvelle preuve.

La preuve disponible depuis 1994 suggère qu'il est raisonnable, étant donné la preuve scientifique disponible, d'adopter une politique de présomption du cancer du cerveau, de la vessie, du rein, des lymphomes non hodgkiniens (cancer lymphatique) et de la leucémie (cancer hématopoïétique) pour les demandes d'indemnité associées au métier de pompier. Les présomptions de cancer du cerveau, de la vessie et du rein sont solidement basées sur la forte suggestion d'un taux élevé dans la documentation. Les présomptions de lymphomes non hodgkiniens et de leucémies sont fondées sur l'inférence qu'il y ait, à l'intérieur de la catégorie globale, des troubles spécifiques pour lesquels la preuve suggère un risque augmenté, mais qu'il soit impossible de discerner lesquels sont élevés. Une présomption de cancer du poumon chez les pompiers non fumeurs est fondée sur la prémisse que le potentiel cancérigène de la fumée de cigarette et autres produits de sa combustion sont probablement comparables, et les estimations du risque peuvent par conséquent être manipulées pour « soustraire » le contexte du risque du tabagisme.

Le risque de cancer du côlon n'augmente pas à un niveau où la présomption peut être défendue avec confiance. Il y a une augmentation évidente, et non élevée, mais il n'est pas clair dans quelle mesure cette augmentation est associée au travail, en tenant compte des facteurs de nutrition et d'hygiène de vie associés au métier de pompier, ou du faible risque de cancer du côlon dans la sous-population dans laquelle les pompiers sont recrutés. Par le passé, nous avons seulement établi le bien-fondé de ces demandes d'indemnité quand (et seulement quand) le niveau de risque contextuel présumé pour l'individu était inhabituellement faible (soit en raison d'un régime végétalien et de niveaux d'exercice athlétique), en établissant que son mode de vie le protégeait. (L'évaluation des demandes d'indemnité exige qu'elle soit individuelle; la meilleure estimation du risque personnel, toutefois, est ordinairement l'estimation du sous-groupe de la population auquel l'individu appartient.) L'adoption d'une présomption, basée sur les connaissances du moment, comprendrait probablement plus de demandeurs d'indemnité chez qui l'activité professionnelle a joué un petit ou aucun rôle, que de demandeurs d'indemnité chez qui le risque est attribuable au travail. Il s'agit d'une décision politique à savoir si ceci est acceptable.

Le risque de mélanome dépend probablement plus de l'exposition à lumière ultraviolette extérieure même si certains mélanomes sont attribuables à d'autres causes. Aucune causalité générale suffisamment forte pour appuyer une présomption ne peut être établie et les cas devraient donc être évalués individuellement.

Le risque de cancer de la thyroïde est une découverte nouvelle et imprévue soutenue par la forte preuve d'une étude.⁶⁰ L'observation plus vieille, mais isolée de cancer de l'œsophage se retrouve dans une seule étude.¹⁹⁶ Ce peut être l'exemple classique de problème du « premier cas » pour lequel de nouvelles conclusions dans la récente documentation désavantagent toujours le demandeur d'indemnité pour une maladie, puisque la preuve est toujours incomplète. Ces cas sont généralement refusés. Sans un mécanisme de révision et de retour sur les cas fermés, ces demandeurs pourraient ne pas être indemnisés équitablement même après qu'une association ait été confirmée et reconnue. Par ailleurs, ces augmentations peuvent refléter une causalité. La totalité de la preuve à ce moment est insuffisante pour déterminer le poids de la preuve.

Le cancer de la prostate est un problème compliqué, mais il y a des raisons de croire que l'augmentation chez des groupes particuliers, y compris les pompiers, représente une erreur systématique de dépistage et non un lien causal. Aucune présomption n'est recommandée pour le cancer de la prostate.

Le Tableau 5 résume ces recommandations.

L'application des méthodes épidémiologiques à l'indemnisation et au litige est fondée sur une série de règles différentes de celles de l'investigation scientifique. Le rôle de l'expert est de donner des directives quant au poids de la preuve, et non pas de produire plus de données ou de déterminer la vérité révélée par le biais de la méthode scientifique. Ceci est particulièrement important au moment d'aborder une demande d'indemnité individuelle, lorsque les généralités basées sur les données de la population ne sont plus valides. Au fur et à mesure que nos données deviennent plus rigides et même périmées, il sera de plus en plus nécessaire d'interpréter les données avec une plus grande compréhension du problème plutôt que de se fier à des règles conçues à d'autres fins, tels que les critères de Hill.

Tableau 5. Résumé des recommandations

Conditions pour lesquelles une présomption est justifiée avec des preuves courantes

- Crises cardiaques peu de temps après une alarme ou un événement (jusqu'à 24 à 72 heures)
- Cancer de la vessie
- Cancer du rein
- Cancer des testicules
- Cancer du poumon chez le pompier non fumeur
- Lymphomes non hodgkiniens (les connaissances actuelles ne permettent pas la différenciation par type)
- Myélomes (les connaissances actuelles ne permettent pas la différenciation par type)

Conditions pour lesquelles une présomption est justifiée avec qualification

- Cancers du cerveau (il est plus probable que le gliome soit lié au travail que d'autres types)
- Leucémies (leucémie myéloïde aiguë plus probable)

Conditions pour lesquelles une association – et non une présomption – est suggérée par les preuves courantes

- Cancer du poumon (réfutable en fonction des antécédents de tabagisme)
- Cancer du côlon (chez les individus avec risque a priori faible)
- Mélanome (chez les pompiers travaillant surtout à l'extérieur, comme ceux combattant les feux de friches)

Conditions nécessitant une évaluation supplémentaire (preuve insuffisante)

- Cancer de la thyroïde

LISTE DES RÉFÉRENCES

- (1) Jahnke SA PWJNHC. Health concerns of the U.S. fire service: perspectives from the firehouse. *American Journal of Health Promotion* 2012;27(2):111-8.
- (2) Guidotti TL. Occupational epidemiology. *Occup Med (Lond)* 2000 February;50(2):141-5.
- (3) Guidotti TL, Clough VM. Occupational health concerns of firefighting. *Annu Rev Publ Health* 1992;13:151-71.
- (4) Guidotti TL. Applying epidemiology to adjudication. *Occup Med* 1998 April;13(2):303-14.
- (5) Guidotti TL. Occupational mortality among firefighters: assessing the association. *J Occup Environ Med* 1995 December;37(12):1348-56.
- (6) Karami S, Boffetta P, Brennan P et al. Renal cancer risk and occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and plastics. *J Occup Environ Med* 2011 February;53(2):218-23.
- (7) Jankovic J, Jones W, Burkhart J, Noonan G. Environmental study of firefighters. *Ann Occup Hyg* 1991 December;35(6):581-602.
- (8) International Disease Standards Panel. Report to the Workers' Compensation Board on Cardiovascular Disease and Cancer Among Firefighters. Toronto: WCB of Ontario; 1994 Sep.
- (9) Guidotti TL. Presumption for selected cancers and occupation as a firefighter in Manitoba: the rationale for recent Canadian legislation on presumption. *International Journal of Risk Assessment & Management* 2003;4(2/3):245-59.
- (10) Guidotti TL. Evaluating causality for occupational cancers: the example of firefighters. *Occup Med (Lond)* 2007 October;57(7):466-71.
- (11) Tridata Division, System Planning Corporation. Assessing State Firefighter Cancer Presumption Laws and Current Firefighter Cancer Research. National League of Cities; 2009 Apr 1.
- (12) Guidotti TL, Rose SG. *Science on the Witness Stand: Evaluating Scientific Evidence in Law, Adjudication and Policy*. 1 ed. Beverley Farms MA: OEM Press; 2001.
- (13) Guidotti TL. Evaluation of scientific evidence in law, adjudication and policy: when occupational health takes the witness chair. *Med Lav* 2006 March;97(2):167-74.
- (14) McGregor D. Risk of non-Hodgkin lymphoma in firemen. Montréal, Québec: Institute de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST); 2007. Report No.: R-250.
- (15) McGregor DB. Risk of urinary bladder tumours in firemen. Institute de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST); 2005. Report No.: R-401.
- (16) McGregor DB. Risk of brain tumours in firemen. Montréal, Québec: Institute de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST); 2005. Report No.: R-397.

- (17) McGregor D. Risk of leukemia in firemen. Montréal: Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST); 2007. Report No.: R-518.
- (18) Baris D, Garrity TJ, Telles JL, Heineman EF, Olshan A, Zahm SH. Cohort mortality study of Philadelphia firefighters. *Am J Ind Med* 2001 May;39(5):463-76.
- (19) Guidotti TL. Mortality of urban firefighters in Alberta, 1927-1987. *Am J Ind Med* 1993 June;23(6):921-40.
- (20) Industrial Disease Standards Panel. Report to the Workers' Compensation Board on Cardiovascular Disease and Cancer Among Firefighters. Toronto: WCB of Ontario; 1994 Sep.
- (21) L'Abbe KA, Tomlinson GA. Special Report: Mortality Study of Fire Fighters in Metropolitan Toronto. Ontario Industrial Disease Standards Panel; 1992.
- (22) Alexander DD, Mink PJ, Adami H-O et al. The non-Hodgkin lymphomas: A review of the epidemiological literature. *International Journal of Cancer* 2007;120:1-39.
- (23) Tatham L, Tolbert P, Kjeldsberg C. Occupational risk factors for subgroups of non-Hodgkin's lymphoma. *Epidemiology* 1997 September;8(5):551-8.
- (24) Beaumont JJ CGJJeal. An epidemiological study of cancer and other causes of mortality in San Francisco firefighters. *American Journal of Industrial Medicine* 1991;19:357-72.
- (25) Bates MN. Registry-based case-control study of cancer in California firefighters. *American Journal of Industrial Medicine* 2007;50:339-44.
- (26) Burnett CA HWLNSJ. Mortality among fire fighters: a 27 state survey. *American Journal of Industrial Medicine* 1994;26:832-4.
- (27) Petersen GR MSJ. Occupational mortality in the State of California 1959-61. Cincinnati OH: National Institute of Occupational Safety and Health; 1980. Report No.: (NIOSH) publication no. 80-104.
- (28) Dubrow R WD. Cancer and occupation in Massachusetts: A death certificate study. *American Journal of Industrial Medicine* 1984;6:207-30.
- (29) Dubrow R WD. Occupational Characteristics of cancer victims in Massachusetts 1971-73. Cincinnati OH: National Institute for Occupational Safety and Health; 1984.
- (30) Eliopoulos E ABSJHF. Mortality of firefighters in Western Australia. *Brit J Indust Med* 41, 183-187. 1984.
Ref Type: Journal (Full)
- (31) Feuer E RK. Mortality in police and firefighters in New Jersey. *American Journal of Industrial Medicine* 1986;9:517-27.
- (32) Giles G, Staples M, Berry J. Cancer incidence in Melbourne metropolitan fire brigade members, 1980 - 1989. *Health Reports (Statistics Canada)* 1993;5(1):33-8.
- (33) Guralnick L. Mortality by occupation and cause of death among men 20 to 64 years of age: United States, 1950. Washington DC: US Govt Printing Office; 1963. Report No.: 53(6).

- (34) Hansen ES. A cohort study on the mortality of firefighters. *Br J Ind Med* 1990 December;47(12):805-9.
- (35) Heyer N, Weiss NS, Demers P, Rosenstock L. Cohort mortality study of Seattle fire fighters: 1945-1983. *Am J Ind Med* 1990;17(4):493-504.
- (36) Lindsay JP SKHG. The Canadian Labour Force Ten Percent Sample Study. Cancer mortality among men, 1965-1979. *Journal of Occupational Medicine* 1993;35(4):408-14.
- (37) Howe GR LJ. A follow-up study of a ten-percent sample of the Canadian labor force. I. Cancer mortality in males, 1965 - 73. *Journal of the National Cancer Institute* 1983;70(1):37-44.
- (38) Ma F LDFLDM. Race-specific cancer mortality in US firefighters: 1984 - 1993. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 1998;40(12):1134-8.
- (39) Ma FC FLLDTEGTLHLS. Mortality in Florida professional firefighters, 1972 - 1999. *American Journal of Industrial Medicine* 2005;47:509-17.
- (40) Mastromatteo E. Mortality in city firemen II. A study of mortality in firemen of a city fire department. *Archives of Industrial Health* 1959;20:227-33.
- (41) Massachusetts Dept. of Public Health. Cancer incidence among Massachusetts firefighters, 1982-1986. Boston MA: Commonwealth of Massachusetts Executive Office of Human Services; 90 A.D. Mar 15.
- (42) Milham S. Most cancer in firefighters is due to radio-frequency radiation exposure not inhaled carcinogens. *Medical Hypotheses* 2009 May 22;73(5):788-9.
- (43) Musk AW MRPJPR. Mortality among Boston fire fighters. 1915-1975. *British Journal of Industrial Medicine* 1978;35(104):108.
- (44) Rosenstock L DPHNBS. Mortality experience of fire fighters in the Northwest United States. *Arbete Och Hälsa* 1988;16:102.
- (45) Sama SR MTDLKD. Cancer incidence among Massachusetts firefighters, 1982-1986. *American Journal of Industrial Medicine* 1990;18:47-54.
- (46) Tornling G GAGPHCSM. Dödsorsaker bland brandmän i Stockholm. *Arbetsmiljö Fondens Sammanfattningar* 1990;n.v.:1418-20.
- (47) Vena JE, Fiedler RC. Mortality of a municipal-worker cohort: IV. Fire fighters. *Am J Ind Med* 1987;11(6):671-84.
- (48) Muscat JE HM. Causation and disease: biomedical science in toxic tort litigation. *Journal of Occupational Medicine* 1989;31:997-1003.
- (49) International Disease Standards Panel. Report to the Workers' Compensation Board on Cardiovascular Disease and Cancer Among Firefighters. Toronto: WCB of Ontario; 1994 Sep.
- (50) Guidotti TL. Considering apportionment by cause: Its methods and limitations. *Journal of Workers' Compensation* 1995;7(4):55-71.

- (51) International Disease Standards Panel. Report to the Workers' Compensation Board on Cardiovascular Disease and Cancer Among Firefighters. Toronto: WCB of Ontario; 1994 Sept.
- (52) Guidotti TL. Evidence-based medical dispute resolution in workers' compensation. *Occup Med* 1998 April;13(2):289-302.
- (53) American Cancer Society. Lung Cancer Fact Sheet. *American Cancer Society* 2012; Available at: URL : <http://www.lung.org/lung-disease/lung-cancer/resources/facts-figures/lung-cancer-fact-sheet.html>.
- (54) Shapiro S. Meta-analysis/Shmeta-analysis. *American Journal of Epidemiology* 1994;140:771-8.
- (55) Howe GR, Burch JD. Fire fighters and risk of cancer: an assessment and overview of the epidemiologic evidence. *Am J Epidemiol* 1990 December;132(6):1039-50.
- (56) LeMasters GK, Genaidy AM, Succop P, DJST, Barriera-Viruet H, Dunning K, Lockey J. Cancer risk among firefighters: a review and meta-analysis of 32 studies. *J Occup Environ Med* 6 A.D. November 16;11(48):1189-201.
- (57) Youakim S. Risk of cancer among firefighters: a quantitative review of selected malignancies. *Archives of Environmental and Occupational Health* 2006 September;61(5):223-31.
- (58) Guidotti TL, BMGJ. Comparing risk estimates from occupational disease monitoring data. *Public Health Reviews* 1987;15:1-27.
- (59) Burnett CA, Halperin WE, Lalich NR, Sestito JP. Mortality among fire fighters: a 27 state survey. *Am J Ind Med* 1994 December;26(6):831-3.
- (60) Ma F, Fleming LE, Lee DJ, Trapido E, Gerace TA. Cancer incidence in Florida professional firefighters, 1981 to 1999. *J Occup Environ Med* 2006 September;48(9):883-8.
- (61) Howe GR, Jain M, Miller AB. Dietary factors and risk of pancreatic cancer: results of a canadian population-based case-control study. *Int J Cancer* 1990;45:604-8.
- (62) LeMasters GK, Genaidy AM, Succop P et al. Cancer Risk Among Firefighters: A Review and Meta-analysis of 32 Studies. *J Occup Environ Med* 2006 November;48(11):1189-202.
- (63) Guidotti TL, Baser M, Goldsmith JR. Comparing risk estimates from occupational disease monitoring data. *Public Health Rev* 1987;15(1-2):1-27.
- (64) HILL AB. THE ENVIRONMENT AND DISEASE : ASSOCIATION OR CAUSATION? *Proc R Soc Med* 1965 May;58:295-300.
- (65) Chaudry R, Mäkelä M, Kreiger N, Klar N, Sullivan T. The occupation of firefighting and cancer risk: assessment of the literature. A response to reviewer comments. *Cancer Care Ontario*; 2004 Nov 2.
- (66) HILL AB. THE ENVIRONMENT AND DISEASE : ASSOCIATION OR CAUSATION? *Proc R Soc Med* 1965 May;58:295-300.
- (67) Guidotti TL. Human factors in firefighting: ergonomic-, cardiopulmonary-, and psychogenic stress-related issues. *Int Arch Occup Environ Health* 1992;64(1):1-12.

- (68) Guidotti TL. Emergency and Security Services. In : Guidotti TL, editor. *ILO Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*. Geneva: International Labour Organization; 1998.
- (69) Hostler D, Bednez JC, Kerin S et al. Comparison of rehydration regimens for rehabilitation of firefighters performing heavy exercise in thermal protective clothing: a report from the fireground rehab evaluation (FIRE) trial. *Prehosp Emerg Care* 2010 April 6;14(2):194-201.
- (70) Guidotti TL, Prezant D, de la Hoz RE, Miller A. The evolving spectrum of pulmonary disease in responders to the World Trade Center tragedy. *Am J Industr Med* 2011;54(9):649-60.
- (71) Laitinen J, Mäkelä M, Mikkola J, Huttu I. Firefighters' multiple exposure assessments in practice. *FIOH* 2012 June 12.
- (72) Austin CC, Wang D, Ecobichon DJ, Dussault G. Characterization of volatile organic compounds in smoke at municipal structural fires. *J Toxicol Environ Health, Part A* 2001;63:437-58.
- (73) Austin CC DGED. Municipal firefighter exposure groups, time spent at fires and use of self-contained breathing apparatus. *American Journal of Industrial Medicine* 2001;40:683-92.
- (74) Bolstad-Johnson BJ, Crutchfield CD SSGRWJ. Characterization of firefighter exposures during fire overhaul. *AIHA Journal (American Industrial Hygiene Association)* 2000;61(5):636-41.
- (75) Brandt-Rauf PW FLTT, Idema C, Andrews L. Health hazards of fire fighters: Exposure assessment. *British Journal of Industrial Medicine* 1988;45:606-12.
- (76) Guidotti TL, Clough VM. Occupational health concerns of firefighting. *Annual Review of Public Health* 1992;13:151-71.
- (77) Ruokojärvi P AMRJ. Toxic chlorinated and polyaromatic hydrocarbons in simulated house fires. *Chemosphere* 2000;41:825-8.
- (78) Gold A, Burgess WA, Clougherty EV. Exposure of firefighters to toxic air contaminants. *AIHA Journal (American Industrial Hygiene Association)* 1978;39(7):534-9.
- (79) Booze TF, Reinhardt TE, Quiring SJ, Ottmar RD. A screening-level assessment of the health risks of chronic smoke exposure for wildland firefighters. *J Occup Environ Hyg* 2004;1(5):296-305.
- (80) Laitinen J, Mäkelä M, Mikkola J, Huttu I. Firefighters' multiple exposure assessments in practice. *Toxicology Letters* 2012 June 15.
- (81) Feuer E, Rosenman K. Mortality in police and firefighters in New Jersey. *Am J Ind Med* 1986;9:517-27.

- (82) Crawford JO, Graveling RA. Non-cancer occupational health risks in firefighters. *Occupational and Environmental Medicine* 2012;62(7):485-95.
- (83) International Disease Standards Panel. Report to the Workers' Compensation Board on Cardiovascular Disease and Cancer Among Firefighters. Toronto: WCB of Ontario; 1994 Sept.
- (84) American Heart Association. Heart Disease and Stroke Statistics -- 2010 Update. *American Heart Association* 2011; Available at: URL: <http://www.americanheart.org/presenter.jhtml?identifier=3000090>.
- (85) Haas NS, Gochfeld M, Robson MG, Wartenberg D. Latent health effects in firefighters. *Int J Occup Environ Health* 2003 April;9(2):95-103.
- (86) Melius JM. Cardiovascular disease among firefighters. *Occup Med* 1995 October;10(4):821-7.
- (87) Sardinas A, Miller JW, Hansen H. Ischemic heart disease mortality of firemen and policemen. *Am J Public Health* 1986 September;76(9):1140-1.
- (88) Guidotti TL. Occupational mortality among firefighters: assessing the association. *J Occup Environ Med* 1995 December;37(12):1348-56.
- (89) Bates JT. Coronary artery disease deaths in the Toronto Fire Department. *J Occup Med* 1987 February;29(2):132-5.
- (90) Kales SN, Soteriades ES, Christophi CA, Christiani DC. Emergency duties and deaths from heart disease among firefighters in the United States. *N Engl J Med* 2007 March 22;356(12):1207-15.
- (91) Kales SN, Soteriades ES, Christoudias SG, Christiani DC. Firefighters and on-duty deaths from coronary heart disease: a case control study. *Environ Health* 2003 November 6;2(1):14.
- (92) Melius J. Occupational health for firefighters. *Occup Med* 2001 January;16(1):101-8.
- (93) Guidotti TL, Clough VM. Occupational health concerns of firefighting. *Annu Rev Public Health* 1992;13:151-71.
- (94) Guidotti TL. Human factors in firefighting: ergonomic-, cardiopulmonary-, and psychogenic stress-related issues. *Int Arch Occup Environ Health* 1992;64(1):1-12.
- (95) Guidotti TL. Mortality of urban transit workers: indications of an excess of deaths by suicide using gas. *Occup Med (Lond)* 1992 August;42(3):125-8.
- (96) Beaumont JJ, Chu GS, Jones JR et al. An epidemiologic study of cancer and other causes of mortality in San Francisco firefighters. *Am J Ind Med* 1991;19(3):357-72.
- (97) Deschamps S, Momas I, Festy B. Mortality amongst Paris fire-fighters. *Eur J Epidemiol* 1995 December;11(6):643-6.
- (98) Tornling G, Gustavsson P, Hogstedt C. Mortality and cancer incidence in Stockholm fire fighters. *Am J Ind Med* 1994 February;25(2):219-28.
- (99) Geibe JR, Holder J, Peeples L, Kinney AM, Burrell JW, Kales SN. Predictors of on-duty

- coronary events in male firefighters in the United States. *Am J Cardiol* 2008 March 1;101(5):585-9.
- (100) Shaw E, Tofler GH. Circadian Rhythm and Cardiovascular Disease. *Current Atherosclerosis Reports* 2009;11(4):289-96.
- (101) Mbanu I, Wellenius GA, Mittleman MA, Peebles L, Stallings LA, Kales SN. Seasonality and coronary heart disease deaths in United States firefighters. *Chronobiol Int* 2007;24(4):715-26.
- (102) Baur DM, Christophi CA, Tsismenakis AJ, Cook EF, Kales SN. Cardiorespiratory fitness predicts cardiovascular risk profiles in career firefighters. *J Occup Environ Med* 2011;53(10):1155-60.
- (103) Anderson TJ, Charbonneau F, Title LM et al. Microvascular function predicts cardiovascular events in primary prevention: long-term results from the Firefighters and Their Endothelium (FATE) Study. *Circulation* 2012 January 18;123(2):163-9.
- (104) Leigh JP, Miller TR. Job-related diseases and occupations within a large workers' compensation data set. *Am J Ind Med* 1998 March;33(3):197-211.
- (105) McDowall ME, Balarajan R. Testicular cancer mortality in England and Wales 1971-80: variations by occupation. *J Epidemiol Community Health* 1986;40:26-9.
- (106) Jan N, Panjra G, Jain D. Transient myocardial dysfunction after smoke inhalation. *Int J Cardiol* 2007;114(3):e96-e99.
- (107) Humblet O, Birnbaum L, Rimm E, Mittleman MA, Hauser R. Dioxins and cardiovascular disease mortality. *Environ Health Persp* 2012;116(11):1443-8.
- (108) Perroni F, Tessitore A, Cortis C et al. Energy cost and energy sources during a simulated firefighting activity. *J Strength Cond Res* 2010 December;24(12):3457-63.
- (109) Del SM, Barbieri E, Garbati P, Sisti D, Rocchi MB, Stocchi V. Physiologic responses of firefighter recruits during a supervised live-fire work performance test. *J Strength Cond Res* 2009 November;23(8):2396-404.
- (110) Elsner KL, Kolkhorst FW. Metabolic demands of simulated firefighting tasks. *Ergonomics* 2008 September;51(9):1418-25.
- (111) Kales SN, Soteriades ES, Christiani DC. Heart disease deaths among firefighters. The authors reply. *New Engl J Med* 2007 June 14;356(24):2536-7.
- (112) Fatalities among volunteer and career firefighters--United States, 1994-2004. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2006 April 28;55(16):453-5.
- (113) Ide CW. A longitudinal survey of the evolution of some cardiovascular risk factors during the careers of male firefighters retiring from Strathclyde Fire Brigade from 1985-1994. *Scott Med J* 2000 June;45(3):79-83.

- (114) Ide CW. Toothless tests: associations between the results of routine screening medical examinations and ill-health retirement of firefighters in west central Scotland. *Occup Med (Lond)* 2000 July;50(5):353-65.
- (115) Friel JK, Stones M. Firefighters and heart disease. *Am J Public Health* 1992 August;82(8):1175-6.
- (116) Kales SN, Tsismenakis AJ, Zhang C, Soteriades ES. Blood pressure in firefighters, police officers, and other emergency responders. *Am J Hypertens* 2009 January;22(1):11-20.
- (117) Glueck CJ, Kelley W, Wang P, Gartside PS, Black D, Tracy T. Risk factors for coronary heart disease among firefighters in Cincinnati. *Am J Ind Med* 1996 September;30(3):331-40.
- (118) Byczek L, Walton SM, Conrad KM, Reichelt PA, Samo DG. Cardiovascular risks in firefighters: implications for occupational health nurse practice. *AAOHN J* 2004 February;52(2):66-76.
- (119) Soteriades ES, Kales SN, Liarokapis D, Christoudias SG, Tucker SA, Christiani DC. Lipid profile of firefighters over time: opportunities for prevention. *J Occup Environ Med* 2002 September;44(9):840-6.
- (120) Soteriades ES, Hauser R, Kawachi I, Liarokapis D, Christiani DC, Kales SN. Obesity and cardiovascular disease risk factors in firefighters: a prospective cohort study. *Obes Res* 2005 October;13(10):1756-63.
- (121) Donovan R, Nelson T, Peel J, Lipsey T, Voyles W, Israel RG. Cardiorespiratory fitness and the metabolic syndrome in firefighters. *Occup Med (Lond)* 2009 October;59(7):487-92.
- (122) Kales SN, Soteriades ES, Christoudias SG, Tucker SA, Nicolaou M, Christiani DC. Firefighters' blood pressure and employment status on hazardous materials teams in Massachusetts: a prospective study. *J Occup Environ Med* 2002 July;44(7):669-76.
- (123) Soteriades ES, Kales SN, Liarokapis D, Christiani DC. Prospective surveillance of hypertension in firefighters. *J Clin Hypertens (Greenwich)* 2003 September;5(5):315-20.
- (124) Ma F, Fleming LE, Lee DJ et al. Mortality in Florida professional firefighters, 1972 to 1999. *Am J Ind Med* 2005 June;47(6):509-17.
- (125) Garver JN, Jankovitz KZ, Danks JM, Fittz AA, Smith HS, Davis SC. Physical fitness of an industrial fire department vs. a municipal fire department. *J Strength Cond Res* 2005 May;19(2):310-7.
- (126) Holder JD, Stallings LA, Peeples L, Burress JW, Kales SN. Firefighter heart presumption retirements in Massachusetts 1997-2004. *J Occup Environ Med* 2006 October;48(10):1047-53.
- (127) Fatalities among volunteer and career firefighters--United States, 1994-2004. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2006 April 28;55(16):453-5.
- (128) Guidotti TL. Evaluating causality for occupational cancers: the example of firefighters. *Occup Med (London)* 2007 June 1;57(7):466-71.

- (129) IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Painting, Firefighting, and Shiftwork. [98], 395-339. 2010. Ref Type: Serial (Book, Monograph)
- (130) Guidotti TL. Occupational epidemiology. *Occup Med (Lond)* 2000 February;50(2):141-5.
- (131) Ma F, Lee DJ, Fleming LE, Dosemeci M. Race-specific cancer mortality in US firefighters: 1984-1993. *J Occup Environ Med* 1998 December;40(12):1134-8.
- (132) Bates MN, Fawcett J, Garrett N, Arnold R, Pearce N, Woodward A. Is testicular cancer an occupational disease of fire fighters? *Am J Ind Med* 2001 September;40(3):263-70.
- (133) Bates MN. Registry-based case-control study of cancer in California firefighters. *Am J Ind Med* 2007 May;50(5):339-44.
- (134) Kang D, Davis LK, Hunt P, Kriebel D. Cancer incidence among male Massachusetts firefighters, 1987-2003. *Am J Ind Med* 2008 May;51(5):329-35.
- (135) Ahn YS, Jeong KS, Kim KS. Cancer morbidity of professional emergency responders in Korea. *American Journal of Industrial Medicine* 2012 May.
- (136) Howe GR, Burch JD. Fire fighters and risk of cancer: an assessment and overview of the epidemiologic evidence. *Am J Epidemiol* 1990 December;132(6):1039-50.
- (137) Zeegers MP, Swaen GM, Kant I, Goldbohm RA, van den Brandt PA. Occupational risk factors for male bladder cancer: results from a population based case cohort study in the Netherlands. *Occup Environ Med* 2001 September;58(9):590-6.
- (138) Firth HM, Cooke KR, Herbison GP. Male cancer incidence by occupation: New Zealand, 1972-1984. *Int J Epidemiol* 1996 February;25(1):14-21.
- (139) Eliopoulos E, Armstrong BK, Spickett JT, Heyworth F. Mortality of fire fighters in Western Australia. *Br J Ind Med* 1984;41:183-7.
- (140) Rothman N, Correa-Villasenor A, Ford DP et al. Contribution of occupation and diet to white blood cell polycyclic aromatic hydrocarbon-DNA adducts in wildland firefighters. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 1993 July;2(4):341-7.
- (141) Guidotti TL. Mortality of urban firefighters in Alberta, 1927-1987. *Am J Ind Med* 1993;23:921-40.
- (142) Gaertner RR, Trpeski L, Johnson KC. A case-control study of occupational risk factors for bladder cancer in Canada. *Cancer Causes Control* 2004 December;15(10):1007-19.
- (143) Delahunt B, Bethwaite PB, Nacey JN. Occupational risk for renal cell carcinoma. A case-control study based on the New Zealand Cancer Registry. *Br J Urol* 1995 May;75(5):578-82.
- (144) Schottenfeld D, Fraumeni Jr JF. *Cancer Epidemiology and Prevention*. Philadelphia, PA: W.B. Saunders Company; 1982.
- (145) Lipworth L, Tarone RE, McLaughlin JK. The epidemiology of renal cell carcinoma. *J Urol* 2006 December;176(6 Pt 1):2353-8.
- (146) Zhang Y, Cantor KP, Lynch CF, Zheng T. A population-based case-control study of occupation and renal cell carcinoma risk in Iowa. *J Occup Environ Med* 2004

March;46(3):235-40.

- (147) Moyad MA. Review of potential risk factors for kidney (renal cell) cancer. *Semin Urol Oncol* 2001 November;19(4):280-93.
- (148) Pesch B, Haerting J, Ranft U, Oelschlägel B, Schill W. Occupational risk factors for renal cell carcinoma: agent-specific results from a case-control study in Germany. MURC Study Group. Multicenter urothelial and renal cancer study. *Int J Epidemiol* 2011;29(6):1014-24.
- (149) Mellemgaard A, Engholm G, McLaughlin JK, Olsen JH. Occupational risk factors for renal-cell carcinoma in Denmark. *Scand J Work Environ Health* 1994 June;20(3):160-5.
- (150) McLaughlin JK, Blot WJ. A critical review of epidemiology studies of trichloroethylene and perchloroethylene and risk of renal-cell cancer. *Int Arch Occup Environ Health* 1997;70(4):222-31.
- (151) McLaughlin JK. Renal cell cancer and exposure to gasoline: a review. *Environ Health Perspect* 1993 December;101 Suppl 6:111-4.
- (152) Karami S, Boffetta P, Brennan P et al. Renal cancer risk and occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and plastics. *J Occup Environ Med* 2011 February;53(2):218-23.
- (153) Stang A, Jockel KH, Baumgardt-Elms C, Ahrens W. Firefighting and risk of testicular cancer: results from a German population-based case-control study. *Am J Ind Med* 2003 March;43(3):291-4.
- (154) Aldrich FD, Stange AW, Geesaman RE. Smoking and ethylene diamine sensitization in an industrial population. *J Occup Med* 1987;29(4):311-4.
- (155) Olshan AF, Faustman EM. Male-mediated developmental toxicity. *Reproduct Toxicol* 1993;7:191-202.
- (156) Golka K, Wiese A, Assennato G, Bolt HM. Occupational exposure and urological cancer. *World J Urol* 2004 February;21(6):382-91.
- (157) Lipworth L, Tarone RE, Lund L, McLaughlin JK. Epidemiologic characteristics and risk factors for renal cell cancer. *Clin Epidemiol* 2009;1:33-43.
- (158) Demers PA, Checkoway H, VTWNHNRL. Cancer incidence among firefighters in Seattle and Tacoma, Washington (United States). *Cancer Causes Control* 1994;5(2):129-35.
- (159) International Agency for Research on Cancer (IARC). Painting, Firefighting, and Shiftwork. [Monograph 98], 397-555. 2010. Lyon, IARC.
Ref Type: Serial (Book, Monograph)
- (160) Krstev S, BDSP, Dosemeci M, SGRSJSALJHR. Occupational risk factors and prostate cancer in U.S. blacks and whites. [34], 421-430. 1998.
Ref Type: Serial (Book, Monograph)
- (161) Wu I MC. Disparities in prostate cancer in African American men: what primary care physicians can do. *Cleveland Clinic Medical Journal* 2012;79(5):313-20.

- (162) Zeegers MP, Friesema IH, Goldbohm RA, van den Brandt PA. A prospective study of occupation and prostate cancer risk. *J Occup Environ Med* 2004 March;46(3):271-9.
- (163) Zeegers MP, Friesema IH, van den Brandt PA. A prospective study of occupation and prostate cancer risk. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 2004;46(3):271-9.
- (164) Gu JK, CLBCAMVJ. Cancer incidence among police officers in a U.S. northeast region: 1976 - 2006. *International Journal of Emergency and Mental health* 2011;13(4):279-89.
- (165) Pukkala E, MJLEGHSPRTLWEKK. Occupation and cancer - follow up of 15 million people in five Nordic countries. *Acta Oncologica* 2009;48(5):656-790.
- (166) Haas GP, DNBOWCdIRG. The worldwide epidemiology of prostate cancer: perspectives from autopsy studies. *Canadian Journal of urology* 2008;15(1):3866-71.
- (167) Orde MM, WNLJS. High prevalence of prostatic neoplasia in Australian men. *Pathology* 2009;41(5):433-5.
- (168) Ilich D, OGD SWT. Screening for prostate cancer: an updated Cochrane systematic review. *BJU International* 2011;107(6):882-91.
- (169) Brawley OW. Prostate carcinoma incidence and patient mortality: the effects of screening and early detection. *Cancer* 1997;80(9):1857-63.
- (170) Muir CS, NJSJ. The epidemiology of prostatic cancer. Geographical distribution and time-trends. *Acta Oncologica* 1991;30(2):133-40.
- (171) Sass-Kortsak AM, PJKNDGLN. Occupational risk factors for prostate cancer. *American Journal of Industrial Medicine* 2007;50(8):568-76.
- (172) Winter FD, SNMJRB. Implementation of the first wellness-fitness evaluation for the Dallas Fire-Rescue Department. *Proceedings of Baylor University Medical Center* 2010;23(2):235-8.
- (173) Seidler A, HHBREG. Association between diesel exposure at work and prostate cancer. *Scandinavian Journal of Work Environment and Health* 1998;24(6):486-94.
- (174) Leitzmann MF, RS. Risk factors for the onset of prostatic cancer: age, location, and behavioral correlates. *Clinical Epidemiology* 2012;4(1):1-11.
- (175) Sims MR, DMAHJMEMDBGdKNFL. Mortality and cancer incidence in workers in two Australian prebake aluminium smelters. *Occupational and Environmental Medicine* 2009;66(7):464-70.
- (176) Ouyang B, BCLHYSLLHEHS. Hypomethylation of dual specificity phosphatase 22 promoter correlates with duration of service in firefighters and is inducible by low-dose benzo[a]pyrene. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 2012;54(7):774-80.
- (177) Guidotti TL. Evaluating causality for occupational cancers: the example of firefighters. *Occup Med (Lond)* 2007 October;57(7):466-71.
- (178) Krishnan G, Felini M, Carozza SE, Miike R, Chew T, Wensch M. Occupation and adult gliomas in the San Francisco Bay Area. *J Occup Environ Med* 2003 June;45(6):639-47.

- (179) Demers PA, Heyer NJ, Rosenstock L. Mortality among firefighters from three northwestern United States cities. *Brit J Ind Med* 1992;49:664-70.
- (180) Heyer N, Weiss NS, Demers P, Rosenstock L. Cohort mortality study of Seattle fire fighters: 1945-1983. *Am J Ind Med* 1990;17:493-504.
- (181) Ekström-Smedby K. Epidemiology and etiology of non-Hodgkin lymphoma - a review. *Acta Oncologica* 2006;45:258-71.
- (182) Figgs LW, Dosemeci M, Blair A. United States non-Hodgkin's lymphoma surveillance by occupation 1984-1989: a twenty-four state death certificate study. *Am J Ind Med* 1995 June;27(6):817-35.
- (183) Hardell L, Lindström vBBFMLG. Some aspects of the etiology of non-Hodgkin's lymphoma. *Environmental Health Perspectives* 1998;106(Suppl 2):679-81.
- (184) Aronson KJ, Tomlinson GA, Smith L. Mortality among fire fighters in metropolitan Toronto. *Am J Ind Med* 1994 July;26(1):89-101.
- (185) International Disease Standards Panel. Report to the Workers' Compensation Board on Cardiovascular Disease and Cancer Among Firefighters. Toronto: WCB of Ontario; 1994 Sept.
- (186) Austin CC, Wang D, Ecobichon DJ, Dussault G. Characterization of volatile organic compounds in smoke at municipal structural fires. *J Toxicol Environ Health A* 2001 July 20;63(6):437-58.
- (187) Gerace TA. Road to a smoke-free fire service for Florida: policies and progress. *J Public Health Policy* 1990;11(2):206-17.
- (188) Haddock CJ, Jirnarin N PWTBJS. Tobacco use among firefighters in the central United States. *American Journal of Industrial Medicine* 2011;54(9):697-706.
- (189) Duffy SA, Ronis DL RC, Waltje AH, Ewing LA Noonan D, Hong OS, Meeker JD. **Protocol of a randomized controlled trial of the Tobacco Tactics website for operating engineers.** *BMC Public Health* 2012;12:335.
- (190) Guidotti TL, Baser M, Goldsmith JR. Comparing risk estimates from occupational disease monitoring data. *Public Health Rev* 1987;15:1-27.
- (191) Hansen ES. A cohort study on the mortality of firefighters. *Br J Ind Med* 1990 December;47(12):805-9.
- (192) Vena JE, Fiedler RC. Mortality of a municipal-worker cohort: 4. Fire fighters. *Am J Ind Med* 1987;11:671-84.
- (193) New York State Department of Health. Cancer incidence and mortality trends for Erie County, 1976 - 2009. 3-1-0012. 11-8-2012.
Ref Type: Internet Communication
- (194) Guidotti TL, Jhangri GS. Mortality from airways disorders in Alberta, 1927-1987: an expanding epidemic of COPD, but asthma shows little change. *J Asthma* 1994;31(4):277-90.

- (195) Schwartz E, Grady K. Patterns of occupational mortality in New Hampshire (1975-1985). New Hampshire Division of Public Health Services, Bureau of Disease Control; 1986.
- (196) Firth HM CKHG. Male cancer incidence by occupation: New Zealand, 1972-1984. *International Journal of Epidemiology* 1996;25(1):14-21.
- (197) Prezant DJ, Dhala A, Goldstein A et al. The incidence, prevalence, and severity of sarcoidosis in New York City firefighters. *Chest* 1999 November;116(5):1183-93.
- (198) Kern DG, Neill MA, Wrenn DS, Varone JC. Investigation of a unique time-space cluster of sarcoidosis in firefighters. *Am Rev Respir Dis* 1993 October;148(4 Pt 1):974-80.
- (199) Bowers B, Hasni S, Gruber BL. Sarcoidosis in World Trade Center rescue workers presenting with rheumatologic manifestations. *J Clin Rheumatol* 2010 January;16(1):26-7.
- (200) Izbicki G, Chavko R, Banauch GI et al. World Trade Center "sarcoid-like" granulomatous pulmonary disease in New York City Fire Department rescue workers. *Chest* 2007 May;131(5):1414-23.
- (201) Miller A. Sarcoidosis, firefighters sarcoidosis, and World Trade Center "sarcoid-like" granulomatous pulmonary disease. *Chest* 2007 December;132(6):2053.
- (202) Izbicki G, Chavko R, Banauch GI et al. World Trade Center "sarcoid-like" granulomatous pulmonary disease in New York City Fire Department rescue workers. *Chest* 2007 May;131(5):1414-23.
- (203) Crowley LE, Herbert R, Moline JM et al. "Sarcoid like" granulomatous pulmonary disease in World Trade Center disaster responders. *Am J Ind Med* 2011 March;54(3):175-84.
- (204) International Disease Standards Panel. Report to the Workers' Compensation Board on Cardiovascular Disease and Cancer Among Firefighters. Toronto: WCB of Ontario; 1994 Sept.

COMPÉTENCES DE L'AUTEUR

Tee L. Guidotti, MD, MPH, FRCPC, FCBOM, FFOM, DABT

Tee L. Guidotti est engagé dans des études sur la toxicologie des produits de combustion depuis 1973, et sur la lutte contre les incendies depuis 1985, alors qu'il entamait un projet de recherche sur les pompiers municipaux de l'Alberta dans le but de créer une équipe de recherche sur le nouveau programme de santé au travail qu'il avait développé à l'Université de l'Alberta. Au fil des années, ses travaux se sont également étendus aux questions touchant l'indemnisation des réclamations des pompiers et la base scientifique de la présomption envisagée. Ses travaux sur la présomption de cancer, fondée sur une approche de « prépondérance des probabilités » et sur la politique publique, ont été adoptés par des assemblées législatives et des agences d'indemnisation des accidentés du travail partout au Canada et dans plusieurs états américains. Ses travaux ont également abordé les services médicaux d'urgence, les matières dangereuses, et la gestion des urgences. Depuis 2002, il est engagé dans des études sur les répondants d'urgence présents lors de la tragédie du 11 septembre 2001, au World Trade Center. Il a été consulté par la National Institute of Occupational Safety and Health (É.-U.) pour la conception et la mise en œuvre d'une étude multicentrique sur les pompiers qui en est à la phase initiale.

Le Dr Guidotti est maintenant consultant international en matière de santé et médecine du travail et de l'environnement qui travaille principalement aux États-Unis, au Canada et au Moyen-Orient par le biais de la Medical Advisory Services (une division du groupe NMAS), dont les bureaux sont situés à Rockville, au Maryland (É.-U.). Il est citoyen canadien (double citoyenneté américaine) et est professeur adjoint à l'Université de l'Alberta (Centre de recherche avancée en énergie et environnement). En 2008, il prend sa retraite comme professeur et titulaire de la chaire du Département de l'environnement et de la santé au travail de l'École de santé publique et des services de santé; du Centre médical de l'Université George Washington, de Washington, DC; et de directeur de la division de la médecine et de la toxicologie professionnelle de l'École de médecine et des sciences de la santé. Avant de devenir titulaire de ce poste en 1999, il a été professeur de médecine professionnelle et environnementale et directeur du programme de santé au travail au Département des sciences de la santé publique de l'Université de l'Alberta, à Edmonton, au Canada, pendant 15 années; en 1996 l'institution le désignait professeur titulaire de la bourse de recherche annuelle Killam.

Le Dr a obtenu son baccalauréat en médecine en 1975 de la University of California à San Diego, son doctorat de la Johns Hopkins School of Hygiene and Public Health en 1971, et a passé deux années de formation en recherche aux National Institutes of Health. Il a été formé en médecine clinique à l'hôpital Johns Hopkins et est titulaire d'un certificat en médecine interne (certificat) et en médecine pulmonaire obtenu aux États-Unis. Il a également été formé en médecine du travail à Johns Hopkins et porte le titre de Fellow dans cette spécialité au Canada (FRCPC, FCBOM), une certification aux États-Unis (ABPM) et au Royaume-Uni (FFOM). Il est également diplômé de la American Board of Toxicology (DABT), le principal titre de compétence des toxicologistes chargés de recherche et de réglementation (c.-à-d. technologie médicale non clinique).

Les champs de recherche préférés du Dr Guidotti comprennent les maladies du poumon liées aux activités professionnelles et environnementales, les études sur la qualité de l'air, et la toxicologie par inhalation. Il est mieux connu en médecine du travail pour son expertise des problèmes de santé au travail chez les pompiers et les travailleurs de la pétrochimie. Ses autres préférences comprennent la toxicologie par inhalation, les études de la qualité de l'air, la santé des écosystèmes, la science des risques, et l'évaluation de la preuve scientifique devant

la loi, l'indemnisation des accidentés du travail et les politiques publiques. Il est l'auteur ou coauteur de plus de 300 publications et a écrit ou édité six livres, y compris un manuel de classe, une monographie sur l'évaluation de la preuve scientifique dans les lois et les politiques publiques, et un manuel des services de santé au travail. Le D^r Guidotti est le rédacteur en chef des *Archives of Environmental and Occupational Health: An International Journal*. Il a été membre de comités de l'Institute of Medicine (National Academies of Science), la Société royale, de Santé Canada, et du US Department of Homeland Security, et il a présidé le comité de la American Thoracic Society chargé de réviser les critères diagnostiques pour les maladies liées à l'amiante (plus spécifiquement l'amiantose) en 2007. Il est l'ancien président du American College of Occupational and Environmental Medicine et de l'Association of Occupational and Environmental Clinics. En 2000, il a donné une conférence à la Commission canadienne de médecine du travail et un Mastromatteo Oration, en 2008, à la réunion annuelle de l'Association canadienne de la médecine du travail et de l'environnement. Le D^r Guidotti est inscrit en tant que médecin pratiquant dans la médecine du travail auprès du Collège des médecins et chirurgiens de l'Ontario (N° 90349).

Le D^r Guidotti occupe actuellement le poste de vice-président, santé, sécurité, environnement et durabilité au Medical Advisory Services, une firme de consultation de Rockville, au Maryland. Il vit à Washington, DC.



TEE L. GUIDOTTI, MD, MPH, FRCPC, FFOM, FCBOM, DABT
Vice-président,
Santé et sécurité, environnement et durabilité
Services de conseils médicaux
1700 Research Boulevard
Rockville, Maryland 20850
USA

Tél.: 301 963-7043
Télec.: 301 963-1767
tguidotti@nmas.com

© Tee L. Guidotti, 2012. L'autorisation d'utiliser sans restriction cette édition est accordée au Regroupement des Associations de Pompiers du Québec (RAPQ), à savoir l'original anglais et la version traduite en français, dans tout format, imprimé ou électronique. Tous droits réservés à l'auteur pour fins d'utilisation, d'adaptation ou de révision.