**Document de synthèse pour le Médecin Sapeur-Pompier.**

Risques liés à l’exposition au feu.

Version 1.4 du 05/05/2018

Auteurs :

**ABRARD Stanislas**

Médecin-Lieutenant – SSSM SDIS 49

Membre de la SEMSP

Interne en Anesthésie-Réanimation – CHU d’Angers

Courriel : stanislas.abrard@chu-angers.fr

**PILLER Laure-Estelle**

Médecin Lieutenant-Colonel – Médecin Chef SSSM SDIS 25

Courriel : laure-estelle.piller@sdis25.fr

**JEANBERT Christophe**

Infirmier de Chefferie – SSSM SDIS 54

Courriel : Christophe.Jeanbert@sdis54.fr

## Table des matières

[Table des matières 3](#_Toc491027422)

[Constat 6](#_Toc491027423)

[Méthodologie 6](#_Toc491027424)

[Chapitre 1 Etudes de Toxicologie 1-1](#_Toc491027425)

[1. Intoxications cyanhydriques professionnelles des pompiers: mythe ou réalité? – Michel - Documents pour le Médecin du Travail 2011 1-2](#_Toc491027426)

[2. 3-Hydroxybenzo[a]pyrene in the urine of smokers and non-smokers – Lafontaine – Toxicology Letters 2006 1-3](#_Toc491027427)

[3. Polycyclic aromatic hydrocarbons at fire stations: firefighters’exposure monitoring and biomonitoring, and assessment of the contribution to total internal dose – Oliveira – Journal of Hazardous Materials 2017 1-4](#_Toc491027428)

[4. Firefighters’ exposure biomonitoring: Impact of firefighting activities on levels of urinary monohydroxyl metabolites – Oliveira - International Journal of Hygiene and Environmental Health 2016 1-5](#_Toc491027429)

[5. Exposures to environmental phenols in Southern California firefighters and findings of elevated urinary benzophenone-3 levels – Waldman – Environment International 2016 1-6](#_Toc491027430)

[6. Firefighting instructors' exposures to polycyclic aromatic hydrocarbons during live fire training scenarios – Kirk – Journal of Occupational and Environmental Hygiene 2015 1-7](#_Toc491027431)

[7. Volatile Organic Compounds Off-gassing from Firefighters’ Personal Protective Equipment Ensembles after Use – Fent – Journal of Occupational and Environmental Hygiene 2015 1-8](#_Toc491027432)

[8. Systemic Exposure to PAHs and Benzene in Firefighters Suppressing Controlled Structure Fires – Fent – Annals of Occupational Hygene 2014 1-9](#_Toc491027433)

[9. Fire fighting trainers' exposure to carcinogenic agents in smoke diving simulators – Laitinen - Toxicology Letters 2010. 1-10](#_Toc491027434)

[10. Firefighters’ exposure to perfluoroalkyl acids and 2-butoxyethanol present in firefighting foams – Laitinen – Toxicology Letters 2014 1-11](#_Toc491027435)

[11. Evaluation du risque chimique professionnel lors des manœuvres de nettoyage et de déblai – Escarrat – Bataillon des Marins Pompiers de Marseille 2004 1-12](#_Toc491027436)

[12. Structural Fire Fighting Ensembles: Accumulation and Off-gassing of Combustion Products – Kirk - Journal of Occupational and Environmental Hygiene 2015 1-13](#_Toc491027437)

[13. Biomonitoring in California Fireﬁghters : Metals and Perﬂuorinated Chemicals – Dobraca – Journal of Occupational and Environmental Medicine 2015 1-14](#_Toc491027438)

[14. Evaluating Endocrine Disruption Activity of Deposits on Firefighting Gear Using a Sensitive & High Throughput Screening Method – Stevenson – Journal of Occupational and Environmental Medicine 2015 1-15](#_Toc491027439)

[15. Prolonged occupational exposure leads to allergic airway sensitization and chronic airway and systemic inflammation in professional firefighters – Gianniou – Respiratory Medicine 2016 1-16](#_Toc491027440)

[Chapitre 2 Etudes épidémiologiques 2-1](#_Toc491027441)

[1. Cancer incidence and mortality in serving whole-time Scottish firefighters 1984–2005 – Ide – Occupational Medicine 2014 2-2](#_Toc491027442)

[2. Mortality and cancer incidence at a fire training college – Glass – Occupational Medicine 2016 2-3](#_Toc491027443)

[3. Mortality and cancer incidence among male volunteer Australian firefighters – Glass – Occupational and Environmental Medicine 2017 2-4](#_Toc491027444)

[4. Characteristics of Workplace Injuries among Nineteen Thousand Korean Firefighters – Yoon – Journal Korean of Medicine Sciences 2016 2-5](#_Toc491027445)

[5. Mortality Due to Malignant and Non-Malignant Diseases in Korean Professional Emergency Responders – Ahn – Plos One 2015 2-6](#_Toc491027446)

[6. French Firefighter Mortality: Analysis Over a 30-year Period – Amadeo – Am J Industrial Med 2015 2-7](#_Toc491027447)

[7. Mortality and cancer incidence in a pooled cohort of US firefighters from San Francisco, Chicago and Philadelphia (1950− 2009) – Daniels – Occup Environ Med 2013 2-8](#_Toc491027448)

[8. Cancer Risk Among Firefighters: A Review and Meta-analysis of 32 Studies – LeMasters – J Occup Env Med 2006 2-9](#_Toc491027449)

[Chapitre 3 Etudes de physiologie – Médecine du Sport 3-1](#_Toc491027450)

[1. Evaluation of a ﬁtness intervention for new ﬁreﬁghters: injury reduction and economic beneﬁts – Griffin – Injury Prevention 2016 3-2](#_Toc491027451)

[2. Vascular and central hemodynamic changes following exercise-induced heat stress – Lefferts – Vascular Medicine 2015 3-3](#_Toc491027452)

[3. The Prevalence of Clinical and Electrocardiographic Risk Factors of Cardiovascular Death among On-Duty Professional Firefighters – Al-Zaiti – J Cardiovascular Nurs 2015 3-4](#_Toc491027453)

[4. Thèse « Intérêt du dosage du taux de lactate capillaire dans l’évaluation médicale de l’aptitude à réaliser une deuxième intervention au feu sous appareil respiratoire isolant chez les Marins Pompiers » - Dewar – Bataillon des Maris Pompiers de Marseille 2015 3-5](#_Toc491027454)

[5. Measures of Health, Fitness, and Functional Movement Among Firefighter Recruits – Cornell - International Journal of Occupational Safety and Ergonomics 2017 3-6](#_Toc491027455)

[6. Firefighter exercise protocols conducted in an environmental chamber: developing a laboratory-based simulated firefighting protocol – Ensari – Ergonomics 2016 3-7](#_Toc491027456)

[7. Development of role-related minimum cardiorespiratory fitness standards for firefighters and commanders – Siddall – Ergonomics 2016 3-8](#_Toc491027457)

[8. Physiological responses of fire-fighter instructors during training exercises – Eglin – Ergonomics 2004 3-9](#_Toc491027458)

[9. Acute effects of firefighting on cardiac performance – Fernhall – Eur J Appl Physiol 2012 3-10](#_Toc491027459)

[10. Physiological and psychological responses in Fire Instructors to heat exposures – Watt – J Thermal Biology 2016 3-11](#_Toc491027460)

[11. Effect of heat on firefighters' work performance and physiology – Larsen – J Thermal Biology 2015 3-12](#_Toc491027461)

[12. Multiple Days of Heat Exposure on Firefighters’ Work Performance and Physiology – Larsen – Plos One 2015 3-13](#_Toc491027462)

[13. Blood pressure and heart rate responses in volunteer firefighters while wearing personal protective equipment – Feairheller – Blood Pressure Monitoring 2015 3-14](#_Toc491027463)

[14. 24-Hour Work Shifts, Sedentary Work, and Obesity in Male Firefighters – Choi – Am J Ind Med 2016 3-15](#_Toc491027464)

[15. Clotting and Fibrinolytic Changes after Firefighting Activities – Smith – Med Sci Sports Exercice 2014 3-16](#_Toc491027465)

[16. The Association of Aerobic Fitness With Injuries in the Fire Service – Poplin – Am J Epidemiol 2014 3-17](#_Toc491027466)

[Chapitre 4 Références 1](#_Toc491027467)

Préambule

## Constat

Divers risques pour la santé et la sécurité des intervenants sont liés au feu. Que les effets soient aigus ou chroniques, ils sont une préoccupation pour le Sapeur-Pompier. Face aux obligations de prévention et de protection des agents, les services d’incendie et de secours se tournent vers leur service de santé le renvoyant à sa mission de médecine professionnelle. Il est nécessaire pour le Médecin Sapeur-Pompier de pouvoir fournir une évaluation des risques afin de proposer des axes de prévention au gestionnaire du SDIS de sorte que celui-ci puisse prendre des décisions éclairées.

Le fait est que la majorité des études publiées sur le sujet ne sont pas françaises. Leur accès pour le Médecin Sapeur-Pompier n’est donc pas forcément aisé. Ce document a pour vocation que lui fournir, en langue française, les éléments mis en évidence par les travaux de la spécialité. Il pourra ainsi être force de propositions et de préconisations argumentées sur ces publications.

Bien entendu, la science avançant perpétuellement, ce document ne prétend pas être exhaustif. Grace à sa présentation sous forme de fiche, il pourra être enrichi au fil des versions successives.

## Méthodologie

Les études scientifiques comportent toutes des biais qui en limitent l’interprétation. L’étude parfaite n’existant pas, c’est l’accumulation de preuves convergentes qui suggèrent une conclusion. L’interprétation proposée ici est celle des auteurs du document, aussi objective qu’elle soit d’autres opinions peuvent vraisemblablement exister. Les propositions émises par le Médecin Sapeur-Pompier reposent sur un niveau de preuve défini grâce aux références bibliographiques. Sa force est fonction des niveaux de preuve de chacune des références bibliographiques, de la cohérence des résultats entre les différentes études, du caractère direct ou non des preuves, de l’analyse de coût… Un niveau global de preuve « fort » permettait de formuler une recommandation « forte » (il faut faire, ne pas faire…). Un niveau global de preuve modéré, faible ou très faible aboutissait à l’écriture d’une recommandation « optionnelle » (il faut probablement faire ou probablement ne pas faire…).



# Etudes de Toxicologie

Les études de toxicologie recherchent une exposition à un ou plusieurs toxiques. Plusieurs niveaux d’exposition peuvent être étudiés :

* Environnementale :
  + Atmosphérique
  + Surfaces dont les EPI
* Corporelle
  + Surface cutanée
  + Organisme dont recherche des métabolites urinaires

## Intoxications cyanhydriques professionnelles des pompiers: mythe ou réalité? – Michel - Documents pour le Médecin du Travail 2011

(MICHEL et al. 2011)

Dosages atmosphériques réalisés par le laboratoire mobile du BMPM sur les lieux de 82 feux urbains lors des phases de noyage et de déblaiement sans ARI.

Dosage de :

* Composés cyanhydriques
  + HCN et nitriles (= un Composé Organique Volatile)
* CO

Pénétration par voie aérienne et transcutanée

Résultats :

HCN dans 25% des prélèvements : Entre < LD et 25ppm. Médiane 0.07ppm

Benzonitrile dans 21% : Entre < LD et 4.7ppm. Médiane 0.05ppm

CO entre < LD et 265ppm. Médiane 37ppm

Observation de la cinétique sur un sinistre : Diminution rapides des concentrations telles que : t1/2=15min.

Valeurs médianes constatées inférieures aux valeurs limites d’exposition professionnelles. Dépassement dans certaines circonstances (feu de commerce de vêtements).

Discussion :

Taux variables dans les études antérieures. En général concentration HCN < CO : Une mesure du taux de CO négative exclurait donc raisonnablement le risque d’autres toxiques (hors risque particuliers : industries,…)

Protection par l’ARI performante selon Jankovic (Jankovic et al. 1991) : Tous les prélèvements sont <LD. Problématique des phases sans port de l’ARI et de la voie percutanée.

Le risque de synergie n’est pas étudié ici.

Quid de la toxicité chronique sur des expositions à faible dose.

## 3-Hydroxybenzo[a]pyrene in the urine of smokers and non-smokers – Lafontaine – Toxicology Letters 2006

(Lafontaine et al. 2006)

Le 1-hydroxypyrène (1-OHPy) est un moins bon marqueur du risque cancérigène que le 3-hydroxybenzo [a] pyrène (3-OHBaP).

Le tabac est une source d’HAP.

Les personnes étudiées étaient des volontaires masculins: 27 fumeurs (10 cigarettes ou plus) et 27 non-fumeurs correspondant à l'âge et à la catégorie socioprofessionnelle. Pour chaque personne, tous les échantillons d'urine de 24 h ont été rassemblés dans un seul échantillon.

Résultats :

Le taux urinaire de 1-OHPy variait de 0,041 à 0,530 µMol / molCreatinine (moyenne 0,144, médiane 0,115) pour les fumeurs et de 0,01 à 0,148 µMol / molCreatinine (moyenne 0,044, médiane 0,032) pour les non-fumeurs. Ces valeurs sont proches de celles de quelques autres études.

La concentration urinaire de 3-OHBaP variait de <0,01 à 0,084 nmol / molCreatinine (moyenne 0,030, médiane 0,023) pour les fumeurs et de <0,01 à 0,045 nmol / molCreatinine (moyenne 0,014, médiane 0,011) pour les non-fumeurs.

Discussion :

On constate une augmentation du taux de 1-OHPy de 2-3x chez le fumeur. Le ratio est plus faible pour le 3-OHBaP. Il existe une corrélation entre les 2 (r=0.5 ; p<0.01).

## Polycyclic aromatic hydrocarbons at fire stations: firefighters’exposure monitoring and biomonitoring, and assessment of the contribution to total internal dose – Oliveira – Journal of Hazardous Materials 2017

(Oliveira et al. 2017)

Ce travail caractérise les niveaux atmosphériques de dix-huit HAP dans huit casernes de pompiers portugaises et la dose absorbée par le biais de la mesure de six métabolites urinaires de monohydroxyl (OH-HAP).

Les HAP sont des agents cytotoxiques et mutagènes (IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks 2002, 2010). De récents éléments plaident également pour un risque cardiovasculaire (Lewtas 2007).

Suivi de 8 SPP / site. Exclusion des SP exposés à une mission incendie ou au tabac dans les 5 jours avant le prélèvement. Prélèvement urinaire en fin de garde.

Résultats :

Les concentrations atmosphériques totales d'HAP variaient largement (46,4-428 ng / m3), principalement en raison de la spécificité du site (urbain / rural) et des caractéristiques (âge et disposition) des bâtiments. Les HAP légers aéroportés (2-3 cycles) étaient les plus abondants (63,9-95,7%).

Le 1-hydroxynaphtalène urinaire et le 1-hydroxyacénaphtène étaient les métabolites prédominants (66-96%).

Le naphtalène était l’HAP cancérigène le plus élevé (39,4-78,1%) dans la majorité des casernes de pompiers (moins élevé dans les centres ruraux).

Le Benzo [a] pyrène, marqueur des HAP cancérogènes, représentait 1,5 à 10% de tous les HAP. Les concentrations médianes de benzo [a] pyrène des pompiers d’un centre urbain ont dépassé de 10 à 20 fois la valeur limite existante de 1 ng / m3 (teneur totale moyenne annuelle en PM10) pour l'air ambiant.

Des corrélations significatives statistiquement positives (r ≥ 0,733, p ≤ 0,025) ont été observées entre les HAP atmosphériques et urinaires pour les sapeurs-pompiers de quatre casernes de pompiers, ce qui laisse supposer que l'air intérieur était leur principale source de contamination.

Discussion :

Les centres les plus pollués étaient les plus anciens, en zone urbaine.

L'exposition personnelle des pompiers aux HAP dans les casernes de pompiers portugaises était inférieure aux limites d'exposition professionnelle existantes. En revanche, il a été observé en milieu urbain des concentrations atmosphériques supérieures au seuil de qualité de l’air.

Les concentrations quantifiées de 1-hydroxypyrène urinaire post-garde chez tous les pompiers étaient nettement inférieures au niveau de référence (0,5 mol / mol) recommandé par l’ACGIH.

## Firefighters’ exposure biomonitoring: Impact of firefighting activities on levels of urinary monohydroxyl metabolites – Oliveira - International Journal of Hygiene and Environmental Health 2016

(Oliveira et al. 2016)

Les concentrations de six métabolites monohydroxyl urinaires (OH-PAH) d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), à savoir le 1-hydroxynaphtalène, le 1-hydroxyacénaphtène, le 2-hydroxyfluorène, le 1-hydroxyphénanthrène, le 1-hydroxypyrène (1OHPy) et le 3-hydroxybenzo [a] Pyrène ont été recherchés en fin de garde dans l'urine de pompiers forestiers impliqués dans des activités de lutte contre l'incendie comparés à ceux de sujets non exposés.

Exclusion des pompiers exposés à la fumée de cigarette ou ayant consommé de la viande grillée.

Résultats :

Dans l'ensemble, les niveaux médians urinaires individuels et collectifs suggèrent une exposition accrue aux hydrocarbures aromatiques polycycliques pendant les activités de lutte contre les incendies avec des niveaux d’OH-PAH chez les pompiers exposés 1,7-35 fois plus élevés que chez les non exposés (p<0.05).

Le 1-hydroxynaphtalène urinaire et / ou 1-hydroxyacénaptène étaient les composés prédominants, représentant 63-98% des OH-PAH retrouvés, suivis du 2-hydroxyfluorène (1-17%), 1-hydroxyphénanthrène (1-13%) et du 1OHPy (0,3-10%). Le 3-hydroxybenzo [a] Pyrène n’était pas significativement retrouvé.

Il n’y avait pas de différence entre les sexes.

La participation à des activités de lutte contre l’incendie ont favorisé une augmentation du taux de 1-hydroxynaphtalène et de 1-hydroxyacénaphtène, alors que taux de 1-hydroxyphénanthrène et de 1OHPy ont diminué.

Discussion :

Les concentrations urinaires de 1OHPy détectées (1,73x 10-2 à 0,152 µmol / mol de créatinine chez les sujets exposés contre 1,21× 10-2 à 5,44× 10-2 µmol / mol de créatinine chez les individus non exposés) étaient inférieures au niveau de référence (0,5 µmol / mol créatinine) proposé par la ACGIH. Ce composé, considéré comme le marqueur de l'exposition aux HAP, était le moins abondant parmi les six biomarqueurs analysés.

L'inclusion d'autres métabolites, en plus du 1OHPy, dans les futures études est suggérée pour mieux estimer l'exposition professionnelle des pompiers aux HAP. De plus, des corrélations de Spearman fortes à modérées ont été observées entre des composés individuels et des OH-PAH corroborant la prévalence d'une source d'émission

Les HAP les plus légers (2-3 cycles) sont les plus retrouvés.

Il existe une limite aux taux mesurés considérant les pics d’excrétion différents et les voies de pénétration potentielles multiples.

## Exposures to environmental phenols in Southern California firefighters and findings of elevated urinary benzophenone-3 levels – Waldman – Environment International 2016

(Waldman et al. 2016)

Les pompiers risquent davantage d'être exposés à des produits chimiques toxiques (reprotoxiques et perturbateurs endocriniens) par rapport à la population générale.

Les auteurs ont mesuré la présence de certains produits chimiques phénoliques dans les urines recueillies auprès de 101 pompiers professionnels du sud de la Californie. Les analyses comprenaient le bisphénol A (BPA), le triclosan, la benzophénone-3 (BP-3) et les parabènes, qui sont des ingrédients communs dans une gamme de produits de consommation.

Résultats :

BP-3, BPA, triclosan et methyl paraben ont été détectés dans presque tous les sujets de l'étude (94-100%). Le taux moyen de BP-3 pour les pompiers était environ cinq fois plus élevé que pour un sous-groupe de l'Enquête nationale sur l'évaluation de la santé et de la nutrition (NHANES).

Les données démographiques et d'exposition ont été recueillies à partir d'enregistrements médicaux et par questionnaire, et des covariables ont été examinés pour évaluer les associations avec des niveaux de BP-3. Les niveaux de BP-3 ont été élevés dans tous les groupes d'âge des pompiers, les niveaux les plus élevés observés chez les groupes de 35 à 39 ans. Le pourcentage de graisse corporelle a eu une association inverse significative avec les concentrations de BP-3.

Discussion :

Les résultats indiquent une exposition omniprésente au BP-3, BPA, triclosan et methyl paraben dans cette population de pompiers.

Malheureusement cette étude ne recueillait pas les données liées à l’activité. Il n’est pas possible de rechercher une corrélation avec une éventuelle exposition en formation ou en intervention.

D'autres recherches sont nécessaires pour étudier les explications possibles à ces niveaux d’exposition. Il faudrait par exemple rechercher une exposition professionnelle liée au traitement des EPI ou liées à la localisation géographique de la population (crème solaire).

## Firefighting instructors' exposures to polycyclic aromatic hydrocarbons during live fire training scenarios – Kirk – Journal of Occupational and Environmental Hygiene 2015

(Kirk et Logan 2015a)

L'exposition cumulative aux contaminants toxiques générés par la formation au feu chez les instructeurs de lutte contre les incendies risque de dépasser largement les expositions des pompiers opérationnels.

Cette étude a mesuré les concentrations atmosphériques d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) à l'extérieur et à l'intérieur des tenues de lutte contre l'incendie utilisés par les instructeurs lors de cinq séances d'entraînement en feu réel.

Résultats :

La contamination des ensembles par un dépôt d’HAP a été caractérisée.

Les concentrations d’HAP atmosphériques pendant les évolutions de l'entraînement variaient de 430 à 2700 μg / m3. A l'intérieur des tenues les échantillons d’air retrouvent des concentrations de 32 à 355 µg / m3.

Le naphtalène, le phénanthrène et l'acénaphtyle étaient les HAP les plus générés lors des entrainements, mais le benzo [a] pyrène a été le plus grand contributeur à la toxicité du mélange d'HAP à la fois à l'intérieur et à l'extérieur des tenues.

Le dépôt d’HAP sur la surface des tenue a été mesuré entre 69 et 290 ng / cm², avec du phénanthrène, du fluoranthène, du pyrène et du benzo [a] anthracène détecté sur tous les échantillons.

Discussion :

Ces résultats suggèrent que les expositions des instructeurs de lutte contre les incendies aux HAP lors d'une seule séance de formation en feu réel sont comparables aux expositions se produisant dans des milieux industriels sur un quart de travail complet.

D'autres recherches sont nécessaires pour étudier l'importance de diverses voies potentielles d'exposition aux HAP.

## Volatile Organic Compounds Off-gassing from Firefighters’ Personal Protective Equipment Ensembles after Use – Fent – Journal of Occupational and Environmental Hygiene 2015

(Fent et al. 2015)

Les équipements de protection individuelle (EPI) des pompiers sont contaminés par divers composés pendant la lutte contre l'incendie. L’élévation des concentrations surfaciques en HAP et phtalates est connue d’après les précédentes études. La contamination est corrélée et proportionnelle aux concentrations atmosphériques (Travaux de Kirk pour le Queensland Fire and Rescue Service)

Ces études ont ciblé des composés faiblement volatiles. Certains composés plus volatiles peuvent être libérés sous forme de gaz, ce qui pourrait entraîner une exposition par inhalation.

Cette étude a été menée pour déterminer l'ampleur et la composition des composés organiques volatils (COV) générés lors des brûlages qui ont été emmagasinés par les EPI des pompiers et ont été absorbées et exhalées par l’organisme.

Trois équipages de cinq pompiers ont effectué une entrée, une attaque et une surveillance pendant un brûlage contrôlé. Les auteurs ont utilisé des cartouches pour échantillonner l'air à l'intérieur de la structure de combustion pendant la période d’activité du feu et la surveillance. Après chaque brûlage, les EPI de deux pompiers ont été placés à l'intérieur d’enceintes propres au sein desquelles l’air a été échantillonné pendant 15 minutes. Le souffle exhalé des pompiers a été recueilli environ 1 heure avant et 4-14 min après chaque brûlage. La présence de 64 COV était recherchée dans les échantillons atmosphériques. Le benzène, le toluène, l'éthylbenzène, le xylène et le styrène (BTEXS) étaient recherchés dans les échantillons respiratoires.

Résultats :

Exposition de 18 à 20min (12-14 min de feu actif et 4-8min de déblai/surveillance). Dégazage des EPI recherché après une marche de 30min dans un hangar sans port de l’ARI.

Quatorze COV ont été détectés lors du dégazage des EPI dans 50% ou plus des échantillons. Par rapport aux niveaux de fond, les concentrations moyennes de dégazage du styrène, du benzène, du 1,4-dichlorobenzène, de l'acétone et du cyclohexane étaient au moins 5 fois supérieures. Plusieurs des composés ont détecté lors du dégazage des EPI ont également été mesurés à des concentrations supérieures au niveau de fond lors de la phase de feu actif (le benzène, le propène et le styrène).

Les concentrations mesurées lors de la surveillance et du dégazage étaient bien inférieures aux limites applicables d'exposition professionnelle à court terme.

Par rapport aux niveaux de pré-brûlage, une augmentation supérieure à 2 fois des concentrations moyennes expirées de benzène, de toluène et de styrène étaient constatées après les brûlages.

Les concentrations de BTEXS ont montrés une corrélation significative entre le dégazage des EPI et les taux expirés après brulage.

Discussion :

Les taux de passages sont supérieurs à ceux attendus en théorie. Rôle possible de la sueur. Les pompiers ont pu absorber le BTEXS à la fois par voie dermique (pendant la lutte contre l'incendie) et par voie inhalée (dégazage de l'EPI après la mission d’extinction).

Les taux sont inférieurs au seuil de risque aigu. Pour le benzène, le taux expiré est similaire à celui retrouvé après 4h de travail dans un atelier de mécanique automobile (Egeghy et al. 2002).

Une information des pompiers sur le potentiel d'exposition à l'inhalation est nécessaire. En particulier, lorsqu'ils entretiennent ou voyagent dans des véhicules confinés avec des EPI contaminés. En effet, en opération, les temps et conditions d’exposition peuvent être supérieurs aux standards.

## Systemic Exposure to PAHs and Benzene in Firefighters Suppressing Controlled Structure Fires – Fent – Annals of Occupational Hygene 2014

(Fent et al. 2014)

L'équipement fournit une protection contre l'exposition cutanée aux contaminants pendant la lutte contre l'incendie. Cependant, le niveau de protection est inconnu.

L’absorption par l’organisme de substances toxiques lors de la lutte contre l’incendie a été prouvée par de précédentes études (Caux, O’Brien, et Viau 2002; J. Laitinen et al. 2010). La contribution des différentes voies est en revanche inconnu (orale, inhalation, dermique,…)

Les auteurs ont exploré la contribution dermique à la dose systémique d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et d'autres hydrocarbures aromatiques absorbée par les pompiers lors de la lutte contre l’incendie et le déblaie.

L'étude a été organisée en deux sessions de trois brûlages contrôlés où cinq pompiers intervenaient. Les pompiers portaient des tenues neuves ou entretenues testés avant chaque brûlage pour éviter tout risque de contamination hors brûlage. Pour s'assurer que toute augmentation des niveaux systémiques d'HAP résultait d'une exposition cutanée plutôt que d'une inhalation, les pompiers n'ont pas enlevé leur appareil respiratoire jusqu'à ce que le déblai soit terminé et qu’ils soient> 30 m en contrebas de la structure.

Les échantillons ont été prélevés avant et à intervalles réguliers après la combustion pour l'analyse des biomarqueurs. Le phénanthrène et l’acide s-phénylmercapturique (métabolite du benzène) étaient recherchés. L’air exhalé était recueilli, les HAP et d'autres hydrocarbures aromatiques y étaient recherchés. Des échantillons d'air à l’intérieur de la tenue pendant les brûlages et des essuyages de la peau sur plusieurs sites corporels avant et après la séance étaient également recueillis. Les HAP étaient recherchés.

Résultats :

Des concentrations post-exposition élevées de benzène (P <0,05) étaient retrouvées par rapport aux concentrations préexposition pour les deux sessions.

Des niveaux élevés de d’HAP sur le cou des pompiers étaient constatés lors de la première session. Il existait une corrélation statistiquement significative entre l’exposition externe (c.-à-d. les concentrations d'HAP dans l’air interne des tenues) et les biomarqueurs (c.-à-d. la différence pré/post du métabolite urinaire des HAP et des concentrations expirées de benzène).

Discussion :

Les résultats suggèrent que les pompiers portant leur EPI complets ont absorbé les produits de combustion (HAP) probablement par voie transcutanée. Bien que le taux de benzène expiré augmentait son métabolite urinaire restait inférieur à la limite de détection.

Le cou est le principal site d'exposition et d'absorption du fait d’un niveau inférieur de protection à ce niveau.

L’humidité et la chaleur de la peau sont connus pour augmenter de 2.5 à 7.5 fois l’absorption cutanée (Franz 1984).

Il n’est pas exclu qu’une part de la contamination ait lieu par voie inhalée lors de la manipulation des tenue et par off-gassing (dégazage).

## Fire fighting trainers' exposure to carcinogenic agents in smoke diving simulators – Laitinen - Toxicology Letters 2010.

(J. Laitinen et al. 2010)

Il est bien connu que les pompiers sont potentiellement exposés à différents agents cancérigènes sur les lieux d'un incendie. L'exposition des pompiers aux agents cancérigènes de la fumée lors de formations dans les simulateurs d’incendies est moins connue.

Les métabolites urinaires (acide muconique urinaire, 1-naphtol et 1-pyrénol), des prélèvements cutanés (hydrocarbures aromatiques polycycliques) et des mesures atmosphériques (cyanures, hydrocarbures aromatiques polycycliques, composés organiques volatils et formaldéhydes) ont été utilisés pour déterminer la manière dont la combustion des matériaux, le type de simulateur et les vêtements de protection utilisés affectaient les formateurs incendie.

Résultats :

Les plus fortes libérations de 1-pyrénol (prélevés 6h après la fin de l'exposition, en moyenne 4,3-9.2nmol / L), émissions de benzène (1,0 2,5 mg / m3) et de cyanure d'hydrogène (0,2 0,9 mg / m3) ont été mesurées au cours de la combustion de contreplaqué de résineux et de panneaux d’aggloméré. La combustion de polystyrène entrainait une augmentation de 80% de l’acide cyanhydrique atmosphérique. Les plus bas niveaux étaient mesurés lors de la combustion de pin et de bois de sapin (1.5nmol / L, à 0,6 mg / m3, et 0,05 mg / m3). Cependant le combustible le plus sûr semble être le propane (1.0nmol / L, 0,2 mg / m3, et non mesuré).

Le type de simulateur utilisé impacte clairement les formateurs. Les plus fortes expositions cutanées à des HAP ont été mesurées dans les maisons à feu (en moyenne 1200ng/cm²). Des niveaux d'exposition nettement inférieurs ont été mesurés dans des sessions de formation en caisson (760ng/cm²), où le niveau moyen d'exposition par voie cutanée était de 35% inférieur à celui de la maison à feu. Les niveaux d'exposition (30ng/cm²) dans le simulateur à gaz (propane), ne représentent que 4% du niveau mesuré lors des sessions de formation en caisson. En revanche, le taux de formaldéhyde atmosphérique augmentait dans ce simulateur du fait de l’utilisation de fumée artificielle.

La quantité des hydrocarbures aromatiques polycycliques a diminué de 80% sur les mains des formateurs quand ils ont utilisé des sous gants (de 8.7ng/cm² en moyenne) par rapport à ceux qui n'en avaient pas (48.4ng/cm²).

Il n'y avait pas de différence dans l'efficacité de protection contre HAP entre les différentes tenues de feu testées (Goretex et Nomex).

Discussion :

La présence de colle dans le bois semble être un déterminant majeur dans la composition des fumées. Les simulateurs à gaz exposent à des niveaux très inférieurs d’HAP et de COV, mais il existe une exposition au formaldéhyde spécifique non retrouvée dans les autres simulateurs.

Les différentes tenues n’ont pas d’effets sur la contamination, en revanche, l’ajout de couches (sous-gants) semble avoir un effet important sur la contamination cutanée.

## Firefighters’ exposure to perfluoroalkyl acids and 2-butoxyethanol present in firefighting foams – Laitinen – Toxicology Letters 2014

(J. A. Laitinen et al. 2014)

Les acides perfluoroalkyliques (PFAA) regroupent le Perfluorooctanoate (PFOA), le sulfonate de perfluorooctane (PFOS) sous-groupe des alkyles per et polyfluorés (PFAS). Ils sont utilisés comme surfactant et polymères. Ils rentrent dans la composition des additifs (mousses) pour l’extinction des feux d’hydrocarbures. Il existe une bioaccumulation.

Les 2-butoxyethanol (EGBE), 2-2-butoxyethanol (DEGBE) et 1-2- butoxyethanol (EG) ont des propriétés antigel et de stabilisation des mousses.

Les PFAA sont des perturbateurs endocriniens connus pour augmenter le taux de cholestérol et modifier l’équilibre thyroïdien, ils augmenteraient également l’incidence des cancers du sein.

Une accumulation dans l’organisme de retardant a été prouvé chez les Sapeurs-Pompiers (Shaw et al. 2013), les auteurs ont souhaité rechercher si cet effet était également présent pour ces substances. Les SP y étant exposés au cours de leurs interventions (port de tenues contaminées, usage de mousses, transfert mains-bouche).

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'exposition de huit pompiers au Sthamex 3% AFFF (Agent Formant un Film Flottant) dans la simulation d'accidents d'avion dans l'aéroport d'Oulu en Finlande. L’étude a été menée en 2010 avant la limitation de l'utilisation de PFOA et PFOS dans les AFFF par l’union européenne. L'exposition des pompiers à douze PFAS a été analysée afin d'observer les signes d'accumulation pendant trois sessions de formation consécutives. L'exposition à court terme du pompier à l’EGBE a été analysée par analyse urinaire d'acide 2-butoxyacétique (2-BAA). La concentration de PFAS dans le liquide AFFF utilisé était mesurée. La composition de huit AFFF disponibles dans le commerce a été évaluée.

Résultats

Les concentrations de PFHxS et PFNA sériques des pompiers semblent augmenter au cours des trois séances d'entraînement, bien qu'elles ne fussent pas les principaux PFAS dans l'AFFF utilisé. La signification statistique n'a pas pu être recherchée en raison de la taille limitée du groupe test. Il existe une augmentation relative des taux plasmatiques de PFHS et PFNA 2 semaines après exercice.

Au cours de deux séances d'entraînement, les excrétions urinaires moyennes de 2-BAA ont dépassé la limite de référence de la population non exposée en restant inférieur à la limite d’action biologique (60mmol/molCréat).

Analyse des différents AFFF : Certains produits ne contiennent pas de PFAA.

Discussion

Il existe une exposition modéré aux PFAA inférieure au seuil d’action biologique.

Doute sur une bioaccumulation des PFAA, néanmoins celle-ci serait de faible ampleur. Il est surprenant de voir qu’elle concerne des composés (PFHS et PFNA) qui n’étaient pas présent dans l’analyse de la mousse. L’hypothèse étant celle d’une modification chimique lors de la combustion.

## Evaluation du risque chimique professionnel lors des manœuvres de nettoyage et de déblai – Escarrat – Bataillon des Marins Pompiers de Marseille 2004

Non publiée

Recherche d’un marqueur permettant d’évaluer la toxicité atmosphérique (aigue NDLR) lors des phases de nettoyage/déblai potentiellement avec l’ARI décaplé.

Analyse de 367 prélèvements atmosphériques réalisés au cours de la phase de nettoyage/déblai de feux urbains. Etude qualitative (présence / absence) des composés toxiques sur 285 prélèvements permettant d’identifier 13 Composés Organiques Volatiles les plus fréquents qui seront dosés (étude qualitative) sur 82 prélèvements associé à une recherche de 4 gaz dits « permanents » (constamment retrouvés dans les atmosphères d’incendies) c.a.d. CO, N2, HCN et SO2.

Résultats

2 COV étaient retrouvés à des concentrations supérieures au Valeurs Limites Moyenne d’Exposition (VME) : Benzène et Phénol.

Parmi les gaz permanents, CO était supérieur à sa VME dans 50% des cas. Moins fréquemment pour les autres.

Dans les 2 cas où le Phénol et le Benzène étaient supérieurs à leur VME, le CO était très supérieur à la sienne. Idem pour les autres gaz permanents qui étaient toujours associés à des concentrations de CO supérieur à sa VME. Inversement lorsque le CO était inférieure à sa VME, aucun gaz ou COV était supérieur à la sienne.

Discussion

Le dosage du CO en permanence dans les atmosphères des sites d’interventions pour feu urbain semble pertinent comme marqueur de la présence de gaz ou COV. Si supérieur à 50ppm l’atmosphère est à considérer comme vicié.

La limite de cette étude concerne l’absence de prise en compte du risque lié aux particules fines ni au dégazage des tenues. Si l’atmosphère n’est pas viciée, il ne semble pas exister de risque de toxicité aigüe, en revanche, la contamination par le biais du matériel, des EPI et des particules en suspension ne permet pas d’écarter un risque de toxicité chronique et pourrait faussement rassurer l’intervenant.

## Structural Fire Fighting Ensembles: Accumulation and Off-gassing of Combustion Products – Kirk - Journal of Occupational and Environmental Hygiene 2015

(Kirk et Logan 2015b)

Les pompiers peuvent être exposés à des produits de combustion toxiques non seulement lors des opérations de lutte contre l'incendie et de la formation, mais également par suite du contact avec des ensembles de lutte contre les incendies de structure contaminés. Les voies potentielles de contamination sont alors la voie cutanée mais également respiratoire lors du relargage de vapeurs et de particules lorsque le pompier ne porte plus son ARI.

La contamination de surface concerne plutôt les HAP alors le dégazage est l’apanage des COV. Il a été montré que la contamination augmentait avec la durée d’utilisation ((Lacey, Alexander, et Baxter 2014)VS(Fabian et al. 2014)). Il n’existait pas de données sur les utilisations multiples.

Cette étude a caractérisé le dépôt d’HAP sur des tenues de feu et le dégazage de produits de combustion après des expositions multiples à des simulations d’incendies en milieu clos. 4 attaques successives (14 min par scénario) chacun des 3jours consecutifs (tenue propre chaque jour).

Mesure du dépôt d’HAP en surface par des patchs de 10cm² positionnés au milieu du torse, retrait d’un patch à chaque évolution. Recherche en enceinte close (sac) d’un dégazage de la tenue après 4 sessions et après lavage.

Résultats :

Différents HAP se sont déposés sur la couche externe des tenues, sans variation dans le flux de dépôt entre les tenues propres et les tenues déjà contaminées. Il existe une augmentation très modérée des concentrations d’HAP au fur et à mesure.

Les contaminants rejetés par les tenues après utilisation comprenaient des composés organiques volatils (certains à des taux élevés), des composés de carbonyle, des HAP à faible poids moléculaire et du cyanure d'hydrogène (630 à 1300 µg/m3). Les échantillons d'air recueillis d'une manière similaire après lavage des tenues montrent les concentrations de gaz de la plupart des composés étudiés sont revenus à des niveaux de préexposition. Pas de tests statistiques du fait des faibles effectifs.

Discussion :

Ces résultats suggèrent que la contamination des vêtements de protection augmente avec le nombre d'utilisations et que le stockage des tenues de lutte contre les incendies dans de petits espaces non ventilés immédiatement après l'utilisation peut créer une source d'exposition future aux produits de combustion toxiques pour le personnel.

Le lavage semble être efficace pour la décontamination des tenues pour un certain nombre de composés. Néanmoins il est important de noter que l’effet sur les composés faiblement volatils n’a pas été recherché. Il peut donc également s’agir de l’effet d’évaporation progressive naturelle des substances les plus volatiles, d’ailleurs il n’a pas été montré de phénomène de dégazage avec les HAP de poids moléculaire élevé. L’accumulation d’HAP lors de cycles d’entretien long a été démontrée.

## Biomonitoring in California Fireﬁghters : Metals and Perﬂuorinated Chemicals – Dobraca – Journal of Occupational and Environmental Medicine 2015

(Dobraca et al. 2015)

La composition des fumées d’incendie est hautement variable (Hartzell 1996). Beaucoup ôtent leur ARI alors que l’atmosphère à de grande chance de contenir des agents organiques volatils et des particules (Bolstad-Johnson et al. 2000). Les agents extincteurs comme les additifs peuvent contenir des agents perfluorés (PFC) auxquels les SP sont exposés (J. A. Laitinen et al. 2014).

Cette étude a pour objectif d’évaluer les concentrations sanguines en composés chimiques (cadmium, plomb, mercure, manganèse et 12 autres substances chimiques dans les urines et le sang total) chez des SP de Californie et les comparer avec une population représentative américaine (Cohorte NHANES). Echantillon de 101 SP. Prélèvement au cours de la visite médicale annuelle ou biannuelle.

Résultats :

Chez les SP (âge moyen 42.8 ans, 99 hommes, 2 femmes, 10 fumeurs, 26 obèses), les concentrations de métaux étaient toutes semblables ou inférieures à celles de National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES), à l'exception de 6 SP dont les concentrations plasmatiques de mercure (9,79 à 13,42 μg/L) étaient proche ou supérieur à la cohorte NHANES (10 μg/L). Le taux urinaire bas de mercure inorganique suggère que cette augmentation est liée à un absorption de mercure organique (consommation de poissons). Parmis les PFC, les concentrations d'acide per-fluorodécanoïque étaient élevées par rapport aux NHANES (3x plus).

En analyse multivarié : le cadmium sanguin et le sulfonamide de perfluorooctane étaient significativement plus élevés chez les SP âgés de ≥ 50 ans. Un taux de cadmium sanguin significativement plus élevé a également été trouvé chez les pompiers qui lavaient leurs mains moins fréquemment pendant une garde. Le manganèse était plus élevé chez les pompiers qui ont été engagés sur des incendies commerciaux (≥ 1x dans l’année) et chez les pompiers affectés dans des CIS construits après 2000. Le mercure était significativement plus élevé chez les pompiers qui ont répondu aux feux de végétaux au moins une fois l'année précédente. Des interventions mensuelles pour feux de locaux commerciaux ont été associées à des concentrations plus élevées d’acide perfluoroheptanoique (PFHpa). Des interventions mensuelles pour risque chimique étaient associées à des concentrations plus élevées de 2-(N-méthyl-perfluorooctane sulfonamide) et toute intervention avec matières dangereuses était associée à des valeurs significativement plus élevées d'acide perfluorononanoique (PFNA). PFNA et acide perfluorooctanoique (PFOA) étaient également significativement plus élevés chez les pompiers dont l’EPI n'avait pas été décontaminé professionnellement au cours de la dernière année. Les participants qui utilisaient des mousses avaient des concentrations de PFHpA significativement plus élevées.

Discussion:

Ces résultats viennent conforter les résultats de précédentes études. Les SP (filière incendie) peuvent avoir des sources d'exposition professionnelle non-définies (et peut-être non filtrées). Une évaluation précise des additifs est nécessaire. Le PFDeA pourrait affecter le système endocrinien et le système immunitaire.

Le lavage des mains était associé à des niveaux inférieurs de cadmium, et le nettoyage professionnel des équipements de participation était associé à des niveaux inférieurs de PFNA et PFOA.

## Evaluating Endocrine Disruption Activity of Deposits on Firefighting Gear Using a Sensitive & High Throughput Screening Method – Stevenson – Journal of Occupational and Environmental Medicine 2015

(Stevenson et al. 2015)

Effets néfastes pour la santé de l'exposition aux produits chimiques perturbateurs endocriniens (EDC). Une exposition aux phtalates a par exemple été mise en évidence (Lacey, Alexander, et Baxter 2014). On constate une augmentation de l'incidence des maladies coronariennes, de la prostate et des cancers testiculaires, et des problèmes de fertilité chez les pompiers ou leur progéniture (Olshan, Teschke, and Baird 1990).

Mesure de l’activité œstrogénique et antiestrogénique des extraits tenues utilisés par les pompiers (gants et cagoules) pour évaluer la présence d’EDC. Test de dépistage utilisant des levures modifiées par génie génétique exprimant le gène du récepteur humain aux œstrogènes.

Résultats :

La plupart des extraits issus des différentes couches du gant usé et des phtalates détectables sur ces dernières ont des effets antioestrogènes forts. Des extraits issus des couches constituant le gant neuf et des cagoules ont montré une activité oestrogénique significative.

Discussion :

Détection de quantités importantes d’EDC dans des équipements de pompiers.

L'inhibition de l'activité œstrogénique par les échantillons pourrait s'expliquer par la concurrence entre les phtalates et l'oestradiol pour les récepteurs des œstrogènes, mais aussi par altération de la région hélice-12 sur le récepteur. Cela pourrait conduire à l'inhibition de la liaison d'un co-activateur au récepteur des œstrogènes sans lequel le récepteur des œstrogènes serait incapable de se lier à l'élément de réponse aux œstrogènes.

L’effet oestrogénique est variable en fonction de la couche du gant neuf. Cette variation pourrait être causée par différents ignifugeant recouvrant les matériaux.

L'équipement des pompiers souillés affichait des propriétés antiestrogènes forte et oestrogèniques à faible niveau. En plus des ignifugeants, les pompiers sont exposés à des EDC différents et variés. Les quantités pourraient dépendre de différentes expositions sur les scènes de lutte contre l'incendie.

Les effets endocriniens peuvent résulter d'un contact dermique avec les engins avant ou après un incendie, ou d’une inhalation pendant le déblai, phase où les pompiers manipulent des matériaux brûlés pour trouver des foyers cachés et des matériaux potentiellement combustibles. Durant cette phase, l’ARI n’est pas couramment porté.

Une identification complémentaire des produits chimiques perturbateurs endocriniens est nécessaire. Cette information peut être utile lors de la conception des équipements et des protocoles futurs pour les pompiers afin de minimiser l'exposition.

La perturbation de l'homéostasie des hormones pourrait donc se produire avec une exposition prolongée conduisant finalement à la carcinogenèse, en particulier dans les tissus hormono-sensibles, ou à d'autres effets néfastes sur la santé induits par les hormones.

## Prolonged occupational exposure leads to allergic airway sensitization and chronic airway and systemic inflammation in professional firefighters – Gianniou – Respiratory Medicine 2016

(Gianniou et al. 2016)

Peu de données sont disponibles sur les effets à court et à long terme de l'exposition professionnelle sur les voies aériennes (VA) et l'inflammation systémique chez les pompiers professionnels. Les particules sont inhalées dans le tractus respiratoire. Cette exposition est connue pour aboutir, dans d’autres populations, à une sensibilisation des VA (Wyler et al. 2000; Diaz-Sanchez, Penichet-Garcia, et Saxon 2000). Chez les SP, une augmentation de l’incidence des symptômes respiratoires, de l’hyperréactivité bronchique, une baisse de la fonction pulmonaire durant les périodes de lutte contre l’incendie et saisonnièrement (Gaughan et al. 2008; Banauch et al. 2006; Feldman et al. 2004; Liu et al. 1992; Miedinger et al. 2007). On notait dans les publications qui ont suivi une augmentation de l’incidence de l’asthme, la BPCO, les sinusites avec une inflammation locale et systémique (Références disponibles dans l’article).

Les auteurs ont cherché à caractériser l’état des voies respiratoires et l'inflammation systémique lors de la formation des pompiers avec une exposition professionnelle maximale de 1 an par rapport à l'exposition à long terme des pompiers professionnels aguerris. Les auteurs ont exploré la fonction respiratoire à l’aide d’un questionnaire, d’une EFR, de test allergologiques, des marqueurs de l'inflammation, de lavages bronchoalvéolaires (LBA) et de biopsies bronchiques chez 92 pompiers professionnels (63 professionnels à plein temps, 29 stagiaires) VS 18 contrôles.

Résultats:

Les âges moyens étaient proches : SPP =33 ans, Stagiaires = 27 ans, Contrôles = 30 ans.

Les pompiers professionnels aguerris ont montré une sensibilisation bronchique allergique documentée par la présence d'atopie, d’hyperréactivité bronchique et d’une éosinophilie dans les crachats, les LBA et les biopsies bronchiques. Les taux d'IL-8, d'ECP, de VEGF et de TNF-a étaient statistiquement significativement plus élevés dans les expectorations des pompiers professionnels par rapport aux stagiaires (p = 0,04, p = 0,02, p = 0,04 et p = 0,02, respectivement). Les taux d’IL-8 et de TNF-a étaient néanmoins supérieurs chez les stagiaires VS contrôles. Les taux sériques d'IL-8 et de TNF-a étaient également statistiquement significativement plus élevés dans les groupes de pompiers professionnels aguerris et les stagiaires par rapport aux contrôles. Enfin, il y a eu une corrélation linéaire entre la durée de la profession en service et le degré d'inflammation systémique et aérienne.

Conclusions:

Ces résultats indiquent un effet "dose-réponse" de l'exposition chronique à un environnement pollué sur l'inflammation bronchique et systémique chez les pompiers professionnels. Celle-ci se manifeste par une augmentation des symptômes atopiques chroniques et d’une hyperréactivité.

Des modifications sont visibles dès la première année d’activité (groupe stagiaire), leur ampleur augmente avec les années d’exposition. Par exemple, le taux d’IL-8 est connu pour s’élever après exposition à la fumée. Il reste augmenté pour une durée d’environ 3 mois (Holgate et al. 2003).

Les études sur l’EFR sont divergentes, ici il n’y avait pas de modification de l’EFR de repos avec seulement une hyperréactivité au test à la methacholine. Des études ont retrouvé, des altérations après des saisons de feux de forêt par exemple (Liu et al. 1992; D’Amato et al. 2005).

# Etudes épidémiologiques

Les études épidémiologiques recherchent l’association entre la survenue d’événements (maladie, décès,…) et des facteurs de risque ou des facteurs protecteurs (par exemple la profession de pompier, le sport, le travail de nuit, …).

Ces études, souvent rétrospectives, peuvent concerner un nombre important de sujets ce qui est une force. En revanche, leur faiblesse principale tient au fait qu’elles sont uniquement observationnelles c’est-à-dire qu’il n’y a pas d’intervention de la part des expérimentateurs. On ne peut jamais exclure que les évènements observés ne soient pas directement la cause des facteurs pris en compte. Des facteurs de confusion sont des facteurs qui ne sont pas mesurés par l’étude mais qui sont en lien avec les évènements et les facteurs. Par exemple : L’alcool peut apparaitre comme facteur de risque de cancer du poumon dans certaines études. En fait il n’en est rien car les sujets buvant de l’alcool ont plus tendance à fumer. Si ce facteur n’est pas mesuré il agit comme facteur de confusion entre l’alcool et le cancer du poumon.

## Cancer incidence and mortality in serving whole-time Scottish firefighters 1984–2005 – Ide – Occupational Medicine 2014

(Ide 2014)

Les pompiers sont exposés de manière incontrôlable aux agents cancérogènes dans leur milieu de travail. Le but de cette étude est de déterminer l'incidence et la mortalité par cancer dans une cohorte d’environ 2200 pompiers.

Le dossier médical du service a été examiné. Les taux annuels d'incidence et de mortalité pour 100 000 habitants ont été dérivés et comparés aux populations masculines d’Ecosse.

Résultats :

Les taux moyens d'incidence et de mortalité par cancer étaient inférieurs chez les pompiers (86,5 contre 123,7, P < 0,01, intervalle de confiance de 95% [IC] -290,3 à -209,7 et 20,4 contre 59,9, P <0,001 à 95% IC -57,5 à -22,5, respectivement).

L'incidence du mélanome et du cancer du rein était plus élevée (13,6 contre 7,7, P <0,001 IC 95%: 3,0 à 8,8 et 9,1 contre 4,4, P <0,01, IC 95%: 2,4 à 6,7), ainsi que la mortalité par cancer du rein (6,5 contre 1,9, P <0,01, IC 95% 2,8 à 6,4). Le cancer testiculaire était plus fréquemment chez les pompiers (9,1 contre 8,1), mais n'a pas atteint une signification statistique.

L'intestin grêle (9,1 contre 13,8), le poumon (6,8 contre 20,4) et le lymphome (9,1 contre 11,0) avaient tous un taux de cancer inférieur à l’incidence dans la population de référence. Ceci était particulièrement marqué en ce qui concerne l'intestin grêle (P <0,01, IC à 95% -7,7 à -1,7) et le poumon (P <0,001, IC à 95%: 7,7 à 1,0). La mortalité était également inférieure pour le cancer colorectal 4,5 contre 6,0, le poumon 4,5 contre 16,8 et le lymphome 2,3 versus 3,3, sans être significatif.

L'âge moyen et la durée de service au diagnostic étaient de 43 ans (fourchette 28-54) et 19 ans (gamme 2-31), respectivement.

Discussion :

Ces résultats sont généralement compatibles avec d'autres études sur les pompiers. Les tumeurs les plus courantes étaient généralement celles associés aux hommes jeunes et d'âge moyen.

Problématique de dossiers incomplets pour les mutations.

Certaines tumeurs bénignes ont pu ne pas être rapportées dans les dossiers.

La problématique principale de ce genre d’étude est l’effet travailleur en bonne santé. Il est lié au fait que la population de référence est en moins bonne santé que la population de travailleurs observée. Dans les études sur les populations de pompiers ce biais est majeur : La populations de pompiers est sélectionnée à l’engagement, suivi régulièrement et a une meilleure hygiène de vie que la population générale. De plus le taux de femme y est beaucoup plus faible. Toutes ces données font que la comparaison avec la population générale est très hasardeuse. Pour y remédier certains auteurs ont comparé la population de pompiers à d’autres populations d’hommes jeunes actifs. Sama a trouvé une augmentation des cancers de vessie et des lymphomes malins non Hodgkinien en comparant une cohorte de pompiers à une cohorte de policiers (Sama et al. 1990).

## Mortality and cancer incidence at a fire training college – Glass – Occupational Medicine 2016

(Glass et al. 2016)

Les pompiers employés dans les centres de formation n’ont pas été l’objet d’études épidémiologiques alors que leur exposition aux composés cancérogènes a été largement prouvée.

Le risque de cancer et la mortalité a été étudié chez les pompiers de l'installation de formation de Fiskville de l’Autorité d’Etat des incendies (CFA), Victoria, en Australie, entre 1971 et 1999.

Le CFA a fourni pour une cohorte rétrospective de 614 pompiers des documents des ressources humaines, complétés par des informations autodéclarées. En fonction de probabilité d’exposition trois niveau de risque étaient affectés (Groupes bas [Stagiaires], moyens [Instructeur professionnel ou volontaire] ou élevés [instructeur en zone d’exercice]). La cohorte était comparée aux données nationales sur le cancer et la mortalité. Les taux de mortalité normalisés et les ratios standardisés d'incidence du cancer (SIR) étaient calculés par les auteurs.

Résultats :

Le groupe élevé (n = 95) avait un risque nettement plus élevé de cancers SIR = 1,85 (IC 95%: 1,20-2,73), SIR de cancer du testicule = 11,9 (1,44-42,9) et SIR du mélanome = 4,59 (1,68-9,99) par rapport à la population de l’Etat de Victoria. L’incidence des tumeurs cérébrale était significativement augmentée pour le groupe moyen (n = 256): SIR = 5,74 (1,56-14,7).

Le délai d’apparition moyen était de 24,75 ans.

La mortalité était considérablement réduite pour tous les groupes.

Discussion :

Malgré les faibles effectifs, un risque accru de cancer pour le groupe élevé est identifié. Il semble exister une relation dose-effet.

Il existe un biais de déclaration possible pour les tumeurs cérébrales.

Le délai d’apparition > à 10 ans est concordant avec les pathologies observées.

## Mortality and cancer incidence among male volunteer Australian firefighters – Glass – Occupational and Environmental Medicine 2017

(Glass et al. 2017)

Le système de secours australien compte environ 180 000 pompiers volontaires. La majorité intervient en zone rurale ou périurbaine et un petit nombre en zone urbaine. Il n’y a pas de données épidémiologiques spécifiques aux SPV. Ces derniers effectuent moins de feux / mois mais plus de feux de végétations de plus longue durée. Il y a moins de critères à l’engagement et la pyramide des âges est différente.

On sait que la mortalité globale est plus faible par l’effet travailleur en bonne santé mais qu’il existe dans la population globale que sont les SP une augmentation de la mortalité cardiovasculaire et de l’incidence de certains cancers.

Cette étude a visé à étudier la mortalité et l'incidence des cancer des pompiers volontaires masculins australiens et des sous-groupes de pompiers selon la durée du service, l’année d’engagement et le nombre et le type d’intervention réalisées.

Les organismes de lutte contre les incendies participants ont fourni les dossiers des pompiers volontaires, y compris leur activité opérationnelle précise. La cohorte était comparée à l'Australian National Death Index et aux rapports de mortalité normalisés (SMR) de la Base de données australienne du Cancer et aux ratios d'incidence normalisés (SIR) pour le cancer. Les pompiers ont été regroupés en selon la durée du service et par le nombre d’interventions réalisées et les taux de mortalité relatif et les ratios d'incidence relative calculés.

Résultats :

Les données de 144 512 SPV étaient exploitables. Le suivi débutait entre 1998-2000 et finissait entre 2010-2011. L’âge moyen à la fin du suivi était de 48.7 ans avec 14.5 ans de service. Seuls 102 073 SPV enregistraient des interventions durant la période de suivi, 53% pour feu (13% bâtiments, 27% feux de végétaux).

Le risque global de mortalité était considérablement diminué, et toutes les principales causes de décès étaient considérablement réduites pour les pompiers volontaires. Seule la mortalité due à une cardiopathie ischémique était corrélée statistiquement à augmentation de l’activité opérationnelle.

Par rapport à la population générale, on observait des diminutions significatives de l'incidence générale du cancer et de la plupart des principales catégories de cancer. L'incidence du cancer de la prostate en revanche était augmentée comparativement à la population générale, mais sans lien statistique avec l’activité opérationnelle. Le cancer du rein était corrélée au nombre d’intervention pour feux, en particulier des incendies de structures.

Discussion :

Les pompiers volontaires ont un risque réduit de mortalité et d'incidence du cancer par rapport à la population générale, ce qui est susceptible d'être un effet «volontaire en bonne santé» et, peut-être, des taux de tabagisme plus faibles. L’association entre pollution aux particules fines et arrêt cardiaque est connue (Dennekamp et al. 2010), de même qu’entre l’exposition aux fumées de feux de forêt et arrêt cardiaque (Dennekamp et al. 2015).

Le nombre important de SPV n’ayant pas enregistré d’intervention (29%) peut correspondre à des SP inactifs ou indisponibles par exemple pour raison de santé. Ils peuvent rester SP pour des activités de fonctionnement ou sociales. Il n’y a pas de modification du risque en les excluant de l’analyse (ceci refléterait soit une perte de l’effet « bonne santé » dans ce sous-groupe soit d’une exposition non liée aux interventions (dans les casernes ?)). Une des limite principale est la jeunesse de cette cohorte avec un délai de latence (<10ans) trop faible pour observer l’apparition d’un grand nombre de cancers.

## Characteristics of Workplace Injuries among Nineteen Thousand Korean Firefighters – Yoon – Journal Korean of Medicine Sciences 2016

(Yoon et al. 2016)

Les données américaines montraient un risque de blessures entre 2 à 7 fois plus important pour les SP par rapport aux autres travailleurs. Les blessures nécessitant un passage aux urgences étaient 2 fois plus fréquentes pour les SP de la filière incendie que pour les paramédicaux.

Afin de déterminer les statistiques réelles (et non pas juste les déclarations d’accident) les auteurs ont mené une enquête sur la nature des blessures en service chez tous les pompiers masculins en Corée par le biais d’un questionnaire électronique.

Résultats :

Taux de réponse 83.9%. Exclusion des SP < 20ans, > 60 ans et expérience < 12 mois : 19119 réponses ont été utilisées pour l'analyse des données. Les types d'emplois ont été catégorisés en filière incendie, service médical d'urgence (SME) et officiers.

11.66% des répondants ont connu une ou plusieurs blessures au cours des 12 derniers mois. Les SP jeunes (20-29 VS 50-59 ans) ou ayant une faible expérience du feu avaient une prévalence de blessures plus important (14.6 vs 8%). Les SP fumeurs avaient également une prévalence de blessures plus élevée (15.1 vs 11.4%). La prévalence des blessures pour 1000 travailleurs selon un âge standardisée est de 354/an pour la filière d'incendie, 533/an pour le SME et 228/an pour les officiers. Le risque relatif (intervalle de confiance de 95%) des blessures était de 1,86 (1,61-2,15) pour la filière incendie et 2,93 (2,51-3,42) pour le personnel EMS par rapport aux officiers après ajustement. Les jours d'absence du travail en raison de blessures pour 1000 travailleurs (âge standardisé) étaient de 1 120, 1 337 et 676 pour la filière incendie, le SME et les officiers, respectivement. Les accidents de la route (24,5%) étaient la cause la plus fréquente et les plaies (42,3%) étaient le type de blessures le plus fréquent. Pour la filière incendie, la seconde cause la plus fréquente est l’intoxication. Pour les EMS et les officiers il s’agit des chutes.

Conclusion :

Limite liée à la forme auto-déclarative des accidents.

D’autres données sont disponibles sur le sujet. Il existe des différences en termes de blessures comparées à celles rapportées dans d'autres pays. Cette étude à l’avantage d’être réçente.

## Mortality Due to Malignant and Non-Malignant Diseases in Korean Professional Emergency Responders – Ahn – Plos One 2015

(Ahn et Jeong 2015)

En Corée du Sud, la lutte contre les incendies tout comme les interventions de secours à personnes sont réalisées par des emergency responders (ER) professionnels.

Une précédente analyse a montré que les pathologies cardiovasculaires étaient les plus fréquente (68,2%), suivie de certains types de cancers (9,1%), des maladies musculo-squelettiques (5,5%), des maladies respiratoires (3,6%) et des maladies de l'oreille (3,6%) (Ahn, Jeong, et Kim 2012).

Comparaison de la cause du décès entre les ER et les hommes coréens de la population générale. 3 catégories selon l’ancienneté : >20 ans, entre 10 et 20 ans et < 10 ans.

Cohorte de 33 442 hommes ER employés entre 1980 et 2007 et non décédés depuis 1991. Etude du registre des décès et suivi de la mortalité entre 1992 et 2007. Exclusion des femmes (<5%).

Résultats :

Age moyen 41.3 ans et ancienneté 15.2 ans. La majeure partie de la cohorte est pompier (88.1%). 485 décès durant la période de suivi.

Dans l'ensemble la mortalité toutes causes (SMR = 0,43, IC 95% = 0,39-0,47) et par cancers étaient significativement plus faible chez les ER comparativement à la population masculine coréenne. La mortalité due aux pathologies cardiovasculaires (SMR = 0,38, IC 95% = 0,10-0,98) était significativement plus faible chez les ER non-pompiers.

La mortalité dû à l'exposition à la fumée, au feu et aux flammes (SMR = 3,11, CI 95% = 1,87 à 4,85) était significativement augmentée chez les ER (pompiers ou non).

Après ajustement, il est constaté une augmentation de la mortalité toutes les causes (ARR = 1,46, IC 95% = 1,13-1,89) et de maladies non maligne (ARR = 1,65, IC 95% = 1,16-2,33) chez les pompiers employés > 20 ans. La survenue d’un cancer ARR = 1,54, IC 95% = 1,02-2,31) et la leucémie (ARR = 83,65, IC 95% = 2,21-3, 166,29) ont également été significativement plus élevés chez les pompiers employés > 20 ans. Les blessures, les intoxications et les causes externes de mortalité (ARR = 3,13, IC 95% = 1,18-5,46) ainsi que l'automutilation intentionnelle (ARR = 2,57, IC 95% = 1,01-6,64) étaient également significativement plus élevés chez les pompiers employés > 20 ans.

Discussion :

Les ER ont un haut niveau de condition physique, une meilleure hygiène de vie et un suivi médical / population générale -> Effet travailleur en bonne santé = Biais de l’étude (notamment pour la comparaison du taux de mortalité par IDM).

Une augmentation de la mortalité due à tous les cas de cancer et de traumatisme externe, d'intoxication et de causes externes chez les pompiers employés > 20 ans par rapport aux pompiers employés <10 ans suggère une exposition professionnelle.

## French Firefighter Mortality: Analysis Over a 30-year Period – Amadeo – Am J Industrial Med 2015

(Amadeo et al. 2015)

Les études antérieures s’accordent sur la baisse de mortalité globale chez les SP par rapport à la population générale (groupe contrôle grandement discutable). En revanche, une augmentation des taux de mortalité liée à certains cancers a été observée (LeMasters et al. 2006). La profession de SP a été classée comme possiblement cancérigène (2B) pour les cancers des testicules, de la prostate et les lymphomes malins non Hodgkiniens (Straif et al. 2007).

Le but de l’étude était d’explorer la mortalité des pompiers professionnels français.

Les auteurs ont calculé les taux de mortalité normalisés (SMR) pour 10 829 pompiers professionnels masculins employés en 1979 et comparés à la population masculine française entre 1979 et 2008 (Cohorte C-Prim). Les pompiers ont été identifiés dans 89 départements administratifs français (93% de la population).

Résultats :

L’âge moyen en 1979 était de 30 ans. En 2008, 77% de la cohorte avait cessé son activité après en moyenne 29 ans de service. 1642 décès ont été identifiés, ce qui représente une mortalité de toutes causes nettement plus faible que dans la population générale (SMR 0,8%, IC à 95%: 0,77-0,85). Le cancers était responsable dans 45% des cas, pulmonaire dans 25% des cas. Le SMR a augmenté avec l'âge et n'était pas différent de 1 pour les pompiers de 70 ans. Aucun excès significatif de mortalité n'a été observé pour une cause spécifique, mais un nombre plus important de décès que prévu a été trouvé pour différents cancers digestifs (rectum / anus, pancréas, buccal-pharynx, estomac, foie et larynx).

Discussion :

Une diminution de la mortalité toutes causes était observée. A cause de l'effet de travail en bonne santé dans cette cohorte (Goldberg et Luce 2001), les maladies du système respiratoire étant considérablement plus faibles (SMR 0,4%). Les excès non significatifs pour les néoplasies digestives sont notables, mais ne doivent pas être sur-interprétés à ce stade.

Nous pouvons regretter l’absence de mesure du degré d’exposition.

Il est constaté une baisse des atteintes respiratoires par rapport à la population générale, lorsque qu’un comparateur plus adapté est choisi (policiers) une augmentation est constatée (Rosénstock et al. 1990).

Les facteurs de confusion pouvant être retenus sont : le régime alimentaire et la consommation d’alcool qui peuvent augmenter la fréquence des cancers digestifs (Murphy et Volinn 1999; Munir et al. 2012).

## Mortality and cancer incidence in a pooled cohort of US firefighters from San Francisco, Chicago and Philadelphia (1950− 2009) – Daniels – Occup Environ Med 2013

(Daniels et al. 2014)

Plusieurs études ont montré une augmentation de certains cancers chez les SP: cérébraux (Aronson, Tomlinson, et Smith 1994; Tornling, Gustavsson, et Hogstedt 1994; Vena et Fiedler 1987; Demers, Heyer, et Rosenstock 1992; Bates 2007; Kang et al. 2008), tractus digestif (Tornling, Gustavsson, et Hogstedt 1994; Vena et Fiedler 1987; Bates 2007; Kang et al. 2008; Baris et al. 2001; Beaumont et al. 1991), tractus génito-urinaire (Vena et Fiedler 1987; Bates 2007; Ma et al. 2006, 2005) et tumeurs hématologiques (Demers, Heyer, et Rosenstock 1992; Kang et al. 2008; Heyer et al. 1990). Une récente méta-analyse a confirmé une augmentation de l’incidence de tumeurs cérébrales, de l’estomac, du colon, du rectum, de la prostate, des testicules, du myélome et des lymphomes malins non Hodgkiniens (LeMasters et al. 2006).

L’objectif de cette étude était d’examiner l’épidémiologie du cancer dans un rassemblement de cohortes de 29 993 pompiers professionnels américains employés depuis 1950 et suivis jusqu'en 2009. La mortalité et l'incidence du cancer ont été évaluées avec comme population de référence la population américaine. Les taux de mortalité normalisés (SMR) et d'incidence (SIR) ont été déterminés pour 92 causes de décès et 41 cancers. Des analyses de sensibilité ont été effectuées pour examiner les potentiels biais significatifs.

Résultats :

La cohorte représente 858 938 et 403 152 personne-années pour les analyses de mortalité et d'incidence, respectivement.

La mortalité toutes causes était similaire à la population de référence (SMR = 0,99, IC 95%: 0,97 à 1,01, n = 12 028).

Il y avait un excès de mortalité par cancers (SMR = 1,14, IC 95%: 1,10 à 1,18, n = 3285) et de l’incidence des cancers (SIR = 1,09, IC 95% 1,06 à 1,12, n = 4461) composé principalement de néoplasies digestives (SMR = 1,26, IC 95%: 1,18 à 1,34, n = 928; SIR = 1,17, IC 95% 1,10 à 1,25, n = 930) et pulmonaires (SMR = 1,10, IC 95%: 1,04 à 1,17, n = 1096; SIR = 1,16, IC 95%: 1,08 à 1,24, n = 813). Conformément aux études précédentes, des augmentations modestes ont été observées pour plusieurs cancers solides (Reins, ORL, Foie, Vessie). Cependant, il n'existait pas de preuve d'excès de cancers hématologiques. Cette étude est la première à signaler un excès de mésothéliome (SMR = 2,00, IC 95% 1,03 à 3,49, n = 12; SIR = 2,29, IC 95%: 1,60 à 3,19, n = 35) parmi les pompiers américains. Il existait une augmentation particulièrement forte des cancers de véssie chez les femmes SP (SMR = 33.51, IC 95% 4.06-121.05)

Discussion :

La nouvelle découverte d'un excès de mésothéliome malin est à noter, étant donné que l'exposition à l'amiante est un danger connu de la lutte contre l'incendie.

Il existe un risque d’effet travailleur en bonne santé. Il était constaté une baisse des maladies respiratoires chroniques, des maladies cérébrovasculaires, du diabète de type 2, des maladies du système nerveux et de l’alcoolisme. En revanche on constatait une augmentation des maladies hépatiques chronique dont la cirrhose, des insuffisances rénales et des décès accidentels.

L’augmentation de maladies hépatiques semble à rattacher à une augmentation de l’exposition à des toxiques et à l’hépatite B plus qu’à la consommation d’alcool.

## Cancer Risk Among Firefighters: A Review and Meta-analysis of 32 Studies – LeMasters – J Occup Env Med 2006

(LeMasters et al. 2006)

L'objectif de cette étude était de regrouper 32 études sur les SP et de déterminer quantitativement et qualitativement le risque de cancer. Trois critères étaient utilisés pour graduer le risque probable, possible ou improbable pour 21 cancers selon la méthode de l’OMS.

Résultats:

Les résultats indiquent que les pompiers ont un risque probable de cancer pour le myélome multiple avec un niveau de risque estimé (SRE) de 1,53 avec un intervalle de confiance à 95% (IC) de 1,21-1,94, le lymphome non-Hodgkinien (SRE = 1,51, IC 95% : 1.31-1.73) et la prostate (SRE = 1.28; IC à 95% : 1.15-1.43). Le niveau de risque de cancer des testicules a été augmenté à probable (SRE 2.02, IC 95%: 1.30-3.13). Huit cancers supplémentaires ont été classés comme ayant une association «possible» avec la lutte contre les incendies (Peau, Mélanome, Cerveau, Rectum, Cavité buccale et pharynx, Estomac, Colon, Leucémie).

Discussion :

Les résultats confirment les résultats antérieurs d'un risque élevé de myélome multiple chez les pompiers. De plus, une association probable avec le lymphome non hodgkinien, le cancer de la prostate et le cancer du testicule a été démontrée.

La recherche d’associations est à sensibiliser en fonction de l’exposition (poste opérationnel VS administratif). De nombreux travaux perdent en sensibilité du fait de l’effet travailleur en bonne santé.

Le lien avec le tabagisme ne peut être retenu ici devant l’absence d’augmentation des cancers du poumon, de la vessie et du larynx.

# Etudes de physiologie – Médecine du Sport

L’adaptation de l’organisme à l’effort et aux conditions particulières auxquelles sont confronté les Sapeurs-Pompiers lors de leurs missions est unique. Elle ouvre un large champ de recherche. Seuls quelques-uns des travaux abordant cette thématique sont développés ici.

La connaissance des messages clés apportés par ces études permet aux membres du SSSM d’augmenter la sécurité, le confort et la compréhension en promouvant des évolutions dans bien des domaines.

## Evaluation of a ﬁtness intervention for new ﬁreﬁghters: injury reduction and economic beneﬁts – Griffin – Injury Prevention 2016

(Griffin et al. 2016)

Les pompiers sont plus exposés aux accidents de travail que la plupart des travailleurs américains. La diminution de la condition physique est associée à une blessure chez les pompiers une VO2max < à 43 ml/kg/min multipliait par 2.2 le risque d’accident de travail (Poplin et al. 2014). De manière similaire une autre étude rapportait que les SP ne pratiquant pas de sport régulier pendant leur garde avait un risque augmenté de blessures (Jahnke et al. 2013).

Plusieurs évaluations médico-économiques de programmes d’entrainement physique des SP ont montré un intérêt certain à ces initiatives (Leffer et Grizzell 2010; Kuehl et al. 2013).

Le programme PFF-Fit a été mis en œuvre sur une période d'environ 17 mois par les animateurs sportif du service d’incendie de Tuscon (Arizona). La formation initiale, 3 jours par semaine, avait lieu à l'école dès le recrutement. Les exercices comprenaient de la musculation, du cardio et des exercices de souplesse. Les animateurs ont ensuite été désignés en tant que tuteurs des pompiers stagiaires au cours de l'année de probation. Ils ont également effectué des évaluations périodiques de la condition physique dans le but de les motiver et de répondre aux questions et aux préoccupations et s’assurer que les «mauvaises habitudes» ne pas s'instalent pas. Enfin, le programme PFF-Fit comprenait une intervention nutritionnelle par une diététicienne lors de la formation initiale. Détails sur le programme sur le site Web (http://spifi.publichealth.arizona.edu/Health\_Fitness/PFF\_Fit).

Le département a recherché la diminution des accidents de travail et de la fréquence des demandes d’indemnisation durant la période probatoire. Comparaison avec 3 promotions historiques.

Résultats :

109 recrues ont suivi le programme, 77.1% en sont arrivés au bout. 29 agents ont subi une blessure (26.6%). La plupart des blessures étaient des entorses (65,4%) et l'extrémité inférieure du corps était le plus fréquemment affectée (61,7%). La cause la fréquente était un surmenage aigu (67,9%).

La promotion ayant bénéficié du programme a présenté :

- Moins de blessures globalement et pendant l'année de probation (p = 0,009),

- Moins de demandes d’indemnisation (p = 0,028) et moins d’expertises

Des économies d'environ 33 000 dollars (2013) ont été réalisés (blessures et indemnisation).

La mise en œuvre du programme était de 32 192 dollars.

Rendement d'investissement sur 1 an de 2,4%.

Discussion :

Limites d’une cohorte historique. Limite lié au recensement des événements par déclaration d’accident (possible sous-déclaration). Retour sur investissement plus faible que dans les précédentes études. La diminution des blessures peut également avoir un impact positif à long terme.

Le programme s’est avéré prometteur mais des recherches sont nécessaires pour mieux comprendre le potentiel du programme. Ici il ne ciblait que les personnels en recrutement, possible ouverture sur les personnels en activité.

## Vascular and central hemodynamic changes following exercise-induced heat stress – Lefferts – Vascular Medicine 2015

(Lefferts et al. 2015)

Le stress thermique résulte d'une combinaison de la production de chaleur métabolique et des conditions environnementales et peut être exacerbé par des vêtements de protection qui limitent la dissipation de chaleur par évaporation. Il en découle une limite à l’effort et une diminution de la force musculaire. Les résistances vasculaires périphériques diminuent et le débit cardiaque augmente pour maintenir la pression artérielle. Comprendre la contrainte cardiovasculaire est nécessaire sachant que 45% des mort subites en interventions sont de cause cardiaque (Soteriades et al. 2011).

Cette étude a examiné les effets du stress thermique modéré généré par l'exercice (EIHS) sur la fonction vasculaire, l’élasticité aortique et les indices de performance myocardique et de perfusion coronaire. Les mesures ont été recueillies chez 12 hommes (âgés de 22 +- 3 ans) avant et après 100 minutes d'exercice modéré avec port de l’EPI+ARI complet pour contrainte thermique ou aucun stress thermique (NHS) par port d’une veste réfrigérée lestée d’un poids équivalent 18.7kg. Travail physique pour atteindre 75-80% de la FCmax , 40% de la VO2max. La pression artérielle, la vélocité et l’analyse de l’onde de pouls ainsi que la rigidité aortique ont été évalués.

Résultats :

Le pouls était significativement plus élevé lors de l’EIHS vs NHS. Il n’y avait pas de différence concernant la PA, l’élasticité aortique et la vélocité de l’onde de pouls. En revanche l’analyse de l’onde de pouls retrouvait les différences suivantes : Intégrale de la systole était significativement plus grande tandis que l’intégrale de la diastole et la pression de réflexion par l’aorte étaient significativement plus faibles pour EIHS par rapport à NHS. Il y avait une augmentation des indices de travail myocardique et une réduction des indices de perfusion coronaire qui peuvent être liés aux réponses chronotropes à EIHS.

Discussion :

Les principales conclusions de cette étude sont les suivantes:

1) L’EIHS augmente les indicateurs de la fonction systolique myocardique en diminuant de façon concomitante les indices coronariens de perfusion diastolique;

2) L’EIHS n'a aucun effet sur la rigidité aortique;

3) L’EIHS diminue la grandeur de l'onde de pression réfléchie ;

4) L'EIHS entraine une augmentation de fréquence cardiaque qui peut conduire à une modification des indices de travail et de perfusion myocardique.

L’EIHS modéré entraîne une augmentation du travail du myocarde et une réduction de la perfusion coronaire. Cette inadéquation entre les besoins et les apports pourrait conduire à un risque majoré d’arythmies et de d’accidents cardiaques.

## The Prevalence of Clinical and Electrocardiographic Risk Factors of Cardiovascular Death among On-Duty Professional Firefighters – Al-Zaiti – J Cardiovascular Nurs 2015

(S. S. Al-Zaiti et Carey 2015)

Les pompiers présentent deux fois plus de décès d’origine cardiovasculaires sur intervention que les policiers et quatre fois plus que les intervenants médicaux d'urgence (Kales et al. 2007). L'étiologie de cette forte prévalence reste inconnue. Il a été évoqué par de précédentes études la prévalence du syndrome métabolique, de la maladie coronarienne, de la privation de sommeil, des comportements compulsifs et du bien-être mental général des pompiers professionnels, qui sont tous connus pour augmenter le risque d'événements cardiovasculaires (Carey, Al-Zaiti, Dean, et al. 2011; Carey, Al-Zaiti, Liao, et al. 2011). L'électrocardiogramme (ECG) est un outil largement utilisé pour dépister les populations à risque.

Echantillon composé de SP de 13 casernes (dont 7 de SPP). Holter ECG 24 h + épreuve d’effort Mesures anthropométriques, PA et ECG 12 D avant le début de l’étude.

Résultats :

112 SP, âge 44+-8, 49 % en surpoids, 40 % obèses, 55% avec un périmètre abdominal >100 cm. 1/3 hypertendus (seulement 20% traités), 13 % fumeurs actifs, 3% ATCD de maladie coronarienne, 9 % pathologie respiratoire.

Fréquence cardiaque mesurée : sinusale pour tous les SP, minium 47+-7, maximum 143+-21

Beaucoup de SP présentent des marqueurs ECG de risque de mort cardiaque (ondes T pathologiques, HVG, QRS larges, ectopie ventriculaire fréquente, QTc allongé, diminution de la variabilité de la FC, sous ST dynamique, bloc intraventriculaire, élévation de la FC moyenne, élargissement spatial de l’angle QRS-T). Aucune interaction entre la démographie, mesures anthropométriques, PA, atcd et l’incidence des anomalies ECG n’a été relevée.

Test d’effort (tapis roulant) : Signe d’ischémie chez 11.6% des SP. Nécessité d’examens approfondis chez 19% des SP. 7% ont présenté une désaturation <90%

Discussion :

Probable modification du tonus sympathique chez les SP. Dysfonction de système nerveux autonome confirmé par la perte de la variabilité de la FC, facteur de risque d’arythmies. L’élargissement de l’angle QRS-T indique une repolarisation anormale du fait d’une cardiomyopathie sous-jacente. Les complexes QRS fragmentés sont les stigmates de petits infarctus qui ont pu passer inaperçus.

Les résultats indiquent que près de 12% à 30% des pompiers pourraient avoir une maladie coronarienne infraclinique qui pourrait expliquer le risque accru d'événements cardiaques en service dans cette population à haut risque.

Prévention des risques et dépistage des facteurs de risques indispensables. Un bilan physique annuel avec ECG 12 D est recommandé.

## Thèse « Intérêt du dosage du taux de lactate capillaire dans l’évaluation médicale de l’aptitude à réaliser une deuxième intervention au feu sous appareil respiratoire isolant chez les Marins Pompiers » - Dewar – Bataillon des Maris Pompiers de Marseille 2015

(Non publié)

Différents critères empiriques ont été proposés pour l’évaluation médicale de l’aptitude du SP à être réengagé pour une seconde action. Ceci reposent sur des signes physiques (sueur, fatigue intense, crampes, vertiges, nausées / vomissements, …) et des éléments cliniques (fréquence cardiaque, respiratoire, pression artérielle, saturation, température corporelle).

L’objectif de ce travail est de rechercher une corrélation entre la lactatémie capillaire et l’évaluation médicale des intervenants après un exercice standardisé (reconnaissance puis attaque et progression sur deux niveaux). Le but était d’étudier la pertinence du lactate capillaire comme dépistage des inaptitudes au réengagement pour une seconde mission. L’étude commençait par un questionnaire.

Résultats :

152 Marins-Pompiers inclus. Augmentation : FCmoy +46,7 bpm, T° tympanique +1,2°C. 53 individus ont été considérés comme inaptes sur paramètre physique ou clinique (sur FC et/ou T° pour 75,4%

(n = 40) des inaptes). 80% des inaptes (n = 42) n'ont pas avoué avoir réalisé un effort très difficile selon l'échelle de BORG ce qui confirme la notion que les pompiers ont une tendance à sous évaluer l'effort accompli. L’évaluation du pouls, de la SpO2, de la fréquence respiratoire, de la température étaient plus discriminante que la pression artérielle pour évaluer l’aptitude.

Les questionnaires révélaient que 25% des SP étaient déjà allés au-delà de leurs limites physiques en intervention. 17,9 % ont déjà été victimes d'un état d'épuisement. 77,4 % des SP ayant eu un problème médical en intervention n'ont pas consulté de structure médicale sur place. La première raison (54,2% des blessés) invoquée est que l'organe de décision opérationnel n'avait pas jugé utile de déclencher un soutien sanitaire sur les lieux de l'intervention.

La lactatémie est soumise à d'importantes variations. La lactatémie mesurée était de 4,4 [4,0-4,8] mmol/L chez les aptes d'emblée contre 6,6 [5,9-7,3] mmol/L chez les inaptes en post-effort immédiat (p < 0,001). La lactatémie contrôlée à 18 minutes était de 2,5 [2,3-2,7] mmol/L chez les aptes d'emblée contre 3,5 [3,0-4,0] mmol/L chez les inaptes (p < 0,001). L’analyse des courbes ROC montre qu’il s'agit d'un outil d'aide à la décision mais que seul ce marqueur ne suffit pas à bien classer les individus à titre individuel. Pour la lactatémie post effort immédiat avec un seuil à 6.5mmol/L : sensibilité 52,8%, spécificité 84,98%, permet de classer de manière correcte en termes d'aptitude les individus dans 73,6% des cas.

Conclusion :

Le rajout du dosage de la lactatémie capillaire à la prise de décision d'inaptitude individuelle du pompier peut être pertinent. Toutefois ce dosage ne doit être qu'un outil supplémentaire. La détermination des seuils choisis des paramètres cliniques, physiques et biologiques d'inaptitude et le moment de la mesure de tous ces paramètres peuvent porter à discussion.

Il faut aussi noter que même le dispositif de soutien le plus efficient ne peut bénéficier aux intervenants que s’il est envoyé sur les lieux. Hors au moment de l’étude, une part importante des événements médicaux en intervention se produisaient sans que le SP n’ait accès à un dispositif de soutien sanitaire sur les lieux au cours de l’intervention.

## Measures of Health, Fitness, and Functional Movement Among Firefighter Recruits – Cornell - International Journal of Occupational Safety and Ergonomics 2017

(Cornell et al. 2017)

Il est reporté dans la littérature un taux de blessures de 17.7 blessures / 100 SP / An (Poplin et al. 2012). La recherche de facteur de risque de blessures permet des actions de prévention. Le Functional Movement Screen ™ (FMS ™) est un score de prédiction du risque de blessure ches les SP, athlètes et militaires. Un score ≤ à 14 indique un risque augmenté de blessure.

Le but de cette étude était d'examiner les associations entre les différentes mesures de santé et de condition physique et le FMS ™ chez 78 recrues. Les relations entre le scores FMS ™ et l'âge, l'indice de masse corporelle (IMC), la souplesse (S & R), la capacité aérobie maximale estimée (V̇ O2max), la force musculaire maximale estimé des membres inférieurs (1RM-Squatmax) et le gainage (% Plankmax ) ont été examinés.

Résultats :

Les scores FMS ™ étaient significativement corrélés avec l'IMC (r = -0,231, p = 0,042), la force musculaire 1RM-Squatmax (r = 0,302, p = 0,007) et le gainage % Plankmax (r = 0,320, p = 0,004). Les analyses de régression multiple ont indiqué que cette combinaison de prédicteurs prédisait de manière significative (F (3, 74) = 5,043, p = 0,003) le résultat du score FMS ™ et représentaient 17% de la variance totale (R2 = 0,170). En outre, les analyses de régression logistique ont indiqué que l'estimation du 1RM-Squatmax a également prédit de manière significative (χ2 = 6.662, df = 1, p = 0.010) l'appartenance au groupe FMS ™ (≤ 14 ou ≥15).

Conclusion:

Ces résultats suggèrent que les mesures de santé et de condition physique de l'obésité (IMC), la force musculaire des extrémités inférieures (estimée 1RM-Squatmax) et l'endurance musculaire de base (% Plankmax) sont significativement associées aux mouvements fonctionnels chez les recrues des pompiers. Par conséquent, les programmes de prévention des blessures mis en place parmi les recrues de pompiers devraient cibler ces aspects de la santé et de la condition physique. Les programmes d’entrainement physique des SP à l’engagement et de maintien de la condition tout au long de l’activité doivent en tenir compte.

## Firefighter exercise protocols conducted in an environmental chamber: developing a laboratory-based simulated firefighting protocol – Ensari – Ergonomics 2016

(Ensari et al. 2017)

Il existe un grand nombre d’études s’intéressant aux SP. Malheureusement, les protocoles d’exercices sont très variables rendant parfois leur comparaison et leur reproductibilité hasardeuse. La lutte contre l’incendie est particulière du fait qu’elle implique de multiples actions, souvent intenses, mais accomplies de manière intermittente. La durée d’une phase de travail est limité par l’autonomie d’un ARI entre 20 à 40min.

Un protocole d'exercice standard qui permet des comparaisons dans diverses études ergonomiques serait d'une grande valeur pour les chercheurs qui étudient les contraintes physiques et physiologiques lors de la lutte contre les incendies et les interventions possibles pour les réduire. Les auteurs ont comparé l’impact cardiorespiratoire pendant les activités de lutte contre les incendies simulées en utilisant une station d'activité de lutte contre l'incendie nouvellement développée (FAS) et le tapis roulant tous deux effectués dans un même laboratoire chez 21 pompiers. Les données sur les paramètres cardiorespiratoires et la température centrale ont été collectées en continu.

Résultats :

Les analyses ont indiqué des modèles distincts de changement dans les paramètres cardiorespiratoires et la fréquence cardiaque entre les deux exercices. Le modèle consistait en une alternance de périodes de pics et nadir lors de l’exercice dans la FAS qui étaient qualitativement et quantitativement similaires à des activités d'incendie, alors que les mêmes paramètres ont augmenté logarithmiquement avec le tapis roulant. La température de base a augmenté plus rapidement dans le FAS.

Conclusion :

Un exercice sur tapis roulant n’est pas une bonne modélisation de l’effort physique en opération de lutte contre l’incendie. Un exercice en station d’entrainement à la lutte contre l’incendie se rapproche plus du type d’effort rencontré en opération.

## Development of role-related minimum cardiorespiratory fitness standards for firefighters and commanders – Siddall – Ergonomics 2016

(Siddall et al. 2016)

Lors des missions de lutte contre l’incendie, la demande métabolique est rarement inférieure à 35 ml/kg/min et fréquemment supérieure à 40 ml/kg/min (Gledhill et Jamnik 1992; Bilzon et al. 2001; von Heimburg, Rasmussen, et Medbø 2006). La contrainte cardiaque monte à 60-95% de son maximum (Eglin, Coles, et Tipton 2004; Richmond et al. 2008). La demande est variable en fonction du poste.

Le but de cette étude est de mesurer le pic de demande métabolique lors de différentes tâches simulant la lutte contre l’incendie effectuées par 62 SP (50 hommes et 12 femmes) revêtis de l’EPI complet ARI non capelé tout en étant monitorés pour la demande métabolique et la contrainte cardiovasculaire.

5 tâches différentes étaient évaluées (course avec tuyaux, transport d’équipements, montée d’escaliers, évacuation et feu d’espace naturel) chacune coupé par un repos de 60 min. Leur représentativé d’une vraie intervention était évaluée par un panel d'experts. Les tâches de commandement ne concernaient qu’une partie des exercices.

Une norme minimale d'aptitude cardiorespiratoire a été obtenue suite à une analyse des exigences métaboliques.

Résultats :

Quatre tâches, ont été approuvées comme des simulations opérationnelles valides pour ≥90% des participants (à l'exclusion du feu sauvage, 84%). Elles ont été jugées suffisamment valables et fiables pour en déduire une norme de conditionnement physique. Ces tâches ont généré un taux métabolique moyen élevé de 38,1 ± 7,8 ml/kg/min, le maximum pour la course avec tuyau (47+/-7 ml/kg/min). Il n’y avait pas de différence significative entre les hommes et les femmes. La durée totale de ces tâches est de 16 min avec une utilisation de la réserve de FCmax allant de 88 à 92% (171+/+11 bpm).

Pour les agents ayant un rôle de commandement : le taux métabolique maximal demandé était de 35 ml/kg/min, 149 bpm et 74% de la réserve de FCmax.

Conclusion :

Les tâches de lutte contre les incendies mobilisent de manière importante les ressources (93% de la VO2max et 92% de la FCmax). Résultats concordants avec les précédentes études. Les durée totale des tâches est cohérente avec l’autonomie d’un ARI.

Selon ce travail le niveau d'aptitude cardiorespiratoire minimal pour pouvoir réaliser les tâches de lutte contre les incendies opérationnelles devrait être de ≥ 39 à 42 ml/kg/min et de 31.6 à 36.8 ml/kg/min pour les agents ayant un rôle de commandement.

## Physiological responses of fire-fighter instructors during training exercises – Eglin – Ergonomics 2004

(Eglin, Coles, et Tipton 2004)

Lors de formations les instructeurs sont moins actifs que les stagiaires, mais du fait d’une exposition répétée et plus fréquente il est possible que l’adaptation aux contraintes thermiques soit modifiée.

Treize moniteurs masculins ont été suivis au cours de 44 exercices d'entraînement en feu réel sous ARI.

Résultats :

Age moyen 37.5 ans, VO2max 43 l/kg/min.

Le temps d'exposition pendant les exercices 'Hot Fire' (HF), 'Fire Behavior' et 'Fire Attack' était de 33,0 ± 7,9min (n = 30); 26,3 ± 5,5min (n = 6); et 7,3 ± 2,6min (n = 8) respectivement. Les températures à la surface des tenues entre 48°C et 55°C. À la fin des exercices, la température moyenne du noyau corporel (tcore) était de 38,5 ± 0,9°C (n = 32), mais huit instructeurs avaient une tcore au-dessus de 39°C. La température maximale moyenne sous le casque était de 41,2 ± 4,6°C (n = 40). La fréquence cardiaque maximale moyenne (HR) était de 138 ± 26bpm (n = 34), cependant, dans cinq exercices, la HR a dépassé 90% de la réserve de fréquence cardiaque des instructeurs. La perte liquidienne moyenne était de 0,62 ± 0,6 l (n = 30) à la fin des exercices de HF, le maximum étant de 2,54 l.

Les températures centrales, sous la tenue et cutanée abdominales étaient bien corrélées.

A l’interrogatoire, quatre instructeurs doutaient de leur capacité à effectuer un sauvetage à la fin de l'exercice. Le coût énergétique pour l'exécution de sauvetages simulés d'un mannequin de 50 kg dans en ambiance froide a été étudié dans une étude pilote. La HR moyenne pendant le sauvetage était de 79 ± 7% de la réserve de HR des instructeurs et il a été estimé que cela pourrait augmenter la tcore de 0,4 à 0,6°C.

Discussion :

Les réponses physiologiques aux exercices de lutte contre l'incendie ont varié considérablement et ont reflété les différences dans le travail effectué et la charge de chaleur externe. La température cutanée semble un bon indicateur pour suivre la température centrale.

Les résultats obtenus chez certains individus suscitent des inquiétudes, et des signes de stress thermique ont été observés chez au moins deux individus.

Il est important de noter que la température centrale continue à croitre pendant 10 à 15 min après la fin de l’exercice.

Il était déjà connu qu’une diminution de 15% du volume plasmatique survenait après seulement 7 min d’activité de lutte contre l’incendie. La compensation de la perte volémique et la vasodilatation périphérique peuvent être des explications à l’augmentation de la fréquence cardiaque.

## Acute effects of firefighting on cardiac performance – Fernhall – Eur J Appl Physiol 2012

(Fernhall et al. 2012)

45% des décès en service commandé sont de cause coronarienne (Kales et al. 2007). Le risque coronarien est 10 à 100 fois plus élevé durant les missions de lutte contre les incendies. Ce risque est augmenté par le surpoids et l’obésité qui concerne jusqu’à 80% du personnel dans certaines études US (Soteriades et al. 2005). Parmi les autres facteurs de risque cardiovasculaire l’hypertension artérielle est fréquente (20-30%) (Kales et al. 2009), elle l’était d’autant plus chez les SP décédés en service commandé.

La lutte contre l’incendie est connue pour augmenter la contrainte myocardique : accélération de FC, augmentation de température, augmentation du cortisol, diminution de la volémie et du volume d’éjection systolique.

Cette étude a étudié la variation des mesures échocardiographiques en réponse à un exercice de formation de trois heures de lutte contre l'incendie. Quarante SP hommes, professionnels et volontaires, ont réalisés un exercice normalisé de lutte contre l'incendie sous ARI de 3 h au total (séquences de 15 à 25 min d’effort entrecoupées de 10 à 15 min de repos). Age moyen 27 ans, IMC 26.9. Avant et après les activités de lutte contre les incendies étaient recueilli le poids, la FC, la PA, des échantillons sanguins et les mesures échographiques.

Résultats :

A la fin de la séquence, il était constaté une tachycardie (72→90bpm, p<0.05), une hausse de la température centrale (37.1→38.9°C, p<0.05) et de la réduction du poids corporel (-1.1%) et du volume plasmatique calculé (-3.3%). Il n’y avait pas de variation significative de la PA. La lutte contre les incendies a entraîné des diminutions significatives de la dimension diastolique du Ventricule Gauche (VG), du volume d’éjection systolique du VG, de la fraction de raccourcissement du VG, de la vitesse de l’onde E mitrale. Sur le Doppler tissulaire, il n'y a eu aucun changement dans la fonction contractile systolique, mais une réduction de la vitesse diastolique de la paroi latérale a été observée.

Discussion :

Ces résultats montrent que 3 h de lutte contre l'incendie ont produit des changements cardiaques compatibles avec la fatigue myocardique, associée à une diminution de la compliance artérielle systémique. Ces répercussions ont déjà été observées chez les sportifs. La particularité de l’exercice des SP est son caractère fractionné et sa réalisation en ambiance thermique chaude.

Il coexiste des signes de précharge dépendance qui confirment la déshydratation et l’importance de l’hydratation durant les missions.

Ces données montrent que la lutte contre les incendies produit des changements cardiovasculaires importants et que des travaux futurs sont nécessaires pour évaluer si ces changements sont responsables de l'augmentation du risque cardiovasculaire pendant la lutte contre l'incendie.

## Physiological and psychological responses in Fire Instructors to heat exposures – Watt – J Thermal Biology 2016

(Watt et al. 2016)

Les instructeurs des services d'incendie (FSI) sont exposés de manière répétée à des températures élevées lors de la formation des pompiers (67 à 190°C (Eglin, Coles, et Tipton 2004)). De telles expositions leur imposent des contraintes physiologiques importantes pouvant être à l’origine d’une baisse des capacités d’effort (Fernhall et al. 2012) et d’une altération potentielle des fonctions inflammatoires et immunes (augmentation du cortisol et de l’IL6 (Huang et al. 2010)). Les auteurs ont cherché à mesurer les effets d'un programme de formation, comprenant des expositions répétées à la chaleur, appelées "Wears", sur les marqueurs physiologiques, psychologiques et immunologiques des FSI.

Six FSI et six contrôles ont subi un prélèvement sanguin et des tests cardiovasculaires avant et après une session de formation de 4 semaines, les individus contrôles ont réalisés uniquement les tests. Les FSI avaient une période de 7 semaines sans exposition au feu avant de commencer l'entraînement. Des mesures physiologiques et perceptuelles ont été effectuées avant et après la première et dernière séance du protocole de formation. Une séance durait 37min, avec une exposition à 174°C.

Résultats:

L’effet d’une séance était une augmentation moyenne de 0.7°C de la température centrale qui se traduisait de manière subjective par une augmentation de l'indice de contrainte physiologique et des mesures de fatigue. L'exposition à une séance entraînait une perte d’eau, une diminution de la CRP (-10% à -40%), une augmentation des concentrations d'IL6 de 33 à 45% ainsi qu’une augmentation du score d’effort (RPE) et de la sensation thermique (TSS). Le programme s’accompagnait d’une diminution des volumes à l’EFR en 4 semaines (CVF et FEV1). Au cours du programme d'entraînement, il était constaté une augmentation de la numération leucocytaire, en particulier les neutrophiles dans le groupe FSI. Entre le début et la fin du programme de formation de 4 semaines l’indice de contrainte physiologique (PSI) était significativement plus élevé.

Discussion :

Les mesures physiologiques et psychologiques indiquent qu’il est possible que les FSI présentent des symptômes et des modifications de leur santé lors de sollicitations excessive par exemple.

L’importance de l’hydratation est soulevée par cette étude.

## Effect of heat on firefighters' work performance and physiology – Larsen – J Thermal Biology 2015

(Larsen, Snow, et Aisbett 2015)

Les pompiers forestiers exercent souvent leurs tâches dans des températures ambiantes chaudes. Cependant, l'impact direct des différentes températures ambiantes sur les performances du pompier n'a pas été quantifié. Cette étude a comparé les performances et la physiologie du pompier pendant les travaux simulés de lutte contre les incendies de forêt dans des conditions chaudes (HOT: 32 °C, 43% d’humidité) et tempérées (CON; 19 °C, 56% d’humidité).

Les pompiers professionnels et volontaires (n. 38), était répartis en 2 groupes appariés : CON (n = 18) ou HOT (n = 20). Ils ont effectué des tâches simulées de lutte contre les incendies de forêt avec port des EPI sans ARI pendant six heures, séparés par des temps de repos. Ratio travail/repos entre 50 et 66%. La température de base (Tc), la température de la peau (Tsk) et la fréquence cardiaque ont été enregistrées en continu. La diurèse a été mesurée avant et pendant le protocole de même que la densité urinaire (USG) pour estimer l'hydratation. L'absorption de liquide ad libitum a également été enregistrée.

Résultats :

Il n'y avait aucune différence dans la production globale de travail entre les 2 conditions ambiantes pour une même tâche physique. Il n'y avait aucune différence entre les conditions CON et HOT en termes de performance professionnelle, et les pompiers dans les deux groupes expérimentaux ont augmenté leur production de travail avec une diminution global du temps de réalisation des ateliers avec le nombre de passage.

La fréquence cardiaque était plus élevée chez les HOT (55±2% FCmax) par rapport au groupe CON (51±2% FCmax) pour les périodes de repos et pour un atelier (69±3% FCmax contre 65±3% FCmax). Le pic de la température centrale était plus élevé dans le groupe HOT (38.2°C vs 37.9°C). La différence entre température centrale et superficielle était plus importante dans le groupe CON par rapport au groupe HOT (3,1±2,2 °C et 0,3±0,1 °C). La perception de chaleur était également plus élevée dans le groupe HOT.

L'apport de fluide avant et pendant a été multiplié par deux dans le groupe HOT, et les participants avaient une USG plus basse que leurs homologues CON.

Discussion :

Bien que significativement plus chaud, les participants du groupe HOT ont réussi à éviter les contraintes cardiovasculaires et thermiques excessives, probablement aidées par les repos fréquents prévus dans le protocole et leur consommation de liquide. Par conséquent, on peut conclure que les pompiers forestiers sont capables d'exercer de manière sûre et efficace dans des conditions chaudes, au moins sur six heures.

## Multiple Days of Heat Exposure on Firefighters’ Work Performance and Physiology – Larsen – Plos One 2015

(Larsen et al. 2015)

Il n’existe pas d’étude sur l’impact d’un travail en ambiance chaude maintenue sur de longue période (jours). Cette étude a évalué l'effet de la chaleur ambiante sur la performance et les réponses physiologiques et perceptuelles aux exercices de lutte contre les feux de forêt pendant trois jours consécutifs.

Les pompiers (n = 36) étaient répartis en 2 groupes appariés : le groupe contrôle à température ambiante CON (19 °C, 58% d’humidité) et le groupe maintenu en ambiance chaude HOT (33 °C, 40% d’humidité). Les deux groupes ont subi trois jours consécutifs de lutte contre les incendies simulée avec port des EPI sans ARI, entrecoupée de tests physiologiques. Les séquences de 55min d’activité physique étaient entrecoupées de 20-25 min de repos. Au total, les SP réalisaient 6h de travail au total le premier jour, 10h le deuxième et le troisième jour. Il était demandé aux participants de noter leur effort perçu et leur sensation thermique après chaque exercice. La nuit, la température était maintenue à 18°C pour le groupe CON et 23°C pour le groupe HOT. La fréquence cardiaque, la température centrale (Tc) et la température de la peau (Tsk) ont été enregistrées en continu tout au long de la simulation. Les liquides ont été consommés ad libitum. Le volume d'urine a été mesuré tout au long de l'étude, et la densité urinaire (USG) a été analysée, pour estimer l'hydratation. Toute consommation alimentaire et liquide a été enregistrée.

Résultats :

Il n'y avait aucune différence dans la production de travail entre les 2 ambiances. Cependant, on a des variations significatives des performances étaient observées entre les individus. Les mesures du stress thermique étaient plus élevées dans le groupe HOT, la Tc et la Tsk atteignant, en moyenne, 0,24 ± 0,08 °C et 2,81 ± 0,20 °C de plus que le groupe CON. Les participants exposés à la chaleur ont doublé leur consommation de liquide, ce qui conduisait à une USG significativement inférieures dans ce groupe. La fréquence cardiaque était comparable entre les groupes à presque tous les points de mesure, mais la fréquence cardiaque maximale atteinte à chaque exercice était de 7 ± 3% plus élevée dans le groupe CON. De même, le score d’effort (RPE) était légèrement plus élevé dans le groupe CON pour la plupart des tâches.

Discussion :

On peut noter la faible significativité clinique de l’augmentation de Tc dans le groupe HOT démontrant la capacité des SP à s’adapter à des températures élevées pendant plusieurs jours.

Les SP ont démontré une capacité d’adaptation leur permettant de maintenir le niveau d’effort physique nécessaire pour maintenir une performance comparable au cours des exercices entre les conditions CON et HOT. Il est probable que l'augmentation spontanée de l’hydratation, de concert avec des repos fréquents et la rotation des tâches, a aidé à la régulation des réponses physiologiques. En d’autres termes le SP s’adapte avant même que les conditions ambiantes influent sur ses capacités. La diminution inattendue de la fréquence cardiaque maximale à l’effort dans le groupe HOT laisse supposer une adaptation en diminuant légèrement son effort pour s’économiser.

## Blood pressure and heart rate responses in volunteer firefighters while wearing personal protective equipment – Feairheller – Blood Pressure Monitoring 2015

(Feairheller 2015)

L'hypertension artérielle, les maladies cardiovasculaires et l'obésité sont des problèmes de santé à l'échelle mondiale et préoccupent grandement les pompiers. La principale cause de décès chez les pompiers est cardiovasculaire (Yang et al. 2013; Kahn, Woods, et Rae 2015). L’ARI provoque une contrainte cardiovasculaire supplémentaire. Par conséquent, il est important de comprendre comment les EPI affectent les réponses cardiovasculaires à différentes activités. Les pompiers volontaires représentent 70% des pompiers US et sont une population peu étudiée. Il s'agit de la première étude à monitorer la pression artérielle (PA) chez les pompiers volontaires.

Trente-six pompiers volontaires masculins et non-fumeurs (27,8 ± 9,7ans ; BMI 30.8 ± 6.3) ont subi deux tests d’effort maximal sur tapis roulant en les 2 semaines, un revêtu des vêtements de sport habituels et l’autre des EPI + ARI.

Résultats :

VO2max moyen 37.7ml/kg/min (Norme NFPA > 42)

Lors du port d’un EPI qui pèse 24.5kg, les réponses de la PA sont exagérées pendant le travail et lors de la récupération. La PA systolique et la fréquence cardiaque étaient significativement plus élevées (P <0,05) à chaque stade et pendant la récupération active du test EPI par rapport au test de tenue sport (+15 à 23mmHg et +20 à 34bpm, respectivement). La durée du test et le VO2 max étaient inférieurs dans le groupe EPI (24.2 vs 37.8 ml/kg/min, p <0,05).

Discussion :

Les réponses de la PA à l’effort lors du port de l’EPI sont exagérées au moment de et restent élevées lors de la récupération. La prise de conscience de la façon dont les activités de lutte contre les incendies affectent la PA est importante. Il s’agissait ici de SPV sans comorbidité en dehors du surpoids. La baisse de la capacité cardiovasculaire et du temps d’effort toléré sont des données importantes pour les tâches opérationnelles.

## 24-Hour Work Shifts, Sedentary Work, and Obesity in Male Firefighters – Choi – Am J Ind Med 2016

(Choi et al. 2016)

L’obésité est un facteur de risqué de nombreuses maladies. Peu de données sont disponibles sur les facteurs de risque d’obésités liés à la profession de SP aux US.

308 SP hommes californiens, ont participé à cette étude. Les conditions de travail ont été mesurées à l’aide d’un questionnaire de santé au travail spécifique aux pompiers. L'adiposité a été évaluée cliniquement à l'aide de l'indice de masse corporelle (IMC), du tour de taille (WC) et du pourcentage de graisse corporelle (%GC).

Résultats :

L’IMC moyen était de 27.6, le WC de 95.5 et le %GC de 18.7%. Selon les méthodes de mesures le taux d’obésité de la cohorte était de 23.1% (IMC), 25.0% (WC), 20.1% (%GC). Pas de différence significative entre les 3 critères. Le nombre moyen d’interventions par garde était de 6.3. 38% des SP de la cohorte était considérés comme sédentaires (travail administratif, peu d’activité). Les officiers avaient tendance à être plus âgés, plus sédentaires, plus stressés. Ils étaient moins sollicités à pratiquer de l’activité physique. Les SP qui réalisaient le plus d’intervention étaient également les plus stressés.

L’obésité était liée à la faible incitation au sport, un faible nombre d’intervention et le stress. En analyse multivariée, la prévalence de l'obésité (quelle que soit la méthode de mesure) était significativement plus élevée (PRs = 3,69-6,03, P <0,05) chez les pompiers ayant déclaré avoir effectué entre 17 et 21 gardes par rapport à ceux qui ont déclaré entre 8 à 11 gardes au cours du mois dernier. Un lien significatif était également trouvé avec : l’âge, la faible activité physique, un déséquilibre nutritionnel, un grand nombre d’heure de sommeil passé au CS (gardes de nuit) et un faible nombre d’heures de sommeil à la maison.

Le travail prolongé était également un facteur de risque d'obésité par IMC (PR = 4,48, P <0,05). Il y avait une relation dose-réponse linéaire entre la prévalence de l'obésité et le nombre de gardes de 24 heures faites dans le mois ainsi que le travail sédentaire.

Discussion :

De nombreuses gardes de 24 heures et un travail prolongé de manière sédentaire ont considérablement augmenté le risque d'obésité chez les pompiers masculins.

Ces constatations peuvent être liées au fait que le cortisol salivaire est augmenté après 3 gardes de 24h consécutives (Choi et al. 2014).

Pour rappel, l’obésité multiplie par 5.2 le risque de blessure (Jahnke et al. 2013).

## Clotting and Fibrinolytic Changes after Firefighting Activities – Smith – Med Sci Sports Exercice 2014

(Smith et al. 2014)

Environ 45% à 50% de tous les décès de SP liés au travail sont dus à des événements cardiovasculaires soudains. Un nombre disproportionné de ces décès survient après des activités intenses de lutte contre l'incendie. Un ratio de 1 évènement fatal pour 25 évènements non fatals est estimé par la NFPA. Bien que les pompiers ne passent qu’un faible pourcentage de leur temps de travail à participer à une activité de lutte contre les incendies, une grande partie de leur décès d’origine cardiaque surviennent pendant ou peu de temps après ces missions. Des études rétrospectives indiquent que les SP sont 53 à 64x plus susceptibles de subir un événement cardiaque fatal pendant ou peu de temps après l'activité de lutte contre l'incendie que lors du service régulier au centre de secours (Kales et al. 2007, 2003).

Il est connu, dans la population générale, que la fréquence des infarctus du myocarde augmente entre 2.1 et 5.9 fois après 1h d’effort à 6MET (Mittleman et al. 1993; Willich et al. 1993). La thrombose joue un rôle central, des changements dans la coagulabilité peuvent influencer sa survenue.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet des activités de lutte contre les incendies sur la coagulation et l'activité fibrinolytique et d’indiquer dans quelle mesure ces variables ont récupéré 2 h après la fin de la mission. 18 SP ont effectué 18 min d'activités simulées de lutte contre l'incendie dans une structure de formation en feux réels. A la fin de l’exercice, les pompiers ont pu s’hydrater et se refroidir puis se reposer pendant 2 h dans une pièce adjacente. Des échantillons de sang ont été obtenus avant / après l’exercice et au bout de 2 heures de repos.

Résultats:

L’augmentation de la température corporelle moyenne était de 0.7°C, la FC était > à 160bpm et la perte plasmatique estimée de 4%. Les deux paramètres étaient revenus à la normale en 2 heures. La numération plaquettaire, l'activité plaquettaire et le potentiel de coagulation ont augmenté immédiatement après l’exposition. De nombreuses variables (fonction plaquettaire, temps partiel de thromboplastine et facteur VIII) reflètent un état procoagulant, celui-ci persiste même après 2 h de récupération. La fibrinolyse, telle que reflétée par l'activateur du plasminogène tissulaire, était également augmentée immédiatement après l’exercice, mais est retournée aux valeurs de référence après de 2 h de repos. En revanche, l'inhibition de la fibrinolyse, comme en témoigne une réduction de l'inhibiteur de l'activateur plasminogène-1, était diminuée après 2 h de repos.

Discussion :

La lutte contre les incendies a entraîné une activation de la coagulation et de la fibrinolyse élevée. Cependant, après 2 h de récupération, l'activateur de plasminogène tissulaire est revenu à la ligne de base et le potentiel de coagulation reste élevé. Les résultats restaient identiques après correction de l’hémoconcentration, il ne s’agit donc pas d’un effet de la déshydratation.

L'état procoagulant qui existe après la lutte contre les incendies peut expliquer un lien physiopathologique aux rapports d'événements cardiaques soudains après des activités intenses de lutte contre les incendies. Le stress et la contrainte thermique entrainent un relargage de catécholamines plus important que l’activité physique seule (Starkie et al. 2005). Il est également connu que l’activité SP entraine une augmentation des résistances artérielles (Fahs et al. 2009) et une diminution des fonctions myocardiques (Fernhall et al. 2012).

## The Association of Aerobic Fitness With Injuries in the Fire Service – Poplin – Am J Epidemiol 2014

(Poplin et al. 2014)

La capacité physique pour accomplir conformément les activités de lutte contre l’incendie est le 38 à 42 ml/kg/min de VO2max (Sothmann et al. 1992). Le seuil choisi par la NFPA est de 42 ml/kg/min. Le lien entre VO2max et diminution de la fatigue, meilleure réponse physique, meilleure récupération a été démontré chez les SP. En revanche, certains services ont montrés un lien entre activité physique et augmentation des blessures, potentiellement par un engagement sur des situations plus risquées (Poplin et al. 2012).

L'objectif cette étude était de comparer le risque de blessure par rapport à la forme physique dans une cohorte de SPP de Tucson, en Arizona, de 2005 à 2009. Les évaluations médicales annuelles et les données de surveillance des blessures ont été associées. Des analyses ont été effectuées pour déterminer l'association entre les niveaux d'aptitude physique et la probabilité de blessure.

Résultats :

799 SP ont été vus au moins une fois en visite. 773 blessures ont été enregistrées, 67% d’entorses. La fréquence des blessures diminuait avec l’âge.

La condition physique, définie par la capacité aérobie relative (VO2max), était associée au risque de blessure. Les personnes dans la catégorie de niveau de condition physique les plus bas (VO2max <43 mL/kg/minute) étaient 2,2 fois plus susceptibles (95% d'intervalle de confiance: 1,72, 2,88) pour subir une blessure que dans la catégorie de niveau de condition physique la plus élevée (VO2max> 48 mL/Kg/minute). Ceux ayant un VO2 max entre 43 et 48 mL/kg/minute étaient 1,38 fois (intervalle de confiance de 95%: 1,06, 1,78) plus susceptibles d'être blessés. En dessous de 43 ml/kg/min une blessure était enregistrée tous les 2.24 ans contre 4.07 au-dessus. Les résultats suggèrent que l'amélioration de la capacité relative aérobie de 1 équivalent métabolique (environ 3,5 mL/kg/minute) réduit le risque de blessure de 14%.

Il convient de souligner un risque plus important de blessure pour les agents jeunes (<30 ans) ayant une VO2max basse.

Discussion :

Un tiers des blessures étaient liées à la pratique du sport, ce qui est différent de l’opérationnel. L’effet de l’âge est possiblement en lien avec le poste occupé par l’agent qui est moins exposé.

Ces résultats illustrent l'importance de l'aptitude physique pour réduire le risque de blessures dans des professions physiquement exigeantes, telles que les services de lutte contre les incendies. Nécessité de programmes structurés de conditionnement physique et de promotion de stratégies de prévention des blessures dans ces domaines.

On peut regretter que l’origine des blessures au sport ne soit pas mentionnée. Effectivement, celle-ci peut être liée à un excès de sport ou à une mise en danger par excès de confiance sur ses capacités chez les agents ayant les capacités physique les plus élevées. Elles peuvent également être liées à une inadaptation à l’effort chez les agents ayant les capacités physiques les plus basses.

## Sudden Cardiac Arrest during Participation in Competitive Sports – Landry – N Engl J Med 2017

(Landry et al. 2017)

Le stress thermique résulte d'une combinaison de la production de chaleur métabolique et des conditions environnementales et peut être exacerbé par des vêtements de protection qui limitent la dissipation de chaleur par évaporation. La contrainte cardiovasculaire qui s’exprime à ce moment-là peut être extrême, à l’image de celle d’un athlète lors d’une compétition.

45% des morts subites en interventions sont de cause cardiaque (Soteriades et al. 2011). Les pompiers présentent deux fois plus de décès d’origine cardiovasculaire sur intervention que les policiers et quatre fois plus que les intervenants médicaux d'urgence (Kales et al. 2007). La question du meilleur examen d’aptitude se pose.

L'incidence de l'arrêt cardiaque pendant la participation à des activités sportives reste inconnue. Il est supposé que des programmes de dépistage pourraient être capables d'identifier des athlètes à risque. L'efficacité de tels programmes est très discutée.

Les auteurs ont cherché à identifier tous les arrêts cardiaques soudains survenus lors de la participation à des activités sportives dans une région du Canada et à déterminer leurs causes. Pour cela, ils se sont basés sur une base de données des paramédics locaux (Rescu Epistry) pour identifier tous les arrêts cardiaques survenus entre 2009 et 2014 chez les personnes de 12 à 45 ans lors de la participation à un sport. Les dossiers étaient étudiés à la lumière des comptes rendus de sortie de secours, des rapports d'autopsie, d’un contact direct avec des patients ou des membres de la famille.

**Résultats :**

Pour un total de 18,5 millions personnes/années d'observation, 74 arrêts cardiaques ont été enregistrés lors de la participation à un sport. 16 sont survenus lors de compétitions sportives. La Parmi les athlètes, la cause a été retrouvée dans 10 cas, pour les 6 autres la cause supposée est une arythmie. Deux décès ont été attribués à une cardiomyopathie hypertrophique, 6 à une cause ischémique ou des anomalies anatomiques des coronaires et 2 à des commotio cordis. Au-dessus de 35 ans, les causes coronariennes dominent très clairement (24 cas sur 34 arrêts > 35 ans). Il n’y a pas eu de décès liés à une cardiomyopathie arythmogène du ventricule droit. Dans seulement trois cas en compétition, la cause a été jugée potentiellement identifiable si les athlètes avaient subi un dépistage avant la participation, 2 athlètes avaient des anomalies décelables à l’ECG/ETT.

**Discussion :**

La survenue d'un arrêt cardiaque dû à une maladie cardiaque structurelle était rare lors de la participation à des sports de compétition. Dans 80% des cas, la cause n’était pas identifiable par un examen de dépistage, le screening des athlètes a donc un faible rendement. Un bilan cardiologique extensif au recrutement ne s’emble donc pas justifié.

Il est intéressant de noter dans cette étude l’incidence des arrêts cardiaques à l’effort de cause coronarienne. Chez les agents de plus de 35 ans, l’interrogatoire devrait donc rechercher tout signe d’appel à type d’angor, de malaise ou de dyspnée. Au moindre doute, un examen cardiologique d’effort a plus de chance d’être rentable qu’un examen de repos.

Données sur l’ECG chez le SP : Lors de la visite d’aptitude (S. S. Al-Zaiti et Carey 2015) et en intervention (S. Al-Zaiti et al. 2015).

# Aide médicale d’urgence

## Effect of Bag-Mask Ventilation vs Endotracheal Intubation During Cardiopulmonary Resuscitation on Neurological Outcome After Out-of-Hospital Cardiorespiratory Arrest – Jabre – JAMA 2018

(Jabre et al. 2018)

La ventilation par Ballon Autoremplisseur à Valve Unisens (BAVU) est une technique moins complexe que l'intubation orotrachéale (IOT) pour la prise en charge des voies respiratoires pendant la phase de réanimation cardiaque cardiorespiratoire des patients en arrêt cardiorespiratoire extra-hospitalier (ACR-e). Ceci en particulier pour des praticiens moins entrainés qui ne la pratique pas régulièrement. Le recours à l’IOT est discuté du fait de données rétrospectives divergentes, certaines montrant une augmentation de la survie (Wang et al. 2012; Iwami et al. 2009), d’autres une augmentation de la mortalité (Fouche et al. 2014; Hasegawa et al. 2013). La ventilation au BAVU ne permet pas une protection des voies aériennes mais sa mise en place est plus rapide et n’interfère pas avec massage cardiaque. La question est parfaitement légitime pour les SSSM où se côtoient des médecins d’horizons très divers ainsi que des paramédicaux.

Le but de cet essai clinique randomisé multicentrique (France et Belgique) était de rechercher non infériorité de la ventilation au BAVU par rapport à l'IOT pour la gestion avancée des voies aériennes dans l’ACR-e en termes de survie avec un bon devenir neurologique à J28. Les patients ventilés par BAVU étaient intubés au décours de la réanimation en cas de reprise d’une activité cardiaque. En cas d’échec de la ventilation par BAVU le patient était intubé. La réanimation était réalisée selon les recommandations en vigueur, le rythme de RCP était de 30/2 pour le groupe BAVU, dans le groupe IOT le MCE était continu après intubation.

**Résultats :**

2043 patients ont été inclus et randomisés (âge moyen: 64,7 ans, 32% de femmes). La cause de l’ACR était cardiaque dans 66% des cas, médicale autre dans 27% et traumatique dans 7.0% des cas. En intention de traiter, la survie avec capacités fonctionnelles favorables à J28 était de 44 sur 1018 patients (4,3%) dans le groupe BAVU et de 43 sur 1022 patients (4,2%) dans le groupe IOT (différence, 0,11% [IC à 97,5%, -1,64% à l'infini]; P pour la non-infériorité = 0,11). La différence entre les deux groupes n’était pas significative en termes de survie lors de l’admission à l’hôpital ou au 28eme jour. Les complications incluaient une prise en charge des voies respiratoires difficile 18,1% dans le groupe BAVU vs 13,4% dans le groupe IOT (P = 0,004), échec 6,7% dans le groupe BAVU contre 2,1% dans le groupe IOT (P <0,001), et régurgitation du contenu gastrique 15,2% dans le groupe BAVU vs 7,5% dans le groupe IOT (P <0,001). Il était constaté une augmentation des pauses supérieures à 2 sec au cours de la RCP dans le groupe BAVU (P < 0,001).

**Discussion :**

Le design de l’étude donne une réponse à la question posée un peu difficile à comprendre : La non-infériorité de la gestion des voies aériennes par BAVU par rapport à l’IOT dans l’ACR-e n’est pas démontrée. En d’autres termes, soit la ventilation au BAVU est inférieure à l’IOT dans cette situation soit la puissance de l’étude est trop faible (effet inférieur à 1%) pour montrer la non-infériorité.

La ventilation au BAVU était associée à une augmentation des complications dans la gestion des voies aériennes et des interruptions dans la réanimation. Cet effet n’était pas observé dans le groupe IOT alors que c’est le cas dans d’autres études. Ceci est probablement lié au fait que dans la plupart des études sur ce sujet l’IOT est réalisée par des paramédics seuls alors qu’ici l’équipe comportait systématiquement un médecin expérimenté dans l’IOT. Le taux d’IOT difficile était similaire aux autres études (9 à 11%). Mal réalisée, la ventilation manuelle tout comme mécanique, peut-être délétère en particulier sur le plan hémodynamique et ce quelle que soit la méthode utilisée. Malheureusement, aucune donnée sur le mode de ventilation des patients intubés n’était disponible.

Pour la pratique cet article semble conforter le fait de proposer une IOT dans cette situation pour les praticiens qui ont l’habitude de cette technique. Pour les praticiens moins expérimentés, le risque de perte de temps voir d’échec d’IOT fait préférer la ventilation au BAVU avec canule de « guedel » et une optimisation des autres axes (MCE, défibrillation, réanimation médicamenteuse) qui ont fait preuve de leur intérêt sur la survie.

# Références

Ahn, Y. S., et K. S. Jeong. 2015. « Mortality Due to Malignant and Non-Malignant Diseases in Korean Professional Emergency Responders ». *PLoS One* 10 (3): e0120305. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120305.

Ahn, Y. S., K. S. Jeong, et K. S. Kim. 2012. « Cancer Morbidity of Professional Emergency Responders in Korea ». *Am J Ind Med* 55 (9): 768‑78. https://doi.org/10.1002/ajim.22068.

Al-Zaiti, S., J. C. Rittenberger, S. E. Reis, et D. Hostler. 2015. « Electrocardiographic Responses During Fire Suppression and Recovery Among Experienced Firefighters ». *J Occup Environ Med* 57 (9): 938‑42. https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000000507.

Al-Zaiti, S. S., et M. G. Carey. 2015. « The Prevalence of Clinical and Electrocardiographic Risk Factors of Cardiovascular Death Among On-Duty Professional Firefighters ». *J Cardiovasc Nurs* 30 (5): 440‑46. https://doi.org/10.1097/JCN.0000000000000165.

Amadeo, B., J. L. Marchand, F. Moisan, S. Donnadieu, C. Gaëlle, M. P. Simone, C. Lembeye, E. Imbernon, et P. Brochard. 2015. « French Firefighter Mortality: Analysis over a 30-Year Period ». *Am J Ind Med* 58 (4): 437‑43. https://doi.org/10.1002/ajim.22434.

Aronson, K. J., G. A. Tomlinson, et L. Smith. 1994. « Mortality among Fire Fighters in Metropolitan Toronto ». *Am J Ind Med* 26 (1): 89‑101.

Banauch, G. I., C. Hall, M. Weiden, H. W. Cohen, T. K. Aldrich, V. Christodoulou, N. Arcentales, K. J. Kelly, et D. J. Prezant. 2006. « Pulmonary Function after Exposure to the World Trade Center Collapse in the New York City Fire Department ». *Am J Respir Crit Care Med* 174 (3): 312‑19. https://doi.org/10.1164/rccm.200511-1736OC.

Baris, D., T. J. Garrity, J. L. Telles, E. F. Heineman, A. Olshan, et S. H. Zahm. 2001. « Cohort Mortality Study of Philadelphia Firefighters ». *Am J Ind Med* 39 (5): 463‑76.

Bates, M. N. 2007. « Registry-Based Case-Control Study of Cancer in California Firefighters ». *Am J Ind Med* 50 (5): 339‑44. https://doi.org/10.1002/ajim.20446.

Beaumont, J. J., G. S. Chu, J. R. Jones, M. B. Schenker, J. A. Singleton, L. G. Piantanida, et M. Reiterman. 1991. « An Epidemiologic Study of Cancer and Other Causes of Mortality in San Francisco Firefighters ». *Am J Ind Med* 19 (3): 357‑72.

Bilzon, J. L., E. G. Scarpello, C. V. Smith, N. A. Ravenhill, et M. P. Rayson. 2001. « Characterization of the Metabolic Demands of Simulated Shipboard Royal Navy Fire-Fighting Tasks ». *Ergonomics* 44 (8): 766‑80. https://doi.org/10.1080/00140130118253.

Bolstad-Johnson, D. M., J. L. Burgess, C. D. Crutchfield, S. Storment, R. Gerkin, et J. R. Wilson. 2000. « Characterization of Firefighter Exposures during Fire Overhaul ». *AIHAJ* 61 (5): 636‑41.

Carey, M. G., S. S. Al-Zaiti, G. E. Dean, L. Sessanna, et D. S. Finnell. 2011. « Sleep Problems, Depression, Substance Use, Social Bonding, and Quality of Life in Professional Firefighters ». *J Occup Environ Med* 53 (8): 928‑33. https://doi.org/10.1097/JOM.0b013e318225898f.

Carey, M. G., S. S. Al-Zaiti, L. M. Liao, H. N. Martin, et R. A. Butler. 2011. « A Low-Glycemic Nutritional Fitness Program to Reverse Metabolic Syndrome in Professional Firefighters: Results of a Pilot Study ». *J Cardiovasc Nurs* 26 (4): 298‑304. https://doi.org/10.1097/JCN.0b013e31820344d7.

Caux, C., C. O’Brien, et C. Viau. 2002. « Determination of Firefighter Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Benzene during Fire Fighting Using Measurement of Biological Indicators ». *Appl Occup Environ Hyg* 17 (5): 379‑86. https://doi.org/10.1080/10473220252864987.

Choi, B., M. Dobson, P. Schnall, et J. Garcia-Rivas. 2016. « 24-Hour Work Shifts, Sedentary Work, and Obesity in Male Firefighters ». *Am J Ind Med* 59 (6): 486‑500. https://doi.org/10.1002/ajim.22572.

Choi, B., P. L. Schnall, M. Dobson, J. Garcia-Rivas, H. Kim, F. Zaldivar, L. Israel, et D. Baker. 2014. « Very Long (> 48 Hours) Shifts and Cardiovascular Strain in Firefighters: A Theoretical Framework ». *Ann Occup Environ Med* 26 (1): 5. https://doi.org/10.1186/2052-4374-26-5.

Cornell, D. J., S. L. Gnacinski, A. Zamzow, J. Mims, et K. T. Ebersole. 2017. « Measures of Health, Fitness, and Functional Movement among Firefighter Recruits ». *Int J Occup Saf Ergon* 23 (2): 198‑204. https://doi.org/10.1080/10803548.2016.1187001.

D’Amato, G., G. Liccardi, M. D’Amato, et S. Holgate. 2005. « Environmental Risk Factors and Allergic Bronchial Asthma ». *Clin Exp Allergy* 35 (9): 1113‑24. https://doi.org/10.1111/j.1365-2222.2005.02328.x.

Daniels, R. D., T. L. Kubale, J. H. Yiin, M. M. Dahm, T. R. Hales, D. Baris, S. H. Zahm, J. J. Beaumont, K. M. Waters, et L. E. Pinkerton. 2014. « Mortality and Cancer Incidence in a Pooled Cohort of US Firefighters from San Francisco, Chicago and Philadelphia (1950-2009) ». *Occup Environ Med* 71 (6): 388‑97. https://doi.org/10.1136/oemed-2013-101662.

Demers, P. A., N. J. Heyer, et L. Rosenstock. 1992. « Mortality among Firefighters from Three Northwestern United States Cities ». *Br J Ind Med* 49 (9): 664‑70.

Dennekamp, M., M. Akram, M. J. Abramson, A. Tonkin, M. R. Sim, M. Fridman, et B. Erbas. 2010. « Outdoor Air Pollution as a Trigger for Out-of-Hospital Cardiac Arrests ». *Epidemiology* 21 (4): 494‑500. https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e3181e093db.

Dennekamp, M., L. D. Straney, B. Erbas, M. J. Abramson, M. Keywood, K. Smith, M. R. Sim, et al. 2015. « Forest Fire Smoke Exposures and Out-of-Hospital Cardiac Arrests in Melbourne, Australia: A Case-Crossover Study ». *Environ Health Perspect* 123 (10): 959‑64. https://doi.org/10.1289/ehp.1408436.

Diaz-Sanchez, D., M. Penichet-Garcia, et A. Saxon. 2000. « Diesel Exhaust Particles Directly Induce Activated Mast Cells to Degranulate and Increase Histamine Levels and Symptom Severity ». *J Allergy Clin Immunol* 106 (6): 1140‑46. https://doi.org/10.1067/mai.2000.111144.

Dobraca, D., L. Israel, S. McNeel, R. Voss, M. Wang, R. Gajek, J. S. Park, et al. 2015. « Biomonitoring in California Firefighters: Metals and Perfluorinated Chemicals ». *J Occup Environ Med* 57 (1): 88‑97. https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000000307.

Egeghy, P. P., L. Nylander-French, K. K. Gwin, I. Hertz-Picciotto, et S. M. Rappaport. 2002. « Self-Collected Breath Sampling for Monitoring Low-Level Benzene Exposures among Automobile Mechanics ». *Ann Occup Hyg* 46 (5): 489‑500.

Eglin, C. M., S. Coles, et M. J. Tipton. 2004. « Physiological Responses of Fire-Fighter Instructors during Training Exercises ». *Ergonomics* 47 (5): 483‑94. https://doi.org/10.1080/0014013031000107568.

Ensari, I., R. W. Motl, R. E. Klaren, B. Fernhall, D. L. Smith, et G. P. Horn. 2017. « Firefighter Exercise Protocols Conducted in an Environmental Chamber: Developing a Laboratory-Based Simulated Firefighting Protocol ». *Ergonomics* 60 (5): 657‑68. https://doi.org/10.1080/00140139.2016.1198496.

Fabian, T.Z., J.L. Borgerson, P.D. Gandhi, et et al. 2014. « Characterization of firefighter smoke exposure. » *Fire Technol.* 50: 993–1019.

Fahs, C. A., D. L. Smith, G. P. Horn, S. Agiovlasitis, L. M. Rossow, G. Echols, K. S. Heffernan, et B. Fernhall. 2009. « Impact of Excess Body Weight on Arterial Structure, Function, and Blood Pressure in Firefighters ». *Am J Cardiol* 104 (10): 1441‑45. https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2009.07.009.

Feairheller, D. L. 2015. « Blood Pressure and Heart Rate Responses in Volunteer Firefighters While Wearing Personal Protective Equipment ». *Blood Press Monit* 20 (4): 194‑98. https://doi.org/10.1097/MBP.0000000000000120.

Feldman, D. M., S. L. Baron, B. P. Bernard, B. D. Lushniak, G. Banauch, N. Arcentales, K. J. Kelly, et D. J. Prezant. 2004. « Symptoms, Respirator Use, and Pulmonary Function Changes among New York City Firefighters Responding to the World Trade Center Disaster ». *Chest* 125 (4): 1256‑64.

Fent, K. W., J. Eisenberg, J. Snawder, D. Sammons, J. D. Pleil, M. A. Stiegel, C. Mueller, G. P. Horn, et J. Dalton. 2014. « Systemic Exposure to PAHs and Benzene in Firefighters Suppressing Controlled Structure Fires ». *Ann Occup Hyg* 58 (7): 830‑45. https://doi.org/10.1093/annhyg/meu036.

Fent, K. W., D. E. Evans, D. Booher, J. D. Pleil, M. A. Stiegel, G. P. Horn, et J. Dalton. 2015. « Volatile Organic Compounds Off-Gassing from Firefighters’ Personal Protective Equipment Ensembles after Use ». *J Occup Environ Hyg* 12 (6): 404‑14. https://doi.org/10.1080/15459624.2015.1025135.

Fernhall, B., C. A. Fahs, G. Horn, T. Rowland, et D. Smith. 2012. « Acute Effects of Firefighting on Cardiac Performance ». *Eur J Appl Physiol* 112 (2): 735‑41. https://doi.org/10.1007/s00421-011-2033-x.

Fouche, Pieter F., Paul M. Simpson, Jason Bendall, Richard E. Thomas, David C. Cone, et Suhail A. R. Doi. 2014. « Airways in Out-of-Hospital Cardiac Arrest: Systematic Review and Meta-Analysis ». *Prehospital Emergency Care* 18 (2): 244‑56. https://doi.org/10.3109/10903127.2013.831509.

Franz, T.J. 1984. « Advances in modern environmental toxicology. » In , 6, applied toxicology of petroleum hydrocarbons.:61‑70. Princeton, NJ: Scientific Publishers.

Gaughan, D. M., J. M. Cox-Ganser, P. L. Enright, R. M. Castellan, G. R. Wagner, G. R. Hobbs, T. A. Bledsoe, P. D. Siegel, K. Kreiss, et D. N. Weissman. 2008. « Acute Upper and Lower Respiratory Effects in Wildland Firefighters ». *J Occup Environ Med* 50 (9): 1019‑28. https://doi.org/10.1097/JOM.0b013e3181754161.

Gianniou, N., P. Katsaounou, E. Dima, C. E. Giannakopoulou, M. Kardara, V. Saltagianni, R. Trigidou, et al. 2016. « Prolonged Occupational Exposure Leads to Allergic Airway Sensitization and Chronic Airway and Systemic Inflammation in Professional Firefighters ». *Respir Med* 118 (septembre): 7‑14. https://doi.org/10.1016/j.rmed.2016.07.006.

Glass, D. C., A. Del Monaco, S. Pircher, S. Vander Hoorn, et M. R. Sim. 2016. « Mortality and Cancer Incidence at a Fire Training College ». *Occup Med (Lond)* 66 (7): 536‑42. https://doi.org/10.1093/occmed/kqw079.

———. 2017. « Mortality and Cancer Incidence among Male Volunteer Australian Firefighters ». *Occup Environ Med*, avril. https://doi.org/10.1136/oemed-2016-104088.

Gledhill, N., et V. K. Jamnik. 1992. « Characterization of the Physical Demands of Firefighting ». *Can J Sport Sci* 17 (3): 207‑13.

Goldberg, M., et D. Luce. 2001. « [Selection effects in epidemiological cohorts: nature, causes and consequences] ». *Rev Epidemiol Sante Publique* 49 (5): 477‑92.

Griffin, S. C., T. L. Regan, P. Harber, E. A. Lutz, C. Hu, W. F. Peate, et J. L. Burgess. 2016. « Evaluation of a Fitness Intervention for New Firefighters: Injury Reduction and Economic Benefits ». *Inj Prev* 22 (3): 181‑88. https://doi.org/10.1136/injuryprev-2015-041785.

Hartzell, G. E. 1996. « Overview of Combustion Toxicology ». *Toxicology* 115 (1‑3): 7‑23.

Hasegawa, Kohei, Atsushi Hiraide, Yuchiao Chang, et David F. M. Brown. 2013. « Association of Prehospital Advanced Airway Management With Neurologic Outcome and Survival in Patients With Out-of-Hospital Cardiac Arrest ». *JAMA* 309 (3): 257. https://doi.org/10.1001/jama.2012.187612.

Heimburg, E. D. von, A. K. Rasmussen, et J. I. Medbø. 2006. « Physiological Responses of Firefighters and Performance Predictors during a Simulated Rescue of Hospital Patients ». *Ergonomics* 49 (2): 111‑26. https://doi.org/10.1080/00140130500435793.

Heyer, N., N. S. Weiss, P. Demers, et L. Rosenstock. 1990. « Cohort Mortality Study of Seattle Fire Fighters: 1945-1983 ». *Am J Ind Med* 17 (4): 493‑504.

Holgate, S. T., T. Sandström, A. J. Frew, N. Stenfors, C. Nördenhall, S. Salvi, A. Blomberg, R. Helleday, et M. Söderberg. 2003. « Health Effects of Acute Exposure to Air Pollution. Part I: Healthy and Asthmatic Subjects Exposed to Diesel Exhaust ». *Res Rep Health Eff Inst*, no 112 (décembre): 1‑30; discussion 51-67.

Huang, C. J., H. E. Webb, R. S. Garten, G. H. Kamimori, R. K. Evans, et E. O. Acevedo. 2010. « Stress Hormones and Immunological Responses to a Dual Challenge in Professional Firefighters ». *Int J Psychophysiol* 75 (3): 312‑18. https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2009.12.013.

IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks. 2002. « Some Traditional Herbal Medicines, Some Mycotoxins, Naphthalene and Styrene ». *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum* 82: 1‑556.

———. 2010. « Some Non-Heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Exposures ». *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum* 92: 1‑853.

Ide, C. W. 2014. « Cancer Incidence and Mortality in Serving Whole-Time Scottish Firefighters 1984-2005 ». *Occup Med (Lond)* 64 (6): 421‑27. https://doi.org/10.1093/occmed/kqu080.

Iwami, Taku, Graham Nichol, Atsushi Hiraide, Yasuyuki Hayashi, Tatsuya Nishiuchi, Kentaro Kajino, Hiroshi Morita, et al. 2009. « Continuous Improvements in “Chain of Survival” Increased Survival after out-of-Hospital Cardiac Arrests: A Large-Scale Population-Based Study ». *Circulation* 119 (5): 728‑34. https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.802058.

Jabre, Patricia, Andrea Penaloza, David Pinero, Francois-Xavier Duchateau, Stephen W. Borron, Francois Javaudin, Olivier Richard, et al. 2018. « Effect of Bag-Mask Ventilation vs Endotracheal Intubation During Cardiopulmonary Resuscitation on Neurological Outcome After Out-of-Hospital Cardiorespiratory Arrest: A Randomized Clinical Trial ». *JAMA* 319 (8): 779. https://doi.org/10.1001/jama.2018.0156.

Jahnke, S. A., W. S. Poston, C. K. Haddock, et N. Jitnarin. 2013. « Injury among a Population Based Sample of Career Firefighters in the Central USA ». *Inj Prev* 19 (6): 393‑98. https://doi.org/10.1136/injuryprev-2012-040662.

Jankovic, J., W. Jones, J. Burkhart, et G. Noonan. 1991. « Environmental Study of Firefighters ». *Ann Occup Hyg* 35 (6): 581‑602.

Kahn, S. A., J. Woods, et L. Rae. 2015. « Line of Duty Firefighter Fatalities: An Evolving Trend over Time ». *J Burn Care Res* 36 (1): 218‑24. https://doi.org/10.1097/BCR.0000000000000104.

Kales, S. N., E. S. Soteriades, C. A. Christophi, et D. C. Christiani. 2007. « Emergency Duties and Deaths from Heart Disease among Firefighters in the United States ». *N Engl J Med* 356 (12): 1207‑15. https://doi.org/10.1056/NEJMoa060357.

Kales, S. N., E. S. Soteriades, S. G. Christoudias, et D. C. Christiani. 2003. « Firefighters and On-Duty Deaths from Coronary Heart Disease: A Case Control Study ». *Environ Health* 2 (1): 14. https://doi.org/10.1186/1476-069X-2-14.

Kales, S. N., A. J. Tsismenakis, C. Zhang, et E. S. Soteriades. 2009. « Blood Pressure in Firefighters, Police Officers, and Other Emergency Responders ». *Am J Hypertens* 22 (1): 11‑20. https://doi.org/10.1038/ajh.2008.296.

Kang, D., L. K. Davis, P. Hunt, et D. Kriebel. 2008. « Cancer Incidence among Male Massachusetts Firefighters, 1987-2003 ». *Am J Ind Med* 51 (5): 329‑35. https://doi.org/10.1002/ajim.20549.

Kirk, K. M., et M. B. Logan. 2015a. « Firefighting Instructors’ Exposures to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons during Live Fire Training Scenarios ». *J Occup Environ Hyg* 12 (4): 227‑34. https://doi.org/10.1080/15459624.2014.955184.

———. 2015b. « Structural Fire Fighting Ensembles: Accumulation and Off-Gassing of Combustion Products ». *J Occup Environ Hyg* 12 (6): 376‑83. https://doi.org/10.1080/15459624.2015.1006638.

Kuehl, K. S., D. L. Elliot, L. Goldberg, E. L. Moe, E. Perrier, et J. Smith. 2013. « Economic Benefit of the PHLAME Wellness Programme on Firefighter Injury ». *Occup Med (Lond)* 63 (3): 203‑9. https://doi.org/10.1093/occmed/kqs232.

Lacey, S., B. M. Alexander, et C. S. Baxter. 2014. « Plasticizer Contamination of Firefighter Personal Protective Clothing--a Potential Factor in Increased Health Risks in Firefighters ». *J Occup Environ Hyg* 11 (5): D43-8. https://doi.org/10.1080/15459624.2013.877142.

Lafontaine, M., C. Champmartin, P. Simon, P. Delsaut, et C. Funck-Brentano. 2006. « 3-Hydroxybenzo[a]Pyrene in the Urine of Smokers and Non-Smokers ». *Toxicol Lett* 162 (2‑3): 181‑85. https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2005.09.019.

Laitinen, J. A., J. Koponen, J. Koikkalainen, et H. Kiviranta. 2014. « Firefighters’ Exposure to Perfluoroalkyl Acids and 2-Butoxyethanol Present in Firefighting Foams ». *Toxicol Lett* 231 (2): 227‑32. https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2014.09.007.

Laitinen, J., M. Mäkelä, J. Mikkola, et I. Huttu. 2010. « Fire Fighting Trainers’ Exposure to Carcinogenic Agents in Smoke Diving Simulators ». *Toxicol Lett* 192 (1): 61‑65. https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2009.06.864.

Landry, Cameron H., Katherine S. Allan, Kim A. Connelly, Kris Cunningham, Laurie J. Morrison, et Paul Dorian. 2017. « Sudden Cardiac Arrest during Participation in Competitive Sports ». *New England Journal of Medicine* 377 (20): 1943‑53. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1615710.

Larsen, B., R. Snow, et B. Aisbett. 2015. « Effect of Heat on Firefighters’ Work Performance and Physiology ». *J Therm Biol* 53 (octobre): 1‑8. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2015.07.008.

Larsen, B., R. Snow, G. Vincent, J. Tran, A. Wolkow, et B. Aisbett. 2015. « Multiple Days of Heat Exposure on Firefighters’ Work Performance and Physiology ». *PLoS One* 10 (9): e0136413. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136413.

Leffer, M., et T. Grizzell. 2010. « Implementation of a Physician-Organized Wellness Regime (POWR) Enforcing the 2007 NFPA Standard 1582: Injury Rate Reduction and Associated Cost Savings ». *J Occup Environ Med* 52 (3): 336‑39. https://doi.org/10.1097/JOM.0b013e3181d44d8d.

Lefferts, W. K., K. S. Heffernan, E. M. Hultquist, P. C. Fehling, et D. L. Smith. 2015. « Vascular and Central Hemodynamic Changes Following Exercise-Induced Heat Stress ». *Vasc Med* 20 (3): 222‑29. https://doi.org/10.1177/1358863X14566430.

LeMasters, G. K., A. M. Genaidy, P. Succop, J. Deddens, T. Sobeih, H. Barriera-Viruet, K. Dunning, et J. Lockey. 2006. « Cancer Risk among Firefighters: A Review and Meta-Analysis of 32 Studies ». *J Occup Environ Med* 48 (11): 1189‑1202. https://doi.org/10.1097/01.jom.0000246229.68697.90.

Lewtas, J. 2007. « Air Pollution Combustion Emissions: Characterization of Causative Agents and Mechanisms Associated with Cancer, Reproductive, and Cardiovascular Effects ». *Mutat Res* 636 (1‑3): 95‑133. https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2007.08.003.

Liu, D., I. B. Tager, J. R. Balmes, et R. J. Harrison. 1992. « The Effect of Smoke Inhalation on Lung Function and Airway Responsiveness in Wildland Fire Fighters ». *Am Rev Respir Dis* 146 (6): 1469‑73. https://doi.org/10.1164/ajrccm/146.6.1469.

Ma, F., L. E. Fleming, D. J. Lee, E. Trapido, et T. A. Gerace. 2006. « Cancer Incidence in Florida Professional Firefighters, 1981 to 1999 ». *J Occup Environ Med* 48 (9): 883‑88. https://doi.org/10.1097/01.jom.0000235862.12518.04.

Ma, F., L. E. Fleming, D. J. Lee, E. Trapido, T. A. Gerace, H. Lai, et S. Lai. 2005. « Mortality in Florida Professional Firefighters, 1972 to 1999 ». *Am J Ind Med* 47 (6): 509‑17. https://doi.org/10.1002/ajim.20160.

MICHEL, X, S BOHAND, G GAGNA, A LACOSTE, L GERAUT, F RIVIERE, C RENARD, et P LAROCHE. 2011. « Intoxications cyanhydriques professionnelles des pompiers: mythe ou réalité? » *Documents pour le Médecin du Travail* 128: 603‑14.

Miedinger, D., P. N. Chhajed, D. Stolz, C. Gysin, A. B. Wanzenried, C. Schindler, C. Surber, H. C. Bucher, M. Tamm, et J. D. Leuppi. 2007. « Respiratory Symptoms, Atopy and Bronchial Hyperreactivity in Professional Firefighters ». *Eur Respir J* 30 (3): 538‑44. https://doi.org/10.1183/09031936.00015307.

Mittleman, M. A., M. Maclure, G. H. Tofler, J. B. Sherwood, R. J. Goldberg, et J. E. Muller. 1993. « Triggering of Acute Myocardial Infarction by Heavy Physical Exertion. Protection against Triggering by Regular Exertion. Determinants of Myocardial Infarction Onset Study Investigators ». *N Engl J Med* 329 (23): 1677‑83. https://doi.org/10.1056/NEJM199312023292301.

Munir, F., S. Clemes, J. Houdmont, et R. Randall. 2012. « Overweight and Obesity in UK Firefighters ». *Occup Med (Lond)* 62 (5): 362‑65. https://doi.org/10.1093/occmed/kqs077.

Murphy, P. L., et E. Volinn. 1999. « Is Occupational Low Back Pain on the Rise? » *Spine (Phila Pa 1976)* 24 (7): 691‑97.

Oliveira, M., K. Slezakova, M. J. Alves, A. Fernandes, J. P. Teixeira, C. Delerue-Matos, M. D. Pereira, et S. Morais. 2016. « Firefighters’ Exposure Biomonitoring: Impact of Firefighting Activities on Levels of Urinary Monohydroxyl Metabolites ». *Int J Hyg Environ Health* 219 (8): 857‑66. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2016.07.011.

———. 2017. « Polycyclic Aromatic Hydrocarbons at Fire Stations: Firefighters’ Exposure Monitoring and Biomonitoring, and Assessment of the Contribution to Total Internal Dose ». *J Hazard Mater* 323 (Pt A): 184‑94. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.03.012.

Poplin, G. S., R. B. Harris, K. M. Pollack, W. F. Peate, et J. L. Burgess. 2012. « Beyond the Fireground: Injuries in the Fire Service ». *Inj Prev* 18 (4): 228‑33. https://doi.org/10.1136/injuryprev-2011-040149.

Poplin, G. S., D. J. Roe, W. Peate, R. B. Harris, et J. L. Burgess. 2014. « The Association of Aerobic Fitness with Injuries in the Fire Service ». *Am J Epidemiol* 179 (2): 149‑55. https://doi.org/10.1093/aje/kwt213.

Richmond, V. L., M. P. Rayson, D. M. Wilkinson, J. M. Carter, et S. D. Blacker. 2008. « Physical Demands of Firefighter Search and Rescue in Ambient Environmental Conditions ». *Ergonomics* 51 (7): 1023‑31. https://doi.org/10.1080/00140130801939709.

Rosénstock, L., P. Demers, N. J. Heyer, et S. Barnhart. 1990. « Respiratory Mortality among Firefighters ». *Br J Ind Med* 47 (7): 462‑65.

Sama, S. R., T. R. Martin, L. K. Davis, et D. Kriebel. 1990. « Cancer Incidence among Massachusetts Firefighters, 1982-1986 ». *Am J Ind Med* 18 (1): 47‑54.

Shaw, S. D., M. L. Berger, J. H. Harris, S. H. Yun, Q. Wu, C. Liao, A. Blum, A. Stefani, et K. Kannan. 2013. « Persistent Organic Pollutants Including Polychlorinated and Polybrominated Dibenzo-p-Dioxins and Dibenzofurans in Firefighters from Northern California ». *Chemosphere* 91 (10): 1386‑94. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.12.070.

Siddall, A. G., R. D. Stevenson, P. F. Turner, K. A. Stokes, et J. L. Bilzon. 2016. « Development of Role-Related Minimum Cardiorespiratory Fitness Standards for Firefighters and Commanders ». *Ergonomics* 59 (10): 1335‑43. https://doi.org/10.1080/00140139.2015.1135997.

Smith, D. L., G. P. Horn, S. J. Petruzzello, G. Fahey, J. Woods, et B. Fernhall. 2014. « Clotting and Fibrinolytic Changes after Firefighting Activities ». *Med Sci Sports Exerc* 46 (3): 448‑54. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182a76dd2.

Soteriades, E. S., R. Hauser, I. Kawachi, D. Liarokapis, D. C. Christiani, et S. N. Kales. 2005. « Obesity and Cardiovascular Disease Risk Factors in Firefighters: A Prospective Cohort Study ». *Obes Res* 13 (10): 1756‑63. https://doi.org/10.1038/oby.2005.214.

Soteriades, E. S., D. L. Smith, A. J. Tsismenakis, D. M. Baur, et S. N. Kales. 2011. « Cardiovascular Disease in US Firefighters: A Systematic Review ». *Cardiol Rev* 19 (4): 202‑15. https://doi.org/10.1097/CRD.0b013e318215c105.

Sothmann, M. S., K. Saupe, D. Jasenof, et J. Blaney. 1992. « Heart Rate Response of Firefighters to Actual Emergencies. Implications for Cardiorespiratory Fitness ». *J Occup Med* 34 (8): 797‑800.

Starkie, R. L., M. Hargreaves, J. Rolland, et M. A. Febbraio. 2005. « Heat Stress, Cytokines, and the Immune Response to Exercise ». *Brain Behav Immun* 19 (5): 404‑12. https://doi.org/10.1016/j.bbi.2005.03.005.

Stevenson, M., B. Alexander, C. S. Baxter, et Y. K. Leung. 2015. « Evaluating Endocrine Disruption Activity of Deposits on Firefighting Gear Using a Sensitive and High Throughput Screening Method ». *J Occup Environ Med* 57 (12): e153-7. https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000000577.

Straif, K., R. Baan, Y. Grosse, B. Secretan, F. El Ghissassi, V. Bouvard, A. Altieri, L. Benbrahim-Tallaa, V. Cogliano, et WHO International Agency For Research on Cancer Monograph Working Group. 2007. « Carcinogenicity of Shift-Work, Painting, and Fire-Fighting ». *Lancet Oncol* 8 (12): 1065‑66.

Tornling, G., P. Gustavsson, et C. Hogstedt. 1994. « Mortality and Cancer Incidence in Stockholm Fire Fighters ». *Am J Ind Med* 25 (2): 219‑28.

Vena, J. E., et R. C. Fiedler. 1987. « Mortality of a Municipal-Worker Cohort: IV. Fire Fighters ». *Am J Ind Med* 11 (6): 671‑84.

Waldman, J. M., Q. Gavin, M. Anderson, S. Hoover, J. Alvaran, H. S. Ip, L. Fenster, et al. 2016. « Exposures to Environmental Phenols in Southern California Firefighters and Findings of Elevated Urinary Benzophenone-3 Levels ». *Environ Int* 88 (mars): 281‑87. https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.11.014.

Wang, Henry E., Daniel Szydlo, John A. Stouffer, Steve Lin, Jestin N. Carlson, Christian Vaillancourt, Gena Sears, et al. 2012. « Endotracheal Intubation versus Supraglottic Airway Insertion in Out-of-Hospital Cardiac Arrest ». *Resuscitation* 83 (9): 1061‑66. https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2012.05.018.

Watt, P. W., A. G. Willmott, N. S. Maxwell, N. J. Smeeton, E. Watt, et A. J. Richardson. 2016. « Physiological and Psychological Responses in Fire Instructors to Heat Exposures ». *J Therm Biol* 58 (mai): 106‑14. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2016.04.008.

Willich, S. N., M. Lewis, H. Löwel, H. R. Arntz, F. Schubert, et R. Schröder. 1993. « Physical Exertion as a Trigger of Acute Myocardial Infarction. Triggers and Mechanisms of Myocardial Infarction Study Group ». *N Engl J Med* 329 (23): 1684‑90. https://doi.org/10.1056/NEJM199312023292302.

Wyler, C., C. Braun-Fahrländer, N. Künzli, C. Schindler, U. Ackermann-Liebrich, A. P. Perruchoud, P. Leuenberger, et B. Wüthrich. 2000. « Exposure to Motor Vehicle Traffic and Allergic Sensitization. The Swiss Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults (SAPALDIA) Team ». *Epidemiology* 11 (4): 450‑56.

Yang, J., D. Teehan, A. Farioli, D. M. Baur, D. Smith, et S. N. Kales. 2013. « Sudden Cardiac Death among Firefighters ≤45 Years of Age in the United States ». *Am J Cardiol* 112 (12): 1962‑67. https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2013.08.029.

Yoon, J. H., Y. K. Kim, K. S. Kim, et Y. S. Ahn. 2016. « Characteristics of Workplace Injuries among Nineteen Thousand Korean Firefighters ». *J Korean Med Sci* 31 (10): 1546‑52. https://doi.org/10.3346/jkms.2016.31.10.1546.