



HAL
open science

Analyse de l'activité des formateurs caisson

Jessie Aldana Jague, Thierry Dulion, Fabienne Goutille, Louis Galey, Alain Garrigou

► **To cite this version:**

Jessie Aldana Jague, Thierry Dulion, Fabienne Goutille, Louis Galey, Alain Garrigou. Analyse de l'activité des formateurs caisson. 58e congrès de la SELF, Ergonomie, communauté(s) et société : entre héritages et perspectives, Société d'Ergonomie de Langue Française; Université Paris Nanterre, Jul 2025, Nanterre, France. pp. 758-766. <hal-05272098>

HAL Id: hal-05272098

<https://hal.science/hal-05272098v1>

Submitted on 22 Sep 2025

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

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



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC 4.0 - Attribution - Non-commercial use - International License

58^e CONGRÈS DE LA SELF

2-3-4 JUILLET 2025

Ergonomie, communauté(s) et société :
entre héritages et perspectives

UNIVERSITÉ PARIS NANTERRE

The full text of SELF congresses
proceedings in Ergonomics Abstracts is
included in Academic Search Ultimate on
EBSCOhost™

www.ergonomie-self.org

→ Ergonomics abstract

Analyse de l'activité des formateurs caisson : une approche ergotoxicologique pour caractériser les risques chimiques

Jessie ALDANA JAGUE¹, Thierry DULION², Fabienne GOUTILLE³, Louis GALEY⁴, Alain GARRIGOU⁵

¹CNAM Paris, 41 rue Gay Lussac, 75005 Paris, jessiealdana@gmail.com

²SDIS 31, Service de Santé, 49 Chemin de l'Armurié, CS 80123, 31772 Colomiers Cedex

³Université Clermont Auvergne - UFR STAPS - Laboratoire ACTé (EA 4281)

⁴Université Paris Nanterre - Département de Psychologie - Laboratoire Parisien de Psychologie Sociale (LAPPS) - Équipe Travail, Ergonomie, Orientation & Organisation (TE20)

⁵Bordeaux Population Health Research Center, INSERMU1219, Université de Bordeaux - Case 11

Résumé : Les formateurs caisson, sapeurs-pompiers professionnels et volontaires, sont soumis à des expositions répétées aux risques chimiques et thermiques lors de formations par simulation. Cette recherche exploratoire originale, inscrite dans une démarche d'ergotoxicologie, analyse leur activité réelle pour mieux comprendre les situations d'expositions, les stratégies individuelles et collectives de préservation, ainsi que les contraintes et les limites des Equipement de Protection Individuelle (EPI). Les résultats révèlent la complexité des polyexpositions et les impacts sur la santé des formateurs. En mettant en avant la nécessité de considérer l'activité de travail réel dans l'élaboration des dispositifs de prévention, cette étude contribue à enrichir les perspectives de prévention et de protection pour développer la sécurité chez les formateurs caisson.

Mots-clés : Ergotoxicologie, polyexposition, risques chimiques, sapeurs-pompiers, formation par simulation

*Ce texte original a été produit dans le cadre du congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française qui s'est tenu à Nanterre les 2, 3 et 4 juillet 2025. Aucun usage commercial ne peut en être fait sans l'accord des éditeurs ou archiveurs électroniques. Il est permis d'en faire une copie papier ou digitale pour un usage pédagogique ou universitaire, en citant la source exacte du document, qui est la suivante :

ALDANA JAGUE J., GOUTILLE F., GALEY L., GARRIGOU A., DULION T. (2025), Analyse de l'activité des formateurs caisson : une approche ergotoxicologique pour caractériser les risques chimiques. Actes du 58^e Congrès de la SELF, Ergonomie, communauté(s) et société : entre héritage et perspectives, Nanterre, 2 au 4 juillet 2025.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page.

Analysis of Compartment Fire Behavior Training (CFBT) instructors' activitie: an ergotoxicological approach to characterize chemical risks

Abstract. The instructors of Compartment Fire Behavior Training (CFBT), both professional and volunteer firefighters, are repeatedly exposed to chemical and thermal risks during simulation-based training sessions. This original exploratory research, rooted in an ergotoxicological approach, analyzes their actual work activity to better understand exposure situations, individual and collective preservation strategies, as well as the constraints and limitations of personal protective equipment (PPE). The findings highlight the complexity of multiple exposures and their health impacts on instructors. By emphasizing the importance of considering real work activities in the development of prevention measures, this study contributes to enhancing prevention and protection strategies aimed at improving safety for CFBT instructors.

Keywords: Ergotoxicology, multiple exposure, chemical risks, firefighters, simulation-based training

58^e CONGRÈS DE LA SELF
UNIVERSITÉ PARIS NANTERRE

INTRODUCTION

Les sapeurs-pompiers (SP) sont régulièrement exposés à des fumées toxiques issues de différentes sources de combustion lors de leurs interventions, ce qui présente des risques sanitaires importants. Chaque année, plusieurs décès surviennent lors d'interventions en raison des risques liés aux incendies et des conditions dangereuses rencontrées sur le terrain. Les Service Départementaux d'Incendie et de Secours (SDIS) ont donc mis en place des dispositifs de formation, tels que les simulateurs de « feux réels », pour améliorer la sécurité des intervenants en les familiarisant avec les dangers thermiques.

Cependant, ces dispositifs exposent les formateurs de manière répétées aux fumées, s'ajoutant ainsi aux expositions déjà rencontrées lors des interventions opérationnelles.

Dans un contexte où la reconnaissance des pathologies liées à ces expositions demeure insuffisante, les revendications syndicales se multiplient pour obtenir une meilleure prise en compte des maladies professionnelles. La récente classification de l'exposition professionnelle des pompiers comme cancérogène par l'IARC (2023) renforce ces préoccupations et alimente la demande d'un suivi des expositions. Les formateurs saïsson souhaitent ainsi la mise en place de dispositifs de traçabilité via une biométrie afin de quantifier leurs expositions.

Dans ce contexte et dans une démarche exploratoire, cette communication présente la méthodologie déployée pour caractériser les situations d'exposition, les résultats obtenus seront exposés puis discutés.

POINT DE CADRAGE ET OPPORTUNITÉ DE LA CONTRIBUTION

L'analyse du travail réel constitue un levier fondamental pour transformer les situations de travail, notamment dans les environnements à haut risque tels que l'industrie, la santé ou la sécurité civile (Daniellou, 2005). Dans ces contextes, la prévention des expositions ne peut être pensée indépendamment des pratiques et des arbitrages des travailleurs en situation.

Les recherches en ergotoxicologie (Garrigou et al., 2019) insistent sur l'importance d'une approche systémique, intégrant les connaissances en toxicologie aux dimensions techniques, environnementales et organisationnelles pour comprendre les expositions.

Cette contribution s'inscrit dans cette perspective en s'appuyant sur une analyse de l'activité des formateurs saïsson.

L'« immersion » de l'ergonomie — ici, au cours d'un stage universitaire au sein d'un cycle de spécialisation à la recherche du Conservatoire national des arts et métiers (CNAM) - chez des SP formateurs saïsson chargés d'enseigner à des SP stagiaires les dangers de différents phénomènes thermiques (Teiger, 2006) a permis d'identifier et de caractériser des situations d'exposition caractéristiques (SECs) (Galey, 2019), afin

de mieux comprendre les déterminants des expositions

En mobilisant une approche ergotoxicologique (Garrigou et al., 2019) centrée sur l'activité réelle des formateurs à l'aide d'observations participante (Soule, 2007) en intégrant activement le collectif de travail, cette communication vise à documenter les situations d'exposition au danger chimique et les déterminants impactant ces expositions.

POSITIONNEMENT DE LA PROBLÉMATIQUE

L'usage de simulateurs de feux réels permet de familiariser les SP aux dangers thermiques afin de mieux prévenir les accidents en intervention (Pourny et al., 2003). En reproduisant des conditions proches du réel, ces dispositifs favorisent un apprentissage par l'action (Van Daele et al., 2023) et placent les stagiaires dans des situations dynamiques, proches de celles rencontrées en opération (Hoc, 2001).

Dans ce contexte, les formateurs saïsson occupent une position particulière : les formations les exposent plus fréquemment aux risques chimiques liés aux fumées, en plus de ceux qu'ils rencontrent lors des interventions opérationnelles.

Ils sont ainsi confrontés à des expositions répétées aux fumées (ANSES, 2019 ; Zangl, 2023) et à une exposition thermique élevée (Inas, 2024).

Les SP sont ainsi soumis à une polyexposition aux risques chimiques et thermiques (ANSES, 2019), qui suscite des préoccupations croissantes quant à leur sécurité et leur santé. Si les avancées scientifiques permettent d'enrichir les connaissances sur les effets à court, moyen et long terme (IARC, 2023 ; ANSES, 2019 ; CNRA, 2017), le manque de données sur les polyexpositions, leurs effets cumulatifs et les interactions entre substances (ANSES, 2019 ; Fourneau et al., 2021) constitue encore un frein pour une prévention efficace.

Par ailleurs, le risque thermique pourrait, en quelques minutes, accentuer les effets physiologiques (ANSES, 2019 ; Keller et al., 2005) et modifier les mécanismes de régulation de l'organisme en perturbant l'absorption, la distribution, le métabolisme et l'excrétion (ADME) des substances chimiques (ANSES, 2019).

Les études de métrologie des polluants et de biométrie (David, 2018 ; Zangl, 2023) mettent en évidence la nécessité de mieux caractériser les expositions et leurs effets. Toutefois, la mise en œuvre de la biométrie demeure complexe du fait de contraintes logistiques, de coûts élevés et de difficultés d'interprétation des résultats (Barros et al., 2023).

L'exposition répétée aux fumées questionne les limites des EPI, en particulier face aux phénomènes de désorption des tenues de feu en post-intervention et la persistance de résidus malgré le lavage des tenues (Abrard et al., 2019 ; Fent et al., 2017). Par ailleurs, la résistance des gants aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) diffère selon les matériaux. Le nitrile est le matériau qui possède une meilleure



résistance et un temps de perméation plus long (Zangl, 2023).

Si les recherches récentes en toxicocinétique et toxicodynamique ont permis d'affiner la compréhension des effets des substances dangereuses, elles restent majoritairement centrées sur la métrologie et la biométrologie et ne prennent pas en compte les facteurs organisationnels, sociaux et environnementaux qui influencent ces expositions.

Cette communication s'inscrit dans une recherche-intervention réalisée dans le cadre d'un certificat de spécialisation à la recherche au CNAM.

L'étude a porté sur l'analyse de l'activité des formateurs cuisson en caractérisant leurs situations d'exposition caractéristique et en identifiant les stratégies de préservation collectives et individuelles mises en place. L'ensemble de ces dimensions ont été investigués afin de mieux comprendre les écarts entre sécurité réglée et sécurité gérée avec entre autres, les contraintes et les limites en lien avec les EPI.

Cette communication vise à présenter les situations d'exposition caractérisées au danger chimique chez les formateurs cuissons au cours de leurs journées de formation afin d'investiguer les éléments suivants : quelles sont les différentes situations d'exposition auxquelles ces formateurs seraient confrontés ? A quelle diversité de danger les formateurs seraient-ils exposés ? Comment l'analyse de leur activité permet-elle de mieux comprendre ces expositions ?

MÉTHODOLOGIE

Analyse de la demande et construction sociale

L'analyse de la demande a permis une co-construction du sujet de recherche, réorientant la demande qui s'inscrivait davantage dans une logique de prévention tertiaire - visant à évaluer l'exposition *a posteriori* - vers une démarche de prévention primaire centrée sur l'analyse de l'activité (Caroly & Barcellini, 2013 ; Garrigou et al., 2016). Ainsi, l'intervention a été structurée autour des expositions et de leurs déterminants en intégrant une compréhension située des conditions réelles de travail.

Population étudiée et périmètre

La recherche-intervention a été menée auprès des formateurs cuisson, regroupant des Sapeurs-Pompiers Professionnels (SPP) et Volontaires (SPV). L'effectif total comprend 48 formateurs (37 SPP et 11 SPV), mais le recueil de données s'est concentré sur un échantillon de 27 formateurs, en raison du temps disponible sur le terrain. En ce qui concerne l'année 2023-2024, 71 journées de formations sont prévues (passées ou prévues). L'étude s'est focalisée sur les cuissons fixes, écartant les formations sur cuisson mobile. Les formateurs occupaient différents postes opérationnels : doorman, leader, opérateur et superviseur.

Les SP stagiaires

Les cuissons sont utilisés dans le cadre de la formation incendie des sapeurs-pompiers volontaires (SPV) et professionnels (SPP). Ils sont mobilisés dès la formation initiale, puis lors des

évolutions de fonction (chef d'équipe, chef d'agrès...). Tout au long de leur carrière, SPV et SPP y retournent à l'occasion de la Formation de Maintien et de Perfectionnement des Acquis (FMFA) qui permet d'assurer la consolidation et l'amélioration des compétences des SP.

Analyse documentaire

Des documents tels que les Fiches de Données de Sécurité (FDS), des Fiches Techniques (FT) des matériaux utilisés comme isolants dans le caisson ont été analysés. Une analyse de danger a été effectuée et a conduit à identifier la présence de Fibres Céramiques Réfractaires. L'inhalation de fibres peut déclencher des inflammations respiratoires, telles que bronchite et alvéolite, et en cas de migration jusqu'à la plèvre, provoquer une pleurésie. Une exposition répétée à certaines fibres peut entraîner une fibrose pulmonaire, cause d'insuffisance respiratoire (INRS 2021). Comme tout matériau siliceux, ces fibres peuvent former de la cristobalite, une forme de silice cristalline, lorsqu'elles sont exposées à des températures élevées (1000°C) (INRS, 2011). La silice cristalline elle est classée comme cancérigène pour l'homme (groupe 1) par le CIRC (IARC, 1997).

Observations ouvertes

Les observations *in situ* (Norimatsu, 2008) ont permis d'analyser l'organisation du travail, les contraintes et les aléas qui façonnent l'activité des formateurs.

Dans la continuité des travaux de Teiger et al. (2006), mais également de ceux de certains ergonomes ou sociologues (Sennegon et al., 2012 ; Soulé, 2007), une méthode d'observation participante en immersion a été mise en œuvre. Cette approche s'est naturellement imposée en raison de ma connaissance approfondie du milieu des sapeurs-pompiers, acquise au travers de ma formation initiale en Hygiène, Sécurité et Environnement, ainsi que de celle en tant que Sapeur-Pompier Volontaire. Cette familiarité avec la culture des sapeurs-pompiers, les outils pédagogiques et le matériel a facilité l'intégration au sein du collectif.

Cette méthode d'immersion s'est avérée indispensable, car certaines démonstrations de phénomènes thermiques nécessitent que le contenant soit fermé, rendant impossible l'observation des formateurs depuis l'extérieur. En accompagnant les formateurs à l'intérieur du caisson, équipée d'une tenue de protection et d'un Appareil Respiratoire Isolant (ARI), il a été possible d'observer et d'accéder aux interactions en situation réelle : postures, coordinations gestuelles, communications verbales et non verbales, les stratégies de régulations thermiques, ... Cette immersion a permis également de pouvoir ressentir les contraintes physiques liées aux équipements et les astreintes thermiques, voire le stress thermique. En participant aux activités des journées comme contributeur au nettoyage des EPI ou au rangement du matériel (rouler les tuyaux), l'immersion a contribué à développer une analyse du travail plus proche de la réalité vécue par les formateurs, d'accéder à des récits ou des retours d'expériences souvent difficiles à partager comme des malaises, des



situations à risques ainsi que les stratégies individuelles ou collectives mises en place pour y faire face.

Observations systématiques

Un passage de l'observation ouverte à une structuration plus systématique a permis d'identifier les principales situations d'exposition et les stratégies déployées par les formateurs (Goutille, 2022). La chronique d'activité a contribué à l'analyse des séquences et des régulations opérées dans le travail réel.

Entretiens

Les entretiens semi-directifs ont complété l'analyse des observations en explorant les représentations des risques, les stratégies de préservation et les arbitrages réalisés par les formateurs (Galey, 2019). L'articulation entre entretiens formels et recueil de verbatim in situ a permis d'accéder aux logiques sous-jacentes de l'activité.

RÉSULTATS / ANALYSE

Environnement physique & organisationnel prescrit

Le site, situé en zone industrielle, comprend un bâtiment avec une salle de formation, des vestiaires organisés selon la marche en avant, des locaux techniques et une aire extérieure équipée de simulateurs de feux réels, dont deux caissons à foyer fermé instrumentés pour la mesure des températures. Les 2 caissons sont assemblés par un caisson de progression adjacents (cf. figure 1).



Figure 1 - Disposition des caissons

Le SDIS fournit les EPI aux formateurs, y compris les tenues de feu, pour éviter de manipuler des tenues contaminées à la fin de la journée et qu'ils aient à les rapporter dans leurs Centre d'Incendie et de Secours respectifs.

Situations d'exposition caractérisées

Préparation et utilisation du caisson

Avant chaque séance, le formateur doit nettoyer le caisson en évacuant les cendres et les clous des palettes précédentes, à l'aide d'un balai, d'une pelle (photo 1) et d'une brouette (photo 2). Des particules de cendre sont visibles lors de la manipulation de la cendre. Néanmoins, au cours du nettoyage du caisson, des rayons du soleil peuvent passer par des ouvrants et rendent visibles à l'œil nu des particules plus fines. Cela contribue à rendre visible le danger (photo 1) : « J'aime pas quand ça brille comme ça ».

Le formateur installe des palettes dans le foyer et d'autres prépare le petit bois à l'aide d'une hachette ou une tronçonneuse (photo 3). Cette tâche les expose aux poussières de bois.



Photo 1 - Déblai du foyer au balai & - Particules visibles



Photo 2 - Evacuation des cendres



Photo 3 - Découpe petit bois



Photo 4 - Contamination cutanée

Le nettoyage et la préparation des caissons, d'une durée de 30 à 50 minutes, sont physiquement sollicitant. Par forte chaleur, le port de la tenue de feu devient difficile à porter. Certains formateurs travaillent en tee-shirt à manches longues et des contaminations cutanées peuvent être observées (photo 4).

Pour renforcer la résistance des matériaux, le caisson est équipé de panneaux isolants en Fibres Céramiques Réfractaires (FCR). Cependant, cet isolant se dégrade au fil des utilisations des caissons et les panneaux laissent apparaître les fibres (photo 5). A la fin de la préparation du caisson, les tenues des formateurs sont couvertes de résidus d'isolants (photo 6).

Cet isolant peut être remis en suspension dans l'environnement de travail et est susceptible d'être inhalé par les formateurs au cours de la journée. Par ailleurs, les FCR, qui ne sont plus contenues dans les panneaux, pourraient probablement être présentes dans les fumées de combustion et être inhalées.



Photo 5 - Isolant dégradé



Photo 6 - Fibres d'isolant sur tenue de feu (résidus blancs)

La première mise à feu (brûlot) consiste à allumer le foyer. La surveillance du brûlot varie selon l'emplacement du formateur (photo 7). Le port ou non du FFP2, et la gestion des stagiaires pour présenter en situation réelle la naissance du feu (photo 8).

« Ce que j'aime bien faire, c'est le brûlot de départ, leur montrer, donc les mettre au cul du caisson plutôt que de faire de la théorie sur tableau blanc. »



Photo 7 Surveillance du brûlot dans caisson



Photo 8 Surveillance du brûlot devant le caisson avec les stagiaires



Photo 9 - Température relevée dans le caisson

Les températures moyennes relevées dans le caisson sont de 751°C et varie selon la zone dans le caisson (photo 9). Parfois, les températures dans le foyer peuvent atteindre ou dépasser les 1000°C.

Déshabillage

Les formateurs optent pour un déshabillage, ainsi que celui des stagiaires, à l'extérieur de la zone de débriefing aérée prévue pour éviter de la contaminer avec les résidus émanant des tenues de feu (phénomène de désorption) et donc de s'exposer lors des débriefs. Seulement, ces stratégies mises en place par les formateurs pour se protéger des fumées en fonction du vent (qui pousse les fumées vers cette zone) deviennent inapplicables en cas de pluie.

Nettoyage des Equipements de Protection Individuelle

Des brosses trempées dans de l'eau chaude mélangée à du liquide vaisselle sont utilisées pour effectuer le nettoyage des bottes, casques, gants et tenues de feu (Photos 10 et 11). Les gants sont souvent utilisés, mais ils ne sont pas adaptés à l'activité, car l'eau contaminée peut s'écouler au niveau du manchon, atteignant ainsi le poignet et l'intérieur du gant (photo 11). Certains formateurs expriment des réserves quant à cette méthode de nettoyage, car ils sont conscients que des résidus de particules fines présentes sur les équipements peuvent être inhalés durant cette phase de nettoyage. De plus, les tenues de feu peuvent désorber et par conséquent exposer les formateurs par inhalation.



Photo 10 - Nettoyage brosse + eau + savon



Photo 11 - Forme de gants utilisés lors du nettoyage

Tableau de synthèse des dangers chimiques et les voies d'absorption (inhalation, cutanée, oculaire) par situations de travail

Situations	Polluants	Voie abs.
Déblais, Installation palette	Particules de résidus de combustion / FCR	I/C/O
Découpe de petit bois	Particules de bois	I/C/O
Brûlot, Caisson, Proximité des caissons	Fumées de combustion / FCR & Silice cristalline (si T>1000° C caisson)	I/C/O
Déshabillage (désorption), Nettoyage des EPI	COV / gaz / particules / FCR	I/C/O
Maintenance interne	FCR	I/C (si peu lésée ou nanofibre)

Les expositions peuvent être soit par contact direct ou bien indirect. Ces dangers peuvent affecter les trois voies principales d'absorption : par inhalation (I), par contact cutané (C) et par contact oculaire (O), mais aussi, indirectement et, dans certains cas, possiblement l'absorption par voie digestive.

Engagement des formateurs : un compromis entre qualité et santé

Les formateurs accordent une grande importance à la qualité de la formation. Tout au long des journées observées, ils se sont investis pleinement pour accueillir et encadrer les stagiaires de manière optimale. Leur capacité d'adaptation face aux aléas est remarquable. L'engagement des formateurs est manifeste.

Pour garantir un travail de qualité, des expositions consenties faites en toute connaissance de cause au détriment de leur propre santé ont été observées. Comme l'exprime un formateur : « Tu sais que ton objectif est pas atteint, tu cuis pour rien alors que si tu as réussi, au moins tu as cuit pour quelque chose. »

Variables influençant les situations d'exposition

Les expositions aux dangers chimiques lors des brûlages dans des caissons de formation sont également influencées ou majorées par de nombreuses variabilités. Ces variabilités peuvent être saisonnières (humidité l'hiver qui impacte le brûlage), techniques (qualité des matériaux), organisationnelles ou individuelles (emplacement du formateur pour montrer le brûlot).

La gestion du temps : une problématique centrale dans l'exposition des formateurs

Le temps est une variable transversale dans le processus du travail qui influence l'exposition des formateurs aux risques thermiques et chimiques. Les aléas techniques (pannes de pompe, tuyaux défectueux), organisationnels (problèmes de coordination) et environnementaux (intempéries, nuisances sonores) perturbent le déroulement des formations, contraignant les formateurs à réguler en permanence le déroulement de la journée. Ils doivent concilier la



58^e CONGRÈS DE LA SELF
UNIVERSITÉ PARIS NANTERRE

préparation du matériel, la gestion des stagiaires et la réalisation des démonstrations, le tout dans un temps restreint. Soucieux de garantir la qualité de leur travail, cette pression temporelle les conduit à opérer des compromis ou défillement de leur santé, comme ne pas porter l'ARI au moment de la préparation du caisson.

De plus, le fonctionnement en mode dégradé du matériel, comme les caissons (panneaux isolants détériorés, portes non étanches) peut augmenter l'exposition thermique en perturbant la résistance mécanique du foyer, impactant ainsi les phénomènes thermiques attendus. Cela se traduit par des séquences prolongées, augmentant ainsi leur exposition aux dangers.

La gestion du temps ne conditionne pas seulement la qualité pédagogique des formations mais également la transmission des savoirs mais également leur santé et leur sécurité

DISCUSSION

Observation participante et analyse de l'activité des formateurs caisson : apports et limites méthodologiques

L'observation participante a permis d'accéder à des dimensions de l'activité peu ou pas perceptibles dans une approche extérieure. L'interaction directe avec les formateurs a favorisé la collecte de verbatims clés, rendant compte des régulations et stratégies de préservation déployées face aux expositions. Cette proximité a également révélé des aspects cachés et a révélé des pratiques peu visibles pour donner accès à un aperçu intime du travail en situation.

Toutefois, cette immersion a soulevé des questions d'objectivité. La proximité prolongée avec le collectif a pu induire une perte progressive de la distance analytique (Soulé, 2007) et a nécessité des ajustements méthodologiques. L'usage de supports intermédiaires (photos, vidéos) a permis de réexaminer les situations avec recul, tandis que l'analyse *a posteriori* a contribué à réévaluer certains détails passés inaperçus lors des observations en temps réel. Par ailleurs, la durée limitée du terrain a favorisé un retour à la littérature et des échanges avec les pairs, permettant de repositionner les données dans un cadre analytique et universitaire plus distancié.

Complexité et dynamiques des polyexpositions : vers une approche systémique des situations d'exposition caractéristiques

L'analyse de l'activité a permis d'explorer et de révéler la complexité du travail des formateurs face aux expositions aux substances chimiques émises au cours de leur activité.

Plutôt que de considérer l'évaluation du risque chimique simplement comme la rencontre entre une substance dangereuse et un opérateur (Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009), comprendre ces situations d'exposition dans toute leur complexité permet de

prendre en compte les éléments systémiques qui les influencent (Galey, 2019).

L'intensité physique de l'activité (Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009) constitue un facteur aggravant des expositions car elle augmente la fréquence cardiaque et donc respiratoire ainsi que la sudation ce qui peut favoriser l'absorption des polluants.

Cette dynamique s'inscrit dans une interaction constante multimodale et multifactorielle, où les expositions se produisent de manière simultanée et interconnectée. Ces résultats montrent que les situations d'exposition ne sont pas isolées, mais imbriquées et dynamiques.

Les résultats de cette recherche ont également mis en évidence qu'au cours de leur activité de travail les formateurs sont confrontés à une multiples de substances qui sont présentées simultanément que ce soit lors de la préparation du caisson, au moment du brûlage, en dehors du caisson et lors du nettoyage.

Leurs expositions peuvent être directes et indirectes aux dangers chimiques (Garrigou, 2011 ; Lacroix et al., 2011). Les formateurs peuvent être exposés de manière directe : inhalation de fumées, de poussières de bois, de fibres ou potentiellement de silices cristallines ou bien en contact cutané avec de la suie. Ils peuvent également être exposés de manière indirecte, notamment par la contamination de leurs tenues de feu par la suie ou bien qui peuvent désorber des substances dangereuses. La présence de fumées autour du caisson peut également exposer de manière indirecte les formateurs (Zangl, 2023).

Les substances peuvent être absorbées par différentes voies, par inhalation, contact cutané, oculaire et potentiellement par ingestion (Coumoul et al., 2023). Des recherches menées chez le rongeur (Bai & Meng, 2009 ; Menzel et al., 1986) suggèrent que l'exposition au SO₂ et à des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) comme le benzo(a)pyrène peut augmenter le risque de cancer.

À ce jour, la connaissance des effets liés à ces expositions reste partielle. Si les effets sur la santé d'une substance prise isolément est parfois bien documenté, ceux résultant de la potentialisation ou de l'additivité de plusieurs agents chimiques demeure encore mal compris ou méconnus.

Dans le cadre de cette étude, les SEC ont permis de mettre en évidence que les formateurs étaient soumis à une polyexposition et non seulement aux dangers chimiques, mais également aux dangers thermiques qui peuvent potentialiser les dangers chimiques et les effets sur la santé.

CONCLUSION ET MISE EN PERSPECTIVE

Cette communication s'est attachée à analyser les activités des formateurs caisson en mettant en lumière les différentes situations d'exposition caractérisées.

L'originalité de cette communication repose sur la combinaison de l'analyse de l'activité et de



l'approche ergototoxicologique à un domaine encore exploré en ergonomie : les formateurs saison.

Cette approche a permis de caractériser les situations de travail à risque, en mobilisant l'approche ergototoxicologique et une méthodologie d'observation participante pour documenter le réel des pratiques et des expositions. Ce choix méthodologique a enrichi l'analyse en fournissant des données empiriques issues d'une immersion dans le contexte de travail des formateurs.

Les résultats mettent en évidence des polyexpositions, notamment dues à la complexité des fumées émises dans les caissons, mais aussi en lien avec les matériaux isolants installés dans le caisson et à l'environnement thermique contraignant. En s'attachant à caractériser les expositions des formateurs, cette étude met en lumière les déterminants techniques et organisationnels de leur activité.

Les expositions aux dangers chimiques varient en fonction de plusieurs variables, notamment les conditions saisonnières, organisationnelles et techniques.

Les observations menées sur une période restreinte ne permettent pas de saisir pleinement les déterminants et les variables qui peuvent survenir en fonction des saisons, des conditions climatiques ou de la charge de travail des formateurs. Un suivi longitudinal, s'étendant sur plusieurs mois, offrirait une vision plus approfondie et dynamique de ces évolutions.

Par ailleurs, la taille limitée de l'échantillon restreint la représentativité des résultats et ne permet pas d'embrasser toute la diversité des situations d'exposition. L'étude est focalisée sur un seul site et un groupe spécifique de formateurs. Elle ne permet pas d'établir de comparaisons avec d'autres contextes similaires. Une approche élargie avec plusieurs terrains de formation faciliterait l'identification des déterminants qui influencent les expositions.

Pour finir, la voie oculaire est une voie d'absorption encore peu investiguée dans le milieu des SP. Pourtant, les particules fines des fumées pourraient induire des réactions inflammatoires, entraîner la mort programmée des cellules (apoptose) et favoriser un stress oxydatif, un déséquilibre qui peut altérer les tissus oculaires et accélérer leur dégradation (Yang et al., 2019).

BIBLIOGRAPHIE

- Abrard, S., Bertrand, M., De Valence, T., & Schaupp, T. (2019). French firefighters exposure to Benzo[a]pyrene after simulated structure fires. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 222(1), 84-88.
- ANSES. (2019). « Risques sanitaires liés aux expositions professionnelles des sapeurs-pompiers ».
- Bai, J., & Meng, Z. (2009). Effect of sulphur dioxide on expression of proto-oncogenes and tumor suppressor genes from rats. *Environmental Toxicology*, 24, 272-283.
- Barros, B., Oliveira, M., & Morais, S. (2023). Biomonitoring of firefighting forces : a review on biomarkers of exposure to health-relevant pollutants released from fires. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B, Critical Reviews*, 26(3), 127-171.
- Caroly, S., & Barcellini, F. (2013). Le développement de l'activité collective. *Ergonomie constructive* (p. 33-46). Presses Universitaires de France.
- CNRACL. (2017). « Impacts et prévention des risques relatifs aux fumées d'incendie pour les sapeurs-pompiers ». Caisse nationale de retraites des agents des collectivités locales.
- Coumou, X., Bodin, L., Chevillard, L., Declèves, X., Garnier, R., Jaurand, M.-C., Marano, F., Massicot, F., Mouglin, C., Pairen, J.-C., Fabure, J., Andujar, P., Baeza-Squibana, A., & Barouki, R. (2023). *Toxicologie* (2e éd.) (pp.6-7). Ellipses.
- Daniellou, F., & Rabardel, P. (2005). Activity-oriented approaches to ergonomics: some traditions and perspectives. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 6(5), 353-357.
- David, E. (2018). « Exposition au risque chimique par inhalation lors des entraînements en caisson de brûlage Étude quantitative auprès des pompiers formateurs au SDIS de l'Aveyron ».
- Fent KW, Alexander B, Roberts J, Robertson S, Toennis C, Sammons D, Bertke S, Kerber S, Smith D, Horn G. (2017) Contamination of firefighter personal protective equipment and skin and the effectiveness of decontamination procedures. *J Occup Environ Hyg.* Oct;14(10):801-814. doi: 10.1080/15459624.2017.1334904. PMID: 28636458.
- Fourneau, C., Sanchez, M., Perouel, G., Frey, N., Coutrot, T., Boulanger, G., Courrier, B., Pernelet-Joly, V., & Bastos, H. (2021.). Plan santé au travail 2016-2020 : mieux connaître la polyexposition. Cairn.info.
- Galey, L. (2019). Comprendre les situations d'exposition aux nanoparticules par l'intégration de l'activité de travail à la mesure : vers une construction de la prévention.
- Galey, L., Albert, M., Goutille, F., Fredj, J., Nascimento, A., Jolly, C., & Garrigou, A. (2024). Prévention construite en agriculture : Contribution de l'ergotoxicologie à partir de trois recherches actions. *Activités*, 212, Article 212.
- Garrigou, A. (2011). Le développement de l'ergotoxicologie : une contribution de l'ergonomie à la santé au travail (Habilitation à Diriger des Recherches en Ergonomie, Université de Bordeaux, Bordeaux).
- Garrigou, A., Thery, L., Effantin, É., Goutille, F., Galey, L., Chassaing, K., Vandhergote, M., Laporte, E., Rambaud, C., Vergneaux, L., Gauthier, P., Baratta, R., Merlin, X., Mercieca, P., & Negroni, P. (2016). Une approche pluridisciplinaire du processus de construction sociale de la prévention du risque CMR en entreprise -Rapport de synthèse de la recherche financée par l'Association de Recherche contre le Cancer (ARC).
- Goutille, F. (2022). Ne plus ignorer les agriculteurs : une contribution de l'ergonomie à la prévention du risque pesticides en milieu viticole.
- Hoc, J. (2001). Towards a cognitive approach to human-machine cooperation in dynamic





- situations. *International Journal of Human-computer Studies*, 54(4), 509–540.
- IARC (1997). International Agency for Research on Cancer. Silica dust, crystalline, in the form of quartz or cristobalite. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum.
- IARC. (2023). Occupational exposure as a firefighter : IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans volume 132 (Volume 132).
- Institut national de recherche et de sécurité. (2011). Fibres céramiques réfractaires. Isolation et protection thermique en milieu industriel (ED 6085). <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206085>
- Institut national de recherche et de sécurité. (2021). Microfibres de verre (FT 268). VLEP et mesurages.
- Ionas, D. (2024). Évaluation de l'astreinte thermique des sapeurs-pompiers de Limoges par cardiofréquencemétrie lors des entraînements en caisson de feu.
- Keller, T., M. Keller, D. Keller, et V. Candas. 2005. « Astreinte physiologique des sapeurs-pompiers lors de l'approche d'un feu ». *Science & Sports* 20 (5) : 289-92.
- Lacroix, D., Garrigou, A., Maline, J., Hamon, K., Mérin, S., Pasquereau, P., & Beron, J. (2011). Les apports à la prévention d'une approche multicritères et pluridisciplinaire des expositions aux pesticides. Actes du 46e Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française. 277-281. Paris, France.
- Menzel, D. B., Keller, D. A., & Leung, K. H. (1986). Covalent reactions in the toxicity of SO₂ and sulfites. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 197, 477-492.
- Norimatsu, H. (2008). Chapitre I. Historique, différentes méthodes et étapes de l'observation. In Armand Colin eBooks (pp. 5–18).
- Pourny, Christian (Colonel) et al. 2003. « Mission sécurité des sapeurs-pompiers : rapport de mission sur la sécurité des sapeurs-pompiers en intervention ». Asnières sur Seine: Direction de la Sécurité Civile.
- Sennegon, B., Grison, B., Ravier, P., & Buttelli, O. (2012). Analyse de l'activité à bord de dragues aspiratrices : une méthodologie exploratoire combinant données psychologiques et physiologiques. *Activités*, 09(2).
- Soulé, B. (2007). Observation participante ou participation observante ? Usages et justifications de la notion de participation observante en sciences sociales.
- Teiger, C., Barbaroux, L., David, M., Duraffourg, J., Galisson, M., Laville, A., & Thareaut, L. (2006). Quand les ergonomes sont sortis du laboratoire. ... à propos du travail des femmes dans l'industrie électronique (1963 – 1973). *Perspectives Interdisciplinaires Sur Le Travail Et La Santé*, 8-2.
- Van Daele, A., & Dave, M. (2023b, janvier). La simulation dans la formation professionnelle. ResearchGate. [Conférence]. Séminaire organisé par l'Institut d'Administration Scolaire (INAS) de l'UMONS.
- Yang, Q., Li, K., Li, D., Zhang, Y., Liu, X., & Wu, K. (2019). Effects of fine particulate matter on the ocular surface: An in vitro and in vivo study. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 117, 109177. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2019.109177>
- Zangl, P. (2023). Évaluation de l'exposition professionnelle aux polluants des fumées de combustion de bois chez des pompiers formateurs intervenant dans une structure de feu contrôlé.