

LES  
**CAHIERS**  
DE LA  
**RECHERCHE**

Septembre 2025 – n°24

# LA SANTÉ AU TRAVAIL

## *Où en est la recherche ?*

# Sommaire

04

## CHIFFRES CLÉS

06

## ÉLÉMENTS DE CONTEXTE

12

## TÉMOIGNAGE

Amandine Paillat et Lynda Bensefa-Colas

13

## ÉCLAIRAGE

Les matrices emplois-expositions

17

## PROJETS DE RECHERCHE

17 | CRESPI-SCOP

20 | OZONO-TOX

23 | AviSan

26 | LumEnColor

29 | SMARTTIQ

33 | PolyExpoTMS

36 | BetterSupport

38 | TECHSAN

41

## FOCUS

L'amiante : de la recherche à la protection des travailleurs

# Éditorial

Depuis sa création en 2012, la collection des Cahiers de la Recherche s'est attachée à valoriser les projets de recherche financés grâce au Programme National de Recherche Environnement-Santé-Travail (PNR EST). Chaque cahier thématique est conçu dans la perspective d'apporter un regard croisé sur la recherche, l'expertise et les préoccupations de la société sur des sujets à forts enjeux sanitaires. Aujourd'hui, nous avons le plaisir de vous présenter une nouvelle version de ces cahiers de la recherche, enrichie de nouvelles rubriques qui permettront d'approfondir les sujets et de mettre en lumière ce lien fort et nécessaire qu'entretient la recherche avec l'expertise et la décision publique.

La santé au travail est une thématique qui illustre parfaitement ce lien. Cette mission socle de l'Agence est d'autant plus importante que la transformation du monde du travail s'accélère. Alors que des risques « historiques », physiques et chimiques comme l'amiante en focus dans ce numéro, sont étudiés depuis de nombreuses années et restent toujours d'actualité, de « nouveaux » risques émergent, liés par exemple à l'exposition aux lumières LED ou encore aux pathogènes transmis par les tiques, qui se doivent d'être pris en compte et évalués. Le développement des technologies numériques a fait apparaître de nouvelles formes de travail, de nouveaux métiers avec pour chacun ses contraintes spécifiques, engendrant souvent de nouvelles inégalités face à la santé au travail.

Chacun de nous est exposé à de multiples facteurs de risques - avérés comme potentiels - tout au long de sa vie, professionnelle et personnelle, ce qui rend complexe l'évaluation des risques et la mise en évidence de liens entre expositions et pathologies. Aussi, encourager et développer la recherche scientifique est aujourd'hui indispensable pour mieux comprendre les liens entre risques, conditions de travail et état de santé des travailleurs et, in fine, concevoir des mesures de prévention adaptées. Sur ce volet recherche, l'Anses est très impliquée puisqu'elle coordonne depuis près de vingt ans le Programme national de recherche environnement-santé-travail (PNR EST). Plus récemment, elle s'est également vu confier le pilotage de la réalisation d'un « livre blanc » pour une stratégie nationale de recherche en santé au travail, répondant à l'objectif 7 du plan Santé au Travail n°4 (2021-2025).

Dans le cadre du PNR EST, l'Anses finance chaque année des projets de recherche. Sur les 703 projets financés depuis 2006, près d'un tiers répond au besoin de connaissances dans le domaine de la santé au travail. Les résultats de ces projets sont cruciaux pour faire croître les connaissances et alimenter les travaux d'expertise de l'Anses.

Ce cahier présente une sélection de projets en santé travail récemment financés par le PNR EST qui illustrent les différents types d'exposition (chimique, physique, biologique et psychosociaux) et co-exposition professionnelles possibles. La publication de ce numéro accompagne la rencontre scientifique sur « Les (nouveaux) enjeux de la santé au travail » du 30 septembre 2025, organisée en partenariat avec la Dares pour présenter des résultats de projets de recherche de nos programmes respectifs.

Vous souhaitant une bonne lecture de ce numéro.

Pr Benoit VALLET,  
directeur général de l'Anses



## ■ Le PNR EST et la santé au travail

**203** projets financés



- Soit **29 %** des projets financés par le PNR EST depuis sa création en 2006.
- Pour un total de **28,05 M€**, sur des fonds confiés par les ministères tutelles de l'Anses et les co-financeurs du programme.
- Représentant **335** équipes différentes, avec en moyenne **12** nouvelles équipes chaque année.

---

**345** publications scientifiques



- Dont **71 %** en accès ouvert et **44 %** en accès intégral sur HAL<sup>[1]</sup>.
- Avec plus de **8 600** citations dans la littérature scientifique<sup>[2]</sup>.
- Et **42 %** citées dans des **rapports de politique publique** avec un total de **586** citations dans des rapports français ou internationaux<sup>[3]</sup>.

Chiffres de septembre 2025

[1] Unpaywall

[2] CrossRef

[3] Scopus/Overton



Parmi les 203 projets figurent

**32 %** d'études épidémiologiques

**18 %** d'études *in vitro*



**13 %** d'études *in vivo*



---

De nombreuses thématiques étudiées

**37** projets sur les **pesticides**

**9** projets sur les **champs électromagnétiques**

**20** projets sur les **agents biologiques**

**38** projets spécifiquement sur les **cancers**

---

Plus de **50** corps de métiers concernés

**30** projets sur le **secteur industriel**

**20** projets sur les **personnels soignants**

**7** projets sur les travailleurs du **BTP**

# ■ La santé au travail : passé, présent et futur

## Le début de la médecine du travail

Les premières traces d'un intérêt porté à la santé des travailleurs remontent à l'**Egypte Antique**. Vers 2 500 ans avant J-C., le médecin Metm, alors chargé par le pharaon de veiller sur la santé des ouvriers et esclaves construisant les pyramides, décrit la survenue d'un lumbago chez un de ces ouvriers. Durant le Nouvel Empire égyptien (1550-1070 avant J-C), des traces d'un système complet de santé avec jours de maladies payés et médecin du travail ont même été retrouvées (Austin, 2015).

Vers 370 avant J-C., Hippocrate, considéré comme le père de la médecine, évoque les effets du plomb sur la santé de l'ouvrier métallurgiste, faisant ainsi la première **description d'une maladie professionnelle** (Waldron, 1973). Il faut ensuite attendre la Renaissance pour que le premier ouvrage connu de « médecine du travail », rédigé par Ulrich Ellenbog, paraîsse en 1473. Celui-ci traite des vapeurs et fumées toxiques pour les forgerons d'Augsbourg (Nutton, 1995). Peu après, Paracelse, médecin suisse, publie en 1533 un traité sur « le mal des montagnes et autres maladies des mineurs » dans lequel non seulement il décrit les risques professionnels liés à l'extraction des minerais et au travail des métaux mais aborde également le traitement des maladies et les stratégies de prévention (Paracelse (trad. B. Gorceix), 1968).

Un autre ouvrage, publié en 1700, fera référence en médecine du travail pendant près de deux siècles : *De morbis artificum diatriba* (« Traité des maladies des artisans »), rédigé par Bernardino Ramazzini (Illustration 1). Dédié aux maladies liées aux conditions de travail, il décrit deux causes à ces maladies : la mauvaise qualité de l'eau, de l'air et des substances utilisées, sources « d'exhalaisons nuisibles », et les mauvaises postures induites par le travail.

Enfin, à l'époque moderne, Percivall Pott, un chirurgien britannique, est le premier à faire le lien entre cancer et activité professionnelle. Il prouve que le cancer du scrotum, très fréquent chez les ramoneurs dans la trentaine, est dû à leur exposition à la suie dès leur enfance (Pott, 1775).

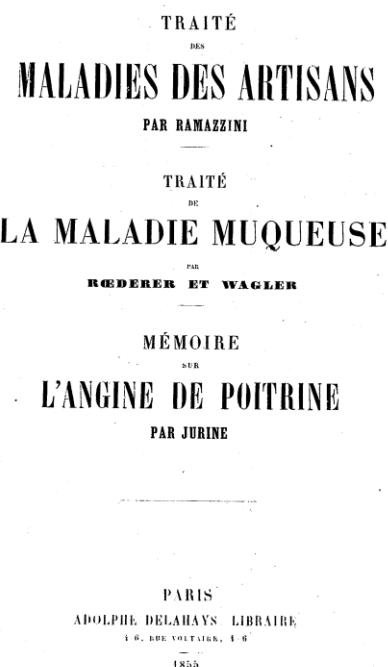


Illustration 1 : Traduction du latin en français de « *De morbis artificum diatriba* » par M. de Fourcroy (source : gallica.bnf.fr)

## La médecine du travail après la révolution française

Avec la révolution industrielle, tout s'accélère. Au 19<sup>e</sup> siècle, les usines, de plus en plus nombreuses, recrutent de nombreux travailleurs peu formés, qui subissent un rythme de production effréné dans un environnement dangereux, avec à la clé un nombre important d'accidents dramatiques. Devant l'ampleur du problème, des médecins s'emparent du sujet et réalisent des enquêtes sur ces conditions de travail, souvent difficiles. En 1840, l'un d'eux, le docteur Louis-René Villermé, publie un rapport intitulé « Tableau de l'état physique et moral des ouvriers employés dans les manufactures de coton, de laine et de soie » (Illustration 2). Ce rapport est à l'origine de la loi du 22 mars 1841 sur le travail des enfants.

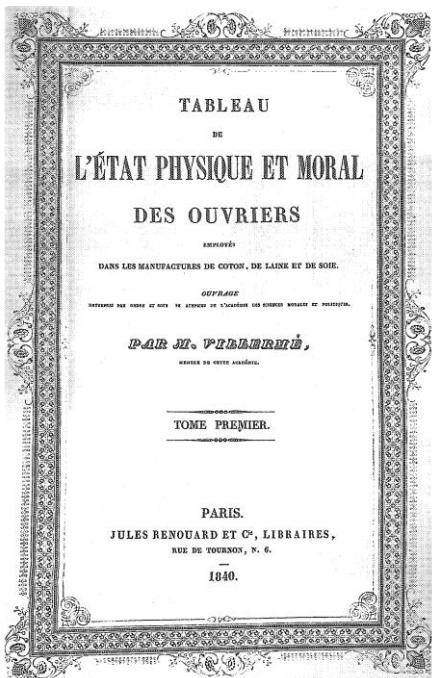


Illustration 2 (source : gallica.bnf.fr).

Au cours de ce siècle, d'autres avancées pour la santé des travailleurs sont notables avec, en 1860, la parution du **premier traité d'hygiène industrielle** (illustration 3) rédigé par le docteur Maxime Vernois. Celui-ci introduit pour la première fois le concept d'hygiène industrielle, qui vise à s'assurer que l'environnement de travail ne nuit pas à la santé des ouvriers. La création de l'inspection du travail par la loi du 2 novembre 1892, puis l'**obligation de la déclaration des accidents de travail** (loi du 8 avril 1898), actent la responsabilité de l'entreprise dans les accidents du travail.

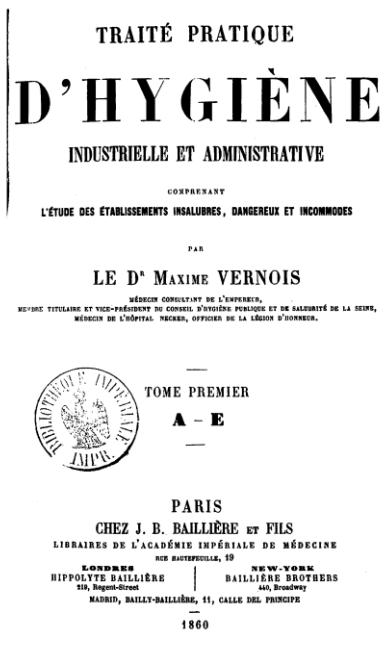


Illustration 3 (source : gallica.bnf.fr).

La reconnaissance de l'origine professionnelle de certaines maladies sera plus tardive, alors même que le danger de certaines expositions sont connues depuis très longtemps. Par exemple, le saturnisme dû à l'exposition au plomb, initialement décrit par Hippocrate, puis par de nombreux médecins durant la première moitié du 19<sup>e</sup> siècle ne conduira à l'interdiction du plomb dans les peintures qu'en 1909. Et il faudra attendre 1919, pour que les deux premières maladies professionnelles, le saturnisme et l'hydrargyrisme, soient légalement reconnues en France, à la suite des nombreuses recherches menées sur les liens entre exposition au plomb et au mercure et santé des travailleurs et la pression des travailleurs. Aucune nouvelle maladie professionnelle ne sera ensuite reconnue avant 1931.

### La santé au travail aujourd'hui

Là où, hier, la santé au travail, qui regroupe les notions de santé et sécurité des travailleurs, reposait surtout sur une prise en compte *a posteriori* des maladies et accidents du travail, elle est aujourd'hui axée sur la prévention avec la mise en place de mesures de sécurité et de formation. Pour améliorer durablement la santé au travail de chacun et prévenir les risques professionnels en fédérant tous les acteurs concernés dans le monde du travail, les pouvoirs publics ont mis en place depuis 2004 le Plan national de santé au travail (PST). Tous les 5 ans, un nouveau plan fixe les grandes orientations liées à la santé au travail, en les adaptant à un environnement évolutif. Le 4<sup>e</sup> PST (2021-2025) a mis en avant la prévention et la nécessité de prendre en compte les risques émergents, liés aux nouveaux modes de travail ou au réchauffement climatique (illustration 4).

« Le PST 4 traduit l'ambition de développer les activités de recherche permettant de mieux comprendre et mesurer les interactions entre les conditions de travail et la santé des travailleurs – préalable indispensable au développement de mesures de prévention adaptées. »

#### Introduction du PST4.

Pour mieux comprendre et donc prévenir les risques professionnels, il est primordial de développer la connaissance des expositions, de leur association et de leur évolution, grâce aux chercheurs et médecins, dans des milieux professionnels divers qui ne cessent d'évoluer. Il s'agit là d'un enjeu pour la recherche en santé travail, dont les résultats alimentent les évaluations effectuées par les agences sanitaires comme l'Anses et sur lesquelles se basent des décisions publiques. Ce processus peut intervenir plusieurs années après que les preuves scientifiques aient été établies.

## ÉLÉMENTS DE CONTEXTE

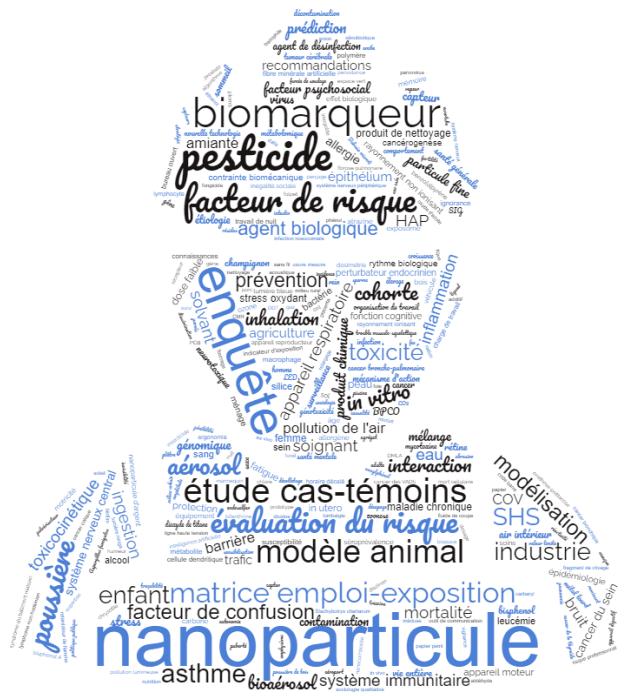
C'est ce qui s'est passé dans le cas de l'amiante, qui a été classé comme cancérogène en 1977 par le CIRC (Centre international de recherche sur le cancer) après plusieurs années de recherche. Son interdiction n'est arrivée en France que 20 ans plus tard, en 1997. Aujourd'hui, l'amiante continue, avec des années de décalage, d'être responsable de nombreuses maladies professionnelles, principalement respiratoires, chez les personnes exposées lors des dernières décennies. Les chercheurs continuent donc d'étudier ses effets sur la santé, objets d'un focus dans ce numéro (p.41), sujet sur lequel l'Anses a émis plusieurs avis, dont le dernier en [2024](#).



*Illustration 4 : couverture du 4<sup>ème</sup> plan santé travail.*

## Comprendre les risques professionnels actuels

Pour financer la recherche scientifique dans le domaine de la santé au travail, l'Anses pilote depuis 2006 le Programme National de Recherche en Environnement-Santé-Travail (PNR EST). Chaque année, des projets sont financés pour mieux comprendre l'impact de diverses expositions, notamment professionnelles, sur la santé humaine. Ces projets couvrent des champs d'études très vastes, allant de l'exposition aux nanoparticules à l'exposition aux radiofréquences, en passant par la gêne liée au bruit ou le travail de nuit. Les méthodes d'étude sont également variées, avec des études *in vitro* plus fondamentales, des tests divers sur des modèles animaux ou des organoïdes, ou encore des études épidémiologiques (illustration 5). Cette variété se retrouve également dans les nombreux corps de métiers étudiés par ces projets (cf. chiffres clés p.4).



*Illustration 5 : nuage de mots-clés des projets financés par le PNR EST entre 2006 et 2024 sur la santé au travail.*

Les risques professionnels sont tellement nombreux et variés qu'ils ont été classés selon plusieurs grandes catégories de risques par l'[INRS](#) (Institut national de recherche et de sécurité), l'organisme de référence en France dans les domaines de la santé au travail et de la prévention des risques professionnels :

- les risques chimiques,
  - les risques physiques,
  - les risques biologiques,
  - les risques biomécaniques,
  - les risques psychosociaux.

Les agents chimiques sont présents dans de nombreux environnements de travail, depuis les chantiers jusqu'aux bureaux. Ils peuvent être inhalés, ingérés ou en contact avec la peau. Parmi les professionnels concernés, les agents de ménage sont par exemple exposés à des produits de nettoyage et des agents de désinfection, par contact ou par inhalation. La toxicité de ces produits de nettoyage est peu connue des personnes les utilisant au quotidien, raison pour laquelle l'Anses a publié un [rapport](#) début 2025 pour élaborer une méthodologie de calcul en vue de mettre en place une notation des produits ménagers. Le projet CRESPI-SCOP se focalise sur ce risque pour les personnels de crèche (p.17). Un autre projet, le projet OZONO-TOX, se penche lui sur la question des particules toxiques émises lors d'un incendie, qui se déposent sur les tenues de protection des pompiers. Elles peuvent alors être inhalées ou entrer en contact avec la peau des personnels manipulant les tenues (p.20). Les personnels navigants peuvent également être exposés, par émission

de fumée à bord des avions de manière incidentelle, à de nombreux polluants comme vise à le déterminer le projet AVISAN (p.23). Cette population de travailleurs a d'ailleurs fait l'objet d'une [expertise](#) récente au sein de l'Anses.

Les travailleurs peuvent également être exposés à des agents physiques, comme des champs électromagnétiques, des nuisances sonores ou encore des rayonnements UV dus à des éclairages variés. L'apparition et la multiplication des LED ces dernières années posent des questions sur leur influence sur la santé et ont fait l'objet [d'avis de l'Anses](#). Le projet LumEnColor cherche d'ailleurs à éclairer le rôle des différentes longueurs d'onde à la fois sur un modèle de souris et chez l'homme (p.26). Les températures extrêmes sont un autre exemple de risques physiques et représentent un enjeu de santé publique du fait du [dérulement climatique](#). Elles affectent les travailleurs extérieurs et ceux travaillant dans des endroits mal ou non isolés, qu'il s'agisse de forte ou faible température. Les recherches, encore peu nombreuses sur cette question, sont pourtant nécessaires pour affronter un risque qui sera de plus en plus présent dans les années à venir.

Le risque biologique, lui, concerne l'exposition aux bactéries, virus ou autres microorganismes pouvant induire des maladies. Les soignants y sont particulièrement exposés via leurs patients, tout comme les agriculteurs ou personnels agricoles travaillant au contact d'animaux. D'autres métiers, comme les travailleurs des espaces verts ou les forestiers peuvent être contaminés par des piqûres d'insectes ou de tiques. Pour étudier la circulation de la maladie de Lyme, transmise par les tiques, et le risque de contamination des forestiers, le projet SMARTTIQ propose une recherche d'anticorps dans le sérum de nombreux forestiers sur toute la moitié Nord de la France (p.29).

Les principaux facteurs de risques biomécaniques regroupent notamment les mouvements répétitifs, le port de charges lourdes ou une posture contraignante. Les troubles musculosquelettiques qu'ils entraînent affectent aussi bien les métiers manuels et de l'industrie que les postes sédentaires.

Les risques psychosociaux, quant à eux, résultent d'une organisation et de conditions de travail particulières comme le travail posté ou de nuit, dont les effets sur la santé ont fait l'objet d'un [rapport Anses](#). S'ajoutent à cela le stress lié à la charge de travail et les violences qui peuvent être internes à l'entreprise (harcèlement, conflit entre collègues, ...) ou externes (agressions des pompiers ou du personnel soignant par des patients par exemple). La crise récente du COVID-19 et les modifications précipitées d'organisation du travail, avec notamment le développement du télétravail, ont

bouleversé l'équilibre vie professionnelle-vie personnelle et ont eu des impacts, notamment sur la santé mentale des personnels concernés. Le projet TECHSAN cherche à comprendre l'impact des différentes modalités de travail, du présentiel au télétravail complet, en passant par des modalités hybrides, sur la santé des travailleurs et ce, en lien avec l'utilisation de diverses technologies de la communication et de l'information (p.38). Les évolutions en termes d'organisation du travail ne passent pas que par le télétravail, mais également par l'organisation hiérarchique. En recherche de plus de liberté et d'un management moins vertical, certaines organisations de l'aide à domicile changent de mode d'organisation pour passer au modèle Buurtzorg, « d'entreprise libérée ». Le projet BetterSupport va évaluer l'impact réel sur les travailleurs et les patients de cette organisation (p.36).

De plus en plus d'études portent sur les polyexpositions et leur rôle dans différentes maladies. Par exemple, l'exposition à certains agents chimiques neurotoxiques, en plus de facteurs de risques biomécaniques, augmenterait le risque de survenue d'un syndrome du canal carpien, un trouble musculosquelettique répandu (p.33).

## Faire le lien entre risques et maladies professionnelles

Certaines maladies peuvent avoir pour origine l'exposition, sur une plus ou moins longue durée, à des facteurs de risques au cours de l'activité professionnelle. Des difficultés surviennent, en particulier pour certaines maladies qui peuvent avoir plusieurs causes, afin que soit reconnu et pris en charge l'origine professionnelle. Afin de faciliter cette reconnaissance, le dispositif réglementaire mis en place se base sur la présomption d'imputabilité, en ayant élargi aux maladies le mécanisme en vigueur pour les accidents du travail.

En 2023, 47 434 maladies étaient reconnues comme maladies professionnelles par l'Assurance Maladie (Assurance Maladie, 2024b). Sur la période de 2000 à 2021, la grande majorité sont des troubles musculosquelettiques avec 800 000 cas. Viennent ensuite les maladies liées à l'amiante avec un peu moins de 95 000 cas diagnostiqués (Assurance Maladie, 2023), puis les pathologies fréquentes (l'asthme, la surdité, les allergies...) et les cancers non liés à l'amiante (illustration 6). D'autres maladies concernent moins d'une personne par an (Assurance Maladie, 2023). En France, les tableaux de maladies professionnelles sont les principaux piliers du système de reconnaissance des pathologies liées au travail : ils facilitent la reconnaissance des maladies dès lors que les conditions sont remplies par les demandeurs. Lorsque le tableau est

## ÉLÉMENTS DE CONTEXTE

établi (et sous réserve qu'il soit à jour) ce mécanisme est favorable au demandeur, puisqu'il ne lui est pas nécessaire de faire la preuve de l'origine professionnelle. De ce fait, leur création ou modification fait l'objet de débats entre les partenaires sociaux avant décision de l'Etat. Pour sa part, l'Anses mène, en amont de ces débats, l'évaluation des connaissances scientifiques sur la force du lien de causalité entre des expositions ou conditions de travail et des maladies. Sur la totalité des maladies professionnelles reconnues, 2 291 relèvent de maladies psychiques (25 % de plus qu'en 2022). Cette hausse s'explique par une augmentation entre 2022 et 2023 des dépressions (+22 %), des anxiétés et du stress (+36 %). Par exemple, le personnel soignant hospitalier présente un taux de troubles neuropsychiques d'un peu plus de 12 % dans l'observatoire Evrest (ÉVolutions et RElations en Santé au Travail), lié à la forte pression temporelle, aux difficultés pour concilier vie privée et vie professionnelle, à l'absence de reconnaissance par l'entourage professionnel et la peur de perdre son travail (Rollin et al., 2022). Pour les travailleurs hospitaliers non soignants, qui présentent le même taux de troubles neuropsychiques, ceux-ci sont liés aux difficultés pour concilier vie privée et vie professionnelle, au manque d'entraide et au manque de moyens pour faire un travail de qualité (Rollin et al., 2022).

## Enjeux de la polyexposition pour la santé au travail

En pratique, et alors que les travaux en matière d'évaluation des risques portent le plus souvent sur des facteurs uniques, la réalité des expositions professionnelles à laquelle les travailleurs font face est celle d'expositions multiples étalées sur de nombreuses années, et ce aussi bien sur le lieu de travail que dans un contexte privé (domicile) ou environnemental. Dès le 3<sup>e</sup> plan santé travail (PST3, 2016-2020), la question des polyexpositions est mise en avant avec une action spécifique visant à l'amélioration de sa prise en compte. Mieux les connaître et en étudier les risques fait partie des actions du PST4. En effet, selon les secteurs et les métiers, les risques peuvent être nombreux et se cumuler entre eux, aussi bien sur un moment donné qu'au fur et à mesure des années, au gré des changements de poste, de plus en plus fréquents. Ainsi, en 2023, un peu plus de 15 % des salariés du secteur privé ont changé d'entreprise (Bour et al., 2024). Étudier la multiplicité des expositions et les risques associés devient plus compliqué. Pour ce faire, les chercheurs ont développé des outils comme les matrices emploi-exposition, qui permettent d'estimer les expositions à différents facteurs rencontrés au cours de leur carrière et leur rôle potentiel dans la survenue d'une pathologie. Mais leur mise en place et leur exploitation est complexe, chronophage et nécessite des codeurs spécialisés. Pour améliorer leur fiabilité et accélérer leur utilisation, des outils d'intelligence artificielle sont en cours de développement, comme vous le découvrirez dans la rubrique « éclairage » (p.13).

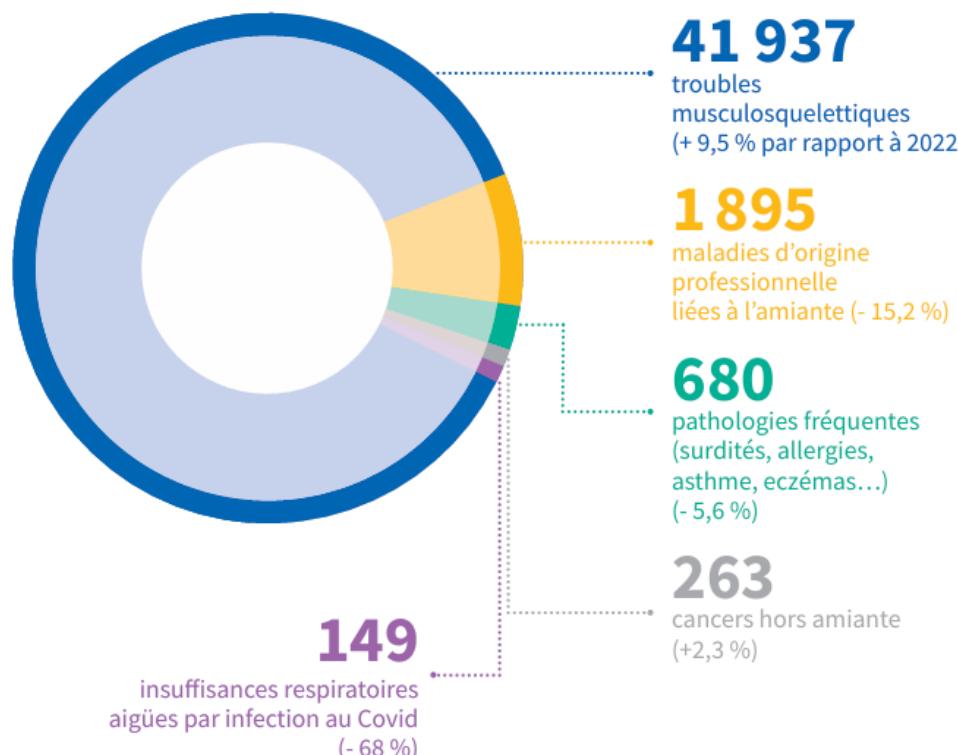


Illustration 6 : principales pathologies reconnues comme maladies professionnelles en 2023 et leur évolution par rapport à 2022 (Assurance Maladie, 2024a).

forêts, actifs ou retraités. D'autres cohortes sont dites « en population générale », permettant d'étudier la santé en général, dont la santé au travail, comme la cohorte Constances. Enfin, de plus petites sont mises en place pour l'étude d'une maladie en particulier. Il existe également des études ou enquêtes transversales telle que l'enquête Sumer<sup>1</sup> ainsi que des études cas-témoins, comparant des personnes atteintes d'une maladie et des personnes non malades qui serviront de témoins, pour mettre en évidence des facteurs potentiellement à l'origine de cette maladie.

Pour autant, les études en laboratoire sont tout aussi importantes et complémentaires des enquêtes épidémiologiques pour mieux cerner les risques. Les études *in vitro*, sur des cellules ou des organoïdes<sup>2</sup>, *in vivo*, sur des modèles animaux, ou encore des tests sur des humains dans certaines conditions permettent de comprendre les mécanismes d'action des polluants ou les mécanismes mis en jeu dans certaines pathologies.

## Des évolutions à considérer pour anticiper les risques de demain

Face à l'accélération des innovations technologiques, de nouveaux risques pour les travailleurs apparaissent tous les jours : nouvelles molécules, nouveaux matériaux, nouvelles organisations de travail, ... L'essor de l'automatisation et de l'intelligence artificielle amène aussi à repenser notre façon de travailler, nécessitant une adaptation continue et la précarisation de certains emplois, qui peuvent générer des risques psychosociaux. A l'inverse, le projet IPIAMA (financé par le PNR EST) sur l'intelligibilité de la parole pour les travailleurs malentendants, montre que l'innovation peut aussi être un levier d'amélioration des conditions de travail.

Un autre bouleversement est à prendre en compte : le dérèglement climatique, qui impacte potentiellement tous les travailleurs, dans des proportions variables. En plus des températures et événements climatiques extrêmes, ce dérèglement modifie la qualité de l'air et peut jouer un rôle dans la propagation des épidémies, notamment l'apparition de zoonoses ou l'élargissement de certaines maladies vectorielles en même temps que leur vecteur s'adapte aux nouveaux environnements. En parallèle, les considérations écologiques peuvent créer du stress ou modifier les façons de travailler ou de s'organiser, à l'échelle individuelle ou collective.

Les politiques de prévention se doivent de prendre en compte tous les risques, passés, présents et futurs.

Et pour ce faire, il est fondamental de soutenir la recherche, notamment grâce au PNR EST, les besoins de connaissance étant constants face à ces évolutions. Les connaissances produites donnent les moyens aux agences sanitaires d'évaluer les risques et aux pouvoirs publics de mettre en place des mesures de prévention adaptées. ■

« La poursuite de la recherche fondamentale et appliquée demeure essentielle face aux défis persistants et aux risques émergents. »

PST4, Action 7.2.

## Références

Assurance Maladie. 2023. Evolution du nombre de maladies d'origine professionnelle par maladie et par syndrome de 2000 à 2021 [Data set]. Retrieved from <https://www.assurance-maladie.ameli.fr/etudes-et-donnees/mp-denombrement-historique-2000-2021>

Assurance Maladie. 2024a. L'essentiel 2023 - Santé et sécurité au travail.

Assurance Maladie. 2024b. Rapport annuel 2023 de l'Assurance Maladie - Risques professionnels - Éléments statistiques et financiers.

Austin A. 2015, February 16. Paid sick days and physicians at work: ancient Egyptians had state-supported health care. The Conversation. Retrieved from <http://theconversation.com/paid-sick-days-and-physicians-at-work-ancient-egyptians-had-state-supported-health-care-36327>

Bour R., Duquesne T., Fabre M., Sokhna N.-P. 2024. Quelles sont les motivations des changements d'employeur, plus nombreux depuis la crise sanitaire ? (Insee Références). Insee.

Nutton V. 1995. Medicine in Medieval Western Europe 1000-1500. In The Western Medical Tradition : 800 B. C. to A. D. 1800 (Cambridge University Press, Vol. 1, p. 200). Londres.

Paracelse (trad. B. Gorceix). 1968. Œuvres médicales. De la maladie des montagnes [mines] et d'autres maladies semblables. Paris: Presses Universitaires de France.

Pott P. 1775. Chirurgical Observations relative to the cataract, the polypus of the nose, the cancer of the scrotum, the different kind of ruptures, and the mortification of the toes and feet. Londres: Hawes, Clarke and Collins.

Rollin L., Gehanno J.-F., Leroyer A. 2022. Occupational stressors in healthcare workers in France. Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique, 70 (2), 59–65.

Waldron H. A. 1973. Hippocrates and lead. The Lancet, 302 (7829), 626. doi: 10.1016/S0140-6736(73)92467-7

<sup>1</sup> Surveillance Médicale des Expositions des salariés aux Risques professionnels, coordonnée tous les 7 ans par la DARES (Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques) et la DGT (Direction générale du travail).

<sup>2</sup> Petite structure biologique tridimensionnelle qui reproduit une partie des fonctions d'un organe, comme la rétine, le cœur ou le foie.

# ■ Recherche et expertise, un dialogue nécessaire

L'enjeu du PNR EST est de financer la recherche et obtenir des résultats qui vont permettre d'alimenter les expertises menées, comme ici avec l'exemple du syndrome aérotoxique.

Amandine Paillat est adjointe à la cheffe d'unité évaluation des risques liés à l'air à l'Anses et Lynda Bensefa-Colas est médecin du travail à l'Hôtel-Dieu (AP-HP) et enseignante-rechercheuse à l'Inserm (équipe Hera).

« Depuis plusieurs années, des personnels navigants rapportent des symptômes qu'ils associent à des épisodes de feux/fumées/odeurs, c'est-à-dire des odeurs inhabituelles, des émanations ou des fumées dans les cabines d'avion. Ces symptômes sont également rapportés dans différentes études scientifiques et sont regroupés par certains auteurs sous le terme de syndrome aérotoxique. L'Anses a mené une expertise collective scientifique indépendante. Cependant, les données analysées dans le cadre de cette expertise sont insuffisantes pour expliquer les événements feux/fumées/odeurs, pour pouvoir objectiver les symptômes rapportés par le personnel navigant et pour pouvoir identifier les causes de ces symptômes. Parmi ses différentes recommandations de recherche, l'Anses a souligné la nécessité de mener des études épidémiologiques et de réaliser des mesures en temps réel. »



Amandine PAILLAT

« Les données de la recherche sont indispensables à l'Anses pour pouvoir mener ses expertises. »



Lynda BENSEFA-COLAS

« Notre équipe de recherche s'est intéressée précédemment [...] à l'impact de la pollution liée au trafic routier sur la santé respiratoire de professionnels de la conduite. La recherche actuelle porte sur un autre moyen de transport, le milieu aéronautique et l'impact de la qualité de l'air sur la santé des personnels navigants. C'est dans ce contexte que nous avons déposé un projet dans le cadre du PNR EST, pour lequel nous avons obtenu un financement et dont l'objectif est de documenter et de mesurer dans l'air des cabines d'avion les concentrations à certains polluants, les organophosphorés qui seraient associés à ces événements feux/fumées/odeurs. »

Tous les détails du projet sont à retrouver p.23.

« L'expertise collective qui a été menée par l'Anses a permis de vraiment nous conforter sur les questions de la recherche qui se posaient dans le cadre du syndrome aérotoxique. »

Pour regarder l'interview complète :



# L'utilité des matrices emplois-expositions en santé-travail

Les matrices emplois-expositions permettent de retracer les expositions professionnelles actuelles et passées de personnes dont le métier est connu. Il peut s'agir de plusieurs dizaines, voire centaines de milliers de personnes étudiées au sein d'une cohorte, sur une longue période. Des liens peuvent ainsi être fait entre certaines maladies et une ou plusieurs expositions. L'utilisation de ces matrices pourrait être améliorée grâce à l'intelligence artificielle. Elles pourraient également être appliquées à de petites cohortes.

Les cohortes permettent de suivre un très grand nombre de volontaires, pouvant aller jusqu'à plusieurs centaines de milliers, sur de longues périodes. Elles visent à identifier les déterminants potentiels de la survenue de pathologies en collectant des informations détaillées sur les participants, comme par exemple leur état de santé, leur historique professionnel, leurs lieux de résidence successifs et leurs comportements/consommations, ou encore leurs activités extra-professionnelles. Ces données sont ensuite analysées pour étudier les associations entre certaines maladies et divers facteurs personnels, professionnels ou environnementaux.

Dans le domaine de la santé au travail, ces analyses peuvent notamment s'appuyer sur l'utilisation de matrices emplois-expositions. Ces outils permettent d'estimer l'exposition des travailleurs à différents facteurs professionnels et d'évaluer leur potentiel rôle dans la survenue d'une pathologie. Ils sont essentiels pour identifier les expositions à un ou des risques puis quantifier la fraction de risque attribuable aux conditions de travail.

## Qu'apportent-elles ?

L'une des méthodes courantes de collecte des données consiste à administrer des questionnaires aux participants afin d'obtenir des informations sur leurs expositions à des facteurs biomécaniques, chimiques, biologiques ou organisationnels. Ces expositions peuvent être renseignées à l'inclusion dans l'étude, sur l'ensemble de la carrière et tout au long du suivi de la cohorte.

Cependant, la capacité des travailleurs à se souvenir de leurs expositions varie selon la nature des facteurs en question. Les expositions biomécaniques ou organisationnelles sont généralement mieux mémorisées que celles aux substances chimiques ou biologiques, souvent invisibles ou méconnues des travailleurs. Ce phénomène, appelé biais de mémorisation, peut entraîner des erreurs dans l'évaluation des expositions.

C'est dans ce contexte que les matrices emplois-expositions sont particulièrement utiles. Ce sont des outils d'évaluation standardisée des expositions professionnelles dans les études épidémiologiques de grande envergure. Ces matrices emplois-expositions peuvent être élaborées selon différentes approches :

- questionnaires auprès des travailleurs,
- expertise de spécialistes,
- mesures directes dans les milieux professionnels,
- combinaison de ces méthodes.

L'intérêt principal des matrices emplois-expositions est qu'elles permettent d'objectiver les expositions professionnelles en s'appuyant sur des données préétablies plutôt que sur la mémoire des participants. Concrètement, les volontaires déclarent leurs professions passées et présentes ainsi que les périodes correspondantes. Ces informations sont par la suite croisées avec une matrice emplois-expositions pour attribuer automatiquement les expositions associées à chaque métier et secteur d'activité mentionnés.

## ÉCLAIRAGE

Grâce à ce procédé, il est par la suite possible de déterminer, de manière standardisée et reproductible, les types d'expositions ou risques, appelés nuisances, auxquelles un travailleur a pu être soumis au cours de sa carrière. Une matrice emplois-expositions peut contenir les éléments suivants :

- la période d'exposition, qui peut être unique ou divisée en plusieurs périodes,
- une probabilité d'exposition, donc le pourcentage de travailleurs exposés à ce risque,
- un niveau moyen, ou une intensité, d'exposition,
- une fréquence d'exposition ou simplement la présence ou non d'une exposition à la nuisance.

## Comment fonctionnent-elles ?

Les matrices emplois-expositions prennent la forme de tableaux où les professions associées à un secteur d'activité (cf. illustration 1) sont listées en ligne et les expositions en colonne. Les expositions peuvent être qualitatives (exposés/non-exposés), quantitatives (fréquences, probabilité d'expositions) ou semi-quantitatives (niveaux d'exposition estimés). Les professions et secteur d'activité sont codés dans des nomenclatures, chacune existant dans plusieurs versions, correspondant à des années de mises à jour. Pour les emplois, il existe la nomenclature nationale PCS (Professions et Catégories Socioprofessionnelles) et la nomenclature internationale ISCO (International Standard Classifications of Occupation ou CITP - Classification Internationale Type des Professions). Pour le secteur d'activité, il existe la nomenclature nationale NAF (Nomenclature d'Activités Française) et la

nomenclature internationale CITI (Classification internationale par type d'industries).

Chaque couple de nomenclatures, par exemple PCS2003xNAF2008, donnera accès à un nombre variable de nuisances, qui peuvent être chimiques, physiques et/ou organisationnelles. Ces nuisances peuvent être détaillées (ex : formaldéhyde), regroupées par groupe de risques (ex : solvants oxygénés) ou même par ensemble de nuisances retrouvées dans un même lieu.

## Comment les utiliser ?

Lors des enquêtes épidémiologiques, les volontaires remplissent des questionnaires et listent en langage clair leur professions passées et présentes avec leur propre terminologie (un même emploi sera nommé de façon différente par différents participants). Un codeur expert va utiliser le nom de la profession donnée par le volontaire et lui attribuer un code profession et un code secteur d'activités, selon la nomenclature choisie pour la matrice emplois-expositions. Cette étape doit être répétée pour chaque profession passée et présente de chaque volontaire pour constituer son « historique de carrière ». Le croisement de l'historique avec la matrice emplois-expositions permet de quantifier pour chaque individu les expositions passées et présentes et leur probabilité, de la manière la plus uniforme et objective possible. Une limite pratique est que les codeurs experts sont peu nombreux et ne peuvent coder qu'un nombre limité d'emplois par jour, avec des variabilités entre codeurs, mais également pour un même codeur.

Exposition à la nuisance Formaldéhyde, pour l'emploi "ouvriers de production non qualifiés : industrie lourde du bois, fabrication des papiers et cartons", d'après le programme Matgéné

Profession		Secteur d'activité		Indices d'exposition			
Code PCS2003	Libellé PCS2003	Code NAF2008	Libellé NAF2008	Période d'exposition	Probabilité d'exposition	Intensité d'exposition	Fréquence d'exposition
674e	ouvriers de production non qualifiés : industrie lourde du bois, fabrication des papiers et cartons	16.21Z	Fabrication de placage et de panneaux de bois	1950-1970	[>5-100] %	[0,7-0,9] mg/m <sup>3</sup>	[>5-100] %
674e	ouvriers de production non qualifiés : industrie lourde du bois, fabrication des papiers et cartons	16.21Z	Fabrication de placage et de panneaux de bois	1971-1982	[>5-100] %	[0,7-0,9] mg/m <sup>3</sup>	[75-85] %
674e	ouvriers de production non qualifiés : industrie lourde du bois, fabrication des papiers et cartons	16.21Z	Fabrication de placage et de panneaux de bois	1983-1993	[>5-100] %	[0,5-0,7] mg/m <sup>3</sup>	[75-85] %
674e	ouvriers de production non qualifiés : industrie lourde du bois, fabrication des papiers et cartons	16.21Z	Fabrication de placage et de panneaux de bois	1994-2006	[>5-100] %	[0,5-0,7] mg/m <sup>3</sup>	[65-75] %
674e	ouvriers de production non qualifiés : industrie lourde du bois, fabrication des papiers et cartons	16.21Z	Fabrication de placage et de panneaux de bois	2007-2018	[>5-100] %	[0,5-0,7] mg/m <sup>3</sup>	[55-65] %

- Probabilité d'exposition : Pourcentage de travailleurs de l'emploi considérés exposés à la nuisance
- Intensité d'exposition : Intensité moyenne d'exposition à laquelle est soumis le travailleur au moment de l'exposition
- Fréquence d'exposition : Pourcentage du temps de travail pendant lequel le travailleur est exposé

Illustration 1 : Extrait de la matrice emplois-expositions Matgéné avec les nomenclatures PCS2003xNAF2008, concernant les ouvriers de production non qualifiés de l'industrie du bois pour la nuisance formaldéhyde.

Capture d'écran du site : <https://exppro.santepubliquefrance.fr/consultation-emploi>

## Comment optimiser leur utilisation ?

Le codage manuel des emplois dans une cohorte de grande envergure représente un défi majeur. A titre d'exemple, un codeur traitant en moyenne 2 500 emplois par mois mettrait 20 ans pour coder les professions des 220 000 volontaires de la cohorte Constances. C'est pour accélérer ce processus et optimiser le travail des codeurs que le projet OPERAS a été mis en place et soumis au PNR EST par Roel Vermeulen et ses partenaires. L'objectif de ce projet était de développer une **application d'aide au codage basée sur l'intelligence artificielle**, permettant d'automatiser et de fiabiliser l'attribution des codes professionnels.

Il a donc fallu, pour les équipes impliquées dans le projet, développer un algorithme capable de coder les emplois puis le tester (vérifier manuellement le codage et le corriger si nécessaire). Les données de trois cohortes (Constances, Lifework et Asialymph), dont les emplois étaient codés avec différentes nomenclatures, ont été utilisées. Cela représentait plus de 680 000 emplois déjà codés dans la cohorte Constances, permettant d'entraîner l'algorithme à coder les professions et secteurs d'activité en PCS/NAF. L'algorithme d'OPERAS propose le ou les codes professionnels les plus probables pour chaque emploi déclaré, en leur attribuant un score de confiance. Cette approche permet aux codeurs experts de prioriser les cas incertains (c'est-à-dire ceux qui obtiennent un score de confiance faible nécessitant une validation manuelle), et de valider rapidement les cas jugés quasi certains (score de confiance élevé) réduisant ainsi le temps de traitement de façon considérable.

Une étude de validation récente (Langezaal et al., 2023), a démontré qu'OPERAS permettrait de réduire de 20 à 40 % la charge de travail des codeurs, grâce à l'automatisation partielle du codage. En outre, l'assistance par OPERAS améliore la fiabilité du codage par rapport à un codage manuel réalisé par des codeurs humains travaillant seuls. L'outil diminue notamment les discordances inter-codeurs, ce qui renforce la qualité des données.

L'objectif final d'OPERAS est d'optimiser et fiabiliser le codage des emplois dans les cohortes de grande et moyenne envergure en santé-travail. En réduisant le temps et les erreurs de codage, cet outil permet d'améliorer l'exploitation des données épidémiologiques et d'accélérer les recherches sur les expositions professionnelles et leurs impacts sur la santé.

## Un exemple d'application potentielle

Actuellement, les matrices emplois-expositions sont utilisées sur de grandes cohortes épidémiologiques, en population générale ou ciblées sur certains types d'emplois. Caractériser de façon fiable une exposition intéressante pourtant de nombreuses études centrées sur de petites cohortes de patients atteints d'une maladie en particulier, pour mieux comprendre ses causes potentielles, et pouvoir cibler les personnes à risques de la développer.

La sclérodermie systémique est une maladie autoimmune rare, caractérisée par des phénomènes de fibrose cutanée et pulmonaire, l'atteinte pulmonaire touchant préférentiellement les hommes, et dont la sévérité est hétérogène. Il s'agit de la maladie systémique avec la mortalité individuelle la plus importante, pour laquelle il n'existe pas de traitement curatif accessible à l'ensemble des patients. Plus la maladie est détectée tôt, plus son évolution peut être ralentie par l'administration de traitements immunosuppresseurs. Il est donc primordial d'en élucider les facteurs de risques pour améliorer le dépistage et cibler la prévention sur les populations à risque.

La sclérodermie systémique est une maladie professionnelle reconnue en France en cas d'exposition à la silice cristalline. Le projet EXEMA-Scléro, porté par Alain Lescoat, vise à étudier cette maladie à partir de deux cohortes de 120 patients chacune. Lors de ce projet, plusieurs matrices emplois-expositions seront appliquées à deux populations de patients atteints de sclérodermie systémique, afin d'évaluer leur performance de description des expositions professionnelles et leur association avec la sévérité de la sclérodermie systémique grâce à une approche multicentrique. Cela permettra de déterminer si l'utilisation de matrices emplois-expositions est pertinente pour déterminer les expositions des patients atteints de sclérodermie systémique, et de manière plus générale, sur des populations de taille réduite, touchées par une maladie rare. Les premiers résultats sont encourageants (Touchard et al., 2025). Si l'utilisation d'une matrice emplois-expositions est efficace, les expositions pourraient être mesurées de façon plus objective et standardisée sur de petites populations. L'utilisation de plusieurs matrices emplois-expositions permettra également d'envisager une approche exposomique en regardant si d'autres facteurs de risques peuvent être découverts, mais également en étudiant l'association de plusieurs expositions simultanées.

### À l'avenir

Les matrices emplois-expositions sont des outils très utiles pour les analyses de cohortes en santé au travail. Le faible nombre de codeurs experts par rapport au **nombre d'emplois à coder rend leur utilisation lente et sujette aux variations inter-codeurs**. Grâce à des projets comme OPERAS, leur utilisation peut être facilitée et fiabilisée, accélérant le codage des gros volumes **d'emplois dans les grandes cohortes, sans sacrifier la qualité du codage**. L'extension vers des cohortes de taille plus réduite (étude de cas ou maladies rares), pour lesquelles le temps et les ressources humaines disponibles sont souvent limités, est en cours de vérification par le projet EXEMA-Scléro, et pourrait également bénéficier d'outils comme OPERAS. Ainsi, l'intelligence artificielle pourrait rendre accessibles les matrices emplois-expositions qui, jusque-là, étaient surtout utilisées sur de grands effectifs. Les matrices emplois-expositions ont encore de beaux jours devant elles, tant en termes d'utilisation que d'optimisation, avec par exemple une adaptation à d'autres langues. ■

### Références

Langezaal, M.A., van den Broek, E.L., Peters, S., Goldberg, M., Rey, G., Friesen, M.C., Locke, S.J., Rothman, N., Lan, Q., Vermeulen, R.C.H., 2023. Artificial intelligence exceeds humans in epidemiological job coding. *Commun. Med.* 3, 1–11. <https://doi.org/10.1038/s43856-023-00397-4>.

Touchard, M., Bourgeois, A., Thoreau, B., Fadel, M., Zavarsky, B., Diot, E., Lescoat, A., Le Roux, G., & Descatha, A. (2025). Job-exposure matrix (JEM) validity on crystalline silica among systemic sclerosis patients. *Occupational medicine* (Oxford, England), 75(1), 65–68. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqae133>

**Maladie systémique** : maladie qui altère le fonctionnement de plusieurs organes.

Projet de recherche OPERAS (terminé) porté par le Pr Roel Vermeulen<sup>②</sup> et impliquant l'équipe IRAS de l'Utrecht University et l'unité Mixte Inserm Université Paris Cité, Université Paris Saclay UVSQ « Cohorte épidémiologique en population ».

Étude de faisabilité EXEMA-Scléro (en cours depuis 2022) portée par le Dr Alain Lescoat<sup>③</sup> et impliquant le CHU de Rennes, l'IRSET de Rennes, le CHU de Tours et le CHU d'Angers.

# Identifier les produits ménagers les plus à risque dans l'asthme

Les produits ménagers, utilisés au quotidien pour la désinfection et le nettoyage dans les crèches, peuvent avoir un impact négatif sur la santé respiratoire, et notamment l'asthme. L'objectif du projet CRESPI-SCOP est de déterminer les produits les plus à risque pour l'asthme en utilisant le Ménag'Score®, l'équivalent du Nutri-Score (étiquetage nutritionnel) pour les produits ménagers.

## L'asthme

L'asthme est une pathologie pulmonaire très répandue, touchant 11 % des enfants (Delmas et al., 2017) et 6 % des adultes en France (Delmas et al., 2021). Elle peut se déclarer à tout âge, et présenter un tableau clinique variable. Elle se caractérise par une inflammation des bronches et une contraction des muscles situés autour des voies respiratoires, entraînant des symptômes variables de type toux, essoufflement, oppression thoracique, avec une difficulté à respirer (OMS, 2024). Les symptômes peuvent s'aggraver lors d'une crise d'asthme, déclenchée par des facteurs variés comme la poussière, les fumées, les odeurs fortes, ... (OMS, 2024). Les facteurs environnementaux jouent un rôle important dans l'asthme et pourraient expliquer l'augmentation de la maladie ces dernières décennies. L'exposition professionnelle et la pollution de l'air intérieur ont été notamment identifiées comme d'importants facteurs de risque, influençant l'apparition et l'expression clinique de l'asthme (Tarlo and Lemiere, 2014). Parmi les polluants de nature chimique, les produits de nettoyage ont été identifiés comme ayant un rôle néfaste sur la santé respiratoire (Archangelidi et al., 2021).

## Impact des produits d'entretien sur la santé respiratoire

L'exposition aux produits d'entretien, qu'ils soient de nettoyage ou de désinfection (PND) est un facteur de risque de l'asthme, au travail (Mwanga et al., 2024) comme à domicile (Casas et al., 2023), quel que soit le format du produit (spray, lingette, ...). Une étude européenne a ainsi montré que l'utilisation hebdomadaire de PND, au travail ou à domicile, aurait un effet délétère sur la fonction ventilatoire, comparable à celui de fumer entre 10 à 20 cigarettes par jour pendant 20 ans (Svanes et al., 2018). Les produits ménagers sont constitués de nombreux composés pouvant être irritants comme l'eau de javel, sensibilisants comme les parfums et/ou perturbateurs endocriniens comme le triclosan. Seul l'effet des sprays et de quelques composés spécifiques (javel, ...) a pour le moment été évalué. De nombreux milieux professionnels sont concernés par une utilisation quasi-quotidienne de PND, comme c'est le cas pour les personnels de crèche.

Pour étudier l'impact des PND sur la santé respiratoire, il est nécessaire de connaître les produits utilisés et la fréquence d'utilisation. Se baser sur les déclarations des individus entraîne des biais d'estimation et/ou de mémoire (Delclos et al., 2009). Pour s'affranchir de ces biais, l'équipe de Nicole Le Moual a développé, en collaboration avec EPICONCEPT, une application sur smartphone qui permet de scanner chaque produit et de renseigner son usage dans la cohorte CRESPI. Cette application a été utilisée pour évaluer l'exposition de personnels de crèche aux PND dans le projet CRESPI-SCOP.



Logos du Ménag'Score®

## Intérêt du Ménag'Score®

Pour tenter de déterminer quels sont les PND à fort ou faible risque pour la santé respiratoire, le projet CRESPI-SCOP va se baser sur le Ménag'Score®. Il s'agit d'un outil de classement des PND de A à E, avec un code couleur, similaire au Nutri-Score. Développé par l'Institut National de la Consommation, le Ménag'Score® prend en compte l'impact des produits ménagers sur la santé humaine, la santé environnementale (cf. tableau) et donne également une note globale. Nicole Le Moual et son équipe avaient précédemment mis en évidence une association entre l'usage hebdomadaire, à domicile, de PND avec un mauvais Ménag'Score®-santé (D et E) et des symptômes d'asthme plus fréquents chez 103 femmes de la cohorte couples-enfants Sepages (Lemire et al., 2022). Le projet CRESPI-SCOP cherche à vérifier si ces résultats sont transposables aux personnels de crèche, au sein d'une cohorte plus large, dans 108 crèches participantes en Ile-de-France et auprès de 330 personnels de crèches.

## Perspectives

Pour aller plus loin dans la compréhension du lien entre asthme et PND, le projet CRESPI-SCOP cherchera dans un deuxième temps à faire le lien entre le nombre de composés irritants et sensibilisants des PND utilisés en crèches et la santé respiratoire des personnels exposés. Ces recherches pourraient également être étendues aux enfants des crèches.

Pour évaluer l'intérêt du Ménag'Score® comme outil de santé publique, il est nécessaire de le tester sur de larges populations. Ensuite, si un lien peut être fait entre mauvaise santé respiratoire et mauvais Ménag'Score®, favoriser les produits à bon Ménag'Score® (A ou B) permettrait de limiter l'apparition ou l'aggravation de l'asthme. Cette action de prévention serait simple à mettre en place pour les utilisateurs, tant au niveau personnel que professionnel, à condition que le Ménag'Score® soit affiché de façon obligatoire sur tous les PND. ■

A	B	C	D	E
Utilisation sans réserve, en respectant les recommandations du fabricant.	Utilisation de façon raisonnée.	Utilisation de façon occasionnelle ou en cas de besoin spécifique.	Utilisation déconseillée ou à utiliser avec parcimonie pour des besoins spécifiques.	Utilisation fortement déconseillée.
Aucune ou très peu de substances indésirables pour la santé et l'environnement.	Peu de substances indésirables pour la santé et l'environnement.	Quantité modérée de substances irritantes, allergisantes et/ou nocives pour la santé ou l'environnement.	Quantité importante de substances irritantes, allergisantes et/ou présence limitée de substances très nocives pour la santé ou l'environnement.	Quantité importante de substances irritantes, allergisantes et très nocives pour la santé (perturbateurs endocriniens, cancérogènes, ...) et l'environnement.

Tableau : caractéristiques associées aux cinq niveaux de Ménag'Score® (d'après 60 millions de consommateurs).

## Références

- Archangelidi, O., Sathiyajit, S., Consonni, D., Jarvis, D., De Matteis, S., 2021. Cleaning products and respiratory health outcomes in occupational cleaners: a systematic review and meta-analysis. *Occup. Environ. Med.* 78, 604–617. <https://doi.org/10.1136/oemed-2020-106776>
- Casas, L., Dumas, O., Le Moual, N., 2023. Chapter 6 - Indoor air and respiratory health: Volatile organic compounds and cleaning products, in: Nadif, R. (Ed.), *Asthma in the 21st Century, New Research Advances*. Academic Press, pp. 135–150. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85419-1.00002-5>
- Delclos, G.L., Gimeno, D., Arif, A.A., Benavides, F.G., Zock, J.-P., 2009. Occupational exposures and asthma in health-care workers: comparison of self-reports with a workplace-specific job exposure matrix. *Am. J. Epidemiol.* 169, 581–587. <https://doi.org/10.1093/aje/kwn387>
- Delmas, M.-C., Guignon, N., Leynaert, B., Moisy, M., Marguet, C., Fuhrman, C., 2017. Augmentation de la prévalence de l'asthme chez le jeune enfant en France. *Rev. Mal. Respir.* 34, 525–534. <https://doi.org/10.1016/j.rmr.2016.09.002>
- Delmas, M.-C., Ribet, C., Iwatsubo, Y., Provost, D., Varraso, R., Zins, M., Leynaert, B., Nadif, R., Roche, N., 2021. Prévalence de l'asthme chez l'adulte en France, données de la cohorte Constances. *Rev. Mal. Respir.* 38, 797–806. <https://doi.org/10.1016/j.rmr.2021.05.007>
- Lemire, P., Chevallier, E., Lyon-Caen, S., Sévin, E., Boudier, A., Pacheco Da Silva, E., De Thuin, C., Slama, R., Dumas, O., Siroux, V., Le Moual, N., SEPAGES Study Group, 2022. Association between household cleaning product profiles evaluated by the Ménag'Score® index and asthma symptoms among women from the SEPAGES cohort. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 95, 1719–1729. <https://doi.org/10.1007/s00420-022-01860-w>
- Mwanga, H.H., Dumas, O., Miguères, N., Le Moual, N., Jeebhay, M.F., 2024. Airway Diseases Related to the Use of Cleaning Agents in Occupational Settings. *J. Allergy Clin. Immunol. Pract.* 12, 1974–1986. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2024.02.036>
- OMS, 2024. Asthme [WWW Document]. URL <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/asthma> (accessed 1.8.25).
- Svanes, Ø., Bertelsen, R.J., Lygre, S.H.L., Carsin, A.E., Antó, J.M., Forsberg, B., García-García, J.M., Gullón, J.A., Heinrich, J., Holm, M., Kogevinas, M., Urrutia, I., Leynaert, B., Moratalla, J.M., Le Moual, N., Lytras, T., Norbäck, D., Nowak, D., Olivieri, M., Pin, I., Probst-Hensch, N., Schlünssen, V., Sigsgaard, T., Skorge, T.D., Villani, S., Jarvis, D., Zock, J.P., Svanes, C., 2018. Cleaning at Home and at Work in Relation to Lung Function Decline and Airway Obstruction. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 197, 1157–1163. <https://doi.org/10.1164/rccm.201706-1311OC>
- Tarlo, S.M., Lemiere, C., 2014. Occupational Asthma. *N. Engl. J. Med.* 370, 640–649. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1301758>

**Nutri-Score** : logo apposé sur les emballages alimentaires, il informe sur la qualité nutritionnelle des produits. Il est basé sur des lettres allant de A à E, associées à une échelle de 5 couleurs, du vert foncé au rouge.

## Pour en savoir plus

[Dangers des produits ménagers : renforcer l'information des consommateurs](#)

[Avis de l'Anses relatif à l'élaboration de méthodologies de calcul en vue d'informer les consommateurs sur les dangers sanitaires et environnementaux des produits ménagers](#)

Étude de faisabilité CRESPI-SCOP, en cours depuis 2023 : « *Intérêt du Ménag'Score® pour identifier les produits de nettoyage ayant un impact délétère sur la santé respiratoire au travail* ».

Contact : [nicole.lemoual\[at\]inserm.fr](mailto:nicole.lemoual[at]inserm.fr)

### Partenariat :

- Équipe d'épidémiologie respiratoire intégrative du Centre de recherche en Épidémiologie et Santé des Populations, Inserm U1018 (Nicole Le Moual ),
- Centre d'essais comparatifs de l'Institut National de la Consommation (Emmanuel Chevallier).

# Décontamination des tenues de feu des sapeurs-pompiers par ozonolyse

Les sapeurs-pompiers sont protégés lors des incendies par leur tenue sur laquelle se déposent de nombreux résidus de combustion, dont des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Pour décontaminer ces tenues, des armoires à ozone sont apparues sur le marché comme alternatives au lavage classique. Seule une étude indépendante a évalué leur efficacité, rapportant la formation de composés oxygénés dont certains pourraient être plus toxiques que les composés initiaux.

L'objectif du projet OZONO-TOX est de comparer la composition chimique et la toxicité des HAP présents sur ces tenues, avant et après décontamination par ozonolyse.

## Les risques sanitaires liés aux expositions professionnelles des sapeurs-pompiers

Un peu plus de 250 000 pompiers, qu'ils soient professionnels, volontaires ou militaires, exercent en France. De par la multiplicité et la variété des interventions, les sapeurs-pompiers représentent une catégorie professionnelle exposée à de multiples risques. Il s'agit d'un métier physiquement difficile, avec des horaires décalés, des risques psychosociaux importants et des expositions aussi bien chimiques, que biologiques ou physiques. L'Anses a souligné la nécessité de mieux prendre en compte les risques chroniques encourus par les sapeurs-pompiers pendant et après leurs interventions de lutte contre les incendies.

## Les pompiers et les fumées d'incendie

Les incendies n'ont représenté que 6 % des 5 millions d'interventions ayant eu lieu en 2022, correspondant à un peu plus de 280 000 incendies ; ils ont cependant mobilisé 19 % des effectifs (DGSCGC, 2023). Les types d'incendies sont variés (incendies d'habitations, de bureaux, de locaux professionnels, d'établissements recevant du public, de véhicules ou de végétation) et dégagent des fumées de nature différente. Ces fumées sont particulièrement dangereuses et toxiques. Leur composition chimique dépend de la nature des combustibles et du phénomène de dégradation, telle la pyrolyse ou la combustion, complète ou incomplète. Elles peuvent contenir pas moins de 200 contaminants,

dont certains sont cancérogènes, tels que des aldéhydes (dont le formaldéhyde), des composés aromatiques (dont le benzène), des hydrocarbures aromatiques polycycliques ou HAP (dont le benzo[a]pyrène), ainsi que des hydrocarbures chlorés ou des gaz inorganiques toxiques (dont le monoxyde de carbone et les oxydes d'azote) connus pour leur toxicité aiguë (Horn et al., 2021 ; Ineris, 2023). Les incendies produisent également des suies contenant des métaux et des HAP, ces derniers provenant essentiellement de phénomènes de pyrolyse de matières organiques ainsi que d'imbrûlés. Sur la vingtaine d'HAP couramment produits lors d'incendies (Ineris, 2023), le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) a classé le benzo[a]pyrène comme cancérogène pour l'Homme, le dibenz[a,h]anthracène comme probablement cancérogène pour l'Homme et 7 autres comme possiblement cancérogènes pour l'Homme (IARC, 2010a, 2010b).



Vestes de feu utilisées dans le projet (Modèle 820 Twin, société SIOEN).

## Les équipements de protection individuelle des sapeurs-pompiers

Lors d'un incendie, les sapeurs-pompiers portent des équipements de protection individuelle comprenant un casque, un ensemble de protection textile (pantalon et veste de feu), une cagoule, des chaussures et des gants d'incendie, ainsi qu'un appareil respiratoire isolant. Ainsi, les sapeurs-pompiers sont protégés des flammes et des fumées. Néanmoins, des résidus de combustion peuvent se fixer de façon plus ou moins permanente sur les équipements de protection individuelle des sapeurs-pompiers. Par la suite, ces résidus peuvent s'évaporer ou se désorber, contaminant les sapeurs-pompiers par inhalation ou contact cutané. Il est donc primordial de nettoyer rapidement les équipements de protection individuelle après une intervention sur un incendie tout en préservant leur intégrité afin de ne pas diminuer leurs capacités de protection. Le lavage classique à l'eau savonneuse rend les tenues indisponibles pendant le temps du lavage et du séchage. Une méthode émergente s'est donc développée ces dernières années : l'ozonolyse. Ce procédé consiste à exposer les équipements de protection individuelle à décontaminer, pendant une durée variable, à une atmosphère riche en ozone, dans une armoire fermée où ils sont soigneusement disposés. D'après les fabricants, la réaction d'ozonolyse permettrait une décontamination biologique et chimique par dégradation des contaminants en molécules dites « inoffensives ».

A ce jour, une seule étude scientifique a été menée sur ce procédé. Les résultats ont montré, après traitement, la présence de quantités significatives des 2 HAP étudiés censés être dégradés, ainsi que la formation de nouveaux composés oxygénés ou oxy-HAP (de Melo Lucena et al., 2021). Des HAP nitrés (nitro-HAP) pourraient aussi être formés (Ringuet et al., 2012). La toxicité de ces composés est mal connue et pourrait être plus importante que celle des HAP initiaux avec des effets génotoxiques et mutagènes notamment (Abbas et al., 2018). Ces données posent des questions pour la santé des sapeurs-pompiers, d'autant plus que la moitié des Services Départementaux d'Incendie et de Secours (SDIS) est déjà équipée d'armoires à ozone. C'est pour répondre à ces interrogations que le projet OZONO-TOX a été proposé par l'équipe du Dr Anne Platel.

## Objectifs et perspectives

Le projet OZONO-TOX vise à apporter de nouvelles données indispensables afin de vérifier que l'ozonolyse des résidus de combustion n'expose pas insidieusement les sapeurs-pompiers à de nouveaux dangers. Pour ce faire, les équipes impliquées dans le projet vont comparer, avant et après décontamination par ozonolyse, la composition chimique en HAP, oxy- et nitro-HAP des résidus de combustion présents sur les vestes de feu. La toxicité *in vitro* de ces résidus de combustion sera également évaluée en termes de potentiel oxydant, mutagénicité, génotoxicité, stress oxydant, inflammation et altération de certaines des voies de signalisation cellulaire, à l'aide de deux modèles de cellules pulmonaires et cutanées.

Les résultats de ce projet permettront de sensibiliser les autorités sanitaires et les personnels des SDIS aux éventuels risques sanitaires liés à l'utilisation d'armoires à ozone. Ils permettront également de participer à l'élaboration d'un protocole de décontamination adéquat des tenues de feu afin d'harmoniser les bonnes pratiques d'entretien des équipements de protection individuelle et matériels des sapeurs-pompiers à l'échelle nationale, voire internationale. ■



Exemple d'armoire à ozonolyse (Novven).

### Références

- Abbas, I., Badran, G., Verdin, A., Ledoux, F., Roumié, M., Courcot, D., Garçon, G., 2018. Polycyclic aromatic hydrocarbon derivatives in airborne particulate matter: sources, analysis and toxicity. *Environmental Chemistry Letters* 16, 439–475. <https://doi.org/10.1007/s10311-017-0697-0>
- de Melo Lucena, M.A., Zapata, F., Mauricio, F.G.M., Ortega-Ojeda, F.E., Quintanilla-López, M.G., Weber, I.T., Montalvo, G., 2021. Evaluation of an ozone chamber as a routine method to decontaminate firefighters' PPE. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 18, 10587. <https://doi.org/10.3390/ijerph182010587>
- DGSCGC, 2023. Les statistiques des services d'incendie et de secours. Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises. Ministère de l'intérieur et des Outre-Mer.
- Horn, G.P., Kerber, S., Andrews, J., Kesler, R.M., Newman, H., Stewart, J.W., Fent, K.W., Smith, D.L., 2021. Impact of repeated exposure and cleaning on protective properties of structural firefighting turnout gear. *Fire Technol.* 52, 791–813. <https://doi.org/10.1007/s10694-020-01021-w>
- IARC, 2010a. Some Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Exposures, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon, France.
- IARC, 2010b. Painting, Firefighting, and Shiftwork, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon, France.
- Ineris, 2023. Recensement des substances toxiques (ayant un impact potentiel à court, moyen et long terme) susceptibles d'être émises par un incendie - Ω 16 (No. 203887- v4.0). Ineris, Verneuil-en-Halatte.
- Ringuet, J., Albinet, A., Leoz-Garziandia, E., Budzinski, H., Villenave, E., 2012. Reactivity of polycyclic aromatic compounds (PAHs, NPAHs and OPAHs) adsorbed on natural aerosol particles exposed to atmospheric oxidants. *Atmos. Environ.* 61, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.07.025>

**Pyrolyse :** décomposition d'un composé sous l'action de la chaleur.

**Ozonolyse :** réaction chimique dans laquelle une molécule d'ozone réagit avec les doubles ou triples liaisons d'une molécule organique pour former des composés oxygénés, comme des aldéhydes, des cétones ou des acides carboxyliques.

### Pour en savoir plus

[Etat des lieux sur les risques sanitaires liés aux activités des sapeurs-pompiers](#)

[Rapport de l'Anses relatif aux risques sanitaires liés aux expositions professionnelles des sapeurs-pompiers](#)

Projet de recherche OZONO-TOX, en cours depuis 2023 : « *Comparaison de la toxicité des résidus de fumée d'incendie présents sur les tenues de protection des sapeurs-pompiers, avant et après décontamination par ozonolyse* ».

Contact : [anne.platel@univ-lille.fr](mailto:anne.platel@univ-lille.fr)

#### Partenariat :

- Laboratoire de Toxicologie Génétique, Institut Pasteur de Lille (Anne Platel ),
- ULR4483-IMPECS, Faculté de Pharmacie, Université de Lille (Ophélie Simonin),
- Groupement Logistique-Pharmacie du Service Départemental d'Incendie et de Secours 62 (Valérie Martial),
- INERIS (Alexandre Albinet).

# Qualité de l'air dans les cabines d'avion due aux évènements feux/fumées/odeurs

Entre 2 et 7 vols sur 10 000 expérimenteraient des évènements feux/fumées/odeurs. Les personnels navigants rapportent divers symptômes suite à l'exposition à un de ces évènements. La littérature scientifique présente l'hypothèse selon laquelle des composés organophosphorés, provenant d'huile de moteur, seraient libérés dans la cabine de l'avion par le système de conditionnement d'air. L'étude AviSan vise à quantifier les polluants lors de ces phénomènes, étudier leurs potentiels effets sur la santé des personnels navigants exposés et émettre des recommandations.

## La qualité de l'air intérieur dans les avions

Les cabines d'avions commerciaux possèdent un environnement intérieur pollué (Anses, 2024) avec diverses sources possibles de contamination chimique (vêtements, matériels, produits d'entretien, humains, ...). Afin de renouveler l'air intérieur des cabines, de l'air extérieur est prélevé au niveau des compresseurs des moteurs de l'avion et mélangé à de l'air intérieur recyclé. Depuis plusieurs années, certains auteurs rapportent que des composés organophosphorés, utilisés comme additifs des huiles de moteur pour leur propriété anti-oxydante, ou leurs produits de dégradation par pyrolyse, peuvent contaminer l'air de la cabine. Cette contamination pourrait être consécutive à de microfuites quasi-permanentes (Michaelis, 2016) ou à des évènements accidentels aigus appelés « évènements feux/fumées/odeurs » ou « fume events » (National Research Council, 2002). Ces évènements se manifestent principalement par des odeurs inhabituelles, plus rarement par des émanations tels que des brouillards ou des fumées dans les cabines ou cockpits d'avions. Les personnels navigants rapportent des symptômes très divers, allant d'une simple odeur déplaisante à des symptômes plus généraux tels que des céphalées, des nausées, une gêne respiratoire ou bien des signes d'irritations oculaires ou des voies aériennes supérieures, voire des symptômes de type neurologique et cognitif (European Commission, 2020). A ce jour, ces troubles n'ont jamais pu être directement reliés aux évènements feux/fumées/odeurs.

A l'inverse de la pollution de l'air « classique » dans les cabines, la pollution engendrée par les évènements feux/fumées/odeurs est peu documentée, aussi bien qualitativement que quantitativement. Le projet AviSan a pour objectif de quantifier cette pollution, ce qui n'a jamais été réalisé du fait de la faible fréquence de ces évènements. Les chercheurs de l'équipe HERA auront ensuite comme but de déterminer si les effets sur la santé observés sont associés aux évènements feux/fumées/odeurs, et si les composés organophosphorés ont un impact neurologique et sur les performances neurocognitives des personnels navigants exposés, à court et moyen termes.

## Suivi des évènements feux/fumées/odeurs

Pour connaître le niveau de contamination en composés organophosphorés lors de ces évènements, ainsi que leurs effets potentiels sur les personnels navigants, l'équipe de Lynda Bensefa-Colas s'est associée à l'équipe du Service de santé au travail de la compagnie aérienne Air France.

Dans cette étude de cohorte longitudinale prospective exposés/non-exposés, la totalité de la flotte d'Air France a été équipée d'un dispositif d'échantillonnage VN Sampler pour une durée d'un an. Un vol est considéré comme lié à un évènement feux/fumées/odeurs lorsqu'un membre de l'équipage signale, lors du vol, la présence visible de fumées ou d'aérosols à l'intérieur de la cabine d'avion ou qu'une odeur anormale est signalée

## PROJETS DE RECHERCHE

par des personnels ou des passagers. A partir du moment où un événement est détecté, le personnel navigant déclenche l'échantillonneur préalablement embarqué (illustration 1) et ce dispositif va capter les composés organophosphorés pendant environ 1h. En parallèle, de l'air est prélevé par seringue (illustration 1) pour vérifier que les symptômes éventuellement ressentis ne sont pas associés à une augmentation de monoxyde de carbone (CO). Les personnels navigants de ce vol avec un événement feux/fumées/odeurs sont considérés comme « personnels exposés » (illustration 2). Par ailleurs, le chef de cabine remplit un questionnaire descriptif précis sur le vol et le déroulé de l'événement (phase de vol, durée de l'événement, localisation dans l'avion, type d'événement). Grâce à ce questionnaire, un vol identique servant de contrôle est sélectionné afin de réaliser les mêmes prélèvements. Les mesures y sont déclenchées au même moment et dans la même zone de l'avion et les personnels navigants de ce vol contrôle sont considérés comme « personnels non-exposés » (illustration 2).

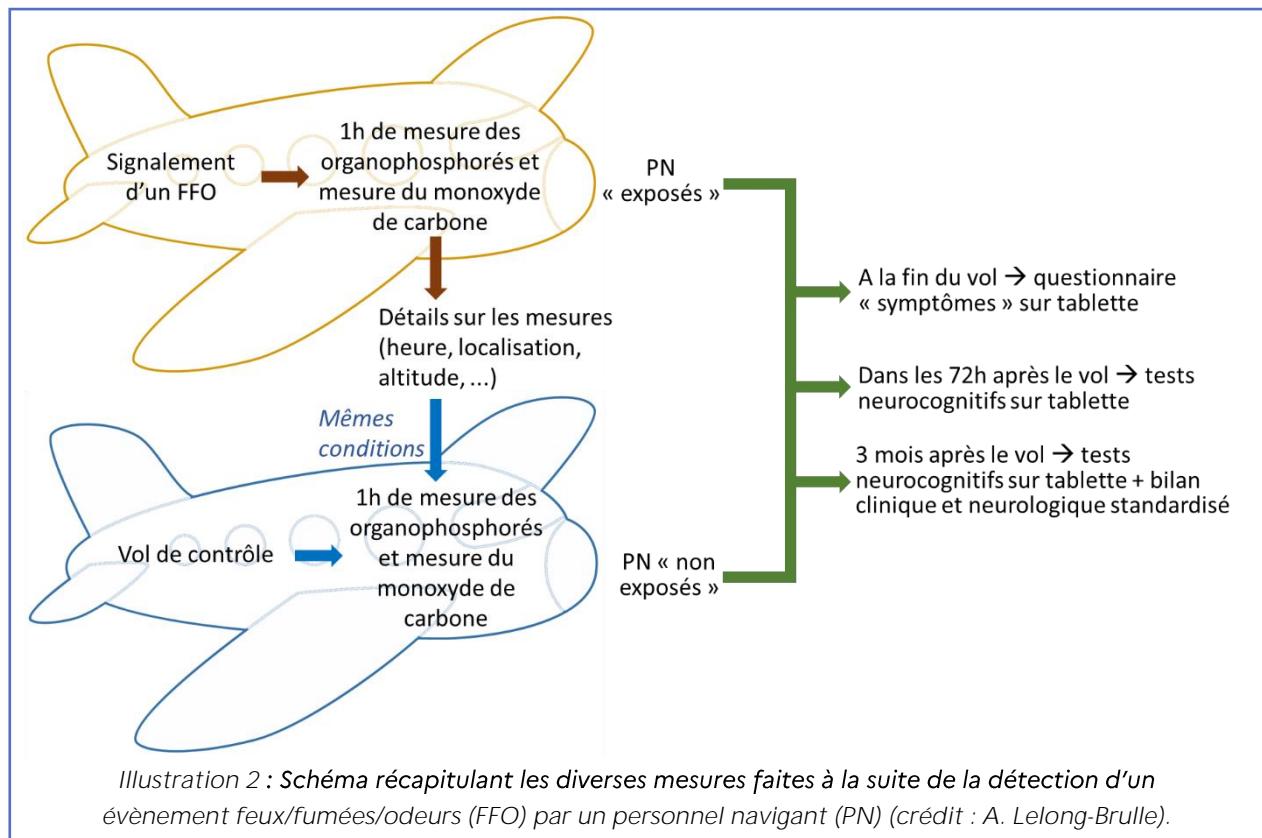
Les personnels des vols « exposés » et « non-exposés » sont invités à s'inclure dans le protocole de recherche et plusieurs actions de suivi de leur santé ont lieu :

- un auto-questionnaire avec les symptômes ressentis lors du vol dans les 72h,
- une auto-évaluation informatisée de leurs performances cognitives à 72h et à 3 mois,
- une visite médicale standardisée avec un bilan neurologique complet par un médecin du travail à 3 mois.



**Illustration 1 : à gauche, échantillonneur VN Sampler déclenché après la détection d'un événement feux/fumées/odeurs. À droite, seringue permettant le prélèvement d'air pour une mesure de monoxyde de carbone**  
(Crédit : L. Bensefa-Colas).

Les inclusions des vols et des personnels ont eu lieu entre avril 2024 et mars 2025. Sur la période de l'étude, 109 vols avec un événement feux/fumées/odeurs et 109 vols contrôle sans événement feux/fumées/odeurs ont pu être inclus, et un peu plus de 350 personnels navigants se sont enrôlés dans le protocole de recherche. La fin du dernier suivi médical à 3 mois a eu lieu en août 2025. Les analyses des données sont en cours de réalisation.



## Perspectives

Le projet AviSan vise à documenter la fréquence réelle des événements feux/fumées/odeurs et à quantifier précisément les expositions professionnelles aux organophosphorés concomitamment à ces événements, ainsi que leurs déterminants. Cette recherche apportera des éléments nouveaux sur l'impact sanitaire immédiat ou différé de ces événements accidentels sur la santé ressentie et objectivée par un bilan médical standardisé et la mesure des performances cognitives. Des mesures de prévention pourront éventuellement être formulées pour minimiser les expositions afin de préserver la santé de professionnels navigants, et, à terme, des passagers, dans une perspective de santé publique. ■

## Références

Anses, 2024. Effets sur la santé liés à la profession de personnels navigants et sur la qualité de l'air dans les cabines d'avions (Rapport révisé d'expertise collective No. saisine 2019-SA 0075). Anses, Maisons-Alfort.

European Commission, 2020. FACTS Task 3B: Toxicological Risk Assessment for Air Cabin Pollution - Public report. EASA.

Michaelis S., 2016. Oil bearing seals and aircraft cabin air contamination. Seal. Technol. 2016, 7–10. [https://doi.org/10.1016/S1350-4789\(16\)30104-0](https://doi.org/10.1016/S1350-4789(16)30104-0)

National Research Council, 2002. The airliner cabin environment and the health of passengers and crew. National Academies Press (US), Washington (DC).

van Netten C., 2009. Design of a small personal air monitor and its application in aircraft. Sci. Total Environ. 407, 1206–1210. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.07.067>

**Composés organophosphorés :** composés organiques comprenant au moins un atome de phosphore. Ils sont nombreux à inhiber une enzyme, la cholinestérase, provoquant des effets neurotoxiques, déjà démontrés pour des composés organophosphorés utilisés comme produits phytosanitaires. Les manifestations pathologiques peuvent aboutir à un tableau de neuropathie d'apparition progressive et retardée retrouvé dans la littérature sous l'appellation organophosphate-induced delayed neurotoxicity. De survenue rare, la neuropathie évolue, après un intervalle libre asymptomatique de 1 à 5 semaines, vers l'apparition progressive d'une polyneuropathie périphérique d'évolution variable.

**Echantillonneur VN sampler :** dispositif portatif de mesure permettant de mesurer les composés organophosphorés cibles et développé par le chercheur van Netten pour fonctionner en vol (van Netten, 2009). Il ne requiert aucune compétence technique pour le mettre en route. Il fonctionne sur piles avec une autonomie moyenne de 75 minutes.

## Pour en savoir plus

[Avis et rapport relatif à l'État des connaissances sur les effets sur la santé liés à la profession de personnels navigants et sur la qualité de l'air dans les cabines](#)

Projet de recherche AviSan, en cours depuis 2018 : « *Évènements feux/fumées lors des vols aériens : conséquences sur la qualité de l'air à l'intérieur des cabines d'avions et sur la santé des personnels navigants d'une flotte aérienne française* ».

Contact : [lynda.bensefa-colas@aphp.fr](mailto:lynda.bensefa-colas@aphp.fr)

Partenariat :

- Équipe Health Environmental Risk Assessment (HERA) de l'Inserm U1344, de l'IRD UMR 261 et de l'Université Paris-Cité (Lynda Bensefa-Colas<sup>ID</sup> et Jean-Ulrich Mullot),
- Service de santé au travail d'Air France (Michel Kierlein).

# Bénéfices et risques d'une exposition lumineuse artificielle

Le projet LumEnColor cherche à comprendre les effets sur la santé humaine de la lumière et de ses différentes composantes spectrales, notamment sur le processus veille/sommeil, les capacités cognitives ou encore la vigilance. Des études chez la souris permettront de mieux comprendre les voies neurologiques mises en jeu par les différentes lumières.

## Le spectre de la lumière visible

La lumière visible correspond aux ondes électromagnétiques perceptibles par l'œil humain. Suivant leur longueur d'onde, exprimée en nanomètres (nm), ces ondes correspondent à une couleur différente. Ainsi, la lumière visible s'étend sur un spectre allant de 380 nm (lumière violette) à 780 nm (lumière rouge), en passant par la lumière bleue et la lumière verte (illustration 1). Le mélange de ces rayonnements monochromatiques donne la lumière blanche, qui est donc polychromatique. Les yeux sont exposés à des lumières de composition spectrale différente à divers moments de la journée et/ou de la nuit, en particulier avec le travail sur écran, le travail posté ou de nuit, l'émergence des LEDs qui exposent à des spectres de lumière hétérogènes, ...

Les rayons lumineux traversent l'œil pour arriver au niveau de la rétine. La rétine est constituée de différents types cellulaires, dont les photorécepteurs et des cellules ganglionnaires. Les photorécepteurs sont des cellules visuelles, qui captent la lumière et permettent la formation d'images. Parmi les cellules ganglionnaires, certaines produisent de la mélanopsine, un photopigment non-visuel. Cette mélanopsine ne permet pas de former des images mais participe aux effets non-visuels de la lumière en « mesurant » l'intensité de la lumière.

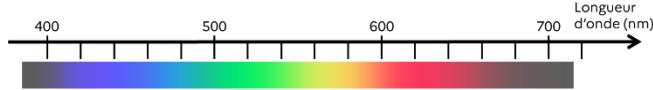


Illustration 1 : Spectre de la lumière visible.

## Effets non-visuels de la lumière

L'effet non-visuel le plus connu est l'entrainement des rythmes circadiens générés par l'horloge biologique, qui est notamment basé sur la quantité de lumière perçue par les cellules à mélanopsine. Les autres effets non-visuels de la lumière sont le réflexe photomoteur, la modulation veille/sommeil, la vigilance, la cognition et l'humeur. Ces effets non-visuels de la lumière peuvent être délétères comme bénéfiques, tout va dépendre de différents paramètres que sont la luminance, la durée d'exposition, le moment de l'exposition et sa composition spectrale.

Le projet LumEnColor s'intéresse justement à l'effet de la composition spectrale de la lumière sur ses effets non-visuels. Si la lumière est connue pour stimuler la vigilance chez l'homme, des premiers travaux de l'équipe suggèrent que des longueurs d'onde dans le spectre du rouge, qui étaient considérées comme inactives, ont des effets « hypnogènes » chez l'homme (van der Meijden et al., 2018), tandis que les lumières verte et violette induisent une durée de sommeil plus importante que l'exposition à la lumière bleue chez les souris (Pilorz et al., 2016).

De plus, les effets de la composition spectrale dépendent de plusieurs paramètres, dont le niveau de pression de sommeil, modulé chez les souris par la mélanopsine et la lumière (Tsai et al., 2009), et le moment de la journée. En effet, les effets directs de la lumière blanche polychromatique sur la veille et le sommeil chez la souris sont modulés au cours des 24h de la journée et les voies neuronales impliquées dans ces effets peuvent être différentes en fonction du moment circadien (Tsai et al., 2009).

## Une étude « preuve de concept »

L'objectif de LumEnColor est de caractériser les effets de différentes longueurs d'ondes (bleues, vertes et rouges) sur la vigilance, l'humeur, les performances cognitives, le sommeil et les rythmes biologiques, selon le moment circadien et le niveau de pression de sommeil. Cela permettra de mieux comprendre l'impact des expositions et de la pollution lumineuse sur la population générale et de définir des recommandations d'éclairage adapté à chacun, en fonction du moment de la journée et des besoins du sujet, en particulier chez le travailleur posté. Pour pouvoir maîtriser tous les paramètres, les expériences doivent se faire en milieu contrôlé pour prouver, ou pas, les hypothèses de départ.

Pour ce faire, des volontaires sains seront placés en conditions de « constante routine », c'est-à-dire sans facteurs extérieurs influençant l'horloge circadienne, en restant couchés avec des collations régulières et sans repère temporel. Les sujets seront répartis dans 10 groupes. Après une nuit de 8h, tous seront soumis à des expositions de 150 min à l'une de ces lumières (illustration 2) : lumière blanche polychromatique, lumière enrichie en vert (535 nm) ou lumière enrichie en rouge (580 nm) ou tamisée (« dim light ») considérée comme inactive et servant de contrôle). Ces phases d'exposition seront séparées par des phases de 75 min de sieste pour la moitié des groupes ou par une phase d'éveil en « dim light » pour l'autre moitié (illustration 3).

Les résultats obtenus seront comparés à des données déjà obtenues dans des conditions identiques, avec une lumière enrichie en bleu (480 nm) ou en condition de lumière inactive (« dim light »). Tous termineront par une nuit de récupération. Pendant ces tests, des prélèvements sanguins seront réalisés très régulièrement, avec des mesures électrophysiologiques, cognitives et physiologiques.

## Mécanismes d'action des différentes lumières chez la souris

Pour comprendre les mécanismes d'action sous-jacents aux résultats obtenus chez l'homme, des expériences similaires seront réalisées sur des souris. L'effet de la privation de sommeil sera également testé. Pour bien distinguer les voies de transduction du signal, des animaux transgéniques seront utilisés. En parallèle de souris sauvages, des souris déficientes en mélanopsine, ainsi que des souris avec déficit de phototransduction liée aux cônes ou aux bâtonnets seront utilisées. Les animaux seront sacrifiés à la fin des expériences et après exposition à un pulse de lumière (rouge, verte ou blanche), puis leur cerveau sera étudié pour identifier les circuits neurologiques mis en jeu par les différentes longueurs d'onde et déterminer le rôle précis des cônes, des bâtonnets et de la mélanopsine.



Illustration 2 : A - exposition à une lumière blanche, B - exposition en lumière enrichie en rouge, C - exposition en lumière enrichie en vert (crédit : Patrice Bourgin).

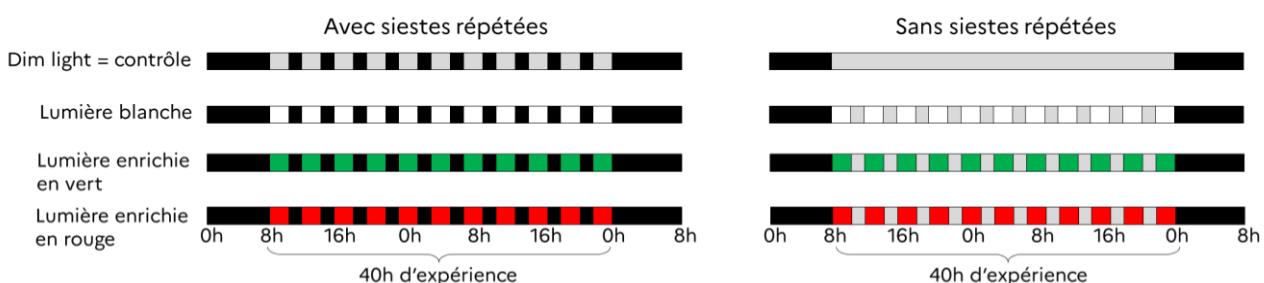


Illustration 3 : Détail des expositions des 10 groupes tests. Noir = sommeil, gris = exposition en « dim light », blanc = exposition à la lumière blanche, vert = exposition à une lumière enrichie en vert, rouge = exposition à une lumière enrichie en rouge (modifié d'après Patrice Bourgin).

## PROJETS DE RECHERCHE

A la fin du projet, les équipes ambitionnent des applications rapides pour les traitements par luminothérapie comme dans des cas de troubles du sommeil, de troubles cognitifs ou de troubles du rythme circadien. Les résultats pourraient aider à la rédaction de recommandations d'éclairage, notamment pour les travailleurs postés ou de nuit, mais également pour l'éclairage public. ■

### Références

Pilorz, V., Tam, S.K.E., Hughes, S., Pothecary, C.A., Jagannath, A., Hankins, M.W., Bannerman, D.M., Lightman, S.L., Vyazovskiy, V.V., Nolan, P.M., Foster, R.G., Peirson, S.N., 2016. Melanopsin regulates both sleep-promoting and arousal-promoting responses to light. *PLOS Biol.* 14, e1002482. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002482>

Tsai, J.W., Hannibal, J., Hagiwara, G., Colas, D., Ruppert, E., Ruby, N., Heller, H.C., Franken, P., Bourgin, P., 2009. Melanopsin as a sleep modulator: circadian gating of the direct effects of light on sleep and altered sleep homeostasis in *Opn4-/-* mice. *PLoS Biol.* 7, e1000125. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000125>

van der Meijden, W.P., te Lindert, B.H.W., Ramautar, J.R., Wei, Y., Coppens, J.E., Kamermans, M., Cajochen, C., Bourgin, P., Van Someren, E.J.W., 2018. Sustained effects of prior red light on pupil diameter and vigilance during subsequent darkness. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 285, 20180989. <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.0989>

**Cellules à mélanopsine** : préférentiellement sensibles aux stimulations lumineuses de courte longueur d'onde, avec un pic de sensibilité dans le bleu, elles reçoivent également des stimulations venant des photorécepteurs.

**Cônes** : photorécepteurs de 3 types (S, M et L) qui sont respectivement plus sensibles aux rayonnements bleu, vert et rouge. Ils permettent la vision nette et en couleur.

**Bâtonnets** : photorécepteurs sensibles aux rayonnements verts. Ils permettent la vision nocturne et périphérique.

**Luminance** : flux lumineux provenant d'une surface éclairée et se réfléchissant dans l'œil.

**Rythme circadien** : rythme biologique interne et cyclique de 24 heures.

### Pour en savoir plus

[Avis de l'Anses relatif aux valeurs limites d'exposition à la lumière bleue pour la population générale](#)

[Avis et rapport de l'Anses relatif aux effets sur la santé humaine et sur l'environnement \(faune et flore\) des systèmes utilisant des diodes électroluminescentes \(LED\)](#)

[Effets sanitaires des systèmes d'éclairage utilisant des diodes électroluminescentes \(LED\)](#)

Projet de recherche LumEnColor, en cours depuis 2020 : « *Bénéfices et risques d'une exposition lumineuse artificielle : caractérisation des effets physiologiques et comportementaux de différentes longueurs d'onde* ».

Contact : [pbourgin@unistra.fr](mailto:pbourgin@unistra.fr)

#### Partenariat :

- Centre International de Recherche en ChronoSomnologie (CIRCSom), CHRU de Strasbourg (Patrice Bourgin<sup>✉</sup>),
- Équipe « Lumière, rythmes circadiens, homéostasie du sommeil et Neuropsychiatrie », Institut des Neurosciences Cellulaires et Intégratives, CNRS (Patrice Bourgin).

# Séroprévalence des microorganismes transmis par les tiques

Les personnels forestiers sont très exposés aux piqûres de tiques et donc aux maladies qu'elles peuvent transmettre. Dans la moitié Nord de la France, 15 % d'entre eux ont été contaminés par une des bactéries responsables de la maladie de Lyme, avec un gradient de contamination de l'ouest (5 %) vers l'est (21 %) de la France. La contamination par le virus de l'encéphalite à tiques est par contre rare chez les forestiers testés.

## Les tiques comme vectrices de pathogènes

Les tiques sont des arachnides présentes partout dans le monde, avec pas loin de 1 000 espèces différentes. Seules quelques espèces de tiques en Europe sont vectrices d'agents pathogènes, dont les tiques *Ixodes ricinus*, très répandues en France. Elles peuvent notamment transmettre des agents infectieux d'origine bactérienne comme ceux de la maladie de Lyme, d'origine virale comme le virus de l'encéphalite à tiques ou d'origine parasitaire comme les *Babesia*. Suite à cette transmission, la personne infectée développera (ou produira) en général des anticorps, que l'infection soit symptomatique (elle présente des signes cliniques) ou asymptomatique (elle ne présentera aucune manifestation clinique).

Les tiques *Ixodes ricinus* se trouvent partout en France, sous 1500 m d'altitude, dans les zones boisées ou herbeuses, en ville comme à la campagne. Toute personne peut être exposée au risque de piqûre, dans son jardin ou lors d'une promenade dans un champ ou une forêt. Mais certains professionnels y sont particulièrement exposés, comme les forestiers, qui passent la majeure partie de leurs journées dans des zones infestées de tiques. Cette population de professionnels a été suivie lors du projet SMARTTIQ, dans la moitié Nord de la France, le Limousin et l'Auvergne. Parmi les 1 777 personnels forestiers étudiés, 91 % ont déclaré des piqûres de tiques, dont 69 % dans l'année écoulée (Septfons et al., 2023), contre respectivement 30 % et 6 % dans la population générale en 2019 (Septfons et al., 2021).

## Intérêt de la séroprévalence

Lorsqu'une personne est exposée à un agent pathogène, son corps développe des anticorps spécifiques contre cet agent. Même lorsqu'il n'y a pas eu de symptômes, ou qu'ils ont disparu, les anticorps IgG restent détectables dans le sang de la personne de nombreuses années après l'infection. La prévalence des anticorps IgG (ou séroprévalence IgG) permet ainsi d'estimer le niveau d'exposition d'une population à l'agent pathogène. Dans le projet SMARTTIQ, la séroprévalence IgG contre deux agents pathogènes transmis par les tiques a été estimée à partir des sérums obtenus auprès de 1 777 personnels forestiers. Les agents pathogènes étudiés dans ce projet ont été les bactéries du groupe *Borrelia burgdorferi* sl, responsables de la maladie de Lyme, et le virus de l'encéphalite à tiques.



Tique *Ixodes ricinus* sur une plante

## Séroprévalence IgG anti-*Borrelia burgdorferi* sl

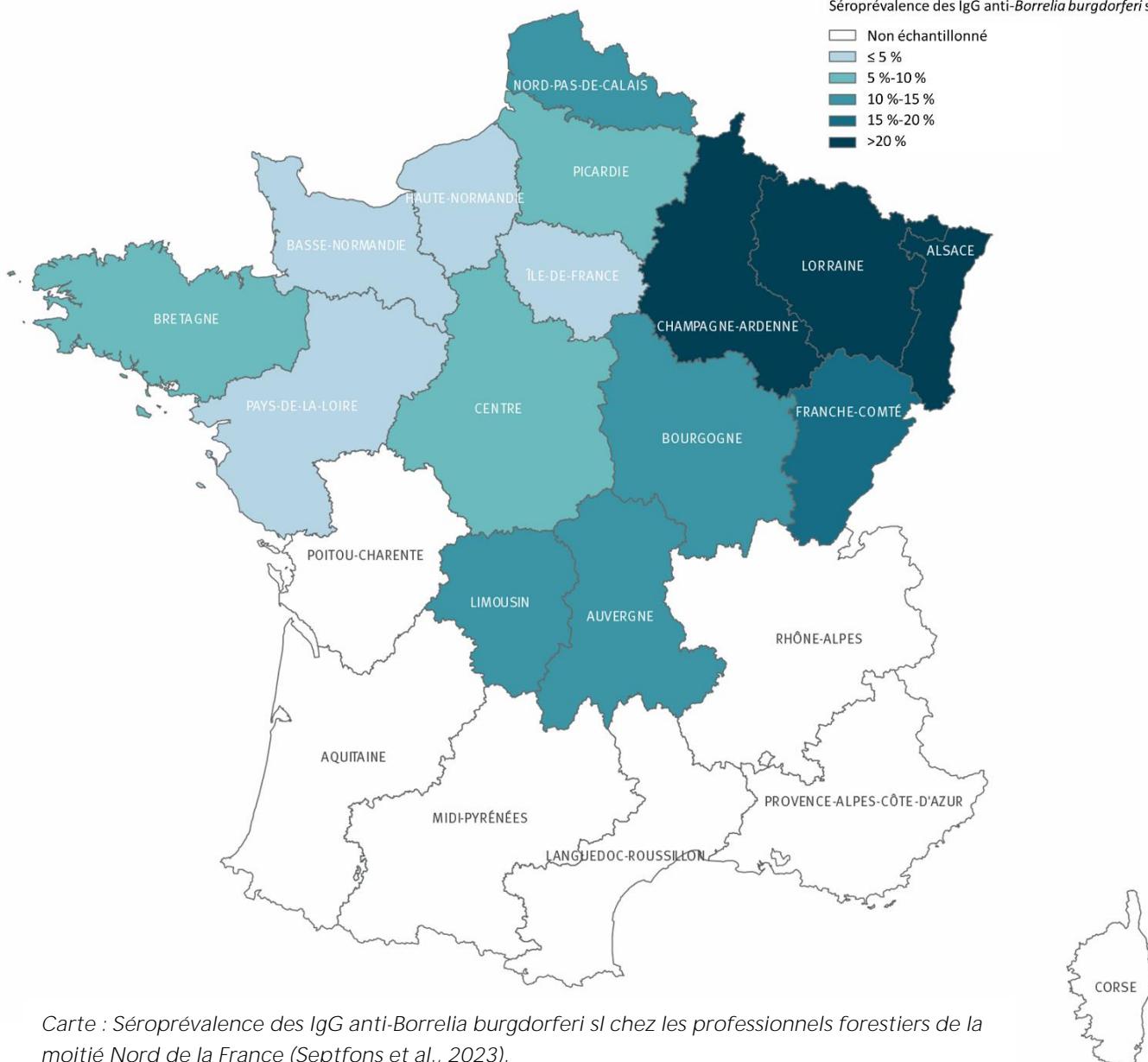
La prévalence des anticorps IgG contre *B. burgdorferi* sl était en moyenne de 15,5 %, avec de grandes disparités géographiques (cf. carte). Ainsi, elle était en moyenne de 21,3 % dans l'Est de la France, de 8,6 % dans le centre de la France et de 5,5 % dans l'Ouest de la France (Septfons et al., 2023), montrant un gradient Ouest-Est.

Les forestiers passant plus de 20 heures par semaine en forêt présentaient une séroprévalence 2 fois plus importante que ceux y passant moins de 10 heures par semaine (Septfons et al., 2023). La séroprévalence était également liée au métier avec, par exemple, une séropositivité 2 fois plus élevée chez les sylviculteurs que chez les bûcherons. La séropositivité était aussi

positivement associée à l'ancienneté dans le métier, les forestiers exerçant depuis plus de 40 ans ayant une séropositivité 5 fois supérieure à ceux avec moins de 5 ans d'ancienneté.

## Séroprévalence IgG du virus de l'encéphalite à tiques

Sur les 1 777 forestiers testés, seuls trois étaient séropositifs pour le virus de l'encéphalite à tiques, ce qui donne une séroprévalence de 0,14 % (Septfons et al., 2023). Tous les trois étaient bûcherons. La proportion de forestiers séropositifs était inférieure à celle estimée lors d'une étude menée en 2003 dans les régions à risque de l'Est de la France (Alsace, Lorraine, Champagne-Ardenne, Franche-Comté et Bourgogne) (Rigaud et al.,



2016). La différence peut s'expliquer par une analyse de sérologie différente, limitant les faux-positifs. Cette maladie, encore peu répandue en France, est considérée comme plus fréquente en Alsace et en Rhône-Alpes. Néanmoins, une personne séropositive a été détectée en Loire-Atlantique, sans pouvoir l'expliquer par des déplacements professionnels dans les zones à risque. Un biais de mémoire concernant son exposition aux tiques ou une exposition sur son temps de loisirs ne sont pas à exclure. La faible présence de ce virus en France, les mesures de protection et la disponibilité d'un vaccin peuvent expliquer la très faible séropositivité mesurée (Septfons et al., 2023).

## Moyens de protection

Les forestiers étaient globalement sensibilisés au risque de transmission de maladies par les tiques, puisque 92 % connaissaient des maladies transmises par les tiques et 67 % connaissaient tous les moyens de protection (port de vêtements longs serrés aux chevilles, utilisation de répulsif, inspection après exposition potentielle et retrait des tiques fixées). Concernant l'utilisation de ces moyens, 62 % des forestiers portaient des vêtements de protection, 26 % utilisaient un répulsif, 74 % effectuaient une inspection corporelle et 98 % retriraient rapidement la tique. Cette dernière mesure semble très efficace pour limiter la transmission des agents pathogènes, puisque les travailleurs ne retirant pas rapidement les tiques après piqûre avaient une séropositivité 2,5 fois plus importante (Septfons et al., 2023). Par comparaison, en population générale, 73 % des personnes se déclarant exposées portaient des vêtements couvrants, 18 % utilisaient un répulsif et 54 % cherchaient et enlevaient la ou les tiques sur leur corps, selon les données du Baromètre de Santé publique France en 2019 (Septfons et al., 2021).

## Perspectives

Les résultats du projet SMARTTIQ soulignent l'importance de poursuivre la sensibilisation au risque de piqûre de tique et sa prévention pour les travailleurs forestiers. Ces résultats, associés aux données sur l'incidence de la maladie de Lyme et sur l'exposition aux piqûres de tiques, permettront de mieux cibler les programmes de prévention, particulièrement chez les travailleurs forestiers. Il est également important de renforcer l'information et les messages de prévention dans d'autres populations, professionnelles ou non, fréquentant les mêmes milieux, en insistant sur l'importance de l'inspection systématique du corps et le retrait précoce de la tique.

Par ailleurs, les prélèvements sanguins sur les forestiers ont permis la constitution d'une sérothèque, grâce à laquelle le Centre National de Référence des Hantavirus a pu étudier la séoprévalence de l'hantavirus *Puumala*, agent responsable de la fièvre hémorragique avec syndrome rénal, ce qui a fait l'objet d'une publication (Krug et al., 2023). D'autres agents pathogènes sont actuellement en cours d'étude : *Anaplasma phagocytophilum*, agent responsable de l'anaplasmose granulocytique humaine, et *Francisella tularensis*, agent responsable de la tularémie. D'autres agents infectieux seront ensuite étudiés, comme les protozoaires du genre *Babesia*, entraînant la babébose. ■



Tique *Ixodes ricinus* piquant un humain.

### Références

Krug, C., Rigaud, E., Siby-Diakite, D., Bénézet, L., Papadopoulos, P., de Valk, H., Deffontaines, G., Septfons, A., Reynes, J.-M., 2023. Seroprevalence of hantavirus in forestry workers, Northern France, 2019-2020. *Viruses* 15, 338. <https://doi.org/10.3390/v15020338>

Rigaud, E., Jaulhac, B., Garcia-Bonnet, N., Hunfeld, K.-P., Féménia, F., Huet, D., Goulvestre, C., Vaillant, V., Deffontaines, G., Abadia-Benoist, G., 2016. Seroprevalence of seven pathogens transmitted by the *Ixodes ricinus* tick in forestry workers in France. *Clin. Microbiol. Infect. Off. Publ. Eur. Soc. Clin. Microbiol. Infect.* Dis. 22, 735.e1–9. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2016.05.014>

Septfons, A., Figoni, J., Gautier, A., Soullier, N., de Valk, H., Desenclos, J.-C., 2021. Increased awareness and knowledge of Lyme Borreliosis and tick bite prevention among the general population in France: 2016 and 2019 health barometer survey. *BMC Public Health* 21, 1808. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-11850-1>

Septfons, A., Rigaud, E., Bénézet, L., Velay, A., Zilliox, L., Baldinger, L., Gonzalez, G., Figoni, J., de Valk, H., Deffontaines, G., Desenclos, J.-C., Jaulhac, B., 2023. Seroprevalence for *Borrelia burgdorferi* sensu lato and tick-borne encephalitis virus antibodies and associated risk factors among forestry workers in northern France, 2019 to 2020. *Euro Surveill. Bull. Eur. Sur Mal. Transm. Eur. Commun. Dis. Bull.* 28, 2200961. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2023.28.32.2200961>.

**Encéphalite à tiques** : maladie virale due à un arbovirus, transmise par les tiques ou le lait non pasteurisé de vaches infectées les jours précédents. La majorité des cas sont asymptomatiques, les autres présentent des symptômes grippaux pouvant évoluer vers des pathologies neurologiques (méningites ou méningo-encéphalites) pouvant laisser des séquelles. C'est une maladie à déclaration obligatoire depuis 2021.

**Incidence** : nombre de nouveaux cas d'une maladie diagnostiqués sur une année.

**Maladie de Lyme** : ou borréliose de Lyme, maladie transmise par les tiques la plus répandue en France, elle est due aux bactéries du groupe *Borrelia burgdorferi* sl. Elle fait l'objet d'une surveillance assurée par le Réseau Sentinelles, Santé publique France et le Centre National de Référence des *Borrelia*.

**Séoprévalence** : proportion d'individus porteurs d'anticorps spécifiques contre un agent pathogène dans une population donnée, ici les forestiers. Elle permet de déterminer la proportion d'individus ayant été infectés par l'agent pathogène, avec ou sans symptôme, sans donner d'informations sur la date d'infection. Elle ne permet pas d'estimer la proportion de personnes malades.

### Pour en savoir plus

[Mieux connaître et combattre les agents pathogènes transmis par les tiques](#)

Projet de recherche SMARTTIQ, terminé : « *Étude de séoprévalence de Borrelia burgdorferi* sl, *Borrelia miyamotoi*, du virus de l'encéphalite à tiques, d'*Anaplasma phagocytophili*um, de *Babesia microti* et *Babesia divergens* chez des professionnels forestiers en France ».

Contact : [deffontaines.gaetan\[at\]ccmsa.msa.fr](mailto:deffontaines.gaetan[at]ccmsa.msa.fr)

#### Partenariat :

- Caisse Centrale de la Mutualité Sociale Agricole (Gaëtan Deffontaines<sup>10</sup>),
- Centre National de Référence des *Borrelia*, Institut de Bactériologie, Faculté de Médecine, Université de Strasbourg (Benoit Jaulhac),
- Direction Maladies Infectieuses, Santé Publique France (Alexandra Septfons),
- Institut de Virologie des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg, Faculté de Médecine de Strasbourg (Samira Fafi-Kremer),
- Krankenhaus Nordwest, Zentralinstitut für Labormedizin, Mikrobiologie und Krankenhaushygiene (Klaus-Peter Hunfeld).

# ■ Co-expositions professionnelles et syndrome du canal carpien

Les travailleurs français exposés aux contraintes biomécaniques ou à des agents chimiques neurotoxiques présentent plus de risques de développer un syndrome du canal carpien, un trouble musculo-squelettique reconnu comme maladie professionnelle.

Le projet PolyExpoTMS cherche à étudier, grâce à des matrices emplois-expositions, les effets d'une co-exposition à ces deux nuisances, pour mieux comprendre les situations à risque de développer ce syndrome.

## Un syndrome très répandu

Dans la partie antérieure du poignet, le canal carpien est une zone de passage pour de nombreux tendons et le nerf médian, située entre les os du poignet et une bande fibreuse. La compression du nerf médian dans ce canal entraîne le syndrome du canal carpien. Il s'agit d'un trouble musculo-squelettique entraînant des douleurs, des paresthésies et des pertes de contrôle de certains muscles, au niveau des trois premiers doigts de la main notamment. Handicapant au travail comme au quotidien, plus de 120 000 personnes sont opérées du canal carpien chaque année en France (Santé publique France). Cependant, en 2023, seulement 10 000 syndromes du canal carpien ont été reconnus au titre du tableau 57 des maladies professionnelles indemnisées (Assurance maladie 2025), mais la sous-déclaration de ce

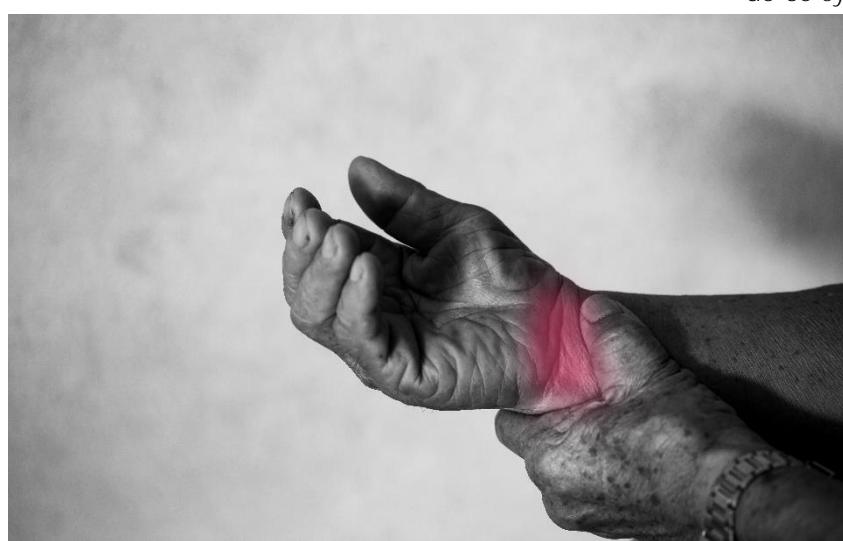
syndrome en maladie professionnelle a été estimée en 2018-2019 à 57 % (Homère et al., 2024), le nombre de travailleurs concernés serait donc supérieur à 20 000 par an.

## Étiologie du syndrome du canal carpien

Cette neuropathie périphérique présente de nombreuses causes possibles, souvent cumulatives : susceptibilité individuelle, comorbidités et facteurs professionnels de types biomécaniques (utilisation d'outils vibrants, mouvements répétitifs, position forcée, force), psychosociaux et organisationnels. Si les facteurs biomécaniques sont bien connus, d'autres expositions professionnelles semblent jouer un rôle dans l'apparition de ce syndrome. Certains agents chimiques, comme le

formaldéhyde ou les solvants chlorés, qui ont un effet neurotoxique (Dib et al., 2021), altèrent le système nerveux et pourraient donc avoir un effet sur le nerf médian. L'exposition professionnelle répétée à des agents chimiques neurotoxiques potentialise ainsi les effets des contraintes biomécaniques, comme cela a été montré lors d'une précédente étude menée par le Pr Roquelaure (Roquelaure et al., 2020) et financée par l'Anses dans le cadre du PNR EST.

Cette étude a été menée sur des données auto-déclarées, c'est-à-dire que chaque individu déclarait ses expositions. Ces données sont donc basées sur la mémoire des gens.



*Douleur au niveau du canal carpien.*

## L'apport des matrices emplois-exposition

Les matrices emplois-expositions listent, pour chaque emploi, les différents risques associés et les quantifient de manière objective, sans se baser sur la mémoire des volontaires (cf. éclairage p.13). L'utilisation de matrices emplois-expositions permet donc d'obtenir des données plus fiables et plus objectives que l'utilisation de questionnaires seuls. C'est ainsi que l'équipe du Pr Roquelaure et ses partenaires ont lancé, en 2021, l'étude PolyExpoTMS, financée par l'Anses, dont le but final est d'identifier l'effet des co-expositions aux contraintes biomécaniques et aux agents chimiques neurotoxiques. L'effet des expositions passées et présentes, avec un potentiel effet cumulatif, sera étudié sur le syndrome du canal carpien, afin d'améliorer la prévention dans les milieux professionnels concernés.

L'étude PolyExpoTMS est menée sur des volontaires de la cohorte Constances ainsi que sur les participants de l'étude Sumer 2017. L'utilisation des matrices emplois-expositions Matgéné (Santé publique France) va permettre de déterminer la durée et l'intensité des différentes expositions chimiques neurotoxiques lors de la carrière professionnelle des volontaires. La présence de ces expositions, séparément ou en co-exposition, sera reliée aux syndromes du canal carpien, autodéclarés et opérés.

## Premiers résultats

Quelques résultats préliminaires ont été obtenus, dont certains publiés, sur les expositions et co-expositions. D'après ces premiers résultats, 7,2 % des hommes et 7,6 % des femmes sont co-exposés aux contraintes biomécaniques (emploi actuel) et à au moins un agent chimique neurotoxique (au cours de leur carrière professionnelle) dans la cohorte Constances (cf. schéma). Chez les salariés de l'enquête Sumer 2017, 4,8 % des hommes et 0,7 % des femmes sont co-exposés (Bodin et al., 2024). Cependant, dans cette enquête, les expositions chimiques et biomécaniques se rapportent à la dernière semaine travaillée et la liste des expositions n'est pas la même que dans la cohorte Constances.

La suite du projet permettra d'établir si les co-expositions augmentent, ou pas, le risque de syndrome du canal carpien et dans quelle mesure. Mieux comprendre les effets cumulatifs, simultanés ou non, des expositions aux agents chimiques neurotoxiques et aux contraintes biomécaniques sur le syndrome du canal carpien devrait permettre d'améliorer le dépistage et la prévention de ce syndrome très répandu, ce qui en fait un sujet important en santé au travail. ■

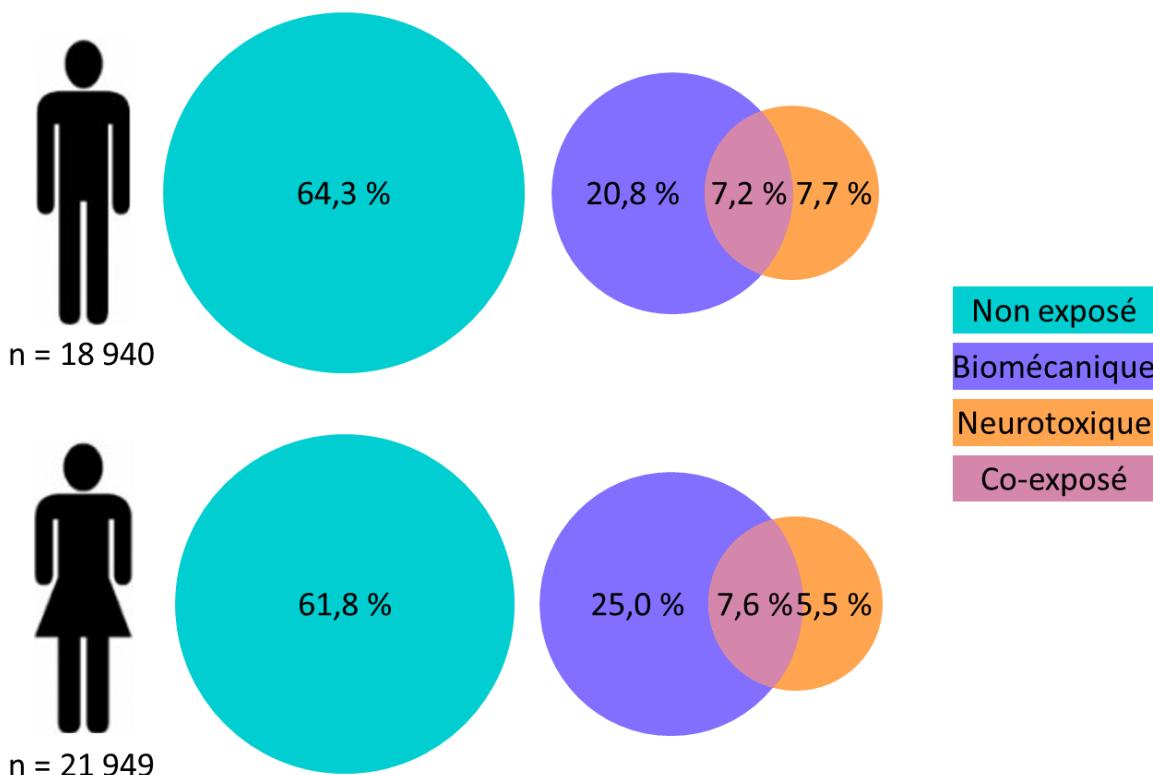


Schéma représentant la proportion d'hommes et de femmes non-exposés et exposés à des contraintes biomécaniques (emploi actuel, par auto-questionnaire) et/ou des agents neurotoxiques (carrière professionnelle, par matrice emplois-expositions) (crédit : J. Bodin).

## Références

Assurance maladie. 2025. « Evolution du nombre de maladies d'origine professionnelle par maladie et par syndrome de 2000 à 2023 ». <https://www.assurance-maladie.ameli.fr/etudes-et-donnees/mp-denombrement-historique-2000-2021>.

Bodin, J., J. Babin, M. Bertin, N. Bonvallot, et Y. Roquelaure. 2024. « Prevalence of Occupational Co-Exposure to Biomechanical Factors and Neurotoxic Chemicals in French Workers ». *Annals of Work Exposures and Health* 68 (5): 486-94. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxae019>.

Dib, S., T-H-Y. Nguyen, J. Bodin, M. Bertin, A. Descatha, Y. Roquelaure, et N. Bonvallot. 2021. « Proposal for a neurotoxic classification for chemicals at work ». *Archives of Environmental & Occupational Health* 76 (7): 393-405. <https://doi.org/10.1080/19338244.2020.1864256>.

Homère, J., P. Delézire, T. Bonnet, et J. Chatelot. 2024. « Estimation de la sous-déclaration des troubles musculo-squelettiques (TMS) chez les salariés en France en 2016-2017 et 2018-2019 et évolution depuis 2009 ». Programme de surveillance des Maladies à Caractère Professionnel. Santé publique France.

Roquelaure, Y., R. Garlantézec, V. Rousseau, A. Descatha, B. Evanoff, S. Mattioli, M. Goldberg, M. Zins, et J. Bodin. 2020. « Carpal Tunnel Syndrome and Exposure to Work-Related Biomechanical Stressors and Chemicals: Findings from the Constances Cohort ». *PLOS ONE* 15 (6): e0235051. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235051>.

**Paresthésie** : trouble de la sensibilité.

**Constances** est la plus grande cohorte épidémiologique en population générale de France, constituée de 220 000 volontaires affiliés au régime général de la Sécurité Sociale et nés entre 1941 et 2000. Il s'agit d'une infrastructure de recherche ouverte à la communauté de recherche dont la gouvernance est assurée par l'UMS 11 de l'Inserm « Cohortes en population », mixte avec les Universités Paris Cité, Paris Saclay et Versailles Saint Quentin.

**Sumer** (Surveillance médicale des expositions des salariés aux risques professionnels) est une enquête transversale menée tous les 7 ans par la Direction Générale du Travail (DGT), la Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques (Dares) et la Direction générale de l'administration et de la fonction publique (DGAFP). Elle est réalisée sur un échantillon de 33 600 salariés, représentatif de près de 25 millions de salariés français.

Projet de recherche PolyExpoTMS, en cours depuis 2021 : « *Étude de l'impact de la co-exposition professionnelle aux agents chimiques neurotoxiques et aux facteurs de risque biomécaniques de troubles musculo-squelettiques au cours de la carrière professionnelle sur le syndrome du canal carpien (cas symptomatiques et cas chirurgicaux) – Approche par matrices emplois-expositions* ».

Contact : [yves.roquelaure@univ-angers.fr](mailto:yves.roquelaure@univ-angers.fr)

### Partenariat :

- Équipe Ester de l'IRSET, Inserm U1085/Université d'Angers (Yves Roquelaure<sup>ORCID</sup>),
- Équipe Elixir de l'IRSET, Inserm U1085/Université de Rennes 1 (Ronan Garlantézec),
- Équipe Neuropeps, Inserm U1298/Institut des Neurosciences de Montpellier (Claudine Berr),
- Washington University School of Medicine, St Louis, USA (Bradley Evanoff).

# 1 Évaluation d'une nouvelle organisation du travail dans l'aide à domicile

Le domaine de l'aide à domicile peut présenter des conditions de travail difficiles, avec un turnover important, entraînant des risques psychosociaux pour les salariés et une prise en charge dégradée des bénéficiaires. Dans ce contexte, le projet BetterSupport va évaluer les bénéfices et les risques associés à un mode d'organisation émergent, basé sur des équipes autonomes de petite taille, avant un éventuel déploiement à grande échelle.

## L'aide à domicile en France

L'aide à domicile fait partie des services à la personne et regroupe tous les services d'aide et de soins effectués au domicile des personnes âgées, handicapées ou malades. Sur les 536 000 salariés que cela représente (Dares, 2014), les auxiliaires de vie sont à 95 % des femmes, 80 % travaillent à temps partiel et la moitié a plus de 49 ans (Insee, 2024). Il s'agit en effet d'un secteur peu attractif pour les jeunes, notamment à cause des faibles salaires et évolutions de carrière. Il présente de plus un risque d'accident du travail plus élevé que la moyenne, évalué à 3,5 fois supérieur dans les Hauts-de-France (Carsat Hauts-de-France, 2018). Les structures d'aide à domicile, qui peuvent être de type associatives, privées ou publiques, fixent des temps d'intervention et des plannings qui peuvent être décorrélés de la réalité du terrain et des besoins des bénéficiaires. Cela participe au turn-over important observé dans les structures et à la faible attractivité du métier.

professionnels gérant notamment, de manière autonome leurs patients, leur logistique, leur planning et leurs congés. Les salariés seraient donc plus satisfaits de leur travail, pour lequel les contraintes hiérarchiques seraient plus limitées, avec un contrôle plus important de leur propre travail. Les patients en profiteraient également, avec des auxiliaires de vie moins stressés. De plus, leurs autres soignants, formels (infirmiers, médecins, ...) comme informels (aidants familiaux), sont pris en compte et intégrés dans le plan de soin. Les retours des structures d'aide à domicile qui sont passées à cette organisation sont dans l'ensemble positifs, mais aucune étude n'a été menée pour mesurer de façon la plus objective possible les avantages et les inconvénients des équipes autonomes pour les salariés et leurs bénéficiaires. Le projet BetterSupport examine si le modèle d'équipes autonomes améliore les conditions de travail des salariés (absentéisme, turnover, risques psychosociaux, satisfaction au travail) et la prise en charge des personnes âgées.

## L'organisation holacratique ou les équipes autonomes

Un nouveau mode d'organisation, permettant théoriquement de pallier à ces désagréments, est apparu en 2006 aux Pays-Bas, dans le cadre de soins infirmiers (Monsen and de Blok, 2013). Ce modèle Buurtzorg (« soin de proximité ») fonctionne selon un principe d'organisation dit « holacratique », ou « d'entreprise libérée », qui laisse aux soignants une grande latitude d'autogestion. Pour ce faire, les soignants sont organisés par groupes d'une douzaine de

## Objectifs du projet BetterSupport

Les risques psychosociaux s'organisent autour de 6 dimensions : l'exigence émotionnelle, le manque d'autonomie, les conflits de valeur, l'intensité du travail, les rapports sociaux et l'insécurité. En modifiant l'organisation classique pour une organisation en équipe autonome, les salariés auront plus d'autonomie, mais également une charge de travail augmentée avec une interaction renforcée avec les membres de l'équipe (mise en place commune de plannings de soin, de congés, ...). Réaliser une évaluation d'impact permet de

prendre en compte les risques psychosociaux associés à l'organisation du travail. Pour ce faire, l'équipe de l'Institut des politiques publiques a monté un partenariat avec plusieurs structures d'aide à domicile volontaires. Les salariés de ces structures ont été regroupés en équipes de 8 à 14 salariés. Dans chaque structure, la moitié des équipes a mis en place l'organisation en équipe autonome, tandis que l'autre moitié est restée au fonctionnement classique. L'affectation des équipes à un type d'organisation du travail a été faite par tirage au sort, pour ne pas créer un biais motivationnel (donc ne pas choisir pour la nouvelle organisation les équipes les plus motivées). Pour que les changements d'organisation menés par les équipes tirées au sort dans les différentes structures soient comparables, l'expérimentation prévoit un cahier des charges indiquant les innovations minimales à mettre en place tout en prenant en compte les contraintes spécifiques à chaque structure. Les salariés ont rempli un questionnaire avant le début de l'expérimentation puis après un an de mise en place. Cela permet de mesurer les effets du changement d'organisation du travail sur les conditions de travail des salariés, tout en prenant en compte les caractéristiques des salariés et de leur environnement de travail initial. Un questionnaire est également administré aux bénéficiaires ou à leurs aidants familiaux, pour mesurer à la fin de l'expérimentation leur satisfaction.

## Perspectives

Le projet BetterSupport permettra d'apporter des résultats fiables sur l'impact de cette nouvelle organisation du travail dans la perspective de sa généralisation éventuelle. Il contribue ainsi à alimenter la connaissance citoyenne et scientifique des enjeux d'organisation du travail dans un secteur en tension. Les résultats seront communiqués aux collectivités territoriales, aux départements et aux acteurs de l'aide à domicile. Cela permettra d'éclairer les politiques publiques dans ce secteur sensible, tant du point de vue de la santé publique que de la santé au travail, puisque les besoins en accompagnement de personnes âgées vont augmenter significativement dans les années à venir. ■

## Références

- Carsat Hauts-de-France, 2018. Les risques professionnels dans les Hauts-de-France - Etude statistique Aide à domicile.
- Dares, 2014. Les métiers de l'aide à domicile (T2A). Ministère du Travail.
- Insee, 2024. Enquête Emploi.
- Monsen, K.A., de Blok, J., 2013. Buurtzorg: nurse-led community care. *Creat. Nurs.* 19, 122–127.

**Organisation holacratique** : forme de gestion constitutionnelle, basée sur une prise de décision et de répartition des responsabilités communes entre tous. Elle est basée sur une autorité distribuée et des équipes auto-organisées, se distinguant des modèles pyramidaux plus classiques.

Projet de recherche BetterSupport, en cours depuis 2022 : « *Évaluation socioéconomique des effets sur la santé des salariés et bénéficiaires d'une organisation du travail innovante dans l'aide à domicile* ».

Contact : [chercheurs-autonomie@ipp.eu](mailto:chercheurs-autonomie@ipp.eu)

Partenariat :

- Institut des politiques publiques, rattaché à l'école d'économie de Paris (Thomas Breda<sup>10</sup>, Camille Ciriez, Audrey Rain, Delphine Roy, Maëlle Stricot, Léa Toulemon).

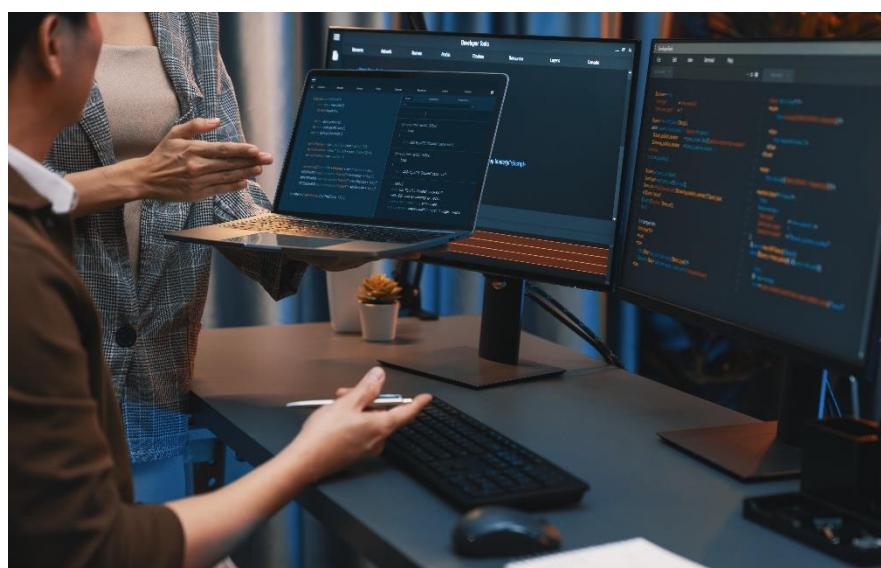
# Nouvelles technologies, télétravail et santé au travail

Les modalités de travail évoluent grâce au développement des technologies de l'information et de la communication, permettant notamment des alternances entre travail sur site et télétravail. Le projet TECHSAN cherche à étudier l'impact de ces technologies de l'information et de la communication sur la santé au travail, tout en tenant compte de nombreuses autres variables telles que les modalités de travail, le genre ou la motivation.

## Les technologies de l'information et de la communication et le télétravail

L'informatique a aujourd'hui une place incontournable dans le monde du travail. Le développement des technologies de l'information et de la communication a été rapide et continue de s'accélérer. Encore récemment, chaque outil avait une utilisation : il n'était possible d'appeler qu'avec le téléphone ou d'envoyer des e-mails qu'avec l'ordinateur. Mais ces dernières années, les outils se sont complexifiés. Il est maintenant possible de regarder ses e-mails professionnels avec son téléphone personnel, d'appeler et d'utiliser une messagerie instantanée avec son ordinateur professionnel, ... Le travailleur devient joignable partout et tout le temps et la frontière entre vie personnelle et vie professionnelle devient plus difficile à tracer. Cela s'est encore renforcé avec le développement du télétravail, surtout depuis la pandémie de COVID-19.

Le télétravail est une modalité de travail qui peut simultanément avoir des effets bénéfiques et néfastes, tant sur l'engagement au travail (Gillet et al., 2021) que sur l'équilibre entre vie professionnelle et vie privée (Huyghebaert-Zouaghi et al., 2022). En effet, les technologies de l'information et de la communication sont susceptibles de provoquer, plus encore chez les télétravailleurs, une augmentation de la charge de travail, du stress professionnel et des troubles musculosquelettiques (Devereux et al., 2002 ; Gillet et al., 2023). Pour autant, les technologies de l'information et de la communication semblent également contribuer au développement du burnout des travailleurs sur site (Park et al., 2020). Or les fonctionnements hybrides sont fréquents, avec alternance entre travail sur site et télétravail. Pourtant les études existantes comparent le télétravail complet au travail sur site, sans prendre en compte ces fonctionnements hybrides, les processus de récupération, et les facteurs de vulnérabilité ou de protection liées notamment aux différences hommes/femmes. Le projet TECHSAN souhaite étudier ces facteurs en prenant en compte plus de modalités de travail, notamment le travail hybride.



Personnes utilisant des technologies de l'information et de la communication.

## Comment mieux comprendre les effets des technologies de l'information et de la communication sur la santé

L'équipe de Nicolas Gillet et ses collaborateurs vont étudier l'effet des mutations du travail liées aux technologies de l'information et de la communication sur la santé des personnels, en prenant en compte plusieurs facteurs. La santé est entendue au sens large avec ses dimensions physique (e.g. troubles musculo-squelettiques), psychologique (e.g. burnout) et sociale (e.g. équilibre vie professionnelle / vie privée). Quatre modalités de travail seront étudiées : travail sur site uniquement, télétravail occasionnel (< 20 % de télétravail), travail hybride (20-80 % de télétravail) et télétravail majoritaire (> 80 % de télétravail). Pour pouvoir étudier ces différentes modalités, l'étude se consacrera au secteur tertiaire, qui présente une forte prévalence du télétravail. Le secteur tertiaire non-marchand (e.g. administration publique, enseignement) et le secteur tertiaire marchand (e.g. télécommunications, finance) seront distingués puisqu'ils présentent une utilisation des technologies de l'information et de la communication de nature, d'intensité et d'ancienneté variées.

Le genre est un facteur de différenciation à prendre en compte. Les femmes gérant plus de tâches liées à la vie familiale et domestique (Sani, 2014), il est probable que l'équilibre vie professionnelle / vie personnelle soit plus difficile à gérer en télétravail. De même, elles ont moins la possibilité de récupérer de leur charge professionnelle (Dolce et al., 2020). Cette récupération, en dehors du sommeil, peut notamment se faire par le biais du détachement psychologique dans le cadre extra-professionnel. Ce processus est important pour gérer la pression technologique professionnelle, qui est une réaction psychologique face à des messages reçus et pour lesquels une réponse rapide, voire immédiate, est attendue. La pression technologique augmente la surcharge psychobiologique, qui est au contraire diminuée par les processus de récupération. Quand cette surcharge psychobiologique est importante, elle entraîne de la fatigue physique et des problèmes de sommeil (Sluiter et al., 2001).

Les aspects motivationnels ont également un impact sur la santé au travail et les facteurs associés. Plus précisément, les travailleurs présentant une motivation autonome seraient moins enclins à céder à la pression technologique puisqu'ils s'engagent dans leur travail par choix. A l'inverse, les travailleurs avec une motivation contrôlée pourraient ressentir une pression technologique plus importante car ils subissent les contraintes qui leur sont imposées (Barber and Santuzzi, 2015). Cette motivation peut également varier si le travailleur est sur site ou en télétravail. Le présentiel

favorisant les échanges, cela pourrait améliorer la motivation autonome, qui au contraire serait plus faible en télétravail où l'utilisation des technologies de l'information et de la communication est plus importante et dans l'immédiateté.

Toutes ces variables, y compris les données de santé, seront étudiées à l'aide de questionnaires administrés à plusieurs reprises afin d'identifier d'éventuelles modifications temporelles. De plus, pour permettre une comparaison culturelle, les études seront menées en France et au Royaume-Uni. D'autres données de santé seront également collectées à travers le temps à l'aide de bracelets connectés, afin de donner une vision plus objective de la récupération physique, du sommeil et de paramètres tels que le rythme cardiaque.

## Perspectives

Savoir comment les technologies de l'information et de la communication et leur utilisation influent sur la santé des travailleurs, en prenant en compte les modalités de travail, le genre, les processus de récupération et de pression technologique, pourrait fournir aux pouvoirs publics, aux entreprises, et au grand public de nouvelles informations concernant la prévention des risques professionnels et appuyer les principales politiques publiques en la matière. Des bonnes pratiques pourraient ainsi être mises en place dans les entreprises, pour éviter les situations de souffrance vis-à-vis de l'utilisation des technologies de l'information et de la communication et pour améliorer l'équilibre vie privée / vie professionnelle. ■

## Références

- Barber, L.K., Santuzzi, A.M., 2015. Please respond ASAP: workplace telepressure and employee recovery. *J. Occup. Health Psychol.* 20, 172–189. <https://doi.org/10.1037/a0038278>
- Devereux, J.J., Vlachonikolis, I.G., Buckle, P.W., 2002. Epidemiological study to investigate potential interaction between physical and psychosocial factors at work that may increase the risk of symptoms of musculoskeletal disorder of the neck and upper limb. *Occup. Environ. Med.* 59, 269–277. <https://doi.org/10.1136/oem.59.4.269>
- Dolce, V., Vayre, E., Molino, M., Ghislieri, C., 2020. Far away, so close? The role of destructive leadership in the job demands-resources and recovery model in emergency telework. *Soc. Sci.* 9.
- Gillet, N., Huyghebaert-Zouaghi, T., Austin, S., Fernet, C., Morin, A.J.S., 2021. Remote working: a double-edged sword for workers' personal and professional well-being. *J. Manag. Organ.* 27, 1060–1082. <https://doi.org/10.1017/jmo.2021.71>
- Gillet, N., Morin, A.J.S., Fernet, C., Austin, S., Huyghebaert-Zouaghi, T., 2023. Telepressure and recovery experiences

## PROJETS DE RECHERCHE

among remote and onsite workers. *J. Pers. Psychol.* 22, 13–19.  
<https://doi.org/10.1027/1866-5888/a000303>

Huyghebaert-Zouaghi, T., Morin, A.J.S., Fernet, C., Austin, S., Gillet, N., 2022. Longitudinal profiles of work-family interface: Their individual and organizational predictors, personal and work outcomes, and implications for onsite and remote workers. *J. Vocat. Behav.* 134, 103695.  
<https://doi.org/10.1016/j.jvb.2022.103695>

Park, J.-C., Kim, S., Lee, H., 2020. Effect of work-related smartphone use after work on job burnout: Moderating effect of social support and organizational politics. *Comput. Hum. Behav.* 105, 106194. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.106194>

Sani, G.M.D., 2014. Men's employment hours and time on domestic chores in European countries. *J. Fam. Issues* 35, 1023–1047. <https://doi.org/10.1177/0192513X14522245>

Sluiter, J.K., Frings-Dresen, M.H., van der Beek, A.J., Meijman, T.F., 2001. The relation between work-induced neuroendocrine reactivity and recovery, subjective need for recovery, and health status. *J. Psychosom. Res.* 50, 29–37.  
[https://doi.org/10.1016/s0022-3999\(00\)00213-0](https://doi.org/10.1016/s0022-3999(00)00213-0)

**Motivation professionnelle** : il s'agit de motivation autonome lorsque les actions professionnelles sont faites par choix ou par intérêt, de motivation contrôlée lorsque les actions professionnelles naissent de pressions internes et/ou externes, et d'amotivation lorsque l'individu ne perçoit aucune bonne raison de réaliser ses actions professionnelles.

**Pression technologique professionnelle** : fait référence à la préoccupation liée à la nécessité de répondre très rapidement à des messages professionnels reçus par le biais des technologies de l'information et de la communication, comme les courriers électroniques ou les messageries instantanées.

**Surcharge psychobiologique** : ensemble d'altérations psychologiques et biologiques dues à une fatigue chronique ou à une surcharge mentale liée au stress par exemple.

**Technologies de l'information et de la communication** : techniques, réelles ou virtuelles, mobilisées dans les domaines de l'informatique et des télécommunications, qui permettent aux individus de produire, transformer, stocker et transmettre des informations.

### Pour en savoir plus

[Avis de l'Anses relatif à l'état des connaissances sur l'influence du travail à distance sur la santé des travailleurs](#)

[Télétravail : effets sur la santé et les conditions de travail - Revue de la littérature - Anses/Inserm](#)

Projet de recherche TECHSAN, en cours depuis 2022 : « *Nouvelles Technologies, Télétravail, et Santé au Travail* ».

Contact : [nicolas.gillet@univ-tours.fr](mailto:nicolas.gillet@univ-tours.fr)

#### Partenariat :

- Unité de recherche QUALIPSY, Département de psychologie, Université de Tours (Nicolas Gillet  et Céline Diaz),
- Unité de recherche C2S, Département de Psychologie, Université de Reims Champagne-Ardenne (Tiphaine Huyghebaert-Zouaghi),
- Substantive-Methodological Synergy Research Laboratory, Department of Psychology, Concordia University, Montréal, Canada (Alexandre J.S. Morin),
- LIPROM, Département de gestion des ressources humaines, Université du Québec à Trois-Rivières, Canada (Claude Fernet et Stéphanie Austin).

# L'amiante : de la recherche à la protection des travailleurs

## Qu'est-ce que l'amiante ?

L'amiante est une fibre minérale allongée, de la famille des silicates. Les premières traces de son utilisation remontent à 4 500 ans en arrière, en Finlande, où l'amiante était utilisé dans des pots de céramique et des ustensiles (Ross and Nolan, 2003). Il est facile à extraire (de nombreux affleurements existent dans le monde, y compris en France) et possède des propriétés très intéressantes. Ces fibres résistent en effet au feu, aux agressions chimiques, aux frottements, à l'usure et à la traction, sont flexibles et élastiques, peuvent être tissées et présentent une faible conductivité thermique, acoustique et électrique. Autant d'atouts qui font que, en plus de son faible coût de revient, l'amiante était incorporé dans de nombreux matériaux notamment de construction tels que les faux-plafonds, le ciment, les asphalte routiers ou les plaques ondulées.

Il existe 6 sortes d'amiante, classées en deux groupes qui se distinguent selon leur espèce minéralogique. Les serpentines sont des fibres plus fines, souples et courbées, parfois regroupées en fibrilles. Cette famille est constituée de chrysotile (amiante blanc), qui représente plus de 90% de l'amiante utilisé. Les amphiboles sont en forme d'aiguilles, plus larges et rigides. Elles regroupent 5 sortes d'amiante : l'anthophyllite, l'amosite (amiante brun), l'actinolite, la trémolite, la crocidolite (amiante bleu).



## Quels sont les risques pour la santé ?

Les dangers de l'amiante ont pour la première fois été pointés par Pline l'Ancien, dans l'Antiquité, chez les esclaves romains tissant les vêtements avec fibres d'amiante. A raison, puisque toutes les formes d'amiante ont été classées comme cancérogènes certains (groupe 1) par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) en 1977. Leur utilisation n'a été interdite en France **qu'en 1997**. De nombreux bâtiments construits avant cette année présentent donc des matériaux contenant des fibres d'amiante. Les fibres d'amiante sont invisibles à l'œil nu et sont facilement inhalées, que ce soit lors de la fabrication des matériaux contenant de l'amiante (dans les pays qui l'autorisent encore ou avant son interdiction en France), lors de leur élimination ou en intervenant sur un affleurement naturel d'amiante ou un matériau amianté. L'exposition non professionnelle est difficile à évaluer, mais possible à proximité des effleurements naturels ou dans les bâtiments contenant des matériaux amiantés commençant à se dégrader.

**L'inhalation** d'amiante peut entraîner, avec une latence pouvant aller jusqu'à plusieurs dizaines d'années, une fibrose pulmonaire, des **cancers du poumon, de l'ovaire, du larynx ou encore un mésothéliome**. Des cancers de l'appareil digestif sont suspectés d'être liés à une exposition à l'amiante, notamment le cancer colorectal, le cancer du pharynx et le cancer de l'estomac. Les maladies liées à l'amiante et reconnues comme maladies professionnelles en France représentent aujourd'hui la deuxième cause de maladies professionnelles et la première cause de décès liés au travail, hors accidents du travail (Assurance Maladie, 2023).

# Du PNR EST à la décision publique

Depuis 2009, l'Anses a mené plusieurs expertises liées à l'amiante pour caractériser les risques sanitaires, émettre des valeurs limites d'exposition, évaluer les moyens de protection ou faire le lien avec certains cancers, comme ceux de l'ovaire et du larynx. Un rapport paru en 2021 traite d'une exposition moins répandue par ingestion d'eau contaminée provenant de la dégradation de canalisations en amiante-ciment ou de sources naturelles. Le dernier en date, paru en 2024, se focalise sur l'effet des fibres courtes d'amiante sur la santé des professionnels exposés.

Les projets financés peuvent ainsi contribuer aux politiques publiques, comme dans le cas du décret 2023-946 qui a complété les tableaux des maladies professionnelles annexés au livre IV du Code de la Sécurité sociale par le tableau n°30 ter « Cancers du larynx et de l'ovaire provoqués par l'inhalation de poussières d'amiante ». Ce tableau résulte des travaux au sein de la commission spécialisée des pathologies professionnelles du Conseil d'orientation des conditions de travail (COCT).



## Pour en savoir plus

[La page amiante du site de l'Anses](#)

## Références

Assurance Maladie. 2023. *Evolution du nombre de maladies d'origine professionnelle par maladie et par syndrome de 2000 à 2021* [Data set]. Retrieved from <https://www.assurance-maladie.ameli.fr/etudes-et-donnees/mp-denombrement-historique-2000-2021>

Ross M., Nolan R. P. 2003. History of asbestos discovery and use and asbestos-related disease in context with the occurrence of asbestos within ophiolite complexes. In Ophiolite Concept and the Evolution of Geological Thought (Yıldırım Dilek and Sally Newcomb, pp. 447–466). The geological society of America.

*Les présentations des projets de recherche reflètent les points de vue des équipes scientifiques partenaires et n'engagent que leurs membres.  
Pour toute question, les contacts sont indiqués à la fin de chaque article.*

# LES **CAHIERS** DE LA **RECHERCHE**

Une publication de l'Anses

Directeur de publication

Benoit Vallet

Directrice de la rédaction

Laetitia Dubois

Rédaction

Aurélie Lelong-Brunle

Conception et mise en page

Aurélie Desbrée, Aurélie Lelong-Brunle

**Responsable d'édition**

Fabrice Coutureau Vicaire

Ont également contribué à ce numéro

Henri Bastos, Adeline Beaugendre, Océane Dos Reis,  
Céline Fernandes, Sophie Guitton, Sophie Le Quellec,  
Anne-Laure Moriaux, Amandine Paillat, Mathieu Schuler

Crédits photo : 123RF

© Anses septembre 2025

La collection des Cahiers de la Recherche, produite par l'Anses, s'attache à valoriser les projets de recherche financés grâce au Programme National de Recherche Environnement-Santé-Travail (PNR EST). Les articles, qui concernent des projets encore en cours ou récemment terminés au moment de leur rédaction, ont pour but d'illustrer la démarche des chercheurs. Le PNR EST ambitionne de conduire les communautés scientifiques à produire des données utiles aux différentes phases de l'analyse du risque sanitaire et, ainsi, à rapprocher recherche et expertise scientifique. Il est financé par l'Anses sur des budgets délégués par les ministères chargés de l'environnement, du travail, de la santé et de l'agriculture et par plusieurs co-financeurs : l'ADEME, l'IT Cancer et la stratégie Ecophyto 2030. Au rythme de deux cahiers publiés par an, chaque cahier est conçu dans la perspective d'apporter un regard croisé sur la recherche, l'expertise et les préoccupations de la société sur des sujets à forts enjeux sanitaires sur une thématique donnée. Les Cahiers de la Recherche sont mis en ligne sur le site [anses.fr](http://anses.fr) et sur HAL-Anses.

ISSN 2264-7597 – Dépôt légal : septembre 2025 – Anses Éditions 2025 - CC BY-SA



14, rue Pierre et Marie Curie  
94701 Maisons-Alfort Cedex  
[anses.fr](http://anses.fr)