

HYGIÈNE & SÉCURITÉ DU TRAVAIL

La revue technique de l'INRS
avril • mai • juin 2026

N° 283

/ Décryptage /

Comprendre l'analyse
du « risque cyber »
dans le contexte
de la sécurité
des machines

/ Note technique /

Risques liés
aux équipements lasers
manuels : décapage
de peinture thermolaquée

/ Base de données /

Portrait des expositions
professionnelles
au chrome hexavalent
et à ses composés
de 2015 à 2024

/ Congrès /

Accidents du travail :
agir pour leur prévention



Dossier

Saisonniers: état des lieux et pistes de prévention



L'INRS

L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS) pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles est une association loi 1901, créée sous l'égide de la Caisse nationale de l'assurance maladie (Cnam). L'Institut est géré par un conseil d'administration paritaire composé, à parts égales, d'un collège représentant les employeurs et d'un collège représentant les salariés, présidé alternativement par un représentant d'un de ces collèges. Financé en quasi-totalité par l'Assurance maladie – Risques professionnels, à qui il apporte son concours, l'INRS inscrit son action dans le cadre des orientations de la branche Accidents du travail – maladies professionnelles (AT-MP). Ses domaines de compétences couvrent les risques physiques (bruit, vibrations, champs électromagnétiques, machines...), chimiques, liés aux substances comme aux procédés (solvants, poussières...), biologiques (infectieux, immunoallergiques...), électriques, incendie / explosion, psychosociaux et organisationnels... Sa mission est de contribuer à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles, et plus précisément :

- d'identifier les risques professionnels ;
- d'analyser leurs conséquences sur la santé de l'homme au travail ;
- de concevoir, de diffuser et de promouvoir des solutions de prévention

auprès de tous les acteurs de la prévention : spécialistes des risques professionnels en entreprise ([Q]HSE, IPRP, cadres et fonctionnels en charge de la sécurité et de la santé au travail, animateurs de sécurité, personnes compétentes...), experts – conseil, dirigeants d'entreprise ou d'établissement et (D)RH, élus aux CSE/CSSCT/RP et représentants syndicaux, salariés, agents du réseau Assurance maladie – Risques professionnels (AM-RP), services de prévention et de santé au travail (interentreprises ou autonomes)...

Les activités de l'INRS s'organisent selon quatre axes (en plus des métiers supports) : études et recherche, assistance, formation et information / communication.

➤ Notre métier, rendre le vôtre plus sûr



Retrouvez-nous
sur le Web :

Ou abonnez-vous
en ligne sur :

hst.fr



ÉQUIPE DE RÉDACTION

Antoine Bondéelle
Rédacteur en chef, INRS
Sandrine Pierrat
Secrétaire de rédaction, INRS
Taina Grastilleur, Maud Foutieau
Corrections
Amélie Lemaire,
Valérie Lachague-Causse
Maquettes et infographies, INRS
Nadia Bouda
Iconographie, INRS
Sandrine Voulyzé
Chargée de fabrication, INRS
Nadège Marmignon
Assistante, INRS

COMITÉ ÉDITORIAL

Antoine Bondéelle, Sandrine Pierrat
Équipe de rédaction, INRS
Benoît Courrier
Direction des Études
et de la recherche, INRS
Patrick Laine
Chef du département Expertise
et conseil technique, INRS
Fahima Lekhchine
Chef du département Information
et communication, INRS
Lionel Limousy
Chef du département Ingénierie
des équipements de travail, INRS
Jean Theurel
Chef du département Sciences
appliquées au travail et aux
organisations, INRS
Jérôme Triolet
Direction des Applications, INRS
Delphine Vaudoux
Responsable du pôle
Publications périodiques, INRS

ONT PARTICIPÉ À CE NUMÉRO :

Damien Arnoux, Denis Berner,
Nicolas Bertrand,
Jean-Christophe Blaise,
Antoine Bondéelle,
Nicolas Bourgogne,
Damien Brissinger, Lucas Burtin,
Jean-Denis Clary, Jennifer Clerté,
Anaëlle Cloteaux, Olivier Culié,
Sophie Deleys, Alexandre Depriester,
Julie Dréano, Bruno Galland,
Nisrine Ghadban, Christelle Ghazaly,
Corinne Grusenmeyer,
Marianne Guillemot,
Alexandre Klingler,
Bénédicte La Rocca, Pascal Lamy,
Aurélien Lux, Marc Malenfer,
Florian Marc, Marie-Eve Major,
Mathieu Marchal, Patrice Marchal,
Gautier Mater, Romuald Pain,
Jean Passeron, Aurélie Périsset,
Nellie Perrin, Marjorie Pierrette,
Christel Ravera, Audrey Santandrea,
Jean-François Sauvé, Jennifer Shettle,
Benjamin Sutter, Jonathan Terroir,
les relecteurs internes de la revue,
les pôles Information juridique
et Traductions de l'INRS,
ainsi que les photographes cités.

Photo de couverture :
© Patrick Delapierre pour l'INRS /
2023

L'édito de...

JENNIFER SHETTLE, responsable du pôle Information juridique,
département Études, veille et assistance documentaires, INRS



© Gaël Kerbaol / INRS / 2021

Le travail saisonnier, bien qu'essentiel pour l'économie en France ou ailleurs, expose les travailleurs à des risques professionnels accrus et à des formes de vulnérabilité spécifiques. Qu'ils soient vendangeurs, serveurs ou agents de maintenance en station de ski, ces femmes et ces hommes assurent la continuité d'activités indispensables dans des secteurs comme le tourisme, l'agriculture ou l'hôtellerie-restauration. Ces emplois, d'une durée moyenne de deux mois, répondent à des besoins cycliques et prévisibles, mais reposent sur une main-d'œuvre temporaire, souvent jeune, peu qualifiée ou issue de l'étranger. Le paradoxe des travailleurs saisonniers est particulièrement frappant : d'un côté, le cadre juridique leur garantit les mêmes droits qu'aux salariés permanents ; de l'autre,

la réalité du terrain les expose à des conditions de travail plus contraignantes et risquées. En effet, les entreprises qui emploient des saisonniers, parfois peu structurées en matière de santé et sécurité, peinent à mettre en œuvre une prévention efficace adaptée à la brièveté des contrats et à la forte rotation du personnel. Entre cadences particulièrement intenses, horaires atypiques et repos hebdomadaires sacrifiés, leur santé est mise à rude épreuve. À cela s'ajoutent des contraintes physiques importantes : station debout prolongée, gestes répétitifs, manutentions de charges lourdes et postures contraignantes. Ces conditions favorisent l'apparition de troubles musculosquelettiques (TMS), particulièrement fréquents chez ces travailleurs. En plus de ces contraintes physiques, ils sont soumis à des risques organisationnels et psychosociaux. La pression temporelle, liée à l'afflux touristique ou aux impératifs de production agricole, impose un rythme de travail soutenu et parfois imprévisible. La fatigue devient alors un facteur central de risque, augmentant la probabilité d'accidents

(chutes, brûlures, coupures) et de tensions au travail. Dans les métiers en contact avec le public, comme la restauration, les travailleurs sont également exposés à des incivilités, voire à des violences. Au-delà des risques professionnels, la vulnérabilité sociale constitue un enjeu majeur. Une part importante des saisonniers vit hors de son domicile habituel, avec des difficultés

«Le cadre juridique garantit [aux saisonniers] les mêmes droits qu'aux salariés permanents ; la réalité du terrain les expose à des conditions de travail plus contraignantes et risquées. »

d'accès au logement. La précarité touche plus de la moitié des travailleurs dans certains secteurs. On observe en outre des obstacles liés à la langue, à l'accès aux soins ou à la méconnaissance de leurs droits, en particulier pour les travailleurs étrangers. Face à ces constats, la prévention des risques professionnels doit impérativement s'adapter aux spécificités du travail saisonnier. Il ne s'agit pas seulement de transposer des dispositifs existants, mais de les rendre « compatibles » avec une organisation du travail courte, intense et instable. Cela passe notamment par l'anticipation des mesures de prévention et le renforcement de la coordination des acteurs extérieurs (Carsat, services de prévention et de santé au travail, etc.). Comme le montrent les études, il est souvent trop tard pour agir une fois la saison lancée. La saisonnalité ne doit pas servir d'excuse à la précarité. La protection des travailleurs saisonniers constitue non seulement un devoir en matière de santé au travail et, plus largement, de santé publique, mais également la condition de la pérennité et de l'attractivité de certains secteurs essentiels de l'économie.

SOMMAIRE



Savoirs & actualités

Décryptage

Comprendre l'analyse du « risque cyber » dans le contexte de la sécurité des machines

P. 05

Actualité juridique

Une modification des horaires de travail constitue un projet important justifiant une expertise du CSE

P. 14

Manquement d'un salarié à son obligation de sécurité et propos dégradants

P. 17

Focus normalisation

Machines mobiles autonomes : quels enjeux en prévention des risques ?

P. 18

Dossier

Saisonniers : état des lieux et pistes de prévention

- Une population très exposée aux risques

P. 22

- Focus sur... Travailleurs et saisonniers agricoles : une enquête sur les conditions de travail en extérieur

P. 25

- Santé et sécurité du travail saisonnier : contexte réglementaire

P. 27

- Spécificités et réalités pour une prévention efficace des troubles musculosquelettiques des travailleurs saisonniers

P. 32

- Santé au travail des saisonniers en hôtellerie-restauration : risques professionnels, vulnérabilités spécifiques et leviers d'action

P. 37



Les travailleurs saisonniers, une population très exposée aux risques.
Lire le dossier p. 20.

© Patrick Delapierre pour l'INRS / 2021



Études & solutions

Notes techniques

- Risques liés aux équipements lasers manuels: exemple du décapage de peinture thermolaquée

P. 45

- Développement d'un capteur pour la mesure en temps réel des expositions professionnelles à l'ozone: essais d'intercomparaison avec les capteurs commerciaux

P. 54

- Utilisation des lunettes connectées en milieu professionnel: analyse des risques et points de vigilance

P. 64

Étude de cas

- Appareils de protection respiratoire (APR) à ventilation assistée: protocole d'aide pour déterminer la fréquence de changement des cartouches antigaz

P. 72

Base de données Colchic

- Portrait rétrospectif des expositions professionnelles au chrome hexavalent et à ses composés en France de 2015 à 2024

P. 78

À ce jour, la base de données Colchic compte plus d'un million de résultats pour 745 agents chimiques et biologiques, et représente un outil d'aide pour l'identification des axes prioritaires de prévention du risque chimique.



Agenda & services

Congrès

Accidents du travail:
agir pour leur prévention

P. 85

Agenda/Événements

P. 90

Formation

La rubrique « Formation » du site Web de l'INRS fait peau neuve

P. 92

Agenda/Formations

P. 94

Sélection bibliographique

À lire, à voir

P. 96



Veille & prospective

Prospective

État de la veille
et de la prospective 2025

P. 99

à détacher



Les fiches HST

Polyexposition chimique:
quels outils pour la prendre
en compte ?



Savoirs & actualités

Décryptage

Comprendre l'analyse
du « risque cyber » dans le contexte
de la sécurité des machines

P. 05

Actualité juridique

Une modification des horaires de travail
constitue un projet important justifiant
une expertise du CSE

P. 14

Manquement d'un salarié
à son obligation de sécurité et propos dégradants

P. 17

Focus normalisation

Machines mobiles autonomes :
quels enjeux en prévention des risques ?

P. 18

Dossier

Saisonniers : état des lieux et pistes de prévention

P. 20

Décryptage

COMPRENDRE L'ANALYSE DU « RISQUE CYBER » DANS LE CONTEXTE DE LA SÉCURITÉ DES MACHINES

La cybersécurité (capacité d'un système à résister aux cyberattaques et aux pannes survenant dans le cyberspace) est devenue, depuis près d'une quinzaine d'années, une préoccupation pour de nombreuses entreprises. Du point de vue de la santé et la sécurité au travail (SST), cette prise en compte du « risque cyber » va être renforcée dans le cadre de la conception des machines, avec la mise en application du règlement européen 2023/1230, prévue pour le 20 janvier 2027. Cet article s'adresse aux préventeurs machines et vise à donner une première approche du processus de l'analyse du risque cyber et à le comparer avec l'analyse du risque physique machine.

UNDERSTANDING 'CYBER RISK' ASSESSMENT IN THE CONTEXT OF MACHINE SAFETY - Over the past fifteen years, cybersecurity (i.e. a system's ability to withstand cyberattacks and failures occurring in cyberspace) has become a major concern for many companies. From an occupational health and safety (OHS) perspective, the consideration of 'cyber risk' in machine design is set to become even more important following the implementation of European Regulation 2023/1230, which is due to come into force on 20 January 2027. This article is intended for machine safety professionals and provides an introductory overview of the cyber risk assessment process. It also compares this process with the conventional physical risk assessment of machines.

PASCAL
LAMY,
NISRINE
GHADBAN
INRS,
département
Ingénierie des
équipements
de travail

ALEXANDRE
DEPRIESTER
INRS,
département
Informatique
et système
d'information

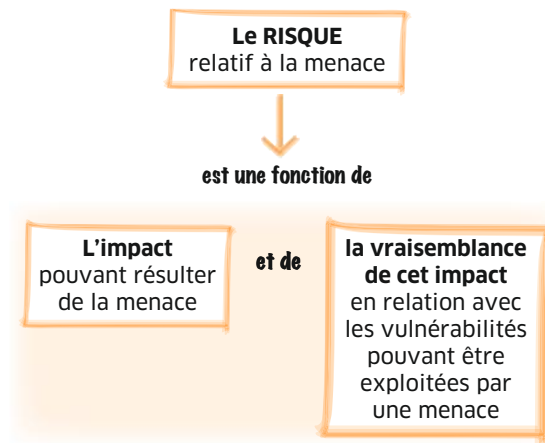
Présentation générale et contexte

Le numérique étend son emprise sur les machines et les installations industrielles depuis plusieurs années, et cette tendance s'est accélérée dans le contexte de l'industrie 4.0. Les machines, anciennes ou récentes, sont ainsi de plus en plus connectées à des réseaux, notamment Internet. Les machines industrielles en service de conception ancienne, n'ont pas été conçues pour faire face aux cyberattaques, ou bien sont utilisées dans des environnements et des contextes d'exploitation qui rendent difficile la mise en place de mesures de sécurité informatique. Qu'elles soient récentes ou anciennes, les machines industrielles peuvent donc être exposées au « risque cyber », ce qui peut mener à un dommage physique pour l'opérateur, par exemple en cas de modification du fonctionnement de la machine ou de prise de commande à distance de la machine.

Dans le secteur industriel, la cybersécurité (définie par l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information comme « un état recherché pour un système d'information lui permettant de résister à des événements issus du cyberspace susceptibles de compromettre la disponibilité, l'intégrité ou la confidentialité des données stockées, traitées ou transmises et des services connexes que ces systèmes offrent ou qu'ils rendent accessibles »¹⁾) est devenue une préoccupation pour de nombreuses entreprises industrielles (retentissement médiatique suite à des cyberattaques, obligations réglementaires selon les secteurs d'activité, sensibilisation accrue au risque de cyberattaque). Avec la mise en application du règlement européen « Machines » 2023/1230, à partir du 20 janvier 2027 [1], de nouvelles exigences essentielles de santé et de sécurité (EESS: Cf. Annexe III, section 1.1.9 et 1.2.1) relatives,



FIGURE 1 →
Définition du risque
cyber (issue du
document ISO TR
22100-4 [3]).



part, à la protection contre la corruption (de données) et, d'autre part, au comportement du système de commande en cas de tentatives malveillantes sont introduites.

Comme dans tout processus de prévention des risques, avant de mettre en place des mesures de prévention, il faut commencer par une analyse du risque. Cet article a comme objectif de se focaliser sur le processus de l'analyse du risque cyber. Il propose d'explicitier et de vulgariser le « jargon » employé en cybersécurité, dans le contexte de la santé et de la sécurité au travail (SST) pour les machines industrielles.

Le risque numérique ou « risque cyber »

Dans le domaine de la SST, pour la conception des machines, le référentiel en support à l'analyse de risque professionnel est la norme NF EN ISO 12100 [2]. Cette analyse y est organisée en trois étapes :

la détermination des limites de la machine, l'identification des phénomènes dangereux et l'estimation du risque.

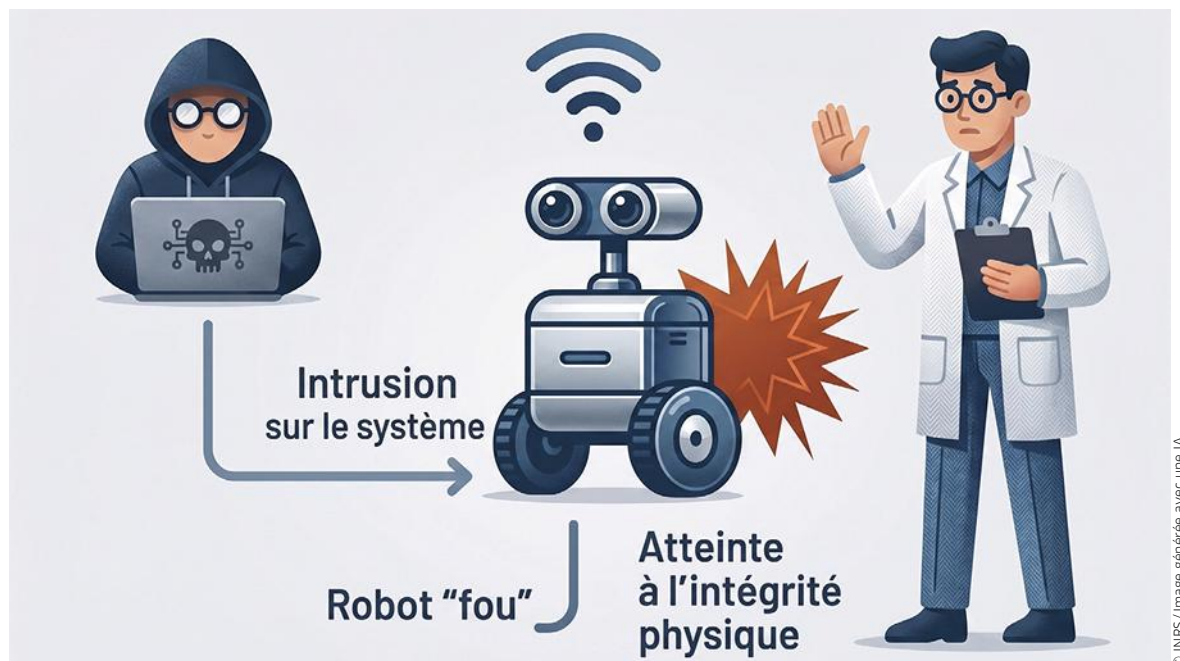
Ce référentiel est complété, pour les aspects de cybersécurité, par le document ISO TR 22100-4 [3]. Ce rapport technique propose de définir le « risque cyber » comme une combinaison de l'impact et de la vraisemblance de cet impact (Cf. Figure 1). Ces notions sont elles-mêmes reliées à celles de menace et vulnérabilité, précisées plus loin dans l'article (Cf. § « Menace et vulnérabilités » p. 8).

Sur la base de cette définition, cet article se concentre sur les impacts pour la SST (dommage physique par exemple), incluant ceux affectant potentiellement une mesure de prévention, et non pas sur les impacts financiers, juridiques liés à une cyberattaque. En cas de cyberattaque, une compromission de l'intégrité d'un système ou de ses commandes peut mener à un dommage pour le salarié : par exemple, la corruption du fonctionnement d'un robot mobile ou la prise de contrôle de ses commandes peuvent entraîner une collision avec le salarié (Cf. Figure 2). Une cyberattaque peut aussi générer un stress lié à l'attaque et à ses conséquences, comme la perte de données, l'indisponibilité prolongée de l'outil de production, voire la perte d'emploi. Pour une description plus générale, voir la note technique [4] parue dans un numéro précédent de la revue.

Les étapes d'une cyberattaque

Avant de détailler l'analyse du risque cyber, il est important de comprendre par quel processus général un attaquant mène son opération, car cela sera utile dans une des étapes du processus de cette

FIGURE 2 →
Corruption d'un
robot mobile par la
prise de contrôle
de ses commandes
menant à une
possibilité de heurt
avec un salarié.

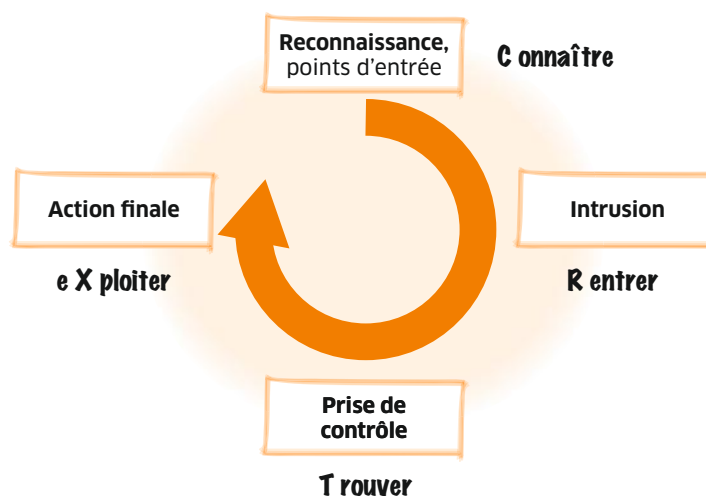


© INRS / Image générée avec une IA

analyse. On parle de chemin ou de scénario d'attaque (en anglais, *kill chain*). Différentes représentations de chemin d'attaque existent. La Figure 3 présente celle qui est utilisée dans la méthode EBIOS-RM (Expression des besoins et identification des objectifs de sécurité – *Risk manager*) [5], méthode française développée par l'Anssi (Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information). Le chemin d'attaque est composé de quatre étapes: « Connaître, Rentrer, Trouver et eXploiter ». On parle alors de la *kill chain* C-R-T-X.

Connaître

La première étape consiste pour l'attaquant à recueillir toutes les informations disponibles par rapport à la cible visée. Ce peut être par exemple *via* la recherche d'information en source ouverte et disponible, telle que les adresses mails des employés lorsque celles-ci sont mentionnées sur le site de l'entreprise, ou en exploitant des bases d'adresses accessibles, de manière légale ou non. L'attaquant peut également chercher les points d'accès lui permettant de rentrer dans le système d'information de l'entreprise. Il peut notamment essayer d'effectuer un scan du réseau et déterminer les accès à des services ouverts ou potentiellement vulnérables à une intrusion. Il peut aussi observer les pratiques concernant les accès



physique ou logique, tels que l'absence de contrôle ou une résistance insuffisante aux attaques, et ainsi profiter des faiblesses dans ces accès.

En fonction de son profil (Cf. Tableau 1), l'attaquant peut également observer ou chercher, parmi les prestataires ou les intervenants extérieurs, un moyen détourné d'entrer dans le système d'information; il peut recueillir des informations sur les façons de faire de l'entreprise, voire soudoyer un prestataire.

↑ FIGURE 3
Illustration des quatre étapes d'un chemin d'attaque.

↓ TABLEAU 1
Liste de profils d'attaquants proposée dans la méthode EBIOS-RM (Source: Anssi [5]).

PROFIL D'ATTAQUANT	EXEMPLES ET MODES OPÉRATOIRES HABITUELS
Étatique	État, agence de renseignement: Attaques généralement conduites par des professionnels, respectant un calendrier et un mode opératoire prédéfinis. Ce profil est caractérisé par sa capacité à mener une attaque sur un temps long (ressources stables), à déployer des moyens et des compétences importants, à adapter ses outils et ses méthodes en fonction de la cible. Possibilité d'exploiter des vulnérabilités non connues.
Crime organisé	Organisation cybercriminelle: Arnaque en ligne, demande de rançon (attaque par rançongiciel). Ces cybercriminels mènent des attaques de plus en plus sophistiquées. Certains peuvent exploiter des vulnérabilités non connues.
Terroriste	Cyberterroriste, cybermilice: Attaques généralement peu sophistiquées mais menées avec détermination, à des fins de déstabilisation et de destruction: indisponibilité, arrêt intempestif, défiguration de site Internet.
Activiste idéologique	Cyber-activiste (hacktiviste), groupement d'intérêt, secte: Profil équivalent au terroriste dans la façon et la capacité de procéder mais motivé par des intentions moins destructrices. Ce peut être pour véhiculer une idéologie, un message, etc.
Officine spécialisée	« Cybermercenaire » avec un but lucratif: Capacités techniques généralement élevées, agissant par défi et pour la quête de reconnaissance. Peut s'organiser en officine spécialisée proposant des services de piratage ou peut concevoir des outils d'attaques et les mettre à disposition sur Internet.
Amateur	Attaquant doté de connaissances informatiques, motivé par la reconnaissance sociale, l'amusement ou le défi. Peut utiliser des outils d'attaque disponibles en ligne.
Vengeur	Attaquant motivé par un esprit de vengeance ou un sentiment d'injustice, comme un salarié ou un prestataire mécontent. Caractérisé par une détermination et une connaissance interne des systèmes et de l'entreprise.
Malveillant pathologique	Motivation d'ordre pathologique ou opportuniste, parfois par appât du gain Assaillant de compétences diverses: peut mener l'attaque seul, ou en s'aidant de solutions accessibles; ou en sous-traitant l'attaque à une officine spécialisée, peut soudoyer un salarié, un prestataire.



Il s'agit donc dans cette étape, pour l'attaquant, d'obtenir le maximum d'informations exploitables, et généralement il privilégiera les informations les plus faciles à obtenir et les plus pertinentes pour la suite du scénario.

Rentrer

La deuxième étape consiste pour l'attaquant à pénétrer dans le système d'information de l'entreprise, et à accéder au réseau informatique/numérique par quelque moyen que ce soit, en s'appuyant sur les informations exploitables recueillies dans l'étape « Connaître ». Il emploie pour cela des techniques profitant de failles ou points d'entrée vulnérables. Il peut par exemple :

- envoyer un mail piégé à un salarié, contenant un *malware* (code malveillant) lui permettant de s'introduire dans le système ;
- envoyer un lien vers un site Internet frauduleux ;
- contourner les sécurités des services d'accès à distance, en profitant de l'existence d'un mot de passe faible.

Trouver

Une fois entré dans le système, l'attaquant l'explore, s'y déplace, parcourt les différents équipements et services accessibles en réseaux, exploite ceux qui se révèlent les plus vulnérables et qui pourront être utilisés pour la suite. Il peut aussi augmenter ses privilèges (droits d'accès, par exemple, pour passer d'un utilisateur normal à un utilisateur administrateur). Il cherche ainsi à atteindre sa cible finale. Cette troisième étape peut durer plusieurs mois, à partir du moment où l'attaquant n'est pas détecté. Il reste pour cela le plus discret possible.

exploiter

Cette dernière étape est la concrétisation de l'attaque. L'attaquant exploite ce qu'il a trouvé au cours des étapes précédentes et mène son action finale. Ce peut être, par exemple, un déni de service (rendre l'équipement indisponible), la prise de contrôle à des fins malveillantes, ou encore la modification (indésirable et/ou malveillante) altérant le fonctionnement attendu de l'équipement (changer la vitesse de déplacement d'un élément mobile).

Il est important d'avoir en tête ces étapes pour pouvoir imaginer des scénarios d'attaque, en fonction des menaces et vulnérabilités.

Menace et vulnérabilités

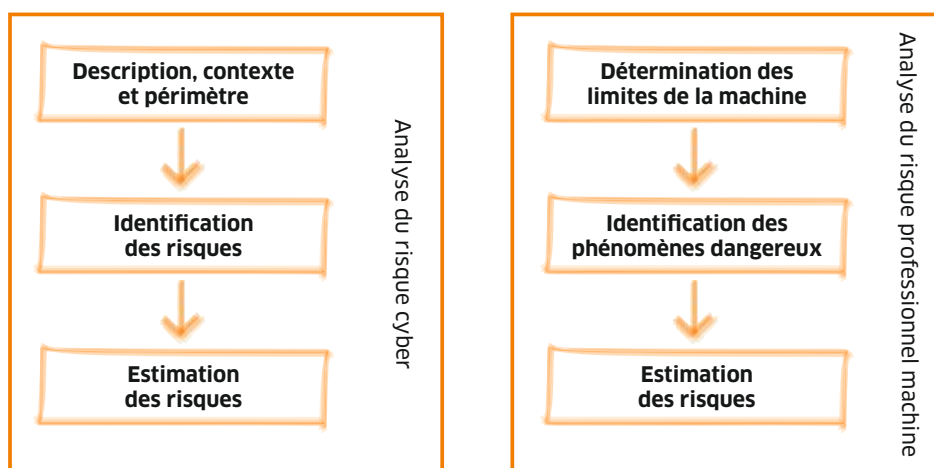
Menace et source de risque

La menace est un terme générique pour désigner toute intention, malveillante ou involontaire, susceptible de provoquer un risque ; par exemple, une cyberattaque ou une mise à jour légitime provoquant un incident de sécurité grave.

Ici, nous nous concentrons sur les menaces malveillantes. L'Anssi propose chaque année un panorama de la cybermenace [6] permettant de comprendre les évolutions et les tendances relatives aux techniques d'attaque, de mieux comprendre l'objectif des attaquants et leur origine. Une bonne connaissance des contextes de menace générale, mais aussi locaux (domaine d'activité, environnement géopolitique, exposition de l'activité, etc.) apparaît comme fondamentale pour mener l'analyse de risque, notamment pour estimer la vraisemblance de ces menaces. Il importe de mener une veille sur le sujet afin d'être en



© Jefferson Santos/Unsplash



← FIGURE 4
Les étapes de
l'analyse du risque
cyber (à gauche),
similaires à
l'analyse du risque
professionnel
machine de la
norme NF EN ISO
12100 (à droite).

capacité de se protéger au plus vite et au mieux. Il faut identifier la menace et l'estimer sereinement, sans exagération et en fonction du contexte géopolitique notamment. Par exemple, en période de conflits, des secteurs tels que l'aéronautique, la défense ou l'énergie peuvent être plus ciblés que d'autres.

Pour qu'une menace se concrétise, il faut déterminer son initiateur, appelé « source de risque » ou « source de menace ». Une source de risque malveillante communément désignée « attaquant » correspond à tout élément, personne, groupe de personnes ou organisation susceptible d'engendrer un risque; elle est caractérisée par sa motivation, ses ressources, ses compétences, ses modes privilégiés pour opérer (attaquer). Il importe, lors d'une analyse du risque de cyberattaque, de se questionner: « Qui peut m'attaquer? Pourquoi? Quels sont ses intérêts? Quels sont ses objectifs: la déstabilisation par atteinte à l'image ou déni de service; le préjudice financier, avec demande de rançon ou en portant atteinte à la capacité de production; la corruption ou l'exfiltration de données sensibles ou de savoir-faire; etc.? ». Dans les fiches méthodes associées à la méthode EBIOS-RM, l'Anssi propose une liste de profils d'attaquants (cf. Tableau 1).

Vulnérabilités

Les vulnérabilités sont des failles de sécurité numérique qui peuvent être exploitées par un attaquant pour mener son attaque. Elles se divisent en trois catégories: techniques, organisationnelles, et liées au comportement humain. Les vulnérabilités sont clairement définies, quantifiées et caractérisées; par exemple, l'absence d'antivirus sur un poste informatique, ou un mot de passe « faible ». Pour les équipements (ordinateurs, automates programmables industriels...) et logiciels, il existe des bases de données de vulnérabilités techniques, telles que celles du Cert [7] ou du Mitre [8].

Pour les machines, des exemples de vulnérabilités techniques peuvent être un accès physique ou logique non contrôlé, l'utilisation de protocoles de communication vulnérables entre les équipements industriels, comme le protocole non chiffré Modbus, l'absence de mot de passe pour se connecter à un équipement, etc. Les vulnérabilités liées aux erreurs humaines (par exemple liées à un manque de formation ou à une fatigue de l'humain) peuvent impliquer la connexion, non sécurisée ou non maîtrisée sur le réseau, de PC portables ou smartphones, l'absence de verrouillage du poste de travail en quittant ce dernier (ordinateur, interface de pilotage, console de programmation industrielle...), l'utilisation de matériel non protégé, une imprudence liée à l'ouverture de pièces jointes à un mail ou l'accès à un site Internet clairement frauduleux. L'absence de politique de sécurité des systèmes d'information constitue généralement une vulnérabilité organisationnelle reflétant une gouvernance faible du risque cyber.

Dans la suite de cet article, le processus d'analyse du risque cyber est présenté à travers ses similitudes avec l'analyse du risque professionnel lié à la conception des machines, en pointant les différences dans les termes employés. Ceci permettra au lecteur de mieux s'approprier les notions relatives à l'analyse du risque cyber.

Parallèle entre l'analyse du risque cyber et l'analyse du risque professionnel machine

Portée de l'analyse du risque cyber

Dans le cadre de l'analyse du risque professionnel lié aux machines et comme présenté dans la norme NF EN ISO 12100 [2], la mise en place des mesures de prévention ne fait pas partie de la phase d'analyse du risque mais de la phase de réduction du risque. Le référentiel normatif NF EN ISO/IEC 27005 [9] sur la sécurité de l'information propose le même processus: appréciation du risque (incluant l'analyse du risque) suivie de la



ENCADRÉ CONSÉQUENCES D'UNE CYBERATTAQUE SUR UNE MACHINE

Pour une machine, une cyberattaque intervient dans le processus de survenue d'un dommage en tant qu'événement dangereux – par exemple, un mouvement non voulu d'un élément mobile de la machine. Une cyberattaque peut également corrompre une mesure de protection d'un risque mécanique mise en œuvre dans le plan de gestion des risques au sens de la norme NF EN ISO 12100 [2]. Ainsi, une cyberattaque sur un robot mobile présentant un risque lié à sa chute (phénomène dangereux dû à son énergie potentielle) peut contribuer au processus menant au dommage, en déclenchant sa chute. Une cyberattaque ne crée pas de nouveaux phénomènes dangereux mais intervient en tant qu'événement dangereux, qui peut conduire à un dommage, en fonction du scénario opérationnel envisagé. Comme évoqué précédemment dans cet article (Cf. § « Le risque cyber » p. 6) ainsi que dans la note technique déjà parue [4], une cyberattaque peut également générer du stress, facteur de risques psychosociaux chez les salariés.

↓ **TABLEAU 2**
Parallèle entre
les termes de
l'analyse du
risque cyber et de
l'analyse du risque
professionnel
machine.

ANALYSE DU RISQUE CYBER	ANALYSE DU RISQUE PROFESSIONNEL MACHINE
Détermination du contexte de l'analyse : • fonctions, processus, données critiques, activités ; • description des usages ; • contexte de l'entreprise.	Fonction de la machine – Périmètre et contexte de l'analyse – Informations pour l'appréciation du risque. Détermination des limites de la machine : • limites spatiales (exemple : interactions humaines) ; • limites d'utilisation (exemple : mode de fonctionnement).
Phase d'identification des sources de risque (menaces) et des vulnérabilités.	Phase d'identification des phénomènes dangereux (énergies...).
Scénario macroscopique et événements principaux préjudiciables. Estimation de l'impact de l'événement.	Analyse préliminaire de risque. Dommages possibles. Estimation du ou des dommages : gravité.
Action finale de la cyberattaque (« eXploiter ») et atteinte à la cybersécurité.	Événement dangereux.
Scénario opérationnel (le comment : kill chain) → Vraisemblance.	Processus d'apparition du dommage → Probabilité d'occurrence du dommage.
Risque = fonction de la gravité de l'impact et de la vraisemblance de l'attaque.	Risque = fonction de la gravité du dommage et de la probabilité d'occurrence du dommage.

phase de traitement du risque, notion équivalente à la réduction du risque. La méthode EBIOS-RM [5] propose également ces deux phases. Seule la phase d'analyse du « risque cyber » est présentée dans cet article.

Parallèle entre les analyses du risque cyber et du risque professionnel machine

Pour faire un parallèle avec l'analyse du risque professionnel machine de la norme NF EN ISO 12100, qui est constituée de trois étapes – détermination des limites de la machine, identification des phénomènes dangereux et estimation du risque –, l'analyse du risque cyber peut également être décomposée en trois étapes (Cf. Figure 4) :

- la description du système à étudier, le périmètre de l'analyse et le contexte ;
- l'identification des risques ;
- l'estimation des risques.

La première étape consiste à borner le périmètre de l'analyse (une machine, par exemple), à décrire le système analysé, puis à recueillir les informations sur le contexte de l'entreprise, comme son domaine d'activité. Ces éléments permettront d'identifier les risques et de contribuer à leur estimation (Cf. Encadré).

La deuxième étape est l'identification des risques : elle vise à préciser, à l'aide du contexte et de la description du système objet de l'analyse, la menace, les vulnérabilités, ainsi que les événements préjudiciables pour l'entreprise.

La troisième étape consiste à estimer les risques, en s'appuyant sur la cotation de la vraisemblance de l'attaque et sur la cotation de son impact.

Pour décrire plus finement cette analogie dans les étapes de l'analyse du risque (risque cyber ou risque professionnel machine), le Tableau 2 présente les correspondances des termes employés dans le cadre de ces deux démarches d'analyse.

Le terme de « vraisemblance » mérite une attention particulière. L'estimation de la vraisemblance consiste à se positionner sur le fait que l'attaque réussisse ou non. Le Tableau 3 explicite les paramètres qui permettent d'estimer la vraisemblance, et montre le parallèle avec la probabilité d'occurrence du dommage pour le risque professionnel.

L'analyse du risque cyber pour les machines

Sur la base des éléments précédents, une représentation graphique du processus de l'analyse du risque cyber pour les machines, des éléments constituant cette analyse et de leur articulation est proposée dans la Figure 5.

Dans cet article, c'est l'impact humain et les possibles dommages causés aux salariés qui nous intéressent. Pour déterminer cet impact, on l'évalue sur la base de scénarios « de haut niveau » (macroscopiques), qui ne nécessitent pas une

← **TABLEAU 3**
Paramètres
pouvant servir
à l'estimation
de la
vraisemblance
et parallèle
avec la probabilité
d'occurrence
du dommage.

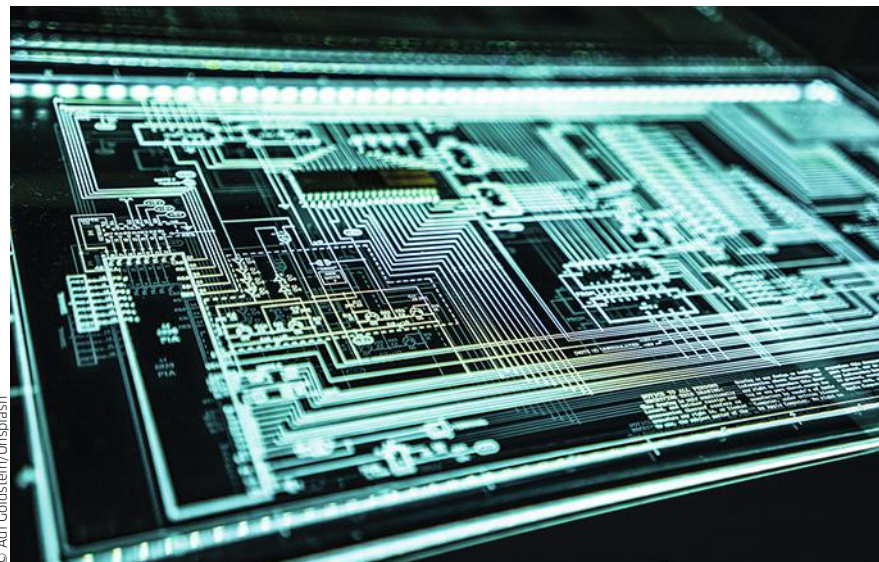
ESTIMATION DE LA VRAISEMBLANCE (RISQUE CYBER)	PROBABILITÉ D'OCCURRENCE DU DOMMAGE (RISQUE MACHINE)
Pas de déclinaison normative pour la vraisemblance, mais elle peut s'estimer grâce à : - la probabilité de survenue de l'incident; - la fréquence des incidents (si connue); - la facilité d'exploitation des vulnérabilités; - le degré de motivation de la menace (coût/bénéfice de l'attaque) et les capacités de la menace; - la difficulté technique du scénario; - la vulnérabilité intrinsèque au nouveau produit (projet/matériel récent peu éprouvé); - les vulnérabilités observées sur le système étudié ou l'organisation (précédents audits ou contrôles); - l'exposition et la visibilité de l'entreprise vis-à-vis de l'extérieur (un grand groupe, un secteur d'activité stratégique peuvent être plus visés); - une sécurité numérique du système lacunaire (par exemple: mesures de sécurité prévues non appliquées); - etc.	Combinaison de : - l'exposition au phénomène dangereux (source potentielle de dommage comme l'énergie cinétique, des éléments mobiles en mouvement, un fluide sous pression); - la probabilité d'occurrence d'un événement dangereux (probabilité de survenue de l'événement susceptible de causer un dommage tel que l'éclatement d'un outil, le contact avec des parties en mouvement); - la possibilité d'éviter ou de limiter le dommage (par exemple, vitesse de déplacement réduite).

connaissance fine de l'installation, mais une vue fonctionnelle qui tient compte du contexte de l'entreprise. Ces scénarios de haut niveau servent à déterminer les événements principaux susceptibles d'être préjudiciables à la santé ou à la sécurité des salariés. Il faut imaginer en quoi une cyberattaque pourrait impacter les fonctions, les processus, les activités et les données critiques pour l'intégrité des salariés.

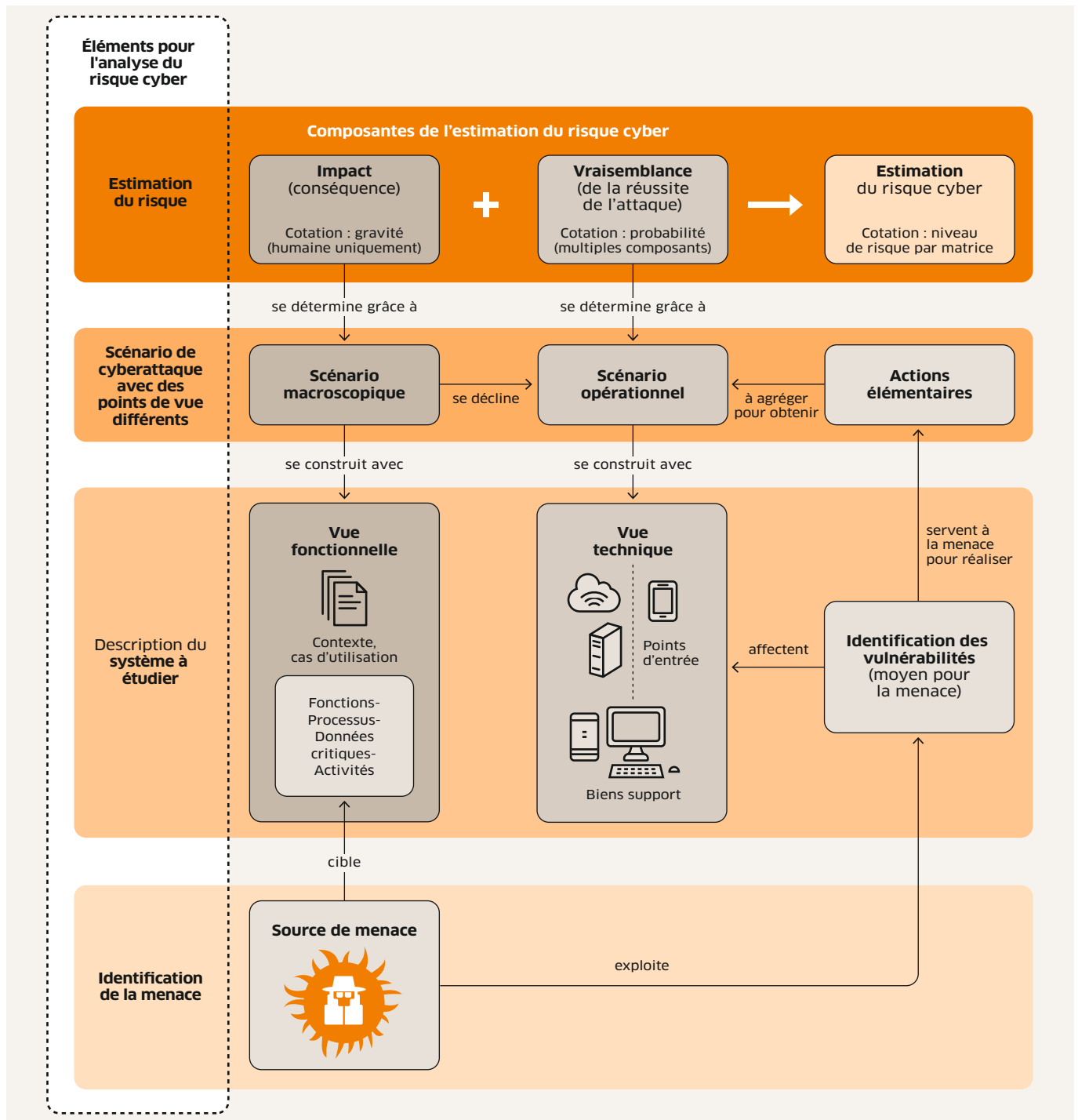
La vraisemblance permet d'estimer la probabilité de réussite de l'attaque. Pour la déterminer, les scénarios de haut niveau sont déclinés en scénarios opérationnels, élaborés avec une vue technique de la machine, afin d'expliciter comment l'attaquant (la source de la menace) peut atteindre son objectif. Ce sont les scénarios d'attaque, chemins d'attaque ou *kill chain* C-R-T-X, tels que présentés précédemment. Exprimé autrement, il convient d'identifier les fonctions, les processus, les données et les activités ciblés par la source de la menace et les vulnérabilités qu'elle exploiterait pour imaginer un ou plusieurs scénarios opérationnels; ces vulnérabilités sont un moyen pour que la menace effectue différentes actions élémentaires telles que le *phishing* (captation de données sensibles ou confidentielles), le déplacement dans le système pour atteindre la cible, la finalisation de l'attaque telle qu'un déni de service. Les vulnérabilités affectent généralement des éléments techniques (matériel ou logiciel) et tout ce qui peut servir de support à la réalisation des fonctions, des processus et des activités. On parle ainsi de « biens supports ». Ce sont eux qui peuvent être directement ciblés par la menace et « attaqués » par l'intermédiaire de points d'entrée, comme un

port USB, une connexion au réseau, ou tout autre moyen d'échange de données avec la cible.

La *Figure 5* présente ainsi une décomposition plus fine de l'analyse du risque cyber pour les machines, avec ses principaux éléments: l'identification de la menace, la description du système, les scénarios de cyberattaque avec des points de vue différents (en premier une vue macroscopique, haut niveau pour les scénarios macroscopiques, et une vue plus détaillée avec les scénarios opérationnels), et enfin l'estimation du risque. L'identification de la menace et le scénario de cyberattaque correspondent à l'étape d'identification des risques de la *Figure 4*. Chaque scénario va être coté avec un niveau de risque.



© Adli Goldstein/Unsplash



↑ FIGURE 5
Représentation de la démarche d'analyse du risque cyber pour les machines. À gauche, éléments constituant l'analyse : identification de la menace, description du système, scénarios de cyberattaque avec des points de vue différents.

Conclusion

Si le vocabulaire employé pour décrire la cybersécurité est spécifique, les principes de prévention des risques restent similaires à ceux utilisés dans le domaine des risques professionnels associés aux machines; on y retrouve globalement les mêmes étapes dans le processus d'analyse du risque. La spécificité intervient dans les composantes du risque avec, pour le risque cyber, la notion d'impact qui est plus large que le dommage pour le salarié, et la notion de vraisemblance. Le langage employé

est généralement d'un style militaire (attaque, défense, charge...), du fait que les secteurs stratégiques de la nation ont été les premiers à prendre en charge ce risque, notamment ceux de la défense et du renseignement.

L'INRS poursuit ses travaux sur l'analyse du risque cyber pour les machines, en la transposant au contexte des machines industrielles, et en examinant comment elle peut s'articuler avec l'analyse des risques professionnels, ou en réexploiter des éléments.

GLOSSAIRE

- **Attaquant**: une personne, un groupe, une organisation, un état, qui exécute une attaque.
- **Chemin d'attaque (ou cyber kill chain)**: les différentes étapes qu'un attaquant suit ou qu'il envisage de suivre pour exécuter son attaque.
- **Code malveillant**: un programme développé dans le but de causer un dommage à un système numérique.
- **Cyberattaque**: attaque qui vise les systèmes numériques (par exemple informatiques ou automatismes programmables industriels) dans le but de satisfaire des intentions malveillantes.
- **Cybersécurité**: état recherché pour un système d'information lui permettant de résister à des événements issus du cyberspace, susceptibles de compromettre la disponibilité, l'intégrité ou la confidentialité des données stockées, traitées ou transmises et des services connexes que ces systèmes offrent ou qu'ils rendent accessibles.
- **Impact-s**: conséquence-s d'une attaque.
- **Intrusion**: acte d'une personne ou d'un objet entrant dans un espace défini (physique, logique) où sa présence n'est pas souhaitée.
- **Malware**: logiciel qui compromet le fonctionnement d'un système en réalisant un process ou une fonction non autorisée.
- **Menace**: terme générique utilisé pour désigner toute intention, malveillante ou involontaire, susceptible de provoquer un risque.
- **Vraisemblance**: probabilité de réussite de l'attaque (s'estime qualitativement).
- **Vulnérabilité**: faille de sécurité qui affecte un produit logiciel, un système numérique ou un composant matériel. Elle peut servir de point d'entrée pour des actions malveillantes d'un attaquant s'il décide de les exploiter. Les vulnérabilités logicielles sont corrigées par des mises à jour publiées par les éditeurs de logiciels.

Pour des aspects méthodologiques plus développés sur l'analyse du risque cyber, le lecteur peut se reporter à une récente publication dans une revue internationale [10].

Cette publication est une première proposition pour des systèmes industriels; les travaux actuels visent à proposer une approche encore plus dédiée et outillée pour les machines industrielles du secteur manufacturier. ●

1. Voir le référentiel proposé par l'Anssi concernant les expressions et sigles du domaine de la cybersécurité, accessible sur: <https://cyber.gouv.fr/cyberdico>. Les termes les plus utilisés se rapportant au risque cyber sont explicités dans le glossaire en fin d'article.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] **RÈGLEMENT (UE) 2023/1230** du Parlement européen et du Conseil du 14 juin 2023 sur les machines, abrogeant la directive 2006/42/CE et la directive 73/361/CEE. JOUE du 29 juin 2023. Accessible sur: <https://eur-lex.europa.eu/>
- [2] **NORME NF EN ISO 12100** – Sécurité des machines – Principes généraux de conception. Appréciation du risque et réduction du risque. Iso/Afnor, décembre 2010. Accessible sur: <https://www.boutique.afnor.org> (site payant).
- [3] **RAPPORT TECHNIQUE ISO/TR 22100-4** – Safety of machinery – Relationship with ISO 12100 – Part 4: Guidance to machinery manufacturers for consideration of related IT-security (cyber security) aspects. Afnor, décembre 2018. Accessible sur: <https://www.boutique.afnor.org> (site payant).
- [4] **LAMY P.** – Sécurité des machines: « le risque cyber » comme risque émergent? *Hygiène & sécurité du travail*, 2019, 256, NT 76, pp. 72-79. Accessible sur: <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=NT%2076>
- [5] **ANSSI – EBIOS-RM** – Expression des besoins et identification des objectifs de sécurité – Risk manager. Accessible sur: <https://cyber.gouv.fr/la-methode-ebios-risk-manager>
- [6] **ANSSI** – Le Panorama de la cybermenace. Accessible sur: <https://cyber.gouv.fr/le-panorama-de-la-cybermenace>
- [7] **CERT-FRANCE** (Centre gouvernemental de veille, d'alerte et de réponse aux attaques informatiques) – Alertes de sécurité. Accessible sur le site: <https://www.cert.ssi.gouv.fr/>
- [8] **MITRE** – Common vulnerabilities and exposures (CVE). Accessible sur: <https://cve.mitre.org>
- [9] **NORME NF EN ISO/IEC 27005** – Sécurité de l'information, cybersécurité et protection de la vie privée – Préconisations pour la gestion des risques liés à la sécurité de l'information. Iso/Afnor, août 2024. Accessible sur: <https://www.boutique.afnor.org> (site payant).
- [10] **LAMY P., FLAUS J.M.** – A method of cyber risk assessment for occupational risk in machinery. *International journal of occupational safety and ergonomics*, mars 2026. Accessible sur: <https://doi.org/10.1080/10803548.2025.2595860>

Actualité juridique

UNE MODIFICATION DES HORAIRES DE TRAVAIL CONSTITUE UN PROJET IMPORTANT JUSTIFIANT UNE EXPERTISE DU CSE

Cour de cassation, chambre sociale, 17 décembre 2025, n° 24-17.170¹.

PÔLE
INFORMATION
JURIDIQUE
INRS,
département
Études, veille
et assistance
documentaires

La modification des horaires de travail conduisant à faire travailler un nombre significatif de salariés aux heures les plus chaudes de la journée, constitue un projet important modifiant leurs conditions de santé et de sécurité ou leurs conditions de travail, justifiant le recours du comité social et économique (CSE) à une expertise. C'est ainsi que la Cour de cassation s'est prononcée dans un arrêt rendu le 17 décembre 2025.

Faits et procédure

Dans cette affaire, la durée du travail hebdomadaire applicable aux salariés d'une entreprise du secteur naval était fixée par un accord d'entreprise. Un protocole d'accord, signé quelque temps plus tard, aménage des horaires spécifiques pour chaque établissement de la société et prévoit des plages horaires particulières de prise de poste et de fin de poste pour tous les ouvriers, employés, techniciens et agents de maîtrise, pour la période estivale.

Invoquant des contraintes organisationnelles et afin d'ajuster les horaires des personnels intervenant sur les navires de la Marine nationale en arrêt technique au plus près des horaires des marins, la société a souhaité modifier les horaires de début et de fin de poste, en décalant le début de la plage de travail du matin de 45 minutes (de 6 h 30 à 7 h 15) et la fin de la plage d'après-midi de 35 minutes (de 13 h 55 à 14 h 30).

À l'issue d'une période d'échanges avec les délégués syndicaux, l'employeur informe les membres du CSE de l'un des établissements, en vue de sa consultation, de son projet de modification des plages horaires applicables en juillet et août.

À l'issue de la réunion, le CSE vote le recours à une

expertise, en considérant que cette modification des plages horaires constitue un aménagement important modifiant les conditions de santé et de sécurité ou les conditions de travail des salariés.

Pour l'employeur, le projet d'ajustement des horaires se limitait à décaler les débuts des plages de travail du matin et d'après-midi de 45 minutes au maximum. De plus, un tel aménagement des horaires avait déjà été réalisé lors d'un précédent été et n'avait eu aucune incidence sur l'exposition des salariés aux fortes chaleurs. Considérant par conséquent qu'il ne s'agissait pas d'un « *aménagement important modifiant de manière substantielle les conditions de santé et de sécurité ou les conditions de travail* », la société a saisi le tribunal judiciaire afin d'annuler la délibération de recours à une expertise.

Les juges ont rejeté cette demande en première instance, en considérant qu'il s'agissait bien d'un projet important, puisqu'il « *conduisait à faire travailler les personnels aux heures les plus chaudes avec un retour à bord et non plus en atelier* » et aussi car « *il avait des répercussions sur un nombre considérable de salariés et de navires* » (11 navires et plus de 1 000 salariés).

Décision de la Cour de cassation

Contestant cette décision, la société a formé un pourvoi en cassation. La Cour confirme l'argumentation des juges de première instance et précise que le CSE pouvait recourir à une expertise au vu de l'importance du projet. Pour les magistrats, cette modification des horaires avait nécessairement des incidences sur la santé et la sécurité ou les conditions du travail d'un grand nombre de salariés.

Cette décision permet d'illustrer ce qu'il faut entendre par « *projet important modifiant les*

conditions de santé et de sécurité ou les conditions de travail » justifiant le recours du CSE à un expert. Cette notion n'est en effet pas définie par le Code du travail.

Expertise en cas de projet important modifiant les conditions de santé et de sécurité ou les conditions de travail²

Tel que le précise l'article L. 2312-8 du Code du travail, le CSE doit être consulté en cas d'introduction de nouvelles technologies et lors de tout aménagement important modifiant les conditions de santé et de sécurité ou les conditions de travail.

À cette occasion et tant qu'il n'a pas encore rendu son avis consultatif, le CSE peut décider de recourir à un expert habilité en qualité du travail et de l'emploi³. L'expertise a pour objet d'éclairer les membres du CSE en leur apportant une information claire, précise et impartiale et doit leur permettre de rendre un avis motivé et de faire des propositions. Une fois l'avis rendu, il n'est plus possible de se faire assister par un expert⁴.

À noter : Le recours à l'expertise ne peut pas être délégué à la commission de santé, sécurité et conditions de travail (CSSCT), si une telle commission est mise en place⁵. Seul le CSE peut recourir à un expert. Modification des horaires et des rythmes de travail, nouvel équipement de travail, déménagement et/ou réaménagement des locaux... : les situations permettant le recours à un expert sont variées et la jurisprudence en la matière est abondante.

Non définie par la loi, la notion de projet important a été précisée par la jurisprudence. L'arrêt du 17 décembre 2025 vient en donner une nouvelle illustration.

Exemples de projets importants justifiant le recours à un expert

La jurisprudence considère que pour qu'un projet soit qualifié d'important et qu'il justifie à la fois une consultation du CSE, ainsi que le recours à une expertise, il doit avoir une incidence sur les horaires de travail, ou sur les conditions de travail des salariés ou bien encore des incidences sur leur santé.

À titre d'exemples, le recours à un expert a été considéré comme ayant des répercussions sur les conditions de travail des salariés et a, par conséquent, été justifié dans les situations suivantes :

- dans le cadre d'un projet de modification des horaires de travail visant notamment à privilégier la mise en place de cycles de travail de 12 heures au lieu de 10, ce qui induisait la modification des rythmes biologiques et augmentait la pénibilité au travail⁶ ;
- lors d'un projet de déménagement et de regroupement sur un même site, qualifié par l'employeur de « grand projet immobilier ayant pour effet de générer une redistribution significative des espaces de travail

et de leur usage pour les salariés concernés »⁷ ;

- en vue de la mise en place d'un nouveau logiciel de gestion des ressources humaines, mettant en place un décompte du temps de travail en heures qui n'existait pas auparavant et qui était susceptible de mettre en œuvre un écart entre le temps de travail prescrit et le temps de travail réellement effectué par le salarié⁸ ;
- dans le cadre d'un projet de géolocalisation des véhicules des techniciens d'intervention clients⁹.

Exemples de projets pour lesquels le recours à un expert n'a pas été considéré comme justifié

Pour les magistrats, le nombre de salariés concernés par un projet ne détermine pas, à lui seul, son importance. Il convient d'examiner sa portée et s'il modifie les conditions de santé et de sécurité des salariés ou leurs conditions de travail¹⁰.

À titre d'exemple, la Cour de cassation a considéré que la mise en place au sein d'une entreprise d'une version améliorée d'un logiciel déjà en application dans les unités d'intervention, avec peu de conséquences sur les conditions de travail en raison de la durée limitée de l'apprentissage de cette nouvelle technique par les salariés concernés, ne constituait pas un projet important¹¹.

De même, la mise en place au sein d'une grande enseigne d'ameublement et d'électroménager d'une fiche de suivi journalier des vendeurs, qui ne servait ni à les évaluer ni à leur fixer des objectifs et qui ne concernait qu'indirectement les chefs de rayon¹², n'a pas été considérée comme justifiant le recours à une expertise.

Expertise en cas d'introduction de nouvelles technologies en entreprise

Le projet d'introduction de nouvelles technologies, et notamment le recours à l'intelligence artificielle (IA), est-il considéré comme un projet important modifiant les conditions de santé et de sécurité ou les conditions de travail des salariés, permettant au CSE consulté de se faire assister par un expert habilité¹³ ?

Le Code du travail impose une consultation spécifique « en cas de mise en œuvre de moyens ou techniques permettant un contrôle de l'activité des salariés »¹⁴. Ainsi, lorsque l'IA est utilisée pour surveiller la productivité des salariés, analyser leurs mails, leurs performances, etc., le CSE doit être consulté.

Dans un arrêt du 12 avril 2018¹⁵, les magistrats de la Cour de cassation ont eu l'occasion de se prononcer sur cette question et ont considéré que l'introduction de l'IA ne constituait pas un projet important permettant au CHSCT (instance encore en place en 2018) de recourir à une expertise.

Dans cette affaire, le programme d'IA était seulement destiné à aider les salariés dans le traitement



de leurs nombreux courriels. De ce fait, il n'entraînait que des conséquences et changements mineurs dans les conditions de travail des salariés; c'est la raison pour laquelle la Cour de cassation a considéré qu'il ne s'agissait pas d'un projet important justifiant le recours à un expert.

Cette position avait déjà été adoptée dans un précédent arrêt du 4 mai 2011, dans lequel la Cour avait considéré que l'implantation d'un logiciel informatique dont l'utilisation n'est pas de nature à modifier les conditions de santé et de sécurité des salariés ou leurs conditions de travail ne justifie pas le recours à un expert¹⁶.

En tout état de cause, s'agissant d'un sujet complexe, la jurisprudence en la matière est susceptible d'évoluer, car en se faisant assister par un expert, le CSE bénéficiera d'explications et d'informations sur le fonctionnement réel de l'IA, pourra mieux identifier les impacts pour les salariés en termes d'emploi, de conditions de travail, de risques professionnels, etc. Il sera aussi davantage en mesure de formuler des propositions alternatives, demander la mise en place de mesures d'accompagnement, de garanties supplémentaires, etc.

Modalités de recours aux expertises du CSE

Désignation de l'expert

La décision de recourir à un expert est prise lors d'une délibération adoptée par un vote des élus à la majorité des membres présents, sans que le président du CSE ne puisse prendre part au vote.

Un cahier des charges peut être établi par les membres du CSE, afin notamment de circonscrire le périmètre de l'expertise.

À compter de sa désignation, l'expert doit :

- demander, au plus tard dans les trois jours, toutes les informations complémentaires qu'il juge nécessaires à la réalisation de sa mission. L'employeur doit répondre dans les cinq jours suivant cette demande;
- notifier à l'employeur, dans un délai de dix jours, le coût prévisionnel, l'étendue et la durée de l'expertise.

La loi ne fixe pas le moment auquel l'expert doit être désigné. En pratique toutefois, les consultations sont encadrées par des délais impératifs, déterminés soit par accord entre l'employeur et le comité, soit, à défaut, par le Code du travail.

Bien que le recours à un expert allonge le délai de consultation, il est donc essentiel d'anticiper la désignation de l'expert, afin de lui permettre de préparer au mieux l'intervention, de remettre son rapport dans les délais impartis et de garantir l'effectivité de la consultation.

À noter : lorsque dans l'entreprise, il existe un CSE central et des CSE d'établissement, il appartient au CSE central de désigner l'expert dans le cadre des projets importants concernant l'entreprise en

matière de santé, de sécurité et des conditions de travail. C'est notamment le cas pour les projets d'introduction de nouvelles technologies ou les projets importants modifiant les conditions de santé et de sécurité ou les conditions de travail.

Financement de l'expertise¹⁷

En cas de projet important modifiant les conditions de santé et de sécurité ou les conditions de travail, et en cas d'introduction de nouvelles technologies, les frais d'expertise sont pris en charge à hauteur de 20 % par le CSE sur son budget de fonctionnement et à 80 % par l'employeur.

Par exception, lorsque le budget de fonctionnement du CSE est insuffisant pour couvrir le coût de l'expertise qu'il devait prendre en charge à hauteur de 20 % et qu'il n'y a pas eu de transfert d'excédent annuel vers le budget destiné aux activités sociales et culturelles au cours des trois années précédentes, l'employeur finance l'expertise dans son intégralité.

Contestation de l'expertise¹⁸

L'employeur peut contester devant le juge judiciaire :

- la délibération du CSE décidant le recours à l'expertise s'il entend contester la nécessité de celle-ci;
- la désignation de l'expert par le CSE, s'il entend contester le choix de celui-ci;
- la notification à l'employeur du cahier des charges, s'il entend contester le coût prévisionnel, l'étendue ou la durée de l'expertise;
- la notification à l'employeur du coût final de l'expertise, s'il entend contester ce coût. ●

1. Voir : <https://www.legifrance.gouv.fr/juri/id/JURITEXT000053197035>

2. Articles L. 2315-78, L. 2316-3, R. 2315-51 et R. 2315-52 du Code du travail.

3. Article L. 2315-94 du Code du travail.

4. Cour de cassation, chambre sociale, 28 juin 2023, n° 21-19.837.

5. Article L. 2315-38 du Code du travail.

6. Cour de cassation, chambre sociale, 20 mars 2019, n° 17-21.493.

7. Cour de cassation, chambre sociale, 12 mai 2021, n° 19-24.692.

8. Cour de cassation, chambre sociale, 25 mai 2018, n° 16-26.856.

9. Cour de cassation, chambre sociale, 25 janvier 2016, n° 14-17.227.

10. Cour de cassation, chambre sociale, 10 février 2010, n° 08-15.086.

11. Cour de cassation, chambre sociale, 4 mai 2011, n° 09-67.476.

12. Cour de cassation, chambre sociale, 30 septembre 2020, n° 19-18.293.

13. Article L. 2312-8 du Code du travail.

14. Article L. 2312-37 du Code du travail.

15. Cour de cassation, chambre sociale, 12 avril 2018, n° 16-27.866.

16. Cour de cassation, chambre sociale, 4 mai 2011, n° 09-67.476.

17. Articles L. 2315-80 et L. 2315-81 du Code du travail.

18. Article L. 2315-86 du Code du travail.

MANQUEMENT D'UN SALARIÉ À SON OBLIGATION DE SÉCURITÉ ET PROPOS DÉGRADANTS

Cour de cassation, chambre sociale, 5 novembre 2025, pourvoi n° 24-11.048¹.

PÔLE
INFORMATION
JURIDIQUE
INRS,
département
Études, veille
et assistance
documentaires

Un salarié qui exerçait les fonctions de directeur commercial a été licencié pour faute grave, pour avoir tenu des propos à caractère sexiste à l'égard de certains de ses collaborateurs et des agissements caractérisant une forme de harcèlement sexuel. Il lui était notamment reproché d'avoir utilisé la messagerie de l'entreprise pour l'envoi d'images pornographiques à un salarié, d'avoir tenu des propos à connotation sexuelle envers différents collègues de travail, de questionner constamment des salariés au sujet de leur orientation sexuelle, ou encore, d'avoir tenu des propos racistes à l'égard de concurrents et de sous-traitants.

Le salarié a contesté son licenciement devant la juridiction prud'homale et, en particulier, la gravité de la faute qui lui était reprochée. Il faisait valoir parallèlement que les faits litigieux qui motivaient sa sanction étaient prescrits et ne pouvaient donc plus donner lieu à des poursuites disciplinaires.

Les juges du fond ont débouté le salarié de sa demande.

La cour d'appel notamment a relevé que les agissements du salarié étaient bien établis et que les griefs qui lui étaient reprochés caractérisaient bien un comportement et des propos à connotation sexuelle, sexiste, raciste et stigmatisants en raison de l'orientation sexuelle, qui portaient atteinte à la dignité humaine en raison de leur caractère dégradant. La cour a jugé que les propos déplacés, même s'ils se voulaient humoristiques, n'en étaient pas moins inacceptables au sein de l'entreprise.

Par ailleurs, les juges ont relevé que les agissements litigieux n'étaient pas couverts par la prescription et pouvaient être retenus au soutien du licenciement, dès lors que le salarié avait fait l'objet de plusieurs rappels à l'ordre dans le passé concernant ses propos et agissements déplacés, mais qu'il avait répété, jusqu'à la date de son entretien préalable au licenciement, des propos de même nature obscène. Pour la cour, l'attitude réitérée du salarié avait créé une ambiance non sereine, poussant même certains collaborateurs à envisager de démissionner.

Le salarié forme alors un pourvoi en cassation.

Il se prévaut du fait que les messages litigieux extraits de la messagerie interne et de mails ou de SMS qu'il avait échangés avec des collègues, s'inscrivaient dans le cadre d'échanges privés à l'intérieur d'un groupe de personnes, qui n'avaient pas vocation à devenir publics. Dès lors, l'employeur ne pouvait, pour procéder à son licenciement, se fonder sur le contenu de ces messages litigieux, qui relevaient de sa vie personnelle. Pour le salarié, la cour d'appel avait violé les dispositions du Code du travail, dès l'instant où elle s'était fondée sur un motif tiré de sa vie personnelle pour justifier le licenciement disciplinaire, alors que ces faits ne constituaient en aucun cas un manquement à une obligation découlant de son contrat de travail.

La Cour de cassation rejette cette argumentation. Elle rappelle qu'aux termes de l'article L. 4122-1 du Code du travail, tout salarié doit prendre soin de sa santé et de sa sécurité, ainsi que de celles de ses collègues et autres personnes se trouvant en sa présence sur son lieu de travail, et ce, en fonction de sa formation et de ses possibilités.

Elle relève que la cour d'appel avait constaté que le salarié, qui occupait les fonctions de directeur commercial, avait tenu à l'égard de certains de ses collaborateurs des propos à connotation sexuelle, sexiste, raciste et stigmatisants en raison de l'orientation sexuelle, qui portaient atteinte à la dignité en raison de leur caractère dégradant et qui, quand bien même ils se voulaient humoristiques, n'en étaient pas moins inacceptables au sein de l'entreprise, et ce d'autant plus qu'ils s'étaient répétés à plusieurs reprises et avaient heurté certains salariés.

De ces constatations et énonciations, la cour d'appel a pu déduire que le comportement du salarié sur le lieu et le temps du travail était de nature à porter atteinte à la santé psychique d'autres salariés et qu'il rendait donc impossible son maintien au sein de l'entreprise. ●

1. Voir : <https://www.legifrance.gouv.fr/juri/id/JURITEXT000052587057/>

Focus normalisation

MACHINES MOBILES AUTONOMES: QUELS ENJEUX EN PRÉVENTION DES RISQUES?

Poussées par les avancées des technologies numériques, dont l'intelligence artificielle, les machines mobiles se voient ouvrir de nouvelles perspectives en termes d'usages. Elles permettent d'optimiser les processus de travail, elles peuvent également réduire les contraintes physiques et prendre en charge des tâches monotones, voire dangereuses. Cette évolution s'accompagne toutefois de nouvelles situations dangereuses, qui posent encore actuellement des défis technologiques d'un point de vue de la sécurité au travail.

DRIVERLESS MOBILE MACHINES: A CHALLENGE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH? – Great strides have been made in recent years in the development of digital technologies, including artificial intelligence. This has led to the development of new applications for autonomous mobile robots that can optimise work processes, reduce physical workloads and relieve workers of monotonous and sometimes dangerous tasks. However, this progress has also given rise to new hazards that continue to challenge current workplace safety technologies.

JEAN-CHRISTOPHE BLAISE

INRS, département Ingénierie des équipements de travail

KAN Brief
KOMMISSION ARBEITSSCHUTZ UND NORMUNG

Cet article est issu du bulletin d'information KAN-Brief n° 1/26 (consultable sur : www.kan.de/fr) de la Kommission Arbeitsschutz und Normung (KAN).

Nommées « robots mobiles autonomes » ou « chariots sans conducteur » dans l'industrie et dans la logistique, ou encore « machines hautement automatisées » dans l'agriculture, les machines « roulantes » – ou bien les drones, les machines quadrupèdes et robots humanoïdes – profitent de cette « automatisation avancée ». Le développement de ces systèmes techniques s'accompagne par ailleurs de la mise sur le marché de machines déclarées conformes, mais dont la maturité technologique n'est pas totalement stabilisée et dont la sécurité est plus ou moins intégrée [1,2].

Encouragés par l'effervescence autour des voitures autonomes (sans conducteur), des robots tondeuses ou encore des aspirateurs à usage domestique, d'aucuns imaginent la possibilité d'utiliser, dans les usines, les entrepôts, les chantiers ou les champs, des machines autonomes sans contraintes et en toute sécurité. Mais qu'entend-on par autonomie? Si le domaine des voitures s'est appliqué à bien définir des niveaux d'autonomie, il reste difficilement transposable au domaine des machines, en raison du fait que celles-ci doivent répondre à des réglementations différentes, et donc à des référen-

tiels de conception différents. Pour les machines, il s'agit de respecter les exigences essentielles de santé et de sécurité (EESS) de la directive du même nom (directive 2006/42/CE) et bientôt du règlement Machines 2023/1230, dans lequel le législateur a introduit de nouvelles exigences pour encadrer cette autonomie des machines mobiles et l'usage de systèmes à comportement autoévolutif (intelligence artificielle).

Au-delà de la conformité des machines, celles-ci doivent pouvoir être utilisées en toute sécurité dans les usages définis. Or, cet engouement s'accompagne d'un élargissement des usages engendrant une multiplication des interactions entre les salariés et ces machines. L'intégration de ces machines transforme les situations de travail et donc l'activité des travailleurs. Il est alors important de prendre en compte ces transformations des organisations et ces nouvelles interactions qui génèrent des risques.

Les risques physiques concernent principalement des collisions directes avec les personnes évoluant à proximité. Il existe également des risques d'écrasement d'une personne entre la machine et un objet fixe de l'environnement, et des risques liés

à la chute ou au renversement de la machine, d'une charge ou d'un obstacle percuté par la machine sur une personne.

Risques et pistes de solutions

L'INRS travaille sur ces sujets, d'une part en participant activement aux normes relatives à ces machines, principalement la NF EN ISO 3691-4 relative aux chariots de manutention sans conducteur, et d'autre part en étudiant l'intégration de ces machines dans des environnements prédéfinis, en tenant compte de l'état actuel des technologies de détection des personnes. La mobilité de ces machines leur octroyant une possibilité de se mouvoir dans un environnement *a priori* « sans limite », il est nécessaire que ces machines soient capables de percevoir cet environnement et d'y évoluer de façon sûre [3].

S'agissant des machines mobiles avec conducteur, les risques de collisions entre les engins et les personnes sont connus depuis longtemps, mais ne parviennent toujours pas à être maîtrisés par des mesures techniques; c'est bien à l'opérateur chargé du déplacement de traiter ce risque. Les machines mobiles autonomes n'ayant pas de conducteur, le risque de collision avec les personnes et ceux énoncés ci-dessus doivent par conséquent être prévenus par d'autres moyens qu'une intervention humaine et, si possible, par l'application de mesures techniques. Or à ce jour, il persiste un verrou technologique. En effet, même si des dispositifs sont intégrés dans certaines machines mobiles, comme les scrutateurs de sécurité, ils ne permettent pas de traiter toutes les configurations rencontrées lors de l'évolution de la machine dans son environnement; alors en attendant l'avènement d'un dispositif capable de rendre les machines autonomes totalement sûres, il convient de vérifier avec soin si la conformité au règlement peut être assurée. Si tel est le cas, il demeure indispensable, préalable à l'acquisition, que les utilisateurs préparent consciencieusement l'utilisation de ces machines, en identifiant l'ensemble des risques et contraintes et en appliquant l'ensemble des mesures de prévention permettant de les couvrir [4].

Concernant la mobilité des machines, il est en outre essentiel de bien définir l'activité et d'analyser les flux des biens et des personnes dans l'environnement dans lequel évoluera la machine, afin d'identifier les transformations sur l'organisation et les interactions potentielles. L'environnement lui-même, avec ses multiples facteurs de variabilité, est également un point clé qu'il est indispensable d'analyser: caractéristiques des sols, présence potentielle d'objets, plages d'humidité, de température, de luminosité, etc.

Pour l'instant, les mesures de protection techniques permettent à peine de couvrir toutes les situations



© Fabrice Dimier pour l'INRS / 2018

dangereuses et donc l'ensemble des risques. Des mesures organisationnelles doivent être prises pour couvrir les risques résiduels: il s'agit notamment d'aménager cet environnement de travail, avec la mise en place d'une signalétique ou encore la limitation de l'encombrement de la zone d'évolution, et de lancer les actions d'information et de formation nécessaires [5].

Actuellement, la sécurité des machines mobiles autonomes repose encore fortement sur des mesures mises en œuvre en entreprise, car il existe encore des lacunes en matière de sécurité technique. Il est désormais essentiel de combler ces lacunes le plus rapidement possible, pour mieux intégrer la sécurité dès la conception des machines et ainsi améliorer la sécurité dans leurs usages. ●

Dans une usine de fabrication de systèmes d'entraînement, des AGV (*automatic guided vehicles*) transportent des éléments jusqu'aux différentes lignes de montage.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] INRS – Prévenir les collisions engins-piétons: dispositifs d'avertissement. ED 6083, 2015. Accessible sur: <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206083>
- [2] TIHAY D. ET AL. – Prévention des collisions engins-piétons: quelle place pour les systèmes d'avertissement ou d'évitement de collision? *Hygiène & sécurité du travail*, 2024, 276, NT 116, pp. 51-57. Accessible sur: <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=NT%20116>
- [3] SARREY M. ET AL. – Étude EL 2025-002 – Évaluation et réduction du risque de collision des robots mobiles avec des personnes. Accessible sur: <https://www.inrs.fr/inrs/recherche/etudes-publications-communications/doc/etude.html?refINRS=EL2025-002>
- [4] BERGEOT C. – Robots mobiles autonomes (AMR) dans les usines et entrepôts logistiques: enjeux pour la prévention. In: DEMASY S. ET AL. – Dossier – Machines: des acteurs au service de la prévention. *Hygiène & sécurité du travail*, 273, DO 42, pp. 37-41. Accessible sur: <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=DO%2042>
- [5] BERGEOT C. – Machines mobiles autonomes: apports indispensables de l'intégrateur et de l'utilisateur pour une intégration réussie. In: DEMASY S. ET AL. – Dossier – Machines: des acteurs au service de la prévention. *Hygiène & sécurité du travail*, 273, DO 42, pp. 32-36. Accessible sur: <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=DO%2042>



Dossier

SAISONNIERS : ÉTAT DES LIEUX ET PISTES DE PRÉVENTION

❶ Une population très exposée aux risques
P. 22

❷ Focus sur... Travailleurs et saisonniers agricoles : une enquête sur les conditions de travail en extérieur
P. 25

❸ Santé et sécurité du travail saisonnier : contexte réglementaire
P. 27

❹ Spécificités et réalités pour une prévention efficace des troubles musculosquelettiques des travailleurs saisonniers
P. 32

❺ Santé au travail des saisonniers en hôtellerie-restauration : risques professionnels, vulnérabilités spécifiques et leviers d'action
P. 37

Le travail saisonnier, qui consiste à exécuter des tâches appelées à se répéter chaque année, en fonction du rythme des saisons notamment, constitue un maillon indispensable de nombreux secteurs essentiels, de l'agriculture au tourisme, en passant par l'hôtellerie-restauration, la pêche ou la transformation alimentaire. Il répond à des besoins d'activité ponctuels mais récurrents, liés aux saisons, aux récoltes ou aux pics de fréquentation. Cette main-d'œuvre, aux profils variés et souvent mobile, exerce dans des conditions marquées par des rythmes soutenus, des contraintes physiques importantes, une certaine précarité et, souvent, des manques de moyens, de relais, de connaissances, de formation... pour bénéficier d'une prévention des risques professionnels à la hauteur des enjeux. Ce dossier propose d'en dresser le portrait, en abordant le cadre réglementaire autour de la santé et de la sécurité au travail, en présentant les spécificités de certains secteurs (agricole notamment) et les enjeux de la prévention des troubles musculosquelettiques en particulier, ainsi que les réalités du terrain, en hôtellerie-restauration, où les travailleurs sont exposés aux charges physiques, aux rythmes soutenus, avec une charge mentale importante et des expositions multiples.

SEASONAL WORKERS: CURRENT SITUATION AND PREVENTION STRATEGIES – Seasonal work involves carrying out tasks that recur each year, particularly in line with seasonal cycles. It is an integral component of numerous vital industries, including agriculture, tourism, hospitality, fishing, and food processing. It meets temporary yet recurring labour demands linked to seasons, harvests or peak visitor periods. This diverse and often mobile workforce operates under conditions characterised by intense work schedules, significant physical demands, a degree of job insecurity and, frequently, insufficient resources, support systems, knowledge and training to ensure that occupational risk prevention measures are fully adapted to the challenges involved. This feature aims to provide an overview of the sector, examine the regulatory framework surrounding occupational health and safety, and highlight the specific characteristics and prevention challenges linked to musculoskeletal disorders in certain sectors, particularly agriculture. It also aims to shed light on the day-to-day realities of working in hospitality and catering, where workers are exposed to physical strain, demanding schedules, considerable mental pressure, and multiple occupational hazards.

Dossier coordonné par Jennifer Shettle, INRS, département Études, veille et assistance documentaires.

UNE POPULATION TRÈS EXPOSÉE AUX RISQUES

Dans les secteurs de l'agriculture, du tourisme ou de l'hôtellerie-restauration, les travailleurs saisonniers permettent d'assurer la continuité de l'activité, notamment en cas de pics d'activités, mais souvent dans des conditions précaires. Exposés à de nombreux risques, ils restent pourtant difficilement accessibles aux actions de prévention, malgré l'existence d'un cadre réglementaire et de dispositifs d'appui dédiés.

JENNIFER
SHETTLE
INRS,
département
Études, veille
et assistance
documentaires

Tourisme, agriculture, restauration, hôtellerie, vendanges, stations balnéaires ou encore stations de ski : derrière chaque saison se cachent de nombreux travailleurs temporaires sans lesquels diverses activités ne pourraient avoir lieu. Ces femmes et ces hommes assurent la continuité économique de certains secteurs professionnels, en répondant à des besoins ponctuels mais récurrents, liés aux pics d'activités générés par les variations saisonnières, aux cycles agricoles ou aux périodes d'affluence touristique. En période estivale, les zones littorales et les sites

touristiques voient leur population augmenter considérablement, nécessitant un renfort important de personnels dans les hôtels, les restaurants, les campings ou encore les commerces. De même, en hiver, les stations de ski recrutent massivement pour faire face à l'afflux de vacanciers. Dans le secteur agricole, les récoltes, les vendanges notamment, exigent une main-d'œuvre abondante sur des périodes précises de l'année.

Bien qu'aucune source de données statistiques ne permette à elle seule de mesurer précisément le travail saisonnier, la Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques (Dares)



© Allister Sherall / Unsplash

estime qu'entre avril 2018 et mars 2019, plus d'un million de personnes ont occupé un emploi saisonnier en France. Ils seraient plus d'un million et demi selon un rapport récent rendu par la Cour des comptes¹. Ces emplois concernent principalement l'agriculture (plus d'un quart des saisonniers où ils représentent un tiers de l'emploi, en particulier dans la récolte de fruits, notamment lors des vendanges) et les secteurs du tourisme qui regroupent près de la moitié des effectifs. Les régions côtières, montagneuses et viticoles sont particulièrement concernées. Un contrat saisonnier dure en moyenne deux mois et peut constituer soit une activité complémentaire, soit l'unique emploi de l'année².

Conçus initialement pour répondre aux besoins d'un surcroît saisonnier d'activité dans les métiers du tourisme et de l'agriculture, les contrats de travail saisonniers se sont progressivement généralisés pour s'étendre à diverses activités (musées, grande distribution, transports urbains). Le profil des saisonniers varie selon les secteurs. En agriculture, il s'agit majoritairement d'ouvriers non qualifiés, souvent des hommes et fréquemment d'origine étrangère. Dans les secteurs non agricoles, ils sont plus jeunes, plus diversifiés socialement et la parité femmes-hommes est globalement respectée.

Sur le plan juridique, le contrat de travail dit « saisonnier » relève du régime du contrat de travail à durée déterminée (CDD) mais bénéficie d'aménagements spécifiques (terme incertain, reconduction, calcul d'ancienneté). Selon le Code du travail, les emplois saisonniers sont ceux dont les tâches sont normalement appelées à se répéter chaque année, à des dates à peu près fixes, en fonction du rythme des saisons ou des modes de vie collectifs, notamment en matière de tourisme (Cf. Article pp. 27-31). Il s'agit donc d'activités cycliques, prévisibles (la saison, le tourisme, les récoltes, les vacances; Cf. Encadré p. 24 et Focus pp. 25-26) et indépendantes de la seule volonté de l'employeur (d'augmenter sa production par exemple).

Ces contrats saisonniers, conclus pour une durée déterminée correspondant à la période d'activité, peuvent être renouvelés d'une année sur l'autre et ne donnent pas systématiquement lieu au versement d'une prime de précarité, contrairement aux contrats à durée déterminée classiques.

Le point sur la réglementation applicable sera fait dans ce dossier (Cf. Article pp. 27-31). Toutefois, les règles générales applicables en matière de santé et de sécurité au travail s'appliquent comme pour tout salarié. La mise en œuvre d'une démarche de prévention reste cependant difficile en raison de la mobilité et de la précarité des travailleurs saisonniers et du manque de structuration des entreprises qui les accueillent.



© Tomi Saputra / Unsplash

Concernant plus particulièrement les risques professionnels de ces travailleurs, des études démontrent que les saisonniers sont particulièrement exposés aux facteurs de risques de troubles musculosquelettiques (TMS), souvent de manière chronique et que ces derniers sont insuffisamment pris en charge. Ce constat est d'autant plus préoccupant que des études scientifiques ont mis en évidence que les conditions de travail des saisonniers les exposent davantage aux lésions professionnelles, comparativement à celles des travailleurs permanents. Dans cette perspective, ce dossier reviendra sur la problématique des TMS chez les travailleurs saisonniers, en prenant appui sur les travaux réalisés sur le sujet par Marie-Eve Major, professeure-chercheuse en ergonomie à l'Université de Sherbrooke (Canada; cf. Article pp. 32-36).

Pour compléter ces réflexions, ce dossier consacre l'un de ses articles aux saisonniers travaillant dans l'hôtellerie-restauration, secteur où ils sont particulièrement présents et où le besoin important de personnel intervient notamment l'été alors même que la fidélisation de la main-d'œuvre diminue³. Ces travailleurs sont exposés à de nombreux risques professionnels, en particulier à des TMS,



ENCADRÉ

ANALYSE DU TRAVAIL SAISONNIER DANS LE DOMAINE AGRICOLE EN OCCITANIE*

En Occitanie, près de 40 000 saisonniers travaillent annuellement en agriculture, soit 26 % de l'emploi agricole. Cette population y occupe une place centrale et il est nécessaire d'en favoriser l'employabilité et la sécurité.

Elle est principalement masculine, étrangère et peu qualifiée; son âge moyen est de 40 ans. Les filières de la viticulture, de l'arboriculture et du maraîchage concentrent 93 % de cette main-d'œuvre dans les départements du Gard et de l'Hérault.

La saisonnalité implique un recrutement massif entre mars et septembre qui soulève de nombreuses problématiques. L'invisibilité de cette population résulte de la nature temporaire du travail, du statut des contrats, du travail dissimulé, de la mobilité, et complique l'organisation et le traitement des données

informatiques de la Mutualité sociale agricole (MSA).

Sa précarité est aggravée par la barrière de la langue, les conditions d'hébergement et d'hygiène, l'accès aux droits, les salaires souvent bas et les conditions de travail difficiles. Ces déterminants entraînent des risques spécifiques plaçant ces saisonniers en situation de vulnérabilité.

Les variables socio-anthropologiques mal identifiées peuvent avoir un impact important sur la santé.

L'« invisibilité » et l'afflux de main-d'œuvre rendent difficile le suivi de santé réglementaire par le service de santé au travail en agriculture (SSTA). Il convient de cibler des priorités d'efficacité et d'efficacité et de s'organiser en pluridisciplinarité appuyée par le guichet unique et les élus de la MSA.

La création d'un réseau des acteurs du monde agricole et de la

société civile constitue un levier, afin d'optimiser les ressources disponibles et améliorer l'accès des employeurs et des saisonniers à leurs droits et devoirs. Le SSTA, très mobile et au contact régulier des entreprises, les accompagne et met à leur disposition des outils afin de renforcer la connaissance des risques professionnels dans les différentes filières pour mieux les prévenir. Le suivi de santé doit s'adapter à la réalité de la production agricole : les visites sur les exploitations et les actions collectives sont privilégiées. L'échange préalable avec l'employeur permet de repérer les difficultés de santé, de sélectionner les surveillances individuelles renforcées, d'enregistrer les postes de travail et risques dans les dossiers médicaux, optimisant ainsi les entretiens médicaux réalisés.

*Voir aussi : Focus pp. 25-26.

à des violences externes liées à la clientèle, ainsi qu'à des risques plus spécifiques comme l'exposition aux rayonnements UV solaires pour ceux travaillant en extérieur. Face à ces enjeux, il est essentiel de renforcer la prévention et d'améliorer les conditions de travail de ces salariés.

Pour y répondre, la Carsat Sud-Est et le service de prévention et de santé au travail interentreprises (SPSTI) Ametra06⁴ ont mis en place plusieurs actions visant à renforcer la culture de prévention et à diffuser des solutions adaptées, destinées à accompagner les employeurs, à sensibiliser et former les saisonniers. Dans ce but, l'Ametra06 a réalisé en 2024 une étude expérimentale sur l'exposition aux UV des travailleurs saisonniers et permanents de la Côte d'Azur. Grâce à ces initiatives, l'Ametra06, la Carsat Sud-Est et la Dreets de Provence-Alpes-Côte d'Azur⁵ poursuivent un objectif commun : améliorer les conditions de travail dans le secteur de l'hôtellerie-restauration et prendre en compte la spécificité du travail saisonnier (cf. Article pp. 37-42). ●



© Fabrice Dimier pour l'INRS / 2021

1. Le logement des travailleurs saisonniers, Rapport public thématique de la Cour des comptes, juillet 2025. Voir : <https://www.ccomptes.fr/sites/default/files/2025-07/20250704-Logement-travailleurs-saisonniers.pdf>
2. Voir : <https://dares.travail-emploi.gouv.fr/publications/quelle-place-occupe-l-emploi-saisonnier-en-france>
3. Voir : FOURNIE D. - L'emploi saisonnier dans l'hôtellerie-restauration. Anact, Rapport n° 70, 2010. Accessible sur : <https://veille-travail.anact.fr/osiros/result/notice.php?queryosiros=id:21826>
4. Ametra06 : Association pour la médecine du travail, SPSTI des Alpes-Maritimes.
5. Carsat : Caisse d'assurance retraite et de la santé au travail. Dreets : Direction régionale de l'économie, de l'emploi, du travail et des solidarités.

FOCUS SUR... Travailleurs et saisonniers agricoles : une enquête sur les conditions de travail en extérieur

Antoine Bondéelle, INRS, département Information et communication

Une enquête récente, réalisée auprès des salariés (dont plus de la moitié de saisonniers) et des exploitants ou entrepreneurs de plusieurs filières agricoles, dresse le portrait de ces travailleurs. Selon elle, la généralisation de mesures organisationnelles, ainsi que l'information et la formation de l'ensemble des acteurs, permettraient d'améliorer les conditions de travail et de mieux prévenir les risques en environnements extérieurs.

Les travailleurs agricoles, dont les saisonniers, réalisent un grand nombre de tâches en environnements extérieurs. Suite à la publication en février 2023 du rapport du Conseil économique, social et environnemental (Cese) : « *Travail et climat : quelle prise en charge de l'impact sur la santé au travail ?* », une enquête sous forme de questionnaires traduits en onze langues, a été réalisée par l'agence Croissance Bleue – Cliseve (spécialiste de la RSE), avec l'appui d'un laboratoire de recherche, auprès de 2653 personnes (dont 38 % de femmes) : salariés agricoles (CDI ou CDD saisonniers : 1 447 répondants, soit 54 % de CDD saisonniers)¹. Parmi les saisonniers ayant répondu à l'étude, 55 % sont de nationalité étrangère. L'étude a été déployée dans les territoires avec le concours d'un grand nombre de filières et d'organisations professionnelles ou de salariés, ainsi que celui d'écoles ou de centres de formation en agriculture, de coopératives, d'associations, d'organismes de salons agricoles, etc. Selon cette enquête, 81 % des répondants (saisonniers ou non) déclarent travailler « en extérieur » (plein champ ou mer, extérieur urbain ou rural, forêt); 42 % déclarent travailler « sous abri agricole ou en bâtiments fermés » (serres, chais, tunnels plastiques, etc.); et 27 %² déclarent travailler « dans des espaces clos ou mobiles » (bureaux, cabines d'engins, véhicules professionnels climatisés ou non). Ces environnements de travail exposent naturellement un grand nombre d'entre eux aux conditions météorologiques ambiantes (froid, chaleur, vent, pluie, neige...). Pour 68 % des répondants, cette exposition est citée comme « la principale difficulté », y compris devant les efforts physiques. Les risques identifiés par les répondants suivent une typologie classique de l'ensemble des secteurs : physiques (pour 85 % d'entre eux : postures contraignantes, troubles musculosquelettiques, port de charges lourdes, etc.); mentaux (pour 52 %, notamment en lien avec la « soutenabilité » du travail); chimiques (pour 47 % : manipulation de produits dangereux); et infectieux (liés aux agents biologiques) pour 18,5 %.

Parmi les conditions de travail jugées les plus pénibles, les fortes chaleurs dominent très largement, avec 72 % de réponses; les autres conditions météorologiques (pluies fréquentes, etc.) viennent loin derrière. Un travailleur sur trois est contraint d'interrompre son activité en raison des conditions extérieures (de son propre fait, ou par mesure de prévention prévue par l'employeur ou un tiers). Les états de santé de certains salariés ou exploitants (surpoids, âge, diabète et autres affections) peuvent aggraver les effets de l'exposition à des températures élevées. 40 % des répondants déclarent être exposés à des environnements extérieurs considérés comme pénibles plus de trois mois par an.



© Fabrice Dimier pour l'INRS / 2020



En ce qui concerne la prévention des risques, un certain nombre de mesures (notamment organisationnelles) existent déjà dans de nombreuses exploitations, et des pistes d'amélioration émergent. Mais les échanges d'informations et la mise en place de formations sont jugés comme nettement insuffisants par les répondants, et les mesures sont plutôt vécues comme « en réaction » aux conditions de travail, et pas nécessairement « en prévision/en prévention » (Cf. Tableau).

Mieux organiser la prévention face à des conditions extrêmes

Face au véritable défi que constituent les conditions de travail dans l'agriculture, tant pour les exploitants et entrepreneurs que pour les salariés (dont plus de la moitié des répondants sont des travailleurs saisonniers), l'amélioration de l'organisation du travail est citée par une majorité d'entre eux (66 %) comme un levier essentiel pour mieux protéger les travailleurs contre les risques, devant la fourniture d'équipements adaptés (pour 52 %), le suivi de formations spécifiques sur le travail à la chaleur par exemple (pour 40 %) et

l'information sur les risques (pour 35 %). Près d'un répondant sur deux se déclare prêt à participer à « des initiatives collectives » en faveur de la prévention (suivi de formations, travaux avec des organisations, etc.), s'ils disposaient de davantage d'informations sur les risques professionnels liés aux travaux en extérieur. Témoin de cette prise de conscience par une grande majorité d'acteurs du régime agricole, un accord national collectif interbranches pour l'amélioration des conditions de travail a été signé au Salon de l'Agriculture en février 2026, entre les organisations représentatives d'employeurs et de salariés³. ●

1. Le rapport et les présentations de l'étude sont accessibles sur demande sur le site : <https://croissancebleue.com/cliseve/>

2. Plusieurs réponses à cette question étaient possibles.

3. FNSEA : Fédération nationale des syndicats d'exploitants agricoles. FNB : Fédération nationale du bois. FNEDT : Fédération nationale des entrepreneurs des territoires. FNCuma : Fédération nationale des Cuma (collectifs au service de l'agriculture et des territoires). FFPF : Fédération française des pompes funèbres. UNEP : Union nationale des entreprises du paysage. USRTL : Union syndicale des rouisseurs-telleurs de lin de France. CFDT-FGA (Agri-Agro), CFE-CGC, CFTC-Agri, FO-FGTA : Fédérations des travailleurs de l'agriculture et de l'agroalimentaire au sein des Confédérations françaises de syndicats de salariés.

QUESTIONS	RÉPONSES (EXTRAITS DE L'ENQUÊTE GLOBALE)	% DE RÉPONSES
Principales mesures de prévention (selon les exploitants/entrepreneurs)*	- Adaptation des horaires - Rythmes et pauses - Calendriers des tâches adaptés aux conditions générales - Aucune mesure	75 % 49 % 37 % 16 %
Principales mesures de prévention (selon les salariés)*	- Accès à l'eau potable - Aménagement des horaires (plutôt la nuit/le matin en cas de chaleur) - Aménagement de pauses selon les conditions générales - Fourniture d'équipements adaptés - Aucune mesure	47 % 44 % 26 % 25 % 6 %
Pratiques à renforcer pour mieux protéger la santé et la sécurité au travail (selon les salariés)*	- Mise à disposition d'abris - Accès continu à l'eau potable - Organisation de plus de pauses - Mise à disposition d'équipements de travail ou de protections adaptées	47 % 42 % 41 % 28 %
Informations/sensibilisations sur les risques liés à la chaleur, au froid...**	- Oui/régulières - Ponctuelles/non/ne sait pas	52 % 48 %
Organisation de formations sur ces sujets**	- Non/jamais - Oui/parfois/ne sait pas	68 % 32 %
Travaux avec d'autres organisations sur la prévention des risques**	- Aucune - MSA ou Service de prévention/santé au travail - Autres (organisations d'employeurs, conseils, commune...)	59 % 16 % 25 %

*Plusieurs réponses possibles; leur total peut dépasser 100 %.

**Selon tous les répondants. Une seule réponse possible; leur total est égal à 100 %.

↑ TABLEAU Moyens et mesures de prévention, information et formation des salariés selon les réponses à l'enquête « Cliseve »¹.

SANTÉ ET SÉCURITÉ DU TRAVAIL SAISONNIER : CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Dans les secteurs de l'agriculture, du tourisme ou de l'hôtellerie-restauration, les travailleurs saisonniers assurent la continuité de l'activité, souvent dans des conditions précaires. La mise en œuvre effective d'actions de prévention reste un défi auprès de ces salariés exposés à de nombreux risques, en dépit de l'existence d'un cadre réglementaire et de dispositifs d'appui dédiés.

**JENNIFER
SHETTLE**
INRS,
département
Études, veille
et assistance
documentaires

Les travailleurs saisonniers sont par essence labiles, peu accessibles et il est par conséquent difficile d'accéder à des données précises concernant leurs conditions de travail, le nombre d'accidents du travail ou de maladies professionnelles les touchant.

Pour autant, des études font état d'une population d'une moyenne d'âge plus jeune pour les saisonniers du milieu touristique et d'origine extranationale plus fréquente pour les travaux agricoles.

Ces populations peuvent avoir des difficultés pour accéder à un logement, aux soins mais aussi à leurs droits sociaux et au droit du travail.

Mais d'un point de vue juridique, qu'est ce qui les qualifie, quels sont leurs droits et comment la réglementation les prend-elle en compte ?

Pour tenir compte de la spécificité du travail saisonnier, le régime juridique du contrat à durée déterminée (CDD) a fait l'objet d'adaptations afin d'améliorer la situation du travailleur saisonnier et lui garantir une certaine stabilisation de sa situation professionnelle :

- possibilité de conclure des contrats à terme incertain ;
- assouplissement des règles concernant la succession des contrats ;
- inclusion éventuelle d'une clause de reconduction d'une année sur l'autre ;
- modalités de calcul de l'ancienneté, de repos compensateur et de formation professionnelle ;
- mesures particulières sur le suivi de l'état de santé.

Il convient par ailleurs de noter que les dispositions générales prévues par le Code du travail en matière de santé et de sécurité s'appliquent à ces salariés comme aux autres salariés non saisonniers en CDI ou CDD classique. Les conditions de travail doivent suivre les mêmes règles en matière de protection de la santé des salariés que pour tout autre type

d'emploi. Cependant, les entreprises employant ces travailleurs n'ont souvent qu'une activité saisonnière et sont souvent très peu structurées en matière d'hygiène et sécurité. Le suivi de l'état de santé des travailleurs saisonniers est allégé, la prévention reposant sur des actions de sensibilisation aux risques délivrées par les services de prévention et de santé au travail (SPST).

Une population particulièrement vulnérable face aux risques professionnels

Particulièrement présents dans certains domaines d'activité (tourisme, restauration, animation, agriculture), les travailleurs saisonniers constituent une population professionnelle hétérogène, aussi bien



© Fabrice Dimier pour l'INRS/2019

au regard de leur niveau de qualification et d'expérience que de leurs conditions de vie.

De nombreux jeunes travailleurs, encore en formation, exercent leurs premières activités professionnelles pour de courtes périodes, dans le cadre d'un contrat de travail saisonnier. D'autres travailleurs saisonniers enchaînent les saisons et travaillent de façon pérenne dans ces activités.

Ces éléments en font une population de travailleurs vulnérables, ayant des difficultés d'accès à un hébergement de qualité et aux soins, et ne connaissant pas forcément les règles de protection prévues par le droit du travail.



© Kate Townsend / Unsplash

Au regard de ces éléments et bien que les dispositions générales en matière de droit social et de santé et sécurité au travail leur soient applicables au même titre que pour les salariés non saisonniers, la réglementation s'est adaptée en prévoyant des dispositions particulières, telles qu'il en existe pour les jeunes travailleurs ou les salariés intérimaires.

Critères permettant de conclure un contrat de travail pour des emplois saisonniers

Tel que le précise l'article L. 1242-2 du Code du travail, un CDD peut être conclu pour l'exécution d'une tâche précise et temporaire, et pour des emplois à caractère saisonnier. On parle alors de « CDD saisonniers ». L'activité saisonnière autorisant le recours à ce type de contrat doit correspondre à

des tâches appelées à se répéter chaque année, selon une périodicité à peu près fixe, en fonction du rythme des saisons ou des modes de vie collectifs (animateur sportif ou socioculturel, plagiste, cueillette de fleurs ou de fruits...).

Le caractère régulier, prévisible, cyclique de la répétition d'une activité permet de différencier le travail saisonnier du simple accroissement d'activité. Les secteurs d'activité à variation saisonnière sont essentiellement :

- l'agriculture : culture, récolte, conditionnement de différents produits;
- les industries agroalimentaires : fabrication et distribution de denrées;
- et le tourisme : activités dont l'exercice est étroitement lié aux saisons (par exemple moniteur de ski ou de planche à voile), activités accrues du fait de la saison (par exemple magasin d'articles de sport dans une station de montagne, commerce d'alimentation voire hypermarché situé en moyenne montagne ou en zone côtière, entreprise de transport de personnes).

Cette liste n'est pas limitative, d'autres secteurs d'activité pouvant offrir des emplois à caractère saisonnier, comme l'a rappelé la Cour de cassation dans un arrêt du 10 janvier 1991¹.

Pour pouvoir être qualifiées de saisonnières, les variations d'activité doivent être régulières, prévisibles, cycliques et en tout état de cause indépendantes de la volonté des employeurs ou des salariés.

Dans les secteurs d'activité obéissant à des variations saisonnières, tous les emplois offerts n'ont pas nécessairement un caractère saisonnier. Pour que les emplois en question puissent être proposés dans le cadre de CDD saisonniers, encore faut-il qu'il y ait une correspondance entre les tâches offertes et l'activité saisonnière de l'entreprise. Ainsi l'affectation d'un salarié « à des tâches multiples, diverses, sans corrélation avec le rythme des saisons », ou à des tâches « accomplies à toutes époques de l'année » ne saurait s'opérer par le biais de CDD saisonniers. De même, l'embauche pour des périodes ne coïncidant pas avec une ou plusieurs saisons exclut le recours à de tels contrats².

C'est ainsi qu'une activité touristique (lieux culturels, activités sportives en montagne, à la mer...), caractérisée par un accroissement de visiteurs chaque année, à dates à peu près fixes est une activité saisonnière au sens du Code du travail. Il est alors possible de conclure des contrats saisonniers avec des salariés, pour la période recevant le plus grand nombre de visiteurs (Cf. Encadré).

C'est ce qu'a décidé la Cour de cassation concernant les CDD successifs conclus avec une salariée, affectée au poste d'hôtesse de caisse à la tour Eiffel sur une période de cinq ans : les deux premières années, pendant les vacances scolaires, puis les

trois années suivantes, sur les cinq ou six mois de l'année pendant lesquels le plus grand nombre de touristes visitent la tour Eiffel. Pour les magistrats, l'activité touristique était bien caractérisée par un accroissement du nombre de visiteurs, chaque année, à des dates à peu près fixes, ce qui justifiait la conclusion de contrats saisonniers³.

En revanche, une entreprise dont l'activité de vente se poursuit sans interruption pendant toute l'année, ne peut, pour faire face à une augmentation temporaire de la demande de la clientèle (suite à des campagnes publicitaires ou promotionnelles, par exemple), recourir à des contrats saisonniers. Pour la Cour de cassation, une entreprise qui fabrique et commercialise des articles de camping en toute saison n'a pas d'activité saisonnière. Une telle activité ne peut justifier le recours à des CDD saisonniers⁴. Dans cette hypothèse, seuls des contrats pour le motif d'accroissement temporaire d'activité peuvent être conclus.

À noter : la distinction entre le travail saisonnier et le simple accroissement d'activité a des conséquences pratiques. En effet, sauf convention ou accord collectif contraire, l'indemnité de fin de contrat (ou « indemnité de précarité ») versée en principe à la fin du CDD n'est pas due dans le cadre des contrats saisonniers, tandis qu'elle doit l'être pour les contrats conclus pour accroissement temporaire d'activité.

Réglementation générale applicable aux salariés saisonniers

Il est important de rappeler que les travailleurs saisonniers disposent des mêmes droits que l'ensemble des travailleurs. Les dispositions prévues par le Code du travail concernant en particulier la durée du travail, la rémunération, la santé et la sécurité au travail leur sont applicables.

Toutefois, le travail saisonnier est par définition caractérisé par des tâches à accomplir dans un temps limité. La tentation, de ce fait, d'abus en matière de temps de travail et de repos est donc une réalité. Le dimanche, en zone touristique, est rarement un jour chômé pour les travailleurs.

Afin d'améliorer la situation du travailleur saisonnier et de lui garantir une certaine stabilité, le régime juridique du CDD saisonnier fait l'objet de certaines adaptations, avec en particulier la possibilité de :

- conclure des contrats sans terme précis⁵;
- conclure dans certains cas des CDD successifs avec le même salarié⁶;
- prévoir dans le contrat une clause de reconduction pour la saison suivante⁷.

Des dispositions spécifiques concernant les modalités de calcul de l'ancienneté⁸ et du repos compensateur sont également prévues.

Les modalités du suivi de l'état de santé des tra-

vailleurs saisonniers font également l'objet de certaines adaptations qui seront détaillées ci-après.

Dispositions applicables en matière de prévention des risques professionnels

Comme pour tous ses salariés, l'employeur est responsable de la santé et de la sécurité des saisonniers qu'il a engagés. Il est tenu à une obligation de sécurité et, à ce titre, il doit prendre les mesures nécessaires pour assurer leur sécurité et protéger leur santé physique et mentale, et veiller à ne pas les affecter à certains travaux particulièrement dangereux.

Travaux interdits aux salariés saisonniers

Chaque employeur doit veiller à ne pas affecter de travailleurs saisonniers à certains travaux particulièrement dangereux, expressément listés à l'article D. 4154-1 du Code du travail. Les interdictions qui y sont mentionnées concernent l'exécution de travaux les exposant à certains agents chimiques dangereux ou aux rayonnements ionisants. Le directeur régional des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi peut toutefois exceptionnellement accorder une dérogation à cette interdiction. La demande d'autorisation doit alors lui être adressée par lettre recommandée avec avis de réception, accompagnée de l'avis

ENCADRÉ

DIFFÉRENCES AVEC D'AUTRES TYPES DE CONTRATS

Le contrat vendanges* : Le Code rural et de la pêche maritime prévoit la possibilité de conclure un CDD pour la réalisation des travaux de vendanges.

Ces travaux s'entendent « des préparatifs de la vendange à la réalisation des vendanges jusqu'aux travaux de rangement inclus ». Le contrat vendanges est un contrat pour travaux saisonniers assorti de conditions particulières.

Le CDD d'usage** : Dans certains secteurs (tourisme, spectacle, hôtellerie-restauration), le CDD d'usage peut être employé pour les emplois saisonniers. Ce contrat présente une plus grande flexibilité, permettant de renouveler plusieurs fois le contrat sans limitation, en raison de la nature particulière des métiers concernés. Ce contrat d'usage, plus communément appelé « extra », permet à un employeur d'engager un salarié pour l'exécution d'une tâche précise et temporaire. Il ne peut être utilisé que pour répondre à des besoins ponctuels et immédiats pour un poste spécifique, uniquement dans les secteurs d'activité autorisant ce type de contrat. Le travailleur doit dès lors être un salarié présent de manière occasionnelle et irrégulière (ce qui le différencie du contrat à temps partiel ou de l'intérim).

*Cf. Articles L. 718-4 à L. 718-6 du Code rural et de la pêche maritime.

**Cf. Articles L. 1242-2 et L. 1251-6 du Code du travail.





© Cédric Pasquini pour l'INRS / 2019

du comité social et économique (CSE), ainsi que de l'avis du médecin du travail.

À noter : au-delà de ces dispositions, l'employeur devra veiller à ne pas affecter de jeunes de moins de 18 ans à des travaux les exposant à des risques pour leur santé, leur sécurité, leur moralité ou excédant leurs forces. Ce principe général est décliné par le Code du travail, travaux par travaux. À titre d'exemples, sont strictement interdits aux jeunes travailleurs d'au moins 15 ans et de moins de 18 ans les travaux les exposant à des agents biologiques de groupe 3 ou 4⁹, à des vibrations mécaniques lorsque le niveau de vibration dépasse les valeurs d'exposition journalière¹⁰, ainsi qu'à des températures extrêmes susceptibles de nuire à leur santé¹¹.

Évaluation des risques et mise en place d'une démarche de prévention

Dans le cadre de cette obligation générale d'assurer la sécurité et de protéger la santé des salariés dont les saisonniers, l'employeur doit évaluer les risques professionnels auxquels ces derniers sont exposés, préalablement à leur affectation à leur poste de travail, et retranscrire les résultats de cette éva-

luation dans le document unique d'évaluation des risques professionnels (DUERP).

En fonction des résultats de cette évaluation, il doit mettre en place des mesures de prévention adaptées, même si celles-ci ne sont applicables que pour une courte durée. Il pourra être accompagné par le service de prévention et de santé au travail (SPST), qui pourra le conseiller sur la prévention des risques professionnels et l'amélioration des conditions de travail, par la Carsat, et par le CSE s'il existe.

Au regard des secteurs ayant recours plus particulièrement à des travailleurs saisonniers (tourisme, agriculture, animation...), ces derniers peuvent être plus particulièrement exposés à des horaires atypiques (travail de nuit, horaires décalés), à des températures extrêmes, au port de charges, aux manutentions, au travail physique. Ils peuvent également être exposés aux risques liés aux pratiques addictives (alcool, tabac).

À noter : la question de l'hébergement temporaire de ces travailleurs revêt une importance primordiale, de mauvaises conditions de logement pouvant avoir des conséquences sur leur santé physique et mentale. Ainsi, bien que la réglementation ne rende pas obligatoire l'hébergement des salariés par l'employeur, en pratique, il est souvent nécessaire. Dans ce cas, si l'employeur héberge ses salariés, il doit le faire dans des conditions de salubrité satisfaisantes, que l'inspection du travail peut être amenée à contrôler.

Formation renforcée à la sécurité

Tel que le précise l'article L. 4142-2 du Code du travail, les salariés titulaires d'un CDD, affectés à « des postes de travail présentant des risques particuliers pour leur santé ou leur sécurité » doivent bénéficier d'une formation renforcée à la sécurité, ainsi que d'un accueil et d'une information adaptés dans l'entreprise dans laquelle ils sont employés.

À noter : il n'existe pas de définition juridique des « risques particuliers » au sens de cet article, mais il est possible de se référer à la circulaire 18/90 du 30 octobre 1990 relative au contrat de travail à durée déterminée et au travail temporaire pour établir la liste de ces postes.

L'employeur qui recrute des salariés saisonniers doit donc lister les postes de travail pour lesquels il est nécessaire de mettre en place une formation renforcée à la sécurité. Cette liste de postes de travail est établie après avis du médecin du travail et du CSE, s'il existe. Elle est tenue à la disposition de l'agent de contrôle de l'inspection du travail.

La formation pourra notamment porter sur les risques auxquels ils sont susceptibles d'être exposés, les règles de sécurité sur le lieu de travail, l'utilisation, l'entretien et les vérifications des

équipements de protection individuelle (EPI), les mesures de prévention à respecter en fonction des risques spécifiques...

Accident du travail et contrat de travail saisonnier

Le salarié victime d'un accident du travail dans le cadre de l'exécution d'un contrat saisonnier bénéficie des mêmes droits que les autres salariés en CDD et en CDI notamment. Les modalités de déclaration sont identiques, et le saisonnier pourra bénéficier, au même titre qu'un salarié en CDI, d'une protection spéciale pendant toute la période de la suspension du contrat de travail, si le terme de son contrat n'est pas encore expiré.

Modalités du suivi de l'état de santé des saisonniers

Tel que le précise l'article L. 4625-1 du Code du travail, la protection des travailleurs saisonniers doit être équivalente à celle des autres travailleurs et les règles et modalités de suivi adaptées ne peuvent avoir pour effet la modification de la périodicité des examens médicaux définis par le Code du travail.

En complément de ces dispositions législatives, les modalités du suivi de santé des salariés saisonniers sont fixées par l'article D. 4625-22 du Code du travail et varient en fonction de la durée du contrat et des risques auxquels ils sont exposés.

Un examen d'embauche obligatoire à partir de 45 jours

Pour les salariés saisonniers recrutés pour une durée au moins égale à 45 jours de travail effectif et affectés à des emplois présentant des risques particuliers mentionnés à l'article R. 4624-23 du Code du travail¹², un examen médical d'embauche est obligatoire.

Cet examen, réalisé par le médecin du travail, a notamment pour objet :

- de s'assurer que le travailleur est médicalement apte au poste de travail auquel l'employeur envisage de l'affecter ;
- de rechercher si le travailleur n'est pas atteint d'une affection dangereuse pour les autres travailleurs ;
- d'informer le travailleur sur les risques des expositions au poste de travail et le suivi médical nécessaire, ainsi que sur les moyens de prévention à mettre en œuvre.

Sont dispensés de cet examen médical d'embauche les salariés saisonniers :

- recrutés pour un emploi équivalent à ceux précédemment occupés si aucune inaptitude n'a été reconnue lors du dernier examen médical intervenu au cours des 24 mois précédents ;
- ceux affectés à des risques particuliers pour une durée inférieure à 45 jours.

Des actions de formation et de prévention pour les contrats plus courts

Pour les salariés saisonniers recrutés pour une durée inférieure à 45 jours (quels que soient les risques auxquels ils sont exposés) et ceux qui ne sont pas affectés à des postes à risque (quelle que soit la durée du contrat), le SPST organise des actions de formation et de prévention.

Ces actions, qui peuvent être communes à plusieurs entreprises, seront animées par des professionnels de santé au travail (médecins du travail, médecin praticien correspondant ou, sous l'autorité du médecin du travail, collaborateur médecin, interne ou infirmier).

Elles pourront porter plus particulièrement sur les risques professionnels spécifiques auxquels sont exposés les saisonniers concernés (horaires atypiques, bruit, travail exposant à la chaleur ou en ambiance froide, port de charges...) et les mesures de prévention à respecter, telles que le port d'EPI. Des conseils et des informations en matière d'hygiène de vie peuvent également y être abordés. Le CSE doit être consulté sur ces actions.

Enfin, il convient de noter que le travailleur saisonnier, comme tous les autres salariés, peut bénéficier des autres visites accessibles à l'ensemble des travailleurs :

- visite de préreprise et de reprise du travail ;
- visites effectuées à la demande de l'employeur, du salarié ou du médecin du travail. ●

1. Cour de cassation, chambre sociale, 10 janvier 1991, n° 87-45.059. Dans cette affaire, il s'agissait d'une hôtesse-interprète engagée par la société des Galeries Lafayette en raison de l'augmentation saisonnière d'activité.

2. Cour de cassation, chambre sociale, 21 janvier 1987, n° 85-41.941.

3. Cour de cassation, chambre sociale, 12 octobre 1999, n° 97-40.915.

4. Cour de cassation, chambre sociale, 26 octobre 1999, n° 97-42.776.

5. Cf. Article L. 1242-7 du Code du travail. Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr

6. Cf. Article L. 1244-1 du Code du travail.

7 Cf. Article L. 1244-2 du Code du travail.

8. Cf. Article L. 1244-2 du Code du travail.

9. Cf. Article D.4153-19 du Code du travail. Les agents biologiques sont classés en 4 groupes selon le risque qu'ils représentent, allant de 1 à 4 par gravité croissante. À titre d'exemples, sont classés dans le groupe 3 les agents suivants : Creutzfeldt-Jakob, hépatites B et C, VIH, Mycobacterium, tuberculose, virus de la rage..., et dans le groupe 4 : variole, Ebola...

10. Cf. Article D.4153-20 du Code du travail.

11. Cf. Article D.4153-36 du Code du travail. Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr

12. Les postes présentant des risques particuliers sont ceux exposant les travailleurs à l'amiante, au plomb, aux agents CMR, aux agents biologiques des groupes 3 et 4, aux rayonnements ionisants, au risque hyperbare, au risque de chute de hauteur lors des opérations de montage et de démontage d'échafaudages.

SPÉCIFICITÉS ET RÉALITÉS POUR UNE PRÉVENTION EFFICACE DES TROUBLES MUSCULOSQUELETTIQUES DES TRAVAILLEURS SAISONNIERS

Dans de nombreux secteurs d'activité, les travailleuses et travailleurs saisonniers sont particulièrement exposés aux troubles musculosquelettiques (TMS). Alternance saison/hors saison, journées longues, rythmes intenses et contraintes physiques et mentales importantes rendent ces atteintes fréquentes et souvent chroniques. Cet article présente un portrait de situations de travail à risque de TMS en contexte saisonnier et s'attache à mieux comprendre ses particularités afin d'éclairer les actions de prévention des TMS.

**MARIE-ÈVE
MAJOR**
département
des Relations
industrielles,
université de
Sherbrooke
(Canada)

Le travail saisonnier fait partie intégrante du monde professionnel et participe à l'économie. Plusieurs secteurs d'activité emploient des travailleurs saisonniers : l'agriculture, la pêche, la transformation alimentaire, la foresterie, les activités touristiques... Ces travailleurs semblent particulièrement touchés par les troubles musculosquelettiques (TMS). Des conditions de travail difficiles où s'entremêlent de fortes contraintes organisationnelles et temporelles, et qui ont des conséquences sur les dimensions physiques et psychosociales du travail, contribueraient la survenue de ces affections chez les saisonniers. Il serait d'ailleurs commun d'accepter ces contraintes en contexte saisonnier, puisqu'elles sont perçues comme passagères le temps d'une saison. Le contexte du travail saisonnier est aussi identifié comme pouvant représenter une incompatibilité avec une prise en charge et un suivi des problèmes de santé de ces travailleurs.

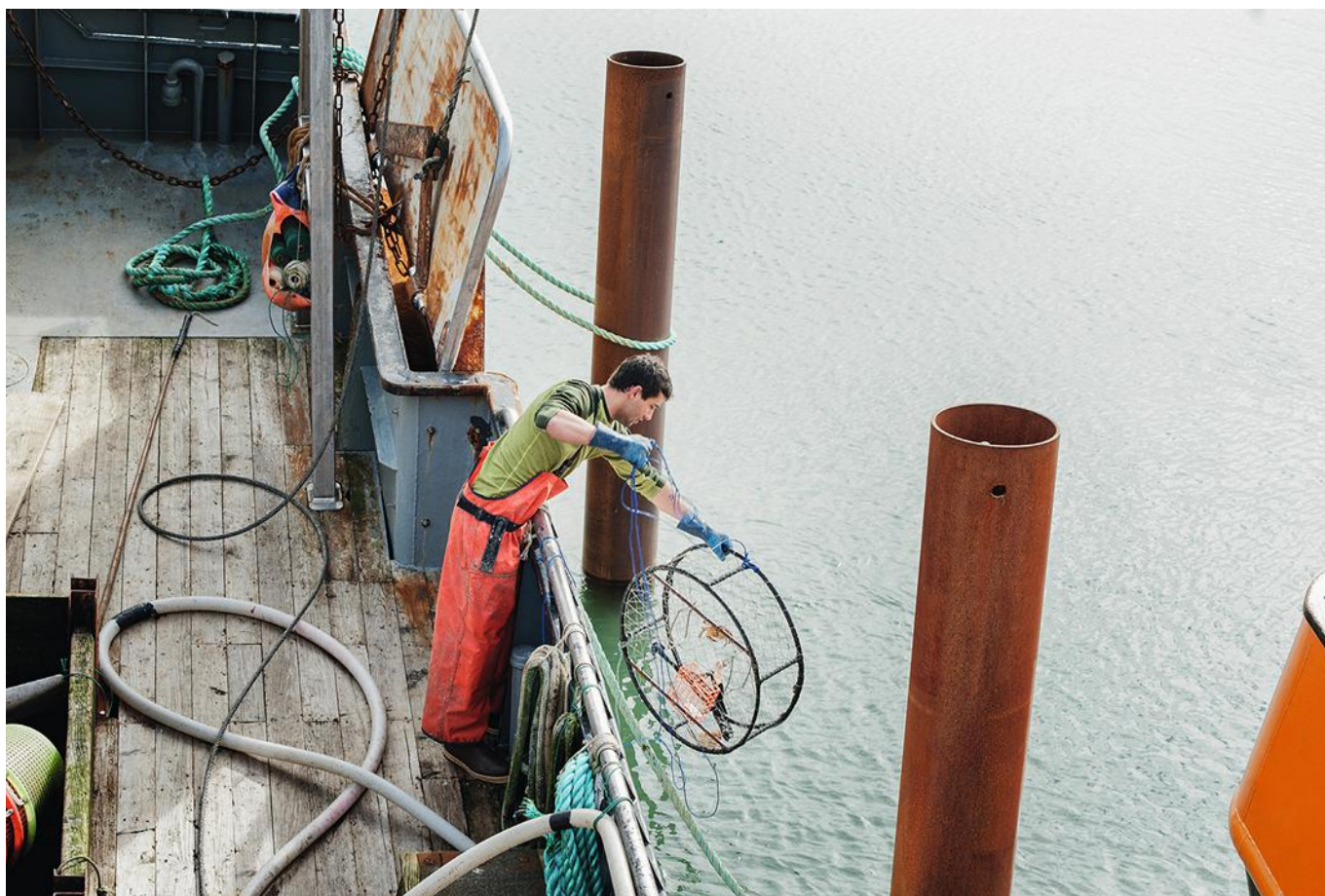
Travail saisonnier : une forme du travail aux caractéristiques singulières et complexes

D'emblée, il convient de souligner que, bien que le travail saisonnier apparaisse comme une réalité commune, il se révèle être d'une grande complexité. De plus, les caractéristiques de cette forme de travail sont peu documentées et encore moins décrites de manière spécifique. De façon générale, le travail saisonnier est défini comme un emploi rémunéré, non permanent, qui ne dure que le temps d'une « saison » [1,2].

Le travail saisonnier revêt de multiples facettes : il peut être choisi ou subi, et occasionnel ou récurrent. Pour certains travailleurs saisonniers, cette forme de travail constitue un choix de mode de vie leur permettant de concilier travail et loisirs, ou travail et études. Alors que pour d'autres, cette forme de travail représente l'unique option possible dans une région ou une communauté, ou encore elle constitue la norme dans certains secteurs industriels dépendant essentiellement de ressources naturelles et/ou de fluctuations saisonnières. Ces travailleurs y occupent fréquemment le même emploi année après année (travailleurs saisonniers récurrents). À ce portrait, s'ajoutent les travailleurs qui cumulent plusieurs emplois saisonniers au cours d'une année au rythme des saisons ou des productions, ainsi que les travailleurs provenant d'un pays étranger (par exemple : travailleurs étrangers temporaires, travailleurs migrants) qui sont embauchés le temps d'une saison, notamment pour pallier un manque de main-d'œuvre locale. Cette diversité mérite d'être prise en compte pour mieux appréhender les risques spécifiques et développer des actions préventives appropriées aux réalités et besoins de ces travailleurs et entreprises.

Une activité de travail marquée par de fortes contraintes

La littérature scientifique rapporte une problématique importante de TMS des membres supérieurs, du dos et des genoux chez les travailleurs saisonniers et ce, malgré une sous-déclaration [3-5].



© Amanda Schwinghammer / Adobe Stock

Les saisonniers récurrents seraient également particulièrement exposés au risque de développer des problèmes musculosquelettiques chroniques, en raison de la pénibilité du travail à laquelle ils sont confrontés année après année et du peu de ressources et de moyens mis à leur disposition dans le cadre de leur travail, en dépit de l'alternance avec une période hors saison [6]. Des études s'étant intéressées au travail saisonnier ont mis en évidence des conditions de travail particulièrement difficiles, où les travailleurs saisonniers seraient davantage concernés par les lésions professionnelles, comparativement aux travailleurs permanents. Notamment, les résultats d'une étude portant sur 255 travailleurs du secteur agricole en Nouvelle-Zélande ont montré que le nombre et la gravité des blessures chez les travailleurs saisonniers étaient plus importants, comparativement aux travailleurs permanents au sein d'une même équipe pour des tâches identiques ou similaires, en considérant la durée d'exposition [7]. Dans le secteur de la pêche, la prévalence des TMS a été rapportée comme étant quatre fois plus élevée auprès des saisonniers que des travailleurs permanents [8]. Dans certains secteurs, comme celui de la transformation et de la mise en conserve de fruits et de légumes, les postes occupés par des saisonniers sont rapportés

comme présentant des conditions de travail difficiles, avec des taux de roulement et d'absentéisme qui seraient plus importants que ceux des travailleurs permanents [9].

D'importantes contraintes physiques (biomécaniques), notamment en ce qui concerne les postures (par exemple : flexion prolongée du dos, posture debout statique), des efforts (forces, port de charges), des pressions mécaniques, des chocs et des impacts ainsi que des vibrations transmises aux mains et/ou au corps entier, sont fréquemment rapportées dans bon nombre de secteurs caractérisés par une saisonnalité du travail. Que l'on pense aux activités de manutention de casiers de pêche, de désherbage, de cueillette de fruits et de légumes, de travaux avec du bétail, de découpe de poissons, de triage et d'emballage de crustacés, de taille de la vigne, de plantation d'arbres et de débroussaillage, toutes impliquent une importante sollicitation musculosquelettique. Le travail se caractérise également par une grande répétitivité rapportée comme une « *nécessité de devoir travailler rapidement* », avec une cadence de travail élevée (pouvant être imposée mécaniquement par une machine, par le déplacement automatique d'un produit ou encore par l'affluence touristique), afin d'obtenir la meilleure productivité possible dans un



temps restreint. Ce rythme est souvent imposé dès le début de la saison de travail, période qui correspond à un retour au travail après une période hors saison de plusieurs mois pour les saisonniers récurrents. La durée de conservation des ressources naturelles (fruits, légumes, poissons, viandes, etc.) et le souci de préservation de leur qualité, ou encore l'affluence touristique en belle saison (activités touristiques : restauration, hébergement, stations touristiques), contribuent à un rythme de travail rapide.

Le travail est également marqué par une charge mentale élevée, qui est souvent sous-estimée lorsque l'on s'intéresse aux travailleurs saisonniers. Bon nombre de ces travailleurs évoluent au sein de conditions de travail caractérisées par une grande variabilité et une grande imprévisibilité : variabilité des ressources naturelles (qualité et quantité), des matières premières et des produits selon l'avancement dans la saison, imprévisibilité (ou du moins, caractère difficilement prévisible) des conditions météorologiques et climatiques. En réponse, une activité cognitive complexe, impliquant des processus tels que l'évaluation, la planification, la prise de décision, la mémorisation et la résolution de problèmes, est sollicitée, souvent sous contrainte de temps. Cette charge mentale élevée est également présente dès le début de la saison [10]. On s'attend à ce que ces travailleurs satisfassent aux exigences du travail, dont celles physiques et cognitives, dès le premier jour de la saison, et ce, avec une efficacité professionnelle immédiate et intensive. Pourtant, le travail implique de devoir se (re)familiariser avec ses exigences et particularités, (re)mettre en pratique des savoir-faire et se (ré)approprier des stratégies. Cet apprentissage ou ce réapprentissage de gestes professionnels représentent une charge mentale particulièrement élevée [11].

Le travail en contexte saisonnier est également marqué par de fortes contraintes temporelles. L'imprévisibilité liée aux conditions météorologiques et aux ressources naturelles, ainsi que la survenue de plus en plus fréquente d'aléas climatiques (par exemple : sécheresses, inondations, feux de forêt) posent des défis pour les entreprises saisonnières sur différents plans, dont ceux de la gestion de la logistique et de l'organisation temporelle du travail [12]. Les propos d'un directeur d'usine de transformation de légumes obtenus dans le cadre d'une étude réalisée sur la prévention des TMS en contexte saisonnier [12]¹ illustrent d'ailleurs bien ces défis :

« Si quatre à cinq heures après leur récolte, les pois sont entreposés dans un camion en plein soleil, ils vont fermenter très rapidement. [...] L'objectif : congeler le produit en moins de quatre heures après la récolte. Donc côté logistique, main-d'œuvre et horaires de travail, c'est très compliqué », selon le

directeur d'une entreprise de transformation de légumes.

De plus, les entreprises de certains secteurs peuvent également être soumises à des politiques et directives ministérielles imposant des quantités maximales (exemples : quotas de pêche de certaines espèces) sur une période définie pour assurer la régénération des ressources naturelles. La pression du temps pour atteindre les objectifs de production en contexte saisonnier est donc particulièrement présente. Ces réalités avec lesquelles les entreprises et les travailleurs saisonniers doivent composer ont des répercussions importantes sur l'organisation de la production et l'organisation temporelle du travail et se traduisent, entre autres, par de longues heures de travail sur une base quotidienne et hebdomadaire, plusieurs journées consécutives de travail sans jour de repos, une imprévisibilité des horaires de travail, une grande variabilité de la production d'une journée à l'autre, ainsi que des incertitudes quant à la durée de la saison de travail [5]. Outre qu'elles occasionnent une exposition pouvant être intense aux facteurs de risque biomécaniques, ces contraintes temporelles et organisationnelles entraînent aussi une pression de travailler dans un état d'urgence et impliquent une mobilisation envers le travail à la fois du corps et de l'esprit, comme l'expliquent ces deux travailleurs saisonniers :

« Go! Go! Il faut que tu ré pares là. J'ai des pois qui vont pourrir dans la cour. Ça fait des années que je me sens comme un pompier, on est tous des pompiers ici. Le feu se propage et on l'éteint », décrit un travailleur saisonnier d'une entreprise de transformation de légumes.

« J'adore faire le maïs, mais ce sont les journées de 12 heures que je n'aime plus. Je n'en suis plus capable. [...] Douze heures, c'est vraiment beaucoup. Ce n'est pas juste dur pour le corps, ça devient dur pour la tête aussi, parce qu'on rentre à 6 heures le matin, il fait noir. On part à 6 heures le soir, il fait noir. On ne voit pas la lumière du jour. Il y en a qui n'ont plus de vie de famille. Ils partent le matin, les enfants sont couchés, ils reviennent le soir... Tu manges, tu fais ta vaisselle, tu te laves, tu vas te coucher. [...] C'est très intense », détaille une travailleuse saisonnière d'une entreprise de transformation de légumes.

L'incertitude de la durée de la saison, les minces possibilités d'emplois alternatifs dans une région pour plusieurs saisonniers locaux et la crainte de ne pas être en mesure de pouvoir cumuler suffisamment d'heures de travail sur la saison pour subvenir à ses besoins et ceux de sa famille, ou encore pour être éligible à des prestations de chômage lors de la période hors saison, accompagnent le quotidien de plusieurs travailleurs saisonniers [5]. Ces derniers tentent de gérer au mieux

les problèmes musculosquelettiques le temps de la saison. Diverses stratégies sont déployées, dont l'entraide entre collègues, l'adaptation des tâches et la consommation d'antalgiques pour gérer ses douleurs afin de parvenir à se maintenir au travail [13]. Au sein des milieux de travail, on semble miser sur cette résilience et les capacités des travailleurs saisonniers pour faire face à la pénibilité du travail au cours de la saison. Or, ces stratégies peuvent représenter des compromis coûteux pour la santé. À cet égard, des travaux portant sur le suivi longitudinal des TMS, réalisés auprès de travailleuses saisonnières œuvrant dans le secteur de la transformation des produits de la mer, mettent en évidence le caractère chronique et invalidant de ces problèmes de santé [6]. Ces derniers ont des conséquences sur les plans personnel, social et économique pour les travailleurs, les entreprises et la société.

Prévention des TMS : l'importance de prendre en compte le contexte saisonnier

S'il semble prioritaire que les autorités publiques promeuvent les actions de prévention des TMS en contexte de travail saisonnier et que les préventeurs et les entreprises développent de telles actions pour diminuer ces situations à risque et offrir davantage de ressources aux travailleurs saisonniers, une revue de la littérature scientifique fait ressortir que ces interventions sont peu nombreuses et que très peu tiennent compte des caractéristiques du contexte saisonnier [14]. De plus, une large part des interventions publiées visant la prévention des TMS en contexte saisonnier ont comme objectifs principaux la mise en place de changements techniques (par exemple : conception d'outils ou d'équipements de travail, aménagement de l'environnement ou du poste de travail), ou la modification de comportements (par exemple : développement d'un programme d'exercices physiques). Les effets de ces actions sur la prévention des TMS sont rapportés comme étant non concluants, ou encore ne sont pas documentés. Les principales recommandations découlant de cette recension soulignent la nécessité d'une prise en compte des caractéristiques spécifiques du contexte saisonnier lors de la mise en œuvre d'une intervention de prévention, ainsi que le besoin d'interventions reposant sur une approche multifactorielle, centrée sur le travail réel, pour intégrer de manière systémique la diversité des déterminants des situations à risque de TMS. Par ailleurs, les stratégies de mobilisation auprès des différents acteurs clés (employeurs, travailleurs saisonniers, décideurs publics, etc.) nécessitent d'être au cœur de la démarche de mise en œuvre et d'accompagnement, afin d'inscrire la prévention des TMS dans le temps.

Des indicateurs permettant de mieux comprendre des réalités et des particularités du contexte saisonnier

Les résultats d'une récente étude portant sur la prévention des TMS en contexte saisonnier [12] mettent en évidence différents facteurs permettant de mieux comprendre des particularités et des réalités importantes du contexte saisonnier, avec lesquelles les milieux de travail et les intervenants en santé au travail doivent composer. À titre d'exemples, ces facteurs touchent des dimensions telles que l'organisation temporelle du travail, les conditions environnementales et climatiques et la gestion de la logistique de la chaîne d'approvisionnement, les connaissances et les représentations sur les TMS, les pratiques préventives des TMS et les indicateurs de suivi, les pratiques managériales, la gestion de la SST et les communications dans l'entreprise. La prise en compte de facteurs liés au contexte s'avère incontournable pour concevoir et implanter des interventions préventives adaptées



et efficaces. Certains facteurs peuvent poser des défis, mais aussi représenter des opportunités pour favoriser la mise en place d'interventions de prévention des TMS. C'est notamment le cas de facteurs liés à l'organisation temporelle du travail. La saison de travail est souvent rapportée comme étant très intense et offrant peu d'ouverture à des projets d'amélioration. Or, une planification des différentes étapes de la démarche d'intervention de prévention par l'intervenant avec l'entreprise pendant la



Avertissement aux lecteurs

Les informations présentées dans cet article proviennent d'une série de travaux réalisés par l'auteur sur la prévention des TMS en contexte saisonnier. Les lecteurs souhaitant en savoir davantage sont invités à consulter les principaux documents publiés en lien avec le sujet [1,10,12]. Ces travaux ont été soutenus financièrement par l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST, Québec, Canada).

période hors saison, en vue de la mise en œuvre de différentes actions préventives des TMS durant la saison de travail, serait un levier important pour la mise en place de conditions favorables. Cette façon de faire permettrait à l'entreprise d'identifier l'intervention comme l'un des projets en cours lors de la saison de production et d'y allouer plus aisément les ressources nécessaires, comme en témoignent les propos de cette représentante de la direction d'une entreprise saisonnière de transformation de légumes :

« Pendant la période hors saison, c'est justement là qu'on fait tous nos projets, qu'on décide de notre organisation pour les différentes saisons qui vont venir : pois, maïs et carottes. [...] L'idéal pour nous, ça serait vraiment de tout structurer pendant l'hiver. Au début de la saison, quand on rencontre tous les employés, je pense que ça serait le bon moment de présenter ce projet [l'intervention de prévention des

TMS]. Avant que la production ne démarre, on lance notre projet [l'intervention de prévention des TMS] pour qu'il soit déjà en place quand la production commence. Parce que quand la production est partie, c'est vraiment dur de commencer un projet, il faut qu'on soit à jour dans tous nos projets. Il faut qu'on sache où on va... »

Conclusion

Les travailleurs saisonniers représentent une main-d'œuvre essentielle pour de nombreux secteurs d'activité, voire pour la survie économique de certaines régions qui dépendent des ressources naturelles. Si l'on reconnaît l'importance de la préservation des ressources naturelles, il semble en être bien différemment de la santé au travail des travailleuses et travailleurs saisonniers. La mise en œuvre d'actions visant la prévention des TMS, qui s'intéressent et tiennent compte des caractéristiques spécifiques du contexte saisonnier du travail, est nécessaire et d'autant plus importante face aux pénuries de main-d'œuvre, à une population active vieillissante et à une perte progressive de la vitalité socio-économique rurale. ●

1. Les verbatims proviennent d'une précédente étude scientifique réalisée sur la prévention des TMS en contexte saisonnier [12]. Ces extraits sont insérés à titre illustratif pour faciliter la compréhension des réalités de ce contexte de travail à partir des témoignages de travailleurs saisonniers et de directions d'entreprises saisonnières. La présentation des extraits dans cet article a été traitée afin d'en faciliter la lecture et la compréhension.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] MAJOR M.E. – Étude ergonomique du travail saisonnier et de ses impacts sur les stratégies et les troubles musculo-squelettiques de travailleuses d'usines de transformation du crabe. Montréal, Université du Québec, 2011.
- [2] DE RAAF S., KAPSALIS C., VINCENT C. – Seasonal work and employment insurance use. *Perspect Labour Income*, 2003, 4 (9), pp. 31-37.
- [3] CHUBILLEAU C. ET AL. – Travail saisonnier et santé. La santé des travailleurs saisonniers de Charente-Maritime en 2009. ORS de Poitou-Charentes, 2012, p. 86.
- [4] FAUCETT J. ET AL. – Rest break interventions in stoop labor tasks. *Applied ergonomics*, 2007, 38 (2), pp. 219-226.
- [5] MAJOR M.E., VÉZINA N. – The organization of working time: developing an understanding and action plan to promote workers' health in a seasonal work context. *New Solut J Environ Occup Health Policy*, 2017, 27 (3), pp. 403-423.
- [6] MAJOR M.E., WILD P., CLABAULT H. – Développement méthodologique : indicateurs et profils pour le suivi longitudinal des TMS. *Perspect Interdiscip sur Trav Santé*, 2022, 24 (1), p. 28.
- [7] SCHWEDER P. – Occupational health and safety of seasonal workers in agricultural processing. University of New South Wales, 2008.
- [8] LIPSCOMB H.J. ET AL. – Musculoskeletal symptoms among commercial fishers in North Carolina. *Applied ergonomics*, 2004, 35 (5), pp. 417-426.
- [9] GROUPE AGÉCO – Étude sectorielle sur la transformation et la mise en conserve de fruits et légumes. 2017, p. 153.
- [10] MAJOR M.E., WILD P., CLABAULT H. – Travail saisonnier et santé au travail : bilan des connaissances et développement d'une méthode d'analyse pour le suivi longitudinal des troubles musculosquelettiques (R-1102). IRSST, 2020, p. 139. Accessible sur : <https://pharesst.irsst.qc.ca/expertises-revues/11/>
- [11] GOUPIL A., MAJOR M.E. – Start of the season in a seasonal work context: a better understanding of the difficulties experienced by seasonal workers in the food processing industry for the prevention of work-related musculoskeletal disorders. *Int J Environ Res Public Health*, 2024, 21 (8), p. 997.
- [12] MAJOR M.E. ET AL. – Facteurs facilitants et défis liés à l'implantation d'une intervention visant la prévention des troubles musculosquelettiques en contexte de travail saisonnier : une étude dans le secteur de la transformation alimentaire. IRSST, 2025, Report No. R-1214-fr, p. 97. Accessible sur : <https://doi.org/10.70010/ZYRC4210>
- [13] MAJOR M.E., VÉZINA N. – Élaboration d'un cadre de référence pour l'étude des stratégies : analyse de l'activité et étude de cas multiples dans deux usines de crabe. *Perspect Interdiscip sur Trav Santé*, 2011, 13 (2), p. 34.
- [14] MAJOR M.E., CLABAULT H., WILD P. – Interventions for the prevention of musculoskeletal disorders in a seasonal work context: a scoping review. *Applied ergonomics*, 2021, 94, 103417.

SANTÉ AU TRAVAIL DES SAISONNIERS EN HÔTELLERIE-RESTAURATION : RISQUES PROFESSIONNELS, VULNÉRABILITÉS SPÉCIFIQUES ET LEVIERS D'ACTION

L'hôtellerie-restauration mobilise chaque année une main-d'œuvre saisonnière essentielle à l'activité touristique. Ces emplois cumulent fréquemment contraintes organisationnelles, sollicitations physiques, expositions multiples et risques psychosociaux. Les données disponibles objectivent ces déterminants et soulignent des fragilités d'accès au logement, aux soins et à la prévention. Cet article croise données chiffrées, analyse des situations de travail et retours d'expérience, et met en perspective les dispositifs de prévention mobilisables par les acteurs institutionnels (SPSTI, Carsat et INRS notamment).

**NICOLAS
BERTRAND**
Responsable
des projets
et des
partenariats,
Ametra06*

**JEAN
PASSERON**
Directeur
médico-
technique,
Ametra06*

**JEAN-DENIS
CLARY**
Ingénieur
conseil, Carsat
Sud-Est

*Association pour
la médecine du
travail, service de
prévention et de
santé au travail
interentreprises
(SPSTI) des Alpes-
Maritimes.

Un travail « court » aux effets durables

La saison touristique impose à de nombreux établissements de l'hôtellerie-restauration un fonctionnement en « sursis » sur une période brève. La réussite de la saison dépend alors d'une capacité à recruter rapidement, intégrer des salariés parfois très jeunes, et maintenir la qualité de service malgré des pics d'activité, un turnover élevé et des organisations parfois instables.

Du point de vue de la prévention, cette configuration concentre plusieurs difficultés :

- le temps disponible limité pour l'accueil sécurité, l'apprentissage au poste, la montée en compétences et l'organisation de visites d'embauche par les services de prévention et de santé au travail interentreprises (SPSTI) ;
- l'hétérogénéité des profils (étudiants, travailleurs « enchaînant » les saisons, salariés en recherche d'emploi, parfois travailleurs migrants) ;
- les multiexpositions (physiques, organisationnelles, relationnelles et environnementales), avec des effets cumulatifs sur la fatigue, le sommeil, la santé et le risque d'accident.

Les travaux de l'Observatoire régional de santé (ORS) de Nouvelle-Aquitaine (enquête 2018-2019) fournissent un éclairage robuste sur les conditions de vie et de travail des saisonniers, dont une part importante exerce en hôtellerie-restauration [1].

Ces résultats, bien que régionaux, constituent une base utile pour discuter des situations rencontrées dans d'autres territoires touristiques. Cette enquête rappelle toutefois une limite majeure : l'autoquestionnaire exclut largement les saisonniers ne maîtrisant pas le français écrit, ce qui conduit à une sous-représentation des travailleurs étrangers (environ 3 % dans l'échantillon), alors même qu'ils peuvent être plus vulnérables vis-à-vis de certains risques.

Caractéristiques des emplois saisonniers et profils des travailleurs en hôtellerie-restauration

Une place centrale du travail saisonnier dans le secteur de l'hébergement-restauration

D'après une étude de l'Insee menée en 2022 en Occitanie, l'emploi saisonnier représenterait plus de 35 % des heures travaillées dans le secteur et plus de 25 % du nombre de postes [2].

Dans l'enquête de l'ORS de Nouvelle-Aquitaine, l'hébergement-restauration représente l'un des principaux secteurs d'emploi saisonnier : en effet, 537 répondants y travaillent au moment de l'enquête (sur un total de 1 602). Le secteur se caractérise par une proportion élevée de femmes (60,5 %) et une part importante de jeunes (environ 40 % ont moins de 25 ans dans ce secteur, selon les croisements présentés) [1].





Des trajectoires hétérogènes, souvent marquées par la précarité

Les profils déclarés dans l'enquête distinguent notamment : étudiants/en formation, saisonniers « professionnels » enchaînant les saisons, personnes en recherche d'emploi ou occupant d'autres emplois hors saison.

Au-delà des statuts, la précarité sociale constitue un déterminant majeur : dans le secteur de l'hôtellerie – restauration, la part de saisonniers en situation de précarité au sens du score « Épices¹ » est élevée (55,3 %) [2-3]. Cette précarité se combine à des contraintes de vie pendant la saison : 57,6 % des saisonniers du secteur hôtellerie-restauration déclarent vivre hors de leur résidence principale, et 16,3 % rapportent des difficultés à trouver un logement.

Ces facteurs (logement, mobilité, isolement social) ne relèvent pas uniquement de la « sphère privée » : ils influencent directement la récupération, la disponibilité au travail, l'absentéisme et, *in fine*, la sécurité.

Intégration et formation : un enjeu clé mais contraint

Dans l'ensemble de l'échantillon étudié par l'ORS, 40 % des saisonniers déclarent avoir été formés au poste occupé, ce qui souligne l'enjeu de systématiser cette formation « au plus près » du poste, particulièrement lorsque l'activité exige des gestes sûrs, rapides et répétés.

Principaux risques professionnels en hôtellerie-restauration saisonnière

Contraintes organisationnelles et physiques : la fatigue comme signal faible

Les données de l'ORS [1] objectivent des contraintes particulièrement marquées en hôtellerie-restauration :

- 38,6 % des saisonniers du secteur déclarent travailler plus de 35 heures par semaine ;
- 52,4 % déclarent ne pas bénéficier de 48 heures consécutives de repos hebdomadaire ;
- le travail est jugé « fatigant nerveusement » par 32,9 % et « fatigant physiquement » par 54,2 %.

Ces résultats sont également confirmés par un « baromètre de perception des risques » spécifique au secteur de l'hôtellerie-restauration élaboré par la Caisse régionale de retraite et de la santé au travail (Carsat) du Sud-Est sur 2021 et 2022 dans le cadre de travaux du comité technique régional n° 3 (CTR3). Les salariés de l'hôtellerie-restauration y déclarent en première cause de risques les cadences et les effectifs réduits.

Ces résultats font écho aux réalités de terrain : amplitudes longues, coupures, travail en soirée et le week-end, pics d'activité (météo, affluence), sous-effectifs. En prévention, la fatigue doit être considérée comme un indicateur précoce : elle augmente la probabilité d'erreurs, d'accidents (glissades, chutes, coupures, brûlures), de tensions interpersonnelles et de dégradation de la relation client. Sur le plan biomécanique, les contraintes déclarées sont très élevées :

- une station debout prolongée pour 80 % ;
- des déplacements à pied importants pour 57,4 % ;
- des gestes répétitifs pour 80,3 % ;
- des postures contraignantes pour 65,5 % ;
- le port de charges lourdes pour 63,2 %.

Ces contraintes recouvrent des situations typiques : service en salle et en terrasse (port de plateaux, torsions, station debout), cuisine (gestes répétitifs, manutention de bacs, postures penchées), plonge (microgestes, exposition à l'humidité), étages (pousser-tirer de chariots, manutention de linge,

lits), logistique (réception de marchandises). Pour les saisonniers, l'apprentissage tardif des « gestes efficaces » et l'absence de marges de manœuvre organisationnelles (temps, effectifs, matériel) augmentent le risque de troubles musculosquelettiques (TMS) et d'accidents.

Risques psychosociaux : pression temporelle, relation clientèle, violences sexistes et sexuelles et précarité

Dans ce secteur, l'ORS relève une pression psychologique déclarée par 19,7 % des saisonniers, et un contact avec le public très fréquent (81 %) [1].

L'enquête met également en évidence que les niveaux de stress sont plus élevés chez les saisonniers les plus précaires, et que, pour la vie professionnelle, le secteur hôtellerie-restauration se singularise avec environ 10 % de niveaux de stress élevés.

La relation de service est un facteur ambivalent : source de reconnaissance mais aussi d'exposition aux incivilités, aux conflits et, parfois, à des comportements violents ou sexistes. L'intensité de travail et la dépendance à l'activité touristique amplifient cette pression : « *tenir le service* » prime, parfois au détriment du collectif de travail, des pauses, de l'entraide et de la régulation managériale.

Dans le « baromètre de perception des risques » de la Carsat Sud-Est (2021-2022), le comportement des clients était cité chez 27 % des répondants comme un facteur de risque.

Par ailleurs, l'Ametra06 a collaboré avec Marie Boustani dans le cadre de sa thèse de médecine du travail, consacrée à l'étude des violences sexuelles et sexistes subies par les personnels d'étage dans le secteur hôtelier [3]. Ce travail met en évidence que, parmi les 46 personnes interrogées, 60,8 % déclaraient avoir déjà été exposées à des situations de violences sexuelles et des comportements sexistes au travail, que ce soit dans leur emploi actuel ou lors d'un emploi antérieur. L'enquête quantitative menée auprès des salariés a été complétée par des entretiens qualitatifs avec des managers du secteur et montre une réelle prise de conscience de l'encadrement, avec un engagement unanime des employeurs en faveur de la sécurité de leurs employés.

Expositions spécifiques et multiexpositions : produits, bruit, transport, travail en extérieur, fortes chaleurs...

Les expositions professionnelles rapportées en hôtellerie-restauration dans l'enquête de l'ORS sont notables :

- l'exposition à des produits chimiques pour 40,7 % ;
- la gêne sonore pour 27,4 %² (23 % confirmés dans le « baromètre de perception des risques » de la Carsat Sud-Est 2021-2022) ;

- des températures extrêmes pour 44,5 %³ ;
- un travail en environnement extérieur pour 45,9 %, avec des expositions possibles aux rayonnements ultraviolets (UV) solaires et aux contraintes d'origine climatiques : pluies, chaleur, etc.⁴

Ces expositions s'additionnent aux contraintes physiques et organisationnelles, configurant des « cocktails de risques » :

- chaleur plus cadence plus clientèle ;
- bruit plus stress plus fatigue ;
- produits de nettoyage plus peau humide plus microtraumatismes.

Par ailleurs, le risque d'accident de trajet est important. Il est d'autant plus préoccupant qu'il est amplifié par les facteurs de risques déjà mentionnés (fatigue, pratiques addictives, horaires décalés...). Ce risque est particulièrement accentué chez les saisonniers précaires par un usage accru de deux roues et des lieux d'habitation éloignés des zones touristiques pour des raisons de coût.

UV solaires, un risque sous-estimé en zone littorale

Sur la Côte d'Azur, la restauration en extérieur (terrasses, plages privées, établissements en front de mer) conduit à des expositions significatives aux UV. Une étude spécifique conduite à Cannes par l'Ametra06 (questionnaire porté lors des visites par les médecins et infirmiers jusqu'en juin 2024) a inclus 124 salariés saisonniers : 110 salariés sur 124 sont exposés pendant la période la plus critique de la journée (entre 11 heures et 16 heures). L'étude met aussi en évidence des marges de progression sur les moyens de protection : seuls 46 salariés sur 118 déclarent la mise à disposition d'EPI par l'employeur, tandis que 97 sur 118 rapportent des restrictions vestimentaires (interdisant notamment le port de chapeaux/casquettes ou de lunettes de soleil).

La prévention vis-à-vis de l'exposition aux UV solaires ne peut pas reposer uniquement sur la crème solaire. L'organisation (horaires, rotation des postes, zones d'ombre), les moyens collectifs (ombrage, parasols adaptés), les règles d'habillement compatibles avec la protection (manches, couvre-chef) et l'accès à l'eau pendant les pauses sont des mesures de prévention plus robustes, notamment pour des saisonniers soumis à des objectifs de service et à des codes vestimentaires. L'enjeu sanitaire est majeur : une méta-analyse de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et l'Organisation internationale du travail (OIT) (2021) estime un risque relatif d'environ 1,60 pour le cancer cutané non mélanome chez les travailleurs exposés aux UV solaires [4]. L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) a été saisie de ce sujet et



la question de la création d'un nouveau tableau de maladies professionnelles portant sur les cancers de la peau en lien avec les expositions solaires se pose pour les partenaires sociaux.

Santé perçue, comportements à risque, addictions et accès aux soins

L'enquête de l'ORS rapporte une santé perçue globalement bonne dans une population jeune, mais met en évidence des comportements et déterminants de vulnérabilité. L'accès au suivi de santé et à la prévention est également un sujet : la difficulté à accéder à une offre médicale de ville en pénurie ou hors médecin traitant durant la saison est rapportée par les saisonniers sur le terrain.

Face aux contraintes physiques et aux rythmes de travail, à la fatigue accumulée dans la saison et à un environnement de travail parfois festif, les pratiques addictives (alcool, drogues, médicaments psychotropes, protoxyde d'azote...) sont un véritable enjeu de prévention dans ce secteur.

Dispositifs et actions de prévention : rôle des SPSTI, apports de la Carsat

Le rôle structurant des SPSTI : agir avant, pendant et après la saison

Les SPSTI sont des acteurs clés pour :

- accompagner l'évaluation des risques (DUERP) et la mise en œuvre de plans d'action de prévention;
- aider les employeurs sur l'accueil sécurité, l'information et la formation, l'adaptation des postes;
- organiser la prévention primaire, y compris *via* des actions collectives, des campagnes ciblées et des actions en milieu de travail.

Dans les TPE/PME, très représentées en hôtellerie-restauration, l'accès à des outils simples est déterminant. La méthodologie OIRA, développée par l'INRS [5], répond parfaitement à ce besoin et est intégrée dans l'outil monDUERP.fr [6], mobilisable pour structurer l'évaluation des risques, accompagner l'employeur dans la réalisation du DUERP et rédiger dans le même temps la fiche d'entreprise par le SPSTI.

Les contenus TutoPrév (supports de formation proposés par l'INRS) conviennent eux aussi parfaitement au besoin d'outils simples pour mettre en situations concrètes les saisonniers du secteur et les sensibiliser aux risques de leur métier [7].

Ametra06 : les actions de formation et de prévention « saisonniers »

Le SPSTI Ametra06 a développé depuis 2023 des « actions de formation et de prévention (AFP) » dédiées spécialement aux saisonniers. Ces actions peuvent, dans les conditions prévues par le Code du travail, se substituer aux visites d'information et de prévention (VIP) pour certains salariés sai-

sonniers (notamment les CDD saisonniers inférieurs à 45 jours, ou supérieurs à 45 jours sans affectation à un poste à risques particuliers).

Le dispositif est pensé pour être opérationnel : formation d'environ une heure, délivrance d'une attestation valable deux ans pour un même poste de travail, possibilité de modalités à distance pour former les salariés en cours de saison, ou pour faciliter la logistique de formation, et orientation vers une visite médicale lorsqu'elle est nécessaire (notamment en cas de compréhension insuffisante du français ou de situation individuelle de santé particulière nécessitant un avis médical).

Le contenu couvre des thèmes très concrets : accidents du travail, addictions, risque routier, maintenance, ainsi que des risques spécifiques (coup de chaleur, UV, etc.) et les conduites à tenir en cas d'accident. Chaque session et ses contenus sont adaptés en fonction des postes de travail des apprenants. Depuis 2022, ce dispositif monte en puissance :

- 1 113 saisonniers formés en 2022;
- 1 722 saisonniers formés en 2023;
- 2 264 saisonniers formés en 2024;
- 2 336 saisonniers formés en 2025.

Cette dynamique témoigne d'une réelle capacité à toucher un public qui, par définition, est difficile à stabiliser et à suivre dans la durée.

Rôle des Carsat : appui technique, dynamique sectorielle et aide au financement

En complémentarité avec l'INRS (production de connaissances, outils, méthodes) et les SPSTI (actions de proximité), les Carsat contribuent à la prévention en entreprise par l'accompagnement, le conseil, l'animation de démarches sectorielles et la diffusion de solutions techniques.

Dans le secteur hôtellerie-restauration, la Carsat Sud-Est, en lien avec l'Union des métiers et des industries de l'hôtellerie (UMIH) et des hôteliers de la Côte d'Azur et de Corse, a organisé cinq ateliers (à Toulon, Marseille, Nice, Ajaccio et Porto-Vecchio) visant à favoriser l'échange de pratiques et à tester des équipements de prévention dans des hôtels, avec des fournisseurs (*Cf. Encadré*).

La Carsat Sud-Est (et le réseau Assurance maladie – Risques professionnels (AM-RP)⁵, dans l'ensemble des régions et territoires), peut accompagner les établissements qui investissent dans la prévention, en mobilisant des aides financières adaptées à la taille de l'entreprise.

Ces subventions mobilisées en faveur de la prévention des risques peuvent notamment contribuer au financement de diagnostics, de formations, d'équipements plus sûrs, d'aménagements de postes et de prestations de conseil, en lien avec les principaux risques du secteur : TMS, chutes, risques chimiques ou encore psychosociaux.

Pour les TPE, la demande est réalisée en ligne *via* le compte entreprise (www.net-entreprises.fr) et, lorsque la branche est couverte par une convention nationale d'objectifs (CNO), un contrat de prévention peut également soutenir un projet global d'amélioration des conditions de travail. Ces dispositifs d'aides financières permettent une participation à hauteur de 30 % à 70 % du montant de l'achat.

Perspectives et leviers d'amélioration : rendre la prévention « saison compatible »

L'enjeu n'est pas de « faire plus », mais de faire « juste, tôt et adapté au contexte de l'entreprise ». Plusieurs leviers d'actions se dégagent.

Préparer la saison :

prévention en amont du recrutement

- Intégrer dès le recrutement des informations réalistes sur les risques du métier et les bonnes pratiques de prévention. Un dialogue étroit entre le SPSTI et l'employeur est nécessaire pour construire une véritable culture de prévention.
- Planifier en amont de la saison avec les services ressources humaines des entreprises l'accueil sécurité et les actions de formation et de prévention (AFP) pour agir dès la prise de poste des saisonniers.
- Anticiper la disponibilité des matériels et des équipements de travail et/ou de protection individuelle adaptés aux postes (chariots, outils adaptés, EPI : chaussures antidérapantes, gants adaptés, équipements contre les UV, etc.), en conseillant et en vérifiant sur le terrain la disponibilité de solutions adaptées aux risques.

Organiser l'apprentissage : tutorat court, gestes essentiels, règles de sécurité et utilisation des dispositifs de prévention présents dans l'entreprise

Compte tenu de la faiblesse de la perception des risques trop souvent observée chez certains saisonniers, la priorité opérationnelle est d'identifier les situations de travail à forts enjeux (manutention, couteaux, plonge, glissades, brûlures, produits chimiques) et de sécuriser leur apprentissage. Une articulation des actions de sensibilisation avec les conclusions et recommandations issues des accompagnements à la rédaction des DUERP et des « fiches d'entreprises » des SPSTI est nécessaire.

Agir sur les déterminants de la fatigue

Les chiffres sur les heures et le repos invitent à traiter la fatigue comme un risque à part entière dans ce secteur, *via* notamment :

- les rotations et micropauses organisées;
- la gestion des pics d'activité (renfort, simplification temporaire, priorisation);

ENCADRÉ

UNE JOURNÉE « AIDES TECHNIQUES EN HÔTELLERIE » DE LA CARSAT SUD-EST : DE LA SOLUTION TECHNIQUE À L'APPROPRIATION

Les retours de terrain montrent que les aides techniques (matériels de manutention, chariots, dispositifs limitant les postures contraintes, organisation des circuits linge/déchets, etc.) peuvent réduire significativement la charge physique..., à condition d'être réellement appropriées.

En 2024, une journée dédiée aux aides techniques en hôtellerie a réuni environ 60 participants (préventeurs, employeurs, partenaires, fournisseurs). Elle a permis :

- de confronter les solutions techniques aux contraintes réelles (espaces exigus, cadences, exigences de qualité);
- d'identifier les conditions de réussite (choix du matériel avec les utilisateurs, maintenance, formation courte aux gestes, règles d'usage, intégration dans l'organisation);
- d'insister sur un point récurrent : l'efficacité d'une aide technique dépend autant du collectif de travail et des règles d'organisation que du matériel lui-même.

- la maîtrise des amplitudes des temps de travail et des temps de récupération, autant que possible;
- la sensibilisation aux bonnes pratiques d'hygiène alimentaire, de repos, et aux risques spécifiques des addictions.

Prévenir le risque UV : hiérarchie des mesures et accompagnement de terrain

Au vu des expositions en restauration extérieure, la stratégie doit combiner :

- les mesures de prévention collective (ombrage, zones de pause à l'ombre, eau accessible);
- les mesures organisationnelles (rotation terrasse/intérieur, report des tâches longues aux heures de moins fort ensoleillement quand cela est possible);
- le port d'EPI adaptés (couvre-chefs, lunettes, vêtements couvrants compatibles avec les codes et tenues imposés pour le service, baume ou crème de protection solaire en complément).

Capitaliser les outils : démarches de fiche d'entreprise, DUERP « intégré » et actions de sensibilisation « packagées »

Pour les petites structures, la démarche doit rester accessible : utilisation d'outils OiRA et/ou « MonDUERP.fr » pour structurer l'évaluation [5,6]; actions collectives sectorielles (avec les Carsat, les Directions régionales de l'économie, de l'emploi, du travail et des solidarités : Dreetts, et les SPSTI) pour sensibiliser les employeurs aux enjeux; et dispositifs « clés en main » comme les AFP, pour sensibiliser et diffuser rapidement des messages de prévention essentiels auprès des saisonniers.



Agir en synergie : le CPOM, cadre commun pour l'action du SPSTI, de la Carsat et de la Dreets

Les contrats pluriannuels d'objectifs et de moyens (CPOM), signés entre les organismes locaux concernés par la prévention des risques professionnels (Dreets, Carsat et SPSTI), offrent une opportunité réelle de renforcer la synergie des différents acteurs de la prévention sur les territoires.

Le CPOM de l'Ametra06 pour les années 2025-2029 comporte un volet optionnel dédié à la prévention des expositions aux UV solaires et vise à impliquer et renforcer la synergie entre l'Ametra06, la Carsat et la Dreets dans la prévention des cancers cutanés liés aux UV. Plusieurs volets opérationnels sont en préparation :

- une étude d'exposition des saisonniers par questionnaire et une campagne de mesurage UV;
- des actions de sensibilisation spécifiques auprès des employeurs et des salariés;
- l'accompagnement et le conseil en prévention pour évaluer les risques, planifier et mettre en place les mesures de prévention adaptées.

Conclusion

Le travail saisonnier en hôtellerie-restauration constitue un concentré de contraintes : intensité, horaires, charges physiques, relation clientèle, expositions multiples. Les données de l'ORS de Nouvelle-Aquitaine et le baromètre de Provence-Alpes-Côte d'Azur (Carsat Sud-Est/CTR 3) objectivent l'ampleur des contraintes (station debout, gestes répétitifs, charges, fatigue) et la prégnance de déterminants sociaux (précarité, logement, accès à la prévention).

Dans les zones touristiques littorales, la prévention doit intégrer des expositions spécifiques telles que celle aux rayonnements UV solaires, encore insuffisamment traduite en mesures collectives et

organisationnelles dans certaines activités de restauration extérieure.

Face à ces enjeux, la prévention « saison compatible » repose sur trois piliers :

- anticiper : préparer la saison, organiser l'accueil, sécuriser la montée en compétences;
- outiller : outils pour un DUERP pragmatique, solutions techniques appropriées, dispositifs courts de formation;
- coordonner les actions des SPSTI, Carsat et Dreets, en s'appuyant sur des cadres structurants comme les CPOM; et sur des actions de terrain éprouvées, à l'image de l'AFP dédiée aux saisonniers, déployée par l'Ametra06, ou des journées sectorielles organisées par la Carsat. ●

1. L'acronyme « Épices » (Évaluation de la précarité et des inégalités de santé dans les centres d'exams de santé) désigne un indicateur individuel de précarité qui prend en compte le caractère multidimensionnel de la précarité. L'intérêt principal du score Épices consiste à appréhender des populations qui tout en échappant aux indicateurs administratifs traditionnels de précarité présentent les mêmes risques en matière de santé.

2. Cette exposition est évaluée par questionnaire porté. Il n'est pas précisé autre chose que « Gène sonore ». Il est à noter que ce champ est différencié de Bruit > 80 dB (bruit gênant empêchant la conversation, correspondant au bruit de la circulation en ville).

3. La question exacte posée est : « températures extrêmes (chaleur ou froid intenses) ». La notion de températures extrêmes n'est pas précisée dans la réglementation; en général, sont considérées comme telles celles au-delà de 30 °C, ou en dessous de 5 °C.

4. Les fortes chaleurs et les pluies augmentent notamment les probabilités d'exposition aux chutes de plain-pied (entre autres risques).

5. Le réseau AM-RP comprend : la Direction des risques professionnels (DRP) de la Cnam; les services ou départements Prévention des Carsat/Cramif/CGSS; l'INRS et Eurogip.

BIBLIOGRAPHIE

[1] ORS DE NOUVELLE-AQUITAINE – Les travailleurs saisonniers de Nouvelle-Aquitaine. Santé, conditions de vie et de travail. Rapport n° 94, septembre 2020. Accessible sur : https://www.ors-na.org/wp-content/uploads/2020/11/94.Saisonnierc_2020.pdf

[2] INSEE – L'emploi saisonnier : une ressource importante pour l'économie d'Occitanie. Rapport n° 121, septembre 2022. Accessible sur : https://www.insee.fr/fr/statistiques/fichier/6530526/lm_ina_121.pdf

[3] BOUSTANI M. – Violences sexuelles et sexistes chez les personnels d'étage du secteur hôtelier de la part des clients, dans le

département des Alpes-Maritimes. Étude de prévalence et des facteurs de risque. Thèse de médecine, Université Nice – Côte d'Azur, 2026.

[4] OMS/OIT – The effect of occupational exposure to solar ultraviolet radiation on malignant skin melanoma and non-melanoma skin cancer: a systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury, 2021. Accessible sur : <https://www.who.int/publications/i/item/9789240040830>

[5] INRS/ASSURANCE MALADIE – RISQUES PROFESSIONNELS – Outil d'évaluation des risques professionnels - Hôtels, cafés,

restaurants (OIRA). 2021. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil81>

[6] AMETRA06 / INRS – Outil monDUERP.fr : plateforme d'accompagnement à la réalisation de la fiche d'entreprise et du Document unique d'évaluation des risques professionnels (DUERP). Accessible sur : <https://monduerp.fr>

[7] INRS/ASSURANCE MALADIE – RISQUES PROFESSIONNELS – TutoPrév' Interactif – Hôtellerie-Restauration (version interactive), 2023. Accessible sur : <https://ressources.inrs.fr/tutoprev/content/Hotellerie-Restauration/story.html>

POSTURES SÉDENTAIRES AU TRAVAIL

Tous concernés !

**Mardi
13 octobre
2026**

Uniquement diffusée
sur Internet



Dans de nombreuses activités, du **tertiaire** notamment, mais aussi de l'**industrie ou du transport, la posture assise est couramment rencontrée**. Dès lors qu'elle est maintenue dans le temps et associée à une faible dépense énergétique, cette posture sédentaire peut induire des conséquences délétères sur la santé. Souvent méconnus, les risques associés aux postures sédentaires représentent pourtant un **enjeu de santé au travail**. A ce titre, les entreprises doivent les intégrer dans leur démarche de prévention des risques professionnels.

Après avoir décrit ce qui caractérise les postures sédentaires, cette journée technique organisée par l'INRS abordera leurs **effets sur la santé** ainsi que les **actions possibles à mettre en œuvre** pour les prévenir. Les présentations se poursuivront par des retours d'expérience de différents acteurs ayant engagé une démarche de prévention des risques associés aux postures sédentaires.

Cette journée s'adresse à l'ensemble des acteurs de la santé et sécurité au travail en entreprises.

Inscription obligatoire : postures-sedentaires.inrs.fr

Contact : postures.sedentaires@inrs.fr



Études & solutions

Notes techniques

Risques liés aux équipements lasers manuels:
exemple du décapage de peinture thermolaquée
P. 45

Développement d'un capteur pour la mesure
en temps réel des expositions professionnelles
à l'ozone: essais d'intercomparaison
avec les capteurs commerciaux
P. 54

Utilisation des lunettes connectées
en milieu professionnel: analyse des risques
et points de vigilance
P. 64

Étude de cas

Appareils de protection respiratoire (APR)
à ventilation assistée: protocole d'aide pour déterminer
la fréquence de changement des cartouches antigaz
P. 72

Base de données Colchic

Portrait rétrospectif des expositions professionnelles
au chrome hexavalent et à ses composés
en France de 2015 à 2024
P. 78

RISQUES LIÉS AUX ÉQUIPEMENTS LASERS MANUELS

Exemple du décapage de peinture thermolaquée

Portés par leur polyvalence et leur apparente facilité de mise en œuvre, les lasers manuels de forte puissance se diffusent rapidement. Souvent perçus comme des solutions « propres », ils peuvent néanmoins exposer les opérateurs à des rayonnements optiques intenses et émettre des fumées potentiellement dangereuses. Ces dangers, difficiles à maîtriser lorsque ces lasers sont utilisés en situation mobile, sont souvent sous-évalués. Cette note présente un exemple de caractérisation des émissions liées au décapage de peinture thermolaquée et rappelle les principes de prévention nécessaires.

AUDREY
SANTANDREA,
MATHIEU
MARCHAL,
DENIS BEMER,
ANAËLLE
CLOTEAUX
INRS,
département
Ingénierie
des procédés

DAMIEN
BRISSINGER,
NICOLAS
BOURGOGNE
INRS,
département
Ingénierie des
équipements
de travail

ROMUALD
PAIN
INRS,
département
Expertise
et conseil
technique

Contexte

Les dispositifs lasers à commande manuelle, utilisés pour des opérations de soudage, décapage/nettoyage ou de découpe, se développent rapidement dans différents secteurs professionnels tels que le BTP et la métallurgie. Ces appareils offrent de nombreux avantages : une grande polyvalence d'usage, des coûts abordables, une grande facilité de prise en main et des performances intéressantes. Initialement utilisés dans des installations fixes et confinées, ils ont évolué, à la faveur des avancées technologiques, vers des équipements compacts et portatifs. Les procédés lasers manuels sont alors fréquemment présentés comme des solutions efficaces et polyvalentes, et comme des alternatives plus faciles à utiliser, économiques et plus « écocompatibles » que les techniques plus traditionnelles. C'est le cas par exemple du décapage laser, qui ne nécessite pas d'apport de produits chimiques ou d'abrasifs, à l'inverse du sablage ou du grenaillage. Ces dispositifs s'appuient sur des lasers de forte puissance qui imposent une classification de ces équipements en classe 4 selon la norme NF EN 60825-1 [1]. L'exposition au faisceau laser émis, en direct ou après réflexion, même instantanée, peut entraîner des lésions oculaires et cutanées sévères et irréversibles¹. Au-delà de l'exposition au faisceau, l'interaction laser-matière mise en œuvre expose à d'autres risques :

- émission par le plasma de rayonnements optiques « parasites » (UV, visible et infrarouge) ;

- émission de substances dangereuses, sous forme de fumées constituées de particules et de gaz, issues de la matière ou des revêtements traités ;
- inflammation des matériaux.

À l'heure actuelle, ces risques sont peu documentés, bien que des recommandations existent dans le cas du soudage laser [2-4]. De plus, l'utilisation des équipements lasers manuels pour des applications mobiles rend difficile la mise en œuvre des mesures de prévention habituellement recommandées (confinement, captage à la source et ventilation). De par leur mobilité et leur polyvalence, ces équipements lasers manuels génèrent des risques physique et chimique non systématiquement pris en compte lors de leur conception. À chaque nouvelle situation de travail, il est alors nécessaire de réaliser une évaluation des risques afin de prévoir des mesures de prévention adaptées.

Cadre réglementaire et responsabilité de l'employeur

Ces équipements sont des machines et doivent à ce titre répondre aux exigences essentielles de santé et sécurité de la directive Machine. Ils doivent notamment être accompagnés de la déclaration de conformité correspondante et d'une notice d'instructions. En complément, les articles du Code du travail (R. 4452-1 à R. 4452-31) relatifs à la prévention des risques liés à l'exposition aux lasers et aux rayonnements optiques artificiels imposent de comparer les niveaux d'exposition liés à l'utilisation



RÉSUMÉ

Les équipements lasers manuels se déploient actuellement pour des usages variés tels que le soudage, le décapage et la découpe. Bien qu'ils possèdent des atouts indéniables, les lasers utilisés peuvent provoquer des lésions graves et irréversibles. De plus, l'interaction entre le faisceau et la matière travaillée génère des rayonnements optiques « parasites »

(UV, visible et infrarouge) ainsi que des fumées (particules, gaz et composés organiques). Ces émissions peuvent conduire à des expositions préoccupantes, avec des risques optiques liés aux rayonnements et des risques chimiques liés aux fumées. À partir d'essais sur le décapage de peinture thermolaquée, cette note

illustre les niveaux d'émission observés, l'influence de certains paramètres opératoires et les besoins en matière de moyens de prévention : réduction des émissions à la source, confinement, captage des fumées à la source et ventilation, organisation du travail et choix d'équipements de protection individuelle adaptés.

RISKS ASSOCIATED WITH HANDHELD LASER EQUIPMENT: THE EXAMPLE OF POWDER-COATED PAINT REMOVAL

Handheld laser equipment is currently used for a wide range of applications, including welding, paint stripping, and cutting. While these systems offer undeniable advantages, the lasers used can cause severe and irreversible injury. Additionally, the interaction between the laser beam and the material being processed generates secondary optical

radiation (UV, visible, and infrared), as well as fumes containing particles, gases, and organic compounds. These emissions can lead to concerning levels of exposure, creating optical hazards related to radiation and chemical hazards associated with fumes. This technical note is based on tests carried out during the removal of powder-coated

paint. It illustrates the emission levels observed, the influence of certain operating parameters, and the preventive measures required to reduce emissions at the source. These measures include enclosing the work area, using local exhaust extraction and ventilation, organising the work process, and selecting suitable personal protective equipment.

de ces équipements aux valeurs limites d'exposition (VLE). Lorsque des risques sont identifiés, la recherche d'équipements permettant de réduire l'exposition s'impose.

De plus, l'employeur doit s'assurer qu'il dispose en interne des compétences pour maîtriser le risque laser (R. 4452-21). La formation de « personnes compétentes en sécurité laser (PCSL) » lui permettra de répondre à cette obligation réglementaire. Il devra également assurer la formation, l'information et le suivi des salariés susceptibles d'être exposés au laser.

Il peut pour finir s'appuyer sur la série de normes NF EN ISO 11553 qui décrit les préconisations permettant la maîtrise des émissions en fonction de zones de proximité du laser.

Objectifs de l'étude

Au vu de la croissance du nombre d'installations de dispositifs mobiles intégrant des lasers manuels de forte puissance, et dans un contexte de manque de connaissances des risques associés, il est apparu nécessaire de mieux appréhender les risques liés à l'utilisation de ces équipements émergents. Cet article présente les résultats des travaux expérimentaux menés à l'INRS concernant le décapage

d'une peinture thermolaquée, et les mesures rapportées permettent de mettre en évidence les risques chimique et optique induits par la technologie du décapage laser, ainsi que de préconiser des mesures de prévention adaptées. Les risques identifiés et les mesures de prévention associées pourront cependant être élargis à l'ensemble des procédés lasers mobiles.

Le décapage laser : principe et enjeux de prévention

Le décapage laser vise l'élimination de la couche superficielle (peinture, graisse, vernis, oxydes, etc.) d'un support (acier, métal, pierre, bois). Afin d'éviter d'endommager le matériau à décaper, la plupart des procédés de décapage laser reposent sur l'utilisation de lasers pulsés. Les caractéristiques du laser (longueur d'onde, puissance, durée et fréquence d'impulsion) ainsi que la nature du revêtement à décaper et du support traité et la présence ou non d'agent humidifiant influencent les mécanismes mis en jeu. De manière générale, lorsque le faisceau laser impacte l'échantillon à traiter, l'énergie délivrée non réfléchiée est absorbée en priorité par la couche en surface, ce qui entraîne son détachement du support par des phénomènes thermiques et/ou



← FIGURE 1
Cabine d'essai
utilisée pour
la caractérisation
des émissions
lors du décapage
laser manuel.

mécaniques. La formation d'un plasma entraîne l'émission d'un rayonnement optique intense et conditionne la nature des fumées générées. Celles-ci sont constituées d'un mélange de particules fines et ultrafines et de composés gazeux ou semi-volatils provenant du revêtement traité et dépendent donc directement de sa nature.

Les réglages du laser influent sur les performances du décapage (état de surface final, vitesse de traitement) et sur la nature et la quantité des émissions (chimiques et optiques) générées. Il est probable que des conditions opératoires privilégiant un décapage rapide et agressif produisent des émissions plus importantes incluant des composés dangereux pour la santé, tandis que des réglages plus modérés permettront dans certains cas de limiter la génération de fumées, potentiellement au prix d'un décapage moins efficace ou moins rapide. L'enjeu en matière de prévention consiste alors à identifier des conditions opératoires dont les performances répondent aux attentes industrielles, tout en limitant les émissions à la source pour réduire l'exposition des travailleurs.

Démarche expérimentale d'évaluation des expositions

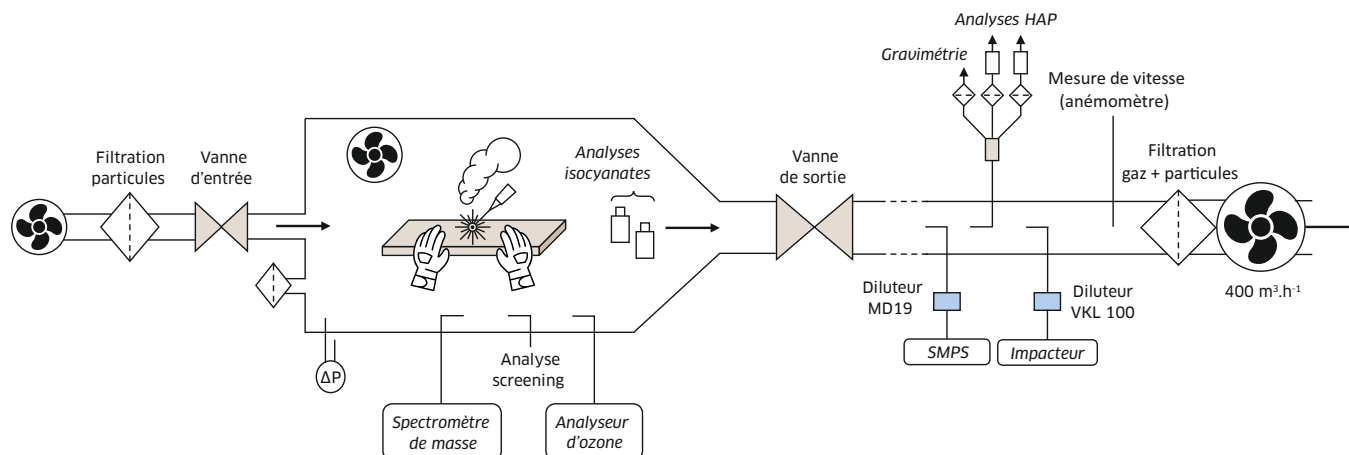
Conditions d'essais et matériaux étudiés

Les essais expérimentaux, réalisés en laboratoire, se sont concentrés sur le décapage laser d'une plaque d'acier inoxydable revêtue d'une peinture thermolaquée de couleur grise.

L'appareil de décapage utilisé contient un laser pulsé d'une puissance maximale de 300 W, d'une énergie maximale d'impulsion de 5 mJ, opérant à la longueur d'onde de 1064 nm et une distance focale de 254 mm. Le décapage a été réalisé selon deux types de conditions opératoires, basées sur les recommandations du fabricant de l'appareil pour le décapage de peinture. Le premier réglage prévoit une puissance moyenne de 300 W et une fréquence de pulsation de 150 kHz. Pour le second réglage, la puissance moyenne est de 100 W et la fréquence de pulsation de 40 kHz. Dans les deux cas, la durée de pulsation est de 150 ns.

Le banc d'essai a été conçu pour caractériser de manière sécurisée l'ensemble des émissions générées par le procédé de décapage laser (Cf. Figure 1). Il est constitué d'une boîte à gants d'un volume de 2,3 m³, munie d'un écran de protection contre les rayonnements émis par la réflexion du laser et le plasma généré lors du décapage. L'échantillon est placé sur un support plan déplaçable longitudinalement à l'aide d'une poignée. La tête du découpeur laser est fixée sur un rail et déplacée manuellement, de manière guidée, au-dessus de l'échantillon. La pression relative à l'intérieur de la cabine est contrôlée et maintenue à $(-5 \pm 2 \text{ mbar})$ par rapport à la pression atmosphérique afin d'éviter toute contamination du hall d'essai. Le mélange des polluants dans l'enceinte est assuré par un ventilateur interne. Afin de limiter les biais de mesure liés à la variabilité dans l'opération de décapage manuel





↑ FIGURE 2
Schéma du banc d'essai utilisé pour la caractérisation des polluants émis lors du décapage laser de peinture thermolaquée.

(expertise de l'opérateur, vitesse de décapage), les échantillons ont été décapés par le même opérateur pour les mesures.

Caractérisation des fumées émises

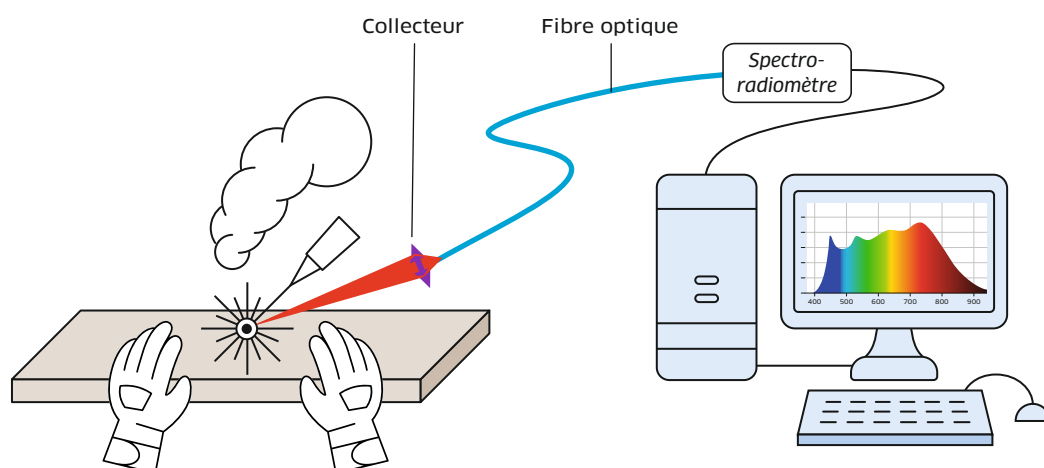
Le banc d'essai est muni de vannes en entrée et en sortie de l'enceinte afin de permettre deux configurations de mesure distinctes, effectuées par une combinaison de méthodes complémentaires impliquant à la fois des prélèvements dans le conduit de collecte et dans l'enceinte (Cf. Figure 2) :

- Un mode « ouvert » : les vannes sont ouvertes, et les polluants sont collectés et prélevés dans le conduit d'extraction (débit d'air fixé à $400 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) afin de limiter le dépôt de particules sur les parois. La granulométrie des particules produites est déterminée après dilution et la masse totale mesurée par gravimétrie après collecte sur filtre quartz de 37 mm. Des échantillonnages complémentaires sont réalisés afin d'identifier et de quantifier certains composés organiques susceptibles d'être émis lors du décapage laser de peintures, tels que des isocyanates [5] ou des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Les HAP visés correspondent aux 16 composés retenus comme prioritaires par l'agence environnementale américaine [6], et sont prélevés à l'aide de deux dispositifs placés en série : un filtre en fibres de quartz et un tube adsorbant XAD-2. Les isocyanates (MDI, 2,4-TDI, 2,6-TDI et HDI) sont recueillis en plaçant des dispositifs CIP 10 (capteur individuel de poussières) pour la fraction inhalable avec mousses imprégnées de polypropylène microcellulaire (MPP) directement à l'intérieur de la cabine. Les analyses chimiques des HAP et isocyanates générés sont réalisées en se basant sur les protocoles définis respectivement par les fiches MétroPol M-332 [7] et MétroPol M-451 et M-452 [8,9].

- Un mode « fermé » : les vannes sont fermées, et les polluants émis s'accumulent dans l'enceinte. Les prélèvements sont effectués directement dans la cabine. Cette configuration est peu adaptée aux mesures de composés sous forme particulaire, en raison d'un important dépôt sur les parois et des phénomènes de coagulation, mais permet la mesure de composés gazeux ou semi-volatils présentant une limite de détection élevée. Un prélèvement sur tube de thermodesorption est mis en place afin de réaliser une analyse semi-quantitative des principaux composés générés en phase gazeuse par screening [10]. Un spectromètre de masse quadripolaire permet la mesure de composés organiques volatils légers ($m/z < 200$) et de cyanure d'hydrogène (HCN). Un analyseur spécifique à l'ozone est également utilisé afin d'estimer la concentration en ozone généré par le plasma. Enfin, les teneurs en CO_2 , CO, NO et NO_2 sont analysées par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier.

Caractérisation des rayonnements optiques

Pour la mesure des rayonnements optiques, le banc est équipé d'un spectroradiomètre (AvaSpec-ULS2048XL) sensible au rayonnement UV, visible et proche infrarouge entre 200 nm et 1100 nm^2 (Cf. Figure 3). L'étalonnage préalable de l'appareil permet l'enregistrement de l'éclairement énergétique spectrique (E_λ , en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$) et limite l'effet de *straylight* (bruit de mesure provoqué par le laser). Le protocole s'appuie sur l'utilisation de filtres optiques. Ces filtres sont choisis pour mesurer l'émission spécifique à l'activité de décapage tout en évitant la saturation du spectroradiomètre provoquée par la réflexion du faisceau laser. La transmission des filtres a préalablement été caractérisée avec un spectromètre Lambda 950.



← FIGURE 3
Schéma du
dispositif de
mesure des
rayonnements
parasites émis
(UV, visible
et proche
infrarouge).

↓ FIGURE 4
Illustration
du dispositif
de caractérisation
des émissions
de rayonnements
parasites.

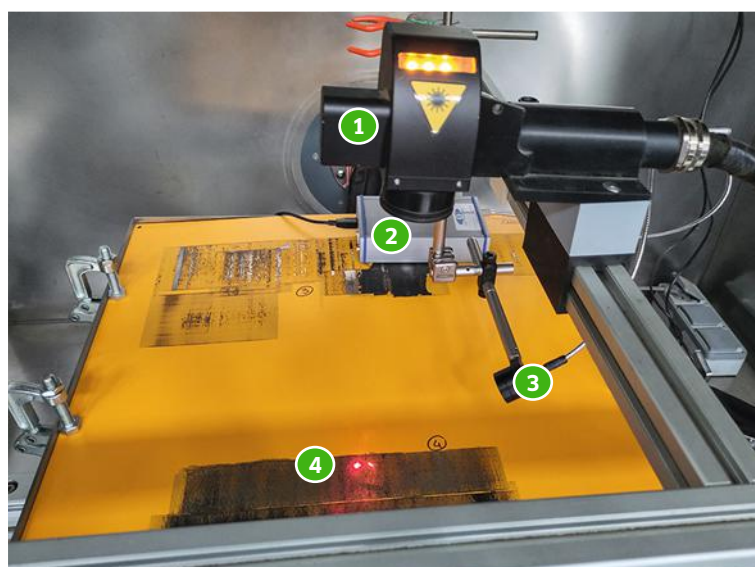
Les valeurs obtenues sont de l'ordre de 90 % (± 5 %) dans les gammes spectrales UV et visible et inférieures à 0,01 % au niveau de la longueur d'onde du laser utilisé. Pour synchroniser les déplacements, le collecteur est accroché de manière solide sous la tête du découpeur laser (à 15 cm du point d'impact laser ; Cf. Figure 4).

Niveaux d'exposition et risques identifiés

Risque chimique lié aux fumées de découpage

Les essais ont permis une première caractérisation des composés chimiques émis lors du découpage laser d'une plaque d'acier inoxydable revêtue d'une peinture thermolaquée avec deux réglages opératoires. Dans les deux cas, les poussières générées sont principalement des poussières alvéolaires (> 95 %), avec une forte proportion de particules ultrafines (< 100 nm) : environ 75 % pour le réglage n° 1 et 85 % pour le réglage n° 2. Des composés organiques dangereux pour la santé ont été identifiés, notamment des HAP, exprimés en équivalent benzo[a]pyrène (BaP_{eq}), ainsi que plusieurs isocyanates (MDI, 2,6-TDI, HDI), dont l'émission dépend fortement des réglages de l'appareil. Des composés gazeux et semi-volatils tels que le benzène, le styrène, le cyanure d'hydrogène, l'ozone et le monoxyde et le dioxyde de carbone ont également été détectés.

Le Tableau 1 présente les composés dont les débits d'émission sont susceptibles de conduire à des concentrations préoccupantes du point de vue sanitaire. Le réglage n° 1, plus agressif, génère globalement des débits d'émission plus élevés que le réglage n° 2, allant jusqu'à générer environ deux fois plus de poussières alvéolaires, de benzène et d'ozone. Avec le réglage n° 2, aucun des quatre isocyanates recherchés n'a été détecté, et les HAP sont émis en quantité nettement plus faible qu'avec



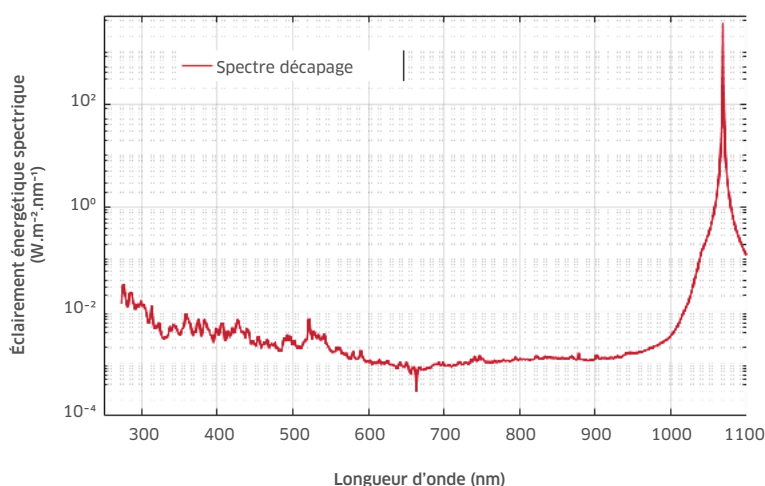
1 Tête du découpeur laser 2 Spectroradiomètre 3 Collecteur 4 Pointeur laser

COMPOSÉ	RÉGLAGE N° 1	RÉGLAGE N° 2
Poussières alvéolaires	$1,0 \times 10^3$	$0,5 \times 10^3$
HAP (BaP _{eq})	$85,4 \times 10^{-3}$	$3,2 \times 10^{-3}$
HDI	6,0	0
Benzène	90,5	51,8
Ozone	33,0	18,4

↑ TABLEAU 1 Estimation des débits d'émission des principaux composés identifiés lors du découpage laser d'une plaque d'acier inoxydable revêtue d'une peinture thermolaquée [$\mu\text{g.s}^{-1}$].

le réglage n° 1. Cette différence peut s'expliquer par des mécanismes de découpage différents. Pour le réglage n° 1, la présence de flammes au point d'impact suggère un mécanisme de découpage principalement thermique, favorable à la formation de HAP qui sont issus de phénomènes de combustion





↑ FIGURE 5
Représentation d'un spectre en éclairage mesuré à 15 cm du point d'impact laser, caractéristique des émissions parasites lors d'activités de décapage laser (réglage n° 1).

ou pyrolyse. À l'inverse, les observations visuelles suggèrent un effet davantage mécanique avec le réglage n° 2.

Cependant, des résidus de peinture sont toujours présents sur la surface testée avec le réglage n° 2, indiquant que les conditions opératoires choisies ne sont pas optimales. Néanmoins, ces résultats montrent que la fluence (densité d'énergie par unité de surface) est un paramètre crucial du procédé de décapage laser, qui doit être optimisé afin de réduire les émissions à la source, constituant un premier moyen de prévention avant même la mise en œuvre de solutions de captage ou de ventilation. En l'absence de captage à la source, le débit de ventilation générale Q [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$] a été estimé pour chaque polluant conformément aux recommandations de l'INRS [11]:

$$Q = 3600 \times \frac{K \times D}{C - C_0}$$

Où D est le débit d'émission de polluant [$\text{mg} \cdot \text{s}^{-1}$]; C représente la concentration admissible dans le local [$\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$]; C_0 est la concentration en polluant dans l'air neuf [$\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$; souvent nulle]; et K est un facteur de sécurité (généralement compris entre 3 et 10) tenant compte des conditions réelles d'exposition.

↓ TABLEAU 2
Principaux résultats de l'évaluation des risques optiques.

Le débit retenu correspond à la valeur maximale afin d'assurer une protection vis-à-vis de l'ensemble des polluants émis. Pour le réglage n° 1, le débit de ventilation générale est imposé par la quantité de poussières alvéolaires et de HAP émis, conduisant à une valeur de $4000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (calcul pour $K = 1$). Pour le réglage n° 2, ce sont les polluants gazeux qui imposent le dimensionnement, avec un débit de ventilation minimum de $2000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (calcul pour $K = 1$). Les calculs ayant été réalisés avec un facteur de sécurité égal à 1, il convient d'ajuster les débits en fonction de la valeur de K lorsqu'elle est connue. Les débits de ventilation générale ainsi calculés sont très élevés par rapport aux débits généralement mis en place dans des environnements industriels. Ils mettent ainsi en évidence la nécessité de privilégier la réduction des émissions à la source par l'optimisation des réglages du procédé, ainsi que la mise en œuvre de dispositifs de captage à la source adaptés.

Risque physique lié aux rayonnements optiques

Les mesures optiques ont permis d'obtenir le spectre représentatif des émissions parasites qui cumulent les émissions liées aux phénomènes physiques mis en œuvre lors du décapage et la réflexion diffuse du laser.

Pour la seule réflexion diffuse du laser, l'éclairement énergétique mesuré est d'environ $10^4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (à la longueur d'onde du laser $\pm 5 \text{ nm}$). On observe également un rayonnement continu des longueurs d'onde UV aux infrarouges (Cf. Figure 5). À partir de ces données, deux analyses de risques ont été menées. La première s'appuie sur l'éclairement énergétique mesuré à la longueur d'onde du pic laser conformément à la réglementation relative aux rayonnements cohérents [12,13]. La seconde analyse concerne l'ensemble des émissions parasites mesurées (réflexion laser et rayonnement continu UV-visible et infrarouge). Elle a été réalisée conformément à la réglementation relative aux rayonnements incohérents [12,13] à l'aide du logiciel CatRayon [14,15]. La source utilisée a été générée *via* le module « MesSources », en considérant un rayonnement isotrope incohérent issu du point d'impact laser. Les principaux résultats sont

RISQUE	TEMPS [s]	VLEP [$\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$]		EXPOSITION MESURÉE [$\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$]	INDICE DE RISQUE
		FORMULE	VALEUR		
Réflexion laser (œil)	0,25	$90 \times t^{0.75} \times C_e \times C_a^a$	42	223	5,2
Réflexion laser (main)	10	$1,1 \times 10^4 C_a \times t^{0.25 b}$	97 805	98 700	1
UV (œil et peau)	15 x 60	$\Delta t \times \sum_{380}^{400} E_\lambda \times S_\lambda \times \Delta \lambda^c$	30	31,8	1

a. Dans la référence [13], Tableau 2.2: C_e et C_a représentent respectivement la transmission de l'œil et la correction liée à l'angle sous-tendu par la source et valent 1 et 4/3 dans la configuration étudiée.

b. Dans [13], Tableau 2.4: C_a représente l'absorption de la peau et vaut 5 à la longueur d'onde du laser.

c. Dans [13], Tableau 1.1: $E_\lambda \times S_\lambda$ représente l'éclairement énergétique spectral pondéré par la sensibilité de l'œil et de la peau aux UV.

reportés dans le *Tableau 2* (les indices de risque sont calculés en divisant la valeur de l'exposition par la VLE). Dans les deux cas, les évaluations de risque réalisées concordent et montrent un dépassement des VLE (i.e., un indice de risque supérieur ou égal à 1) dans le visible et l'infrarouge, correspondant aux risques de brûlure au niveau de la rétine (instantané) et de la main (après quelques secondes). L'analyse *via* l'outil CatRayon permet également d'identifier un risque de dépassement de la VLE dans l'UV pour l'œil et la peau au-delà de 15 minutes.

Mesures de prévention recommandées

Pour limiter l'exposition des travailleurs aux risques liés à l'utilisation d'équipements lasers manuels, il est important de privilégier les mesures de prévention collectives et organisationnelles par rapport aux moyens de protection individuelle.

Exigences de sécurité de l'équipement

L'équipement laser doit être conforme à la directive Machine et une évaluation des risques doit être menée à partir des données techniques disponibles dans la notice d'instructions. Il doit être muni d'un dispositif de commande nécessitant une action volontaire et maintenue pour déclencher l'émission. La combinaison de la commande d'actionnement avec l'autorisation de l'émission du faisceau permet de réduire les risques d'exposition accidentelle. De plus, l'utilisation d'une clé de commande permet de restreindre l'utilisation aux personnes formées et autorisées. Elle doit donc être

retirée du poste de commande entre deux utilisations. Enfin un dispositif d'arrêt d'urgence doit être présent et facilement accessible.

Réduction du risque à la source

Les résultats expérimentaux montrent que les émissions de polluants générées lors du décapage laser dépendent fortement des paramètres de réglage. L'optimisation des paramètres du procédé constitue le premier levier de prévention, en maintenant une efficacité de décapage satisfaisante et en limitant la puissance du faisceau laser émis et la formation de composés dangereux. Cette approche est à privilégier par rapport aux solutions de captage ou de ventilation, en particulier dans le cas d'applications mobiles.

Protection collective: confinement, captage et ventilation

La création d'une zone spécifique dédiée à l'utilisation de l'équipement laser permet de limiter l'exposition des personnes extérieures aux risques liés aux rayonnements optiques et aux fumées générées. Cette zone doit être un espace fermé, avec des accès restreints et contrôlés par des dispositifs interdisant l'émission laser en cas d'ouverture. Une signalisation lumineuse doit être visible à l'intérieur et à l'extérieur de la zone afin d'indiquer l'état de fonctionnement de l'appareil.

Afin de limiter les risques liés aux rayonnements, une seule installation laser doit être présente par zone d'utilisation, et les surfaces réfléchissantes doivent être évitées. En cas de présence de



© Hervé Boutet pour l'INRS / 2025



dispositifs de visualisation de l'intérieur de la zone, ceux-ci doivent garantir le maintien des niveaux d'exposition en dessous des VLE à l'extérieur de la zone, par exemple au moyen de vitrages filtrants adaptés ou de systèmes de caméras déportées. Le confinement de la zone de travail ayant pour conséquence de concentrer les polluants, un captage à la source et un renouvellement d'air adapté doivent impérativement être mis en place. Les résultats obtenus lors des essais montrent que, en l'absence de captage à la source, les débits de ventilation générale nécessaires pour maintenir une

concentration en polluants inférieure aux valeurs limites (recommandées pour les différents agents mesurés) sont très élevés, atteignant plusieurs milliers de mètres cubes par heure. Il est donc impératif de privilégier un captage des polluants au plus près de la source avant de mettre en œuvre une ventilation générale avec traitement des effluents. La puissance des faisceaux utilisés entraînant un risque d'inflammation accidentel, seuls des matériaux peu ou pas inflammables doivent être présents dans la zone de travail.

Équipements de protection individuelle et formation

Lorsque les mesures de prévention collective sont insuffisantes pour réduire l'exposition de l'opérateur à un niveau acceptable, le recours à des équipements de protection individuelle adaptés est nécessaire. Concernant la protection des yeux et du visage, il convient de porter un casque ou une visière permettant de réduire l'exposition au rayonnement laser en dessous des VLE et répondant à la norme NF EN 207. Le choix de cette protection dépend des caractéristiques du laser (longueur d'onde, puissance, régime de fonctionnement) mais également de l'ensemble du spectre des rayonnements présents UV, visible et infrarouge. Le port de vêtements résistants à l'inflammation sur l'ensemble du corps permet de réduire le risque d'exposition accidentelle au rayonnement laser et de se protéger contre les rayonnements diffusés. Une protection respiratoire adaptée doit également être mise en œuvre afin de protéger l'opérateur contre à la fois les particules, les gaz et vapeurs émis lors du décapage laser. Le choix de l'appareil de protection respiratoire à utiliser doit être fondé sur une évaluation des risques tenant compte des polluants (nature, concentration), de la situation, de l'environnement de travail et de l'opérateur [16,17]. La formation et l'information des personnes manipulant ces lasers ou accédant à la zone sont un levier important qui vient en complément des différentes mesures techniques. Cette formation est complémentaire à la formation PCSL évoquée précédemment et à la notice de poste visant à informer l'ensemble du personnel de la présence des risques liés à ces procédés lasers. La lecture de la notice d'instructions permet de connaître le fonctionnement de l'équipement et les consignes de sécurité pour une utilisation en sécurité. ●

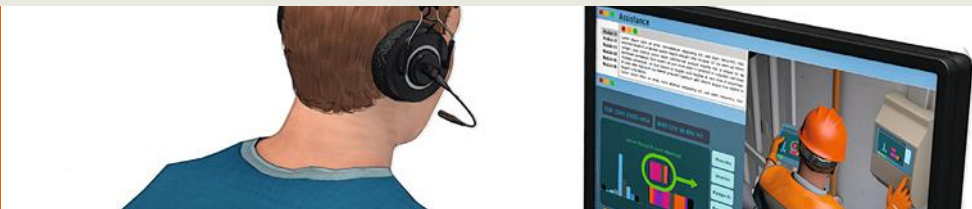
1. L'exposition au faisceau réfléchi, pour une durée inférieure à 0,25 seconde, dépasse déjà la valeur limite d'exposition (VLE) et peut entraîner des lésions sévères et irréversibles.

2. Même si le Code du travail (art. R. 4452-1) indique une valeur basse de 100 nm, les mesures à cette valeur sont très exceptionnelles en raison de « limites de matériel ». Le dispositif utilisé dans l'étude limite la mesure entre 200 et 1 100 nm.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] **NORME NF EN 60825-1** – Sécurité des appareils à laser. Partie 1: classification des matériels et exigences. Afnor, 2014. Accessible sur: <https://www.afnor.org/> (site payant).
- [2] **SUVA** – Soudage et nettoyage au laser en toute sécurité. Accessible sur: <https://www.suva.ch/fr-ch/prevention/par-danger/materiaux-rayonnements-et-situations-a-risque/rayonnement-et-radioactivite/rayonnement-non-ionisant/utilisation-sure-des-postes-a-souder-laser> (consulté en novembre 2025).
- [3] **CARSAT DES PAYS-DE-LA-LOIRE** – Utilisation en sécurité des postes de soudage laser manuel. 2024.
- [4] **CARSAT DES PAYS-DE-LA-LOIRE** – Le soudage laser manuel. 2024.
- [5] **BOUTIN M. ET AL.** – Determination of airborne isocyanates generated during the thermal degradation of car paint in body repair shops. *The annals of occupational hygiene*, 2006, 50, pp. 385-393. Accessible sur: <https://doi.org/10.1093/annhyg/mei075>
- [6] **US EPA** – Method 610: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (HAPs). Code of Federal Regulations, 1993.
- [7] **INRS** – Base de données MétroPol. Méthode M-332: HAP. 2018. Accessible sur: https://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol/fiche.html?refINRS=METROPOL_332
- [8] **INRS** – Base de données MétroPol. Méthode M-451: HDI. 2024. Accessible sur: https://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol/fiche.html?refINRS=METROPOL_451
- [9] **INRS** – Base de données MétroPol. Méthode M-452: TDI 2-4 TDI 2-6. 2024. Accessible sur: https://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol/fiche.html?refINRS=METROPOL_452
- [10] **INRS** – Méthode de screening. Un outil de diagnostic métrologique. 2025.
- [11] **INRS** – Principes généraux de ventilation. ED 695, 2022.
- [12] **DIRECTIVE 2006/25/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL DU 5 AVRIL 2006** relative aux prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (rayonnements optiques artificiels). *Journal officiel de l'UE du 27 avril 2006*. Accessible sur: <https://www.legifrance.gouv.fr>
- [13] **DÉCRET N° 2010-750 DU 2 JUILLET 2010** relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements optiques artificiels. *Journal officiel du 4 juillet 2010*. Accessible sur: <https://www.legifrance.gouv.fr>
- [14] **BARLIER-SALSI A.** – Mesurer et évaluer l'exposition professionnelle aux rayonnements optiques artificiels (hors laser). *Guide méthodologique*. INRS, coll. Note scientifique NS 347, 2016. Accessible sur: <https://www.inrs.fr>
- [15] **INRS** – Outil n° 3 – CatRayon (5^e édition). Accessible sur: <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil03>
- [16] **INRS** – Les appareils de protection respiratoire. Choix et utilisation. ED 6106, 2020. Accessible sur: <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206106>
- [17] **INRS** – Le programme de protection respiratoire. Fiche pratique de sécurité ED 156, 2024. Accessible sur: <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20156>

Participez à la recherche



Organisation de la maintenance et prévention

→ Visio-assistance d'un personnel sur place par un expert de maintenance à distance : quelles pratiques ?

Votre entreprise...

- propose un service d'assistance à distance à des entreprises clientes ou sous-traitantes, grâce à un système de visio-assistance, pour la réalisation d'activités de maintenance d'équipements de travail, de machines ou d'installations, que vous concevez, produisez, louez ou maintenez ;
- et/ou utilise un système de visio-assistance, permettant à vos salariés d'être assistés à distance, par un expert de maintenance interne ou extérieur à votre entreprise, dans la réalisation d'activités de maintenance sur vos équipements de travail, machines ou installations.

L'INRS a besoin de vous

L'INRS souhaite mieux connaître les pratiques de visio-assistance d'un personnel sur place par un expert de maintenance à distance, ainsi que les organisations du travail associées, afin de proposer des pistes de prévention adaptées à ces situations de travail.

> Comment se déroulera l'étude ?

Dans un premier temps, l'équipe de l'INRS (deux à trois personnes) cherchera à identifier les motivations ayant conduit à mettre en place de telles situations d'assistance, les fonctionnalités des systèmes de visio-assistance utilisés, l'organisation du travail instaurée et les avantages et inconvénients éventuels perçus. Pour cela, des entretiens seront menés avec les différentes parties prenantes : responsables, coordinateurs et techniciens de maintenance, personnels de production, etc.

Dans un second temps, des observations de ces situations d'assistance et des activités des personnels impliqués seront réalisées. À l'issue de ces situations d'assistance, des débriefings seront effectués avec les salariés concernés, autant que possible à leur poste de travail. Les activités de travail habituelles des différents personnels ne seront pas modifiées.

Les données recueillies seront anonymisées et les résultats, traités collectivement, feront l'objet d'une restitution aux entreprises partenaires (diagnostic de la situation, proposition de pistes de prévention).



Vous souhaitez participer ?

Contactez Corinne Grusenmeyer : 03 83 50 21 66

corinne.grusenmeyer@inrs.fr

INRS, département Sciences appliquées
au travail et aux organisations

1, rue du Morvan, CS 60027, 54519 Vandœuvre-lès-Nancy Cedex

Notes techniques

DÉVELOPPEMENT D'UN CAPTEUR POUR LA MESURE EN TEMPS RÉEL DES EXPOSITIONS PROFESSIONNELLES À L'OZONE

Essais d'intercomparaison avec les capteurs commerciaux

Actuellement, il n'existe pas de méthode de prélèvement et d'analyse permettant d'évaluer les expositions professionnelles individuelles à l'ozone. L'INRS a développé un capteur portable, dont les performances ont été comparées à celles de plusieurs dispositifs commerciaux. Cet article présente les principaux résultats et enseignements de cette étude.

MARIANNE
GUILLEMOT,
CHRISTEL
RAVERA
INRS,
département
Métrologie
des polluants

BENJAMIN
SUTTER
INRS,
département
Ingénierie
des procédés

CHRISTELLE
GHAZALY
INRS,
département
Métrologie
des polluants
(2016-2021) ;
Klearia

L'ozone (O_3) est un gaz naturellement présent dans l'atmosphère à l'état de traces, provenant principalement de la photodissociation du dioxygène moléculaire par les rayonnements ultraviolets. L'ozone est un oxydant puissant utilisé dans divers procédés industriels pour ses propriétés biocides, blanchissantes et désinfectantes. Il peut également être émis dans l'atmosphère des lieux de travail comme sous-produit lors du soudage à l'arc électrique et l'utilisation d'appareils à rayonnements ultraviolets (UV) [1].

Ces dernières années, différents dispositifs ont été mis sur le marché pour la désinfection des surfaces et l'élimination de bioaérosols dans l'air intérieur. Certains de ces équipements génèrent des concentrations importantes d'ozone dans l'air. C'est notamment le cas des épurateurs d'air intérieur associant média filtrant, photocatalyse, plasma froid et lampe UV [2].

L'exposition professionnelle à l'ozone peut provoquer des altérations sévères de la santé : céphalées, brûlures oculaires, irritation des muqueuses, lésions pulmonaires ou asthme [3,4,5,6]. Suite aux recommandations du comité d'évaluation des risques (CER) de l'Agence européenne des produits chimiques (Echa), l'ozone a été classé cancérigène de catégorie 2 et mutagène de catégorie 2 [7].

Pour protéger les travailleurs, la réglementation française fixe des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) à l'ozone, de 100 parties par milliard (ppb) sur 8 heures et de 200 ppb sur 15 minutes (VLEP-CT : court terme) [8,9]. L'évaluation de l'exposition individuelle reste complexe.

Aucune méthode de prélèvement et d'analyse actuelle n'est conforme à la norme NF EN 482 [10]. La forte réactivité de l'ozone et les faibles rendements de récupération obtenus excluent les prélèvements classiques sur support adsorbant.

ENCADRÉ QUELQUES DÉFINITIONS

- **Sensibilité** : lien entre les variations de signal du capteur et la concentration en polluant cible ;
- **Limite de détection** : concentration minimale détectable en polluant cible ;
- **Sélectivité** : aptitude à détecter le polluant cible à l'exclusion de tout autre ;
- **Interférents** : espèces autres que celle que l'on mesure conduisant à une réponse indésirable du capteur.

RÉSUMÉ

L'ozone est un gaz instable et très oxydant. Il est utilisé dans différents secteurs industriels pour ses propriétés biocides, blanchissantes et oxydantes. Il est également émis dans des secteurs où il n'est pas utilisé intentionnellement, notamment lors des opérations de soudage à l'arc électrique. Une exposition à l'ozone peut provoquer des affections respiratoires et des lésions irritantes des muqueuses oculaires. Les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) sont respectivement fixées à 100

ppb (partie par milliard ; VLEP-8h) et 200 ppb (VLEP-court terme). Actuellement, il n'existe pas de méthode de prélèvement et d'analyse permettant d'évaluer les expositions professionnelles individuelles à l'ozone. Seules des mesures d'ambiance peuvent être réalisées à l'aide d'analyseurs en temps réel, fiables mais encombrants et coûteux. Des détecteurs d'ozone portables sont également commercialisés mais, soit ils ne répondent pas aux exigences de l'évaluation des expositions professionnelles, en termes de

sélectivité et de sensibilité, soit leur coût les rend difficilement accessibles. Pour pallier ce manque, l'INRS a développé un capteur portable, sensible et sélectif à l'ozone en présence de dioxyde d'azote, principal interférent des dispositifs commerciaux. Les performances de ce capteur ont été comparées à celles de plusieurs dispositifs commerciaux basés sur des technologies de détection différentes, dans des conditions de température et d'humidité relative variables, et en présence de plusieurs co-polluants.

DEVELOPMENT OF A SENSOR FOR REAL-TIME MONITORING OF OCCUPATIONAL EXPOSURE TO OZONE: COMPARATIVE TESTING WITH COMMERCIAL SENSORS

Ozone is an unstable and highly oxidising gas. It is used in various industrial sectors due to its biocidal, bleaching, and oxidising properties. It is also unintentionally generated during certain activities, particularly electric arc welding. Exposure to ozone can cause respiratory disorders and irritation to the mucous membranes of the eyes. Occupational exposure limits (OELs) are set at 100 parts per billion (ppb) for an 8-hour period and 200 ppb for a short-term period.

Currently, there is no sampling or analytical method that can assess ozone exposure in the workplace for individuals. Only ambient air measurements can be taken using real-time monitoring instruments, which, while reliable, are bulky and expensive. Portable ozone detectors are also commercially available. However, they either do not meet the requirements for occupational exposure assessment in terms of selectivity and sensitivity, or they are too expensive to be widely adopted.

To address these limitations, INRS has developed a portable sensor that offers enhanced sensitivity and selectivity towards ozone in the presence of nitrogen dioxide, which is the primary substance that interferes with commercial devices. The performance of this sensor was compared with that of several commercial devices based on different detection technologies, under varying temperature and relative humidity conditions, as well as in the presence of several co-pollutants.

La méthode de référence pour la mesure des concentrations d'ozone dans l'air repose sur la photométrie d'absorption UV à 254 nm. Bien que précis et fiables, les analyseurs utilisés pour la surveillance de l'air ambiant sont inadaptés à l'évaluation des expositions individuelles car trop encombrants, énergivores et coûteux.

Des analyseurs UV portables sont commercialisés mais leur coût reste un obstacle à une utilisation en routine pour l'évaluation des expositions professionnelles [11]. Les capteurs d'ozone commerciaux, dont le principe est basé sur une cellule électrochimique ou des semiconducteurs, sont peu sélectifs et/ou peu sensibles (Cf. Encadré). Ces dispositifs ne sont donc pas adaptés à l'évaluation des expositions professionnelles à l'ozone.

Dès lors, substituer les mesures d'ambiance par un suivi individuel en temps réel constitue un enjeu de prévention majeur pour évaluer l'exposition des

salariés, avertir en cas de fortes concentrations et corrélér de manière directe et visuelle les pratiques professionnelles et l'exposition. Pour cela, l'INRS a développé un capteur chimique portable, sensible et sélectif vis-à-vis de l'ozone (Cf. Encadré). Cet article compare les performances de ce capteur à divers dispositifs commerciaux, de manière à identifier le ou les systèmes remplissant le plus de critères demandés pour l'évaluation des expositions professionnelles.

Méthodologie

La méthodologie de l'étude consiste à comparer les performances des différents capteurs dans des atmosphères contrôlées où les paramètres – concentration d'ozone, température et humidité relative – sont maîtrisés, en présence de plusieurs co-polluants tels que :

- le dioxyde d'azote et le chlore, interférents les



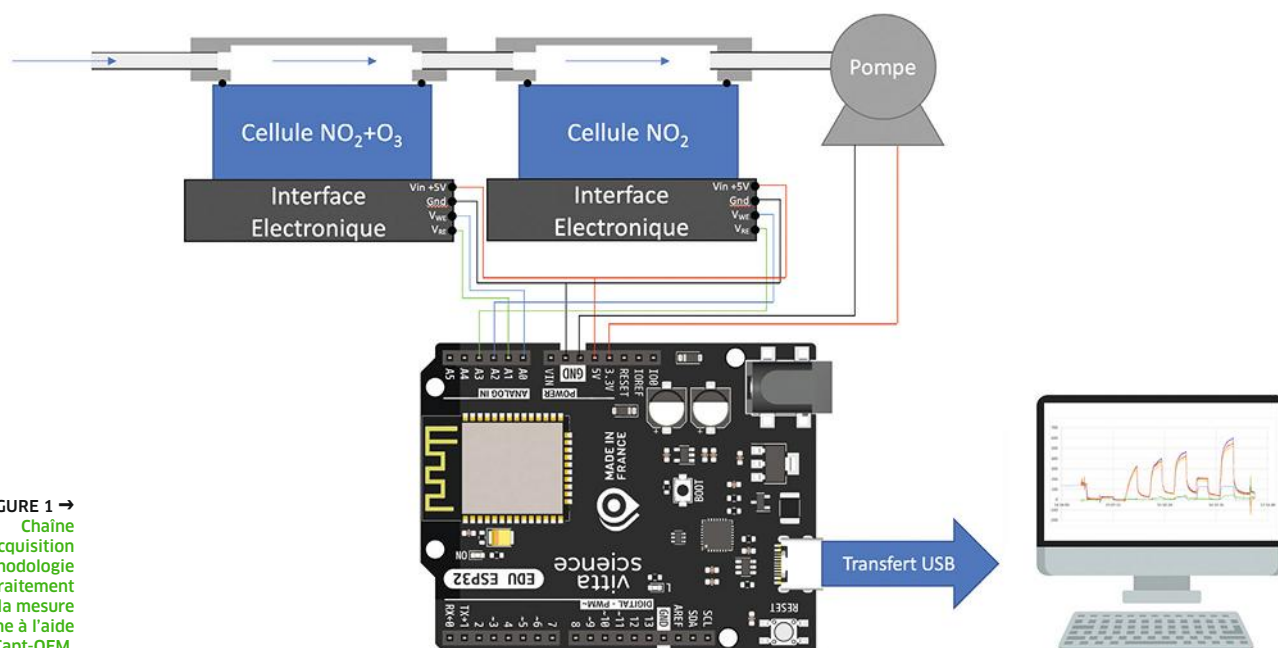


FIGURE 1 →
Chaîne
d'acquisition
et méthodologie
de traitement
pour la mesure
de l'ozone à l'aide
du Capt-OEM.

plus fréquents de l'ozone dans les atmosphères professionnelles ;

- le toluène, comme exemple de composé organique volatil (COV) de la famille des hydrocarbures aromatiques¹.

Trois types de capteurs ont été testés dans cette étude :

- deux capteurs commerciaux et prêts à l'emploi ;
- un capteur « OEM » (de l'anglais *Original Equipment Manufacturer*), constitué de deux cellules de mesures commercialisées intégrées dans un dispositif de prélèvement, d'acquisition et de traitement des données développé à l'INRS ;
- un capteur chimique entièrement développé à l'INRS.

Les capteurs commerciaux

Deux dispositifs portables ont été évalués :

- un capteur basé sur un système de détection électrochimique ; il est noté « Capt-EC » ;
- un capteur basé sur la mesure de l'absorbance du gaz prélevé dans l'ultraviolet, à 254 nm ; il est noté « Capt-UV ».

Ces deux capteurs ont été sélectionnés en fonction de la technologie utilisée, de la gamme de concentrations mesurables annoncée par le fabricant et de la possibilité d'accéder aux données enregistrées.

Le capteur « OEM » étudié par l'INRS

Un autre type de capteur est également étudié : il s'agit de deux cellules électrochimiques commerciales, montées en série selon les préconisations du constructeur : une cellule « NO₂+O₃ », sensible à la fois à l'ozone et au dioxyde d'azote, et une cellule « NO₂ », dédiée au dioxyde d'azote. L'architecture du système comprend :

- les cellules de mesure : elles génèrent un courant proportionnel à la concentration de gaz ;
- l'interface électronique : elle convertit ce courant en tensions mesurables ;
- l'acquisition : un microcontrôleur assure la conversion analogique-numérique des tensions et transmet les données vers un ordinateur pour un traitement en temps réel.

Une pompe est associée au montage afin de renouveler l'air en continu au voisinage des cellules lors des essais et d'obtenir une meilleure réactivité (Cf. Figure 1). Les parties prélèvement d'air, alimentation électrique, interface électronique, acquisition et traitement du signal ont été réalisées à l'INRS. Ce dispositif est noté « Capt-OEM ».

→ Calcul des concentrations

Le calcul de la concentration en ozone est réalisé en deux étapes :

Étape A : concentration en NO₂

Le capteur spécifique NO₂ possède une sensibilité au dioxyde d'azote, S_{NO₂} [mV·ppb⁻¹] donnée par le fabricant :

$$C_{NO_2} = \frac{V_{net,NO_2}}{S_{NO_2}} \quad (1)$$

Où V_{net} correspond au signal du capteur.

Étape B : concentration en O₃

La contribution due au NO₂ est soustraite du signal de la cellule mixte « NO₂+O₃ » notée OX dans l'équation :

$$C_{O_3} = \frac{V_{net,ox} - (S_{ox,NO_2} \cdot C_{NO_2})}{S_{ox,O_3}} \quad (2)$$

Où S_{Ox,NO_2} et S_{Ox,O_3} [$mV \cdot ppb^{-1}$] représentent respectivement la sensibilité de la cellule OX au dioxyde d'azote et à l'ozone.

Deux niveaux de traitement sont possibles pour le calcul de la concentration en ozone :

- à partir des données de sensibilité transmises par le fabricant des cellules électrochimiques ;
- ou bien, en s'appuyant sur une calibration expérimentale (relation signal-concentration) établie lors d'expositions à des niveaux connus de polluant.

Les résultats des deux niveaux de traitement sont désignés par « Capt-OEM » et « Capt-OEM-corr », respectivement.

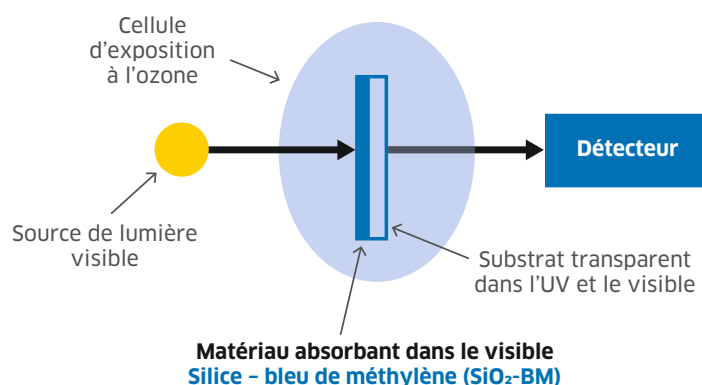
Le capteur développé par l'INRS

Ce dispositif est un capteur chimique basé sur l'interaction entre un gaz cible et un matériau sensible, développé de manière à ce qu'au moins une de ses propriétés physiques (absorbance, conductivité, masse, ...) soit modifiée au contact des molécules gazeuses ciblées. Ce matériau est associé à un transducteur qui mesure en continu toute variation de cette propriété et permet ainsi de mettre en évidence la présence ou non du composé ciblé. Le matériau sensible est déposé sous forme de film mince sur le substrat, ce qui va permettre la miniaturisation du capteur.

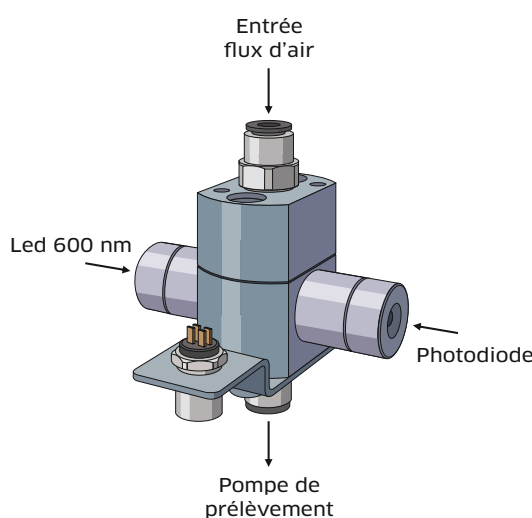
Le matériau sensible sélectionné pour la détection de l'ozone est une silice mésoporeuse déposée sur une plaque de verre et imprégnée de bleu de méthylène (Cf. Figure 2) [12,13].

L'absorbance du bleu de méthylène est mesurée en continu à l'aide d'un circuit optique contenant une source de lumière visible éclairant à 600 nm (orange) et un détecteur enregistrant le signal résultant du matériau absorbant. La plaque de verre revêtue du matériau sensible est insérée dans une cellule de mesure, intégrant une LED comme source lumineuse et une photodiode comme détecteur (Cf. Figure 3).

L'air ambiant est prélevé à l'aide d'une pompe et traverse la cellule de mesure contenant le matériau sensible. La présence d'ozone dans l'air entraîne une oxydation du bleu de méthylène, ce qui se traduit par une diminution de sa coloration bleue et de son absorbance à 600 nm. Cela conduit à une augmentation de la tension mesurée par la photodiode.



↑ FIGURE 2
Principe de fonctionnement du capteur chimique d'ozone développé par l'INRS.



← FIGURE 3
Cellule de mesure du capteur chimique d'ozone INRS.

→ Calcul des concentrations d'ozone

La relation entre la variation de l'absorbance du bleu de méthylène et la concentration en ozone a été modélisée à partir d'un modèle cinétique de pseudo-second ordre [14].

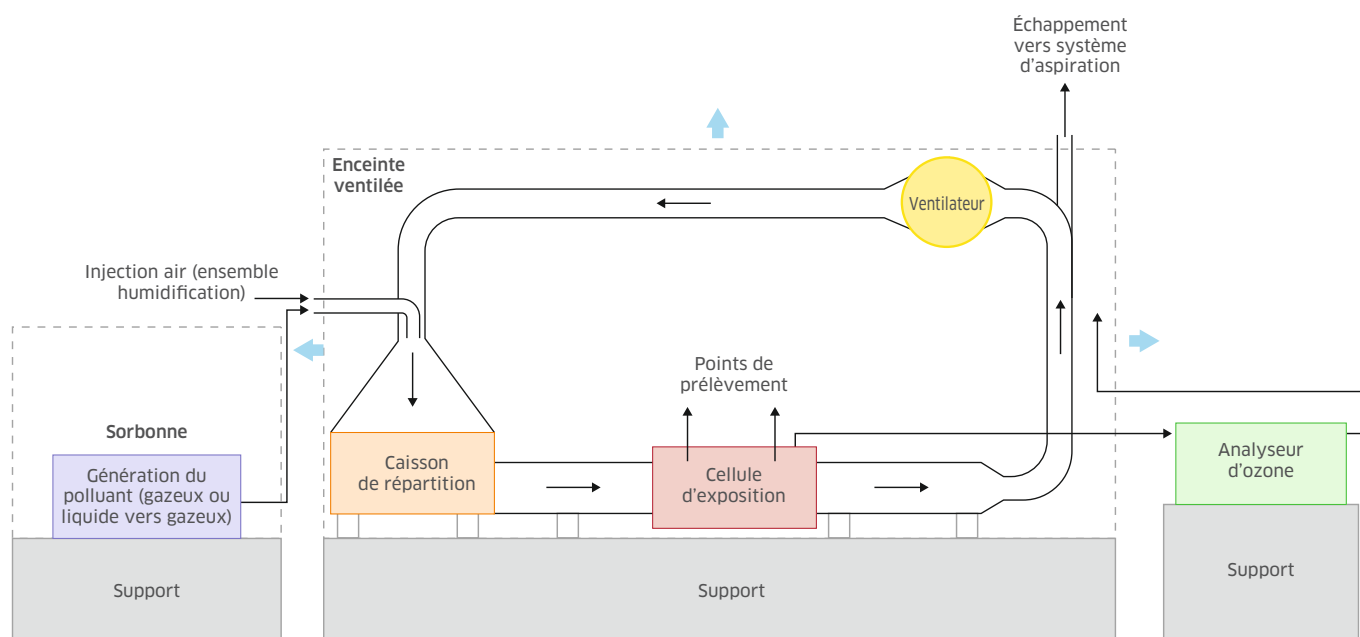
Une unité d'acquisition et de traitement du signal a été développée de manière à afficher en temps réel la concentration d'ozone mesurée par le capteur, et d'enregistrer les données pour un traitement ultérieur. Ce capteur est noté « Capt-INRS » dans les essais suivants.

Le Tableau 1 présente les différentes caractéristiques des capteurs évalués.

↓ TABLEAU 1
Caractéristiques des différents capteurs testés.

CAPTEURS	DÉBIT DE PRÉLÈVEMENT	LIMITE DE DÉTECTION	INTERFÉRENCE CONNUE	COÛT
Capt-EC	NC ^(a)	20 ppb	Réponse de 0,71 ppm ^(b) en présence de 1 ppm de NO ₂ Réponse de 0,8 ppm en présence de 1 ppm de Cl ₂	900 €
Capt-UV	0,8 L/min	3 ppb	Pas d'interférence	10 000 €
Capt-OEM	1,5 L/min	< 15 ppb	Réponse de 100 % à 5 ppm de Cl ₂	130 € ^(c)
Capt-INRS	0,35 L/min	10 ppb	Pas d'interférence connue avant les essais.	< 1 000 € ^(d)

(a) Non communiqué. (b) Partie par million (1 ppm = 1 000 ppb). (c) Hors interface électronique, système d'acquisition, pompe et système de calibration expérimentale. (d) Estimation réalisée par un bureau d'étude.



↑ FIGURE 4 Schéma synoptique du banc de génération.

→ Les bancs d'essais

Les performances des différents capteurs ont été évaluées dans deux bancs d'essais, permettant de générer plusieurs niveaux de concentration en ozone, sous différents taux d'humidité relative et à des températures différentes. La sélectivité des capteurs a également été évaluée en les exposant à différents co-polluants, seul ou en mélange avec l'ozone.

Le banc d'essai présenté sur la Figure 4 permet de générer différentes concentrations d'ozone, entre le dixième et deux fois la VLEP-8h, à une température et un taux d'humidité contrôlés, compris respectivement entre 15 °C et 40 °C ; et entre 20 % et 80 %. Deux co-polluants, le dioxyde d'azote et le toluène, ont également été générés dans ce banc, seul ou en mélange avec l'ozone.

Ce dispositif de génération est constitué d'un générateur d'ozone (*Thermo Scientific Model 49i*, étalonné par l'AASQA Grand-Est²), également utilisé en tant qu'analyseur de référence pour le suivi de la concentration d'ozone dans le banc. L'ozone est injecté dans le banc d'essai et dilué dans de l'air de manière à obtenir les concentrations souhaitées. Il est ensuite homogénéisé dans le caisson de répartition. Le débit d'air dans le banc est compris entre 35 L/min et 70 L/min, de manière à obtenir les concentrations d'intérêt des différents polluants. Le flux est accéléré à l'aide d'un ventilateur afin d'obtenir des vitesses d'air représentatives des situations professionnelles, entre 0,1 m/s et 2 m/s. Le dioxyde d'azote est généré à partir d'une bouteille étalon et un analyseur de dioxyde d'azote

(*Ecotech Serinus 40*) est utilisé pour mesurer sa concentration dans le banc. Le toluène est généré à l'aide d'un pousse-seringue qui envoie du toluène liquide dans une cellule thermostatée à 70 °C où il est vaporisé. Une analyse en ligne par chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à ionisation de flamme permet de caractériser la concentration de toluène générée dans le banc. Selon leur mode de prélèvement, les dispositifs sont soit placés à l'intérieur de la cellule d'exposition, soit connectés à un point de prélèvement au niveau de la cellule d'exposition.

La sensibilité au chlore des différents capteurs a été caractérisée dans un second banc d'essai, constitué d'un matériau compatible avec les propriétés corrosives de ce gaz et équipé d'un dispositif de neutralisation avant évacuation. Le débit dans le banc est de 30 L/min et la concentration de chlore générée à partir d'une bouteille étalon est mesurée à l'aide d'un capteur de chlore préalablement étalonné. Le générateur-analyseur d'ozone est utilisé pour générer l'ozone en mélange avec le chlore et mesurer la concentration après dilution dans le banc. Les essais de sensibilité au chlore ont été réalisés sous air sec à 20 °C.

Résultats et discussion

Les temps de réponse de l'ensemble des capteurs, inférieurs ou égaux à une minute, permettent une comparaison directe avec la VLEP-CT (15 minutes). Ce paramètre n'a donc pas été évalué dans cette étude, qui se concentre prioritairement sur la justesse de la mesure et la sélectivité des dispositifs.

Description des essais

Tous les essais sont réalisés sous flux continu selon plusieurs scénarios d'exposition, en faisant varier la concentration d'ozone, de manière croissante puis décroissante, la température, le taux d'humidité relative (HR) et les différents co-polluants, seuls ou en mélange avec l'ozone. L'objectif de ces essais est de caractériser les capteurs dans des situations proches de celles rencontrées dans différentes atmosphères professionnelles.

Un exemple de scénario d'exposition est présenté sur la Figure 5, où les réponses de Capt-EC (en rouge) et Capt-UV (en vert) sont reportées pour différentes concentrations en ozone, à 20 °C et 50 % d'humidité relative, puis à 20 °C et 70 % HR, et enfin à 30 °C et 50 % HR.

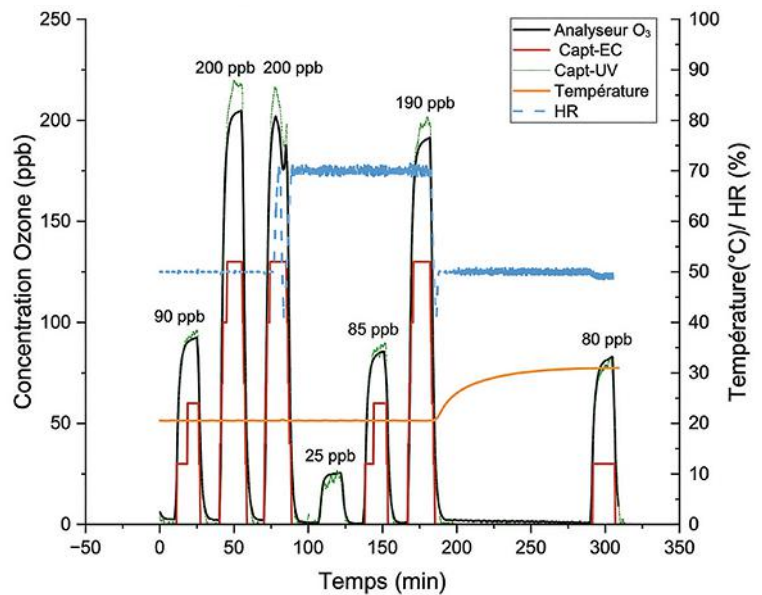
Ce graphique montre les écarts de réponse entre les dispositifs en fonction des conditions d'essais. L'ensemble des essais a été réalisé selon ce mode opératoire. L'influence des conditions d'essais est caractérisée en comparant la réponse des différents capteurs à celle de l'analyseur de référence. Les données sont moyennées sur les cinq dernières minutes de chaque palier de stabilité. Ces valeurs moyennes constituent la base de l'interprétation des sensibilités et des effets d'interférence détaillés dans la suite de cet article.

Réponse et sensibilité des différents capteurs à 20 °C et 50 % HR

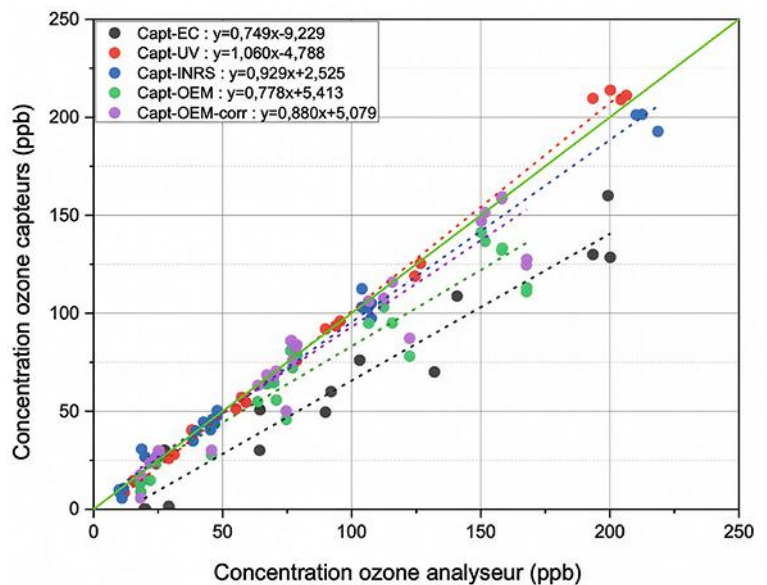
Ces essais ont pour objectifs de caractériser la réponse de chaque capteur pour différentes concentrations d'ozone. La Figure 6 reporte la concentration moyenne mesurée par les capteurs en fonction de celle de l'analyseur de référence. La ligne pleine verte représente une parfaite concordance entre les dispositifs. Tous les points situés au-dessus correspondent à une surestimation de la concentration d'ozone (pente supérieure à 1), et tous les points situés en dessous à une sous-estimation (pente inférieure à 1).

Les deux capteurs Capt-UV et Capt-INRS montrent une réponse juste, avec moins de 10 % d'écart par rapport à la valeur de l'analyseur de référence. Les deux capteurs Capt-EC et Capt-OEM sous-estiment systématiquement les concentrations en ozone de plus de 20 %.

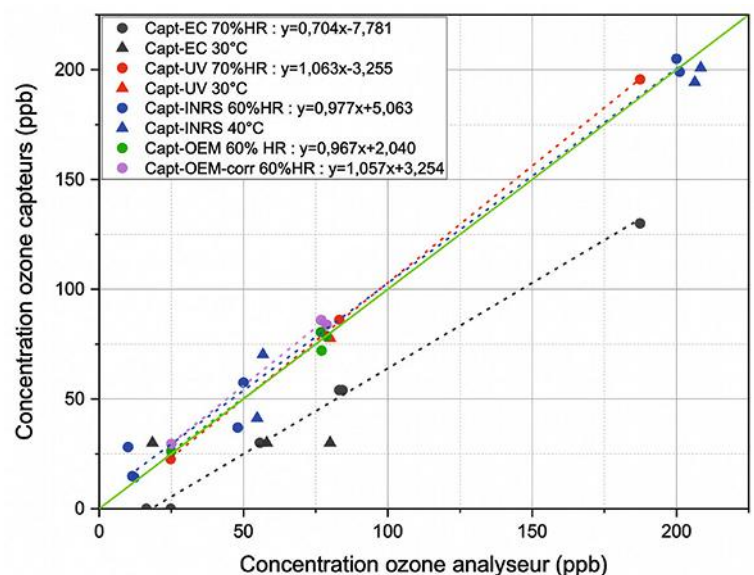
Le traitement du signal apporté à Capt-OEM, notamment l'étalonnage à l'ozone, permet d'améliorer la justesse des mesures comme le montrent les résultats de Capt-OEM-corr. Ce capteur montre toutefois un défaut de répétabilité sur certaines expérimentations. Les capteurs Capt-UV, Capt-INRS, Capt-OEM et Capt-OEM-corr offrent une très bonne sensibilité, avec respectivement des limites de détection de 10, 10, 20 et 20 ppb, soit le dixième et le cinquième de la VLEP-8h. *A contrario*, Capt-EC ne détecte pas les concentrations d'ozone inférieures



↑ FIGURE 5 Influence de la température et du taux d'humidité relative sur la réponse de Capt-EC et de Capt-UV.

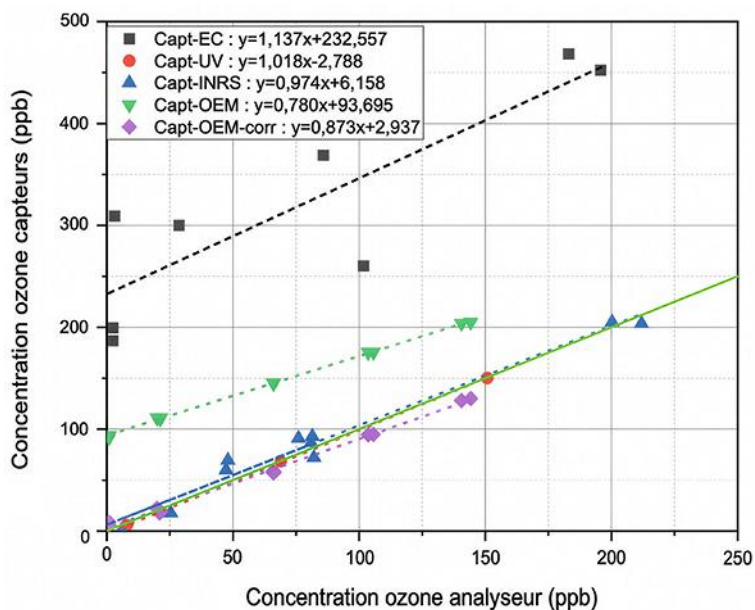


↑ FIGURE 6 Réponse des capteurs en fonction de l'analyseur de référence.

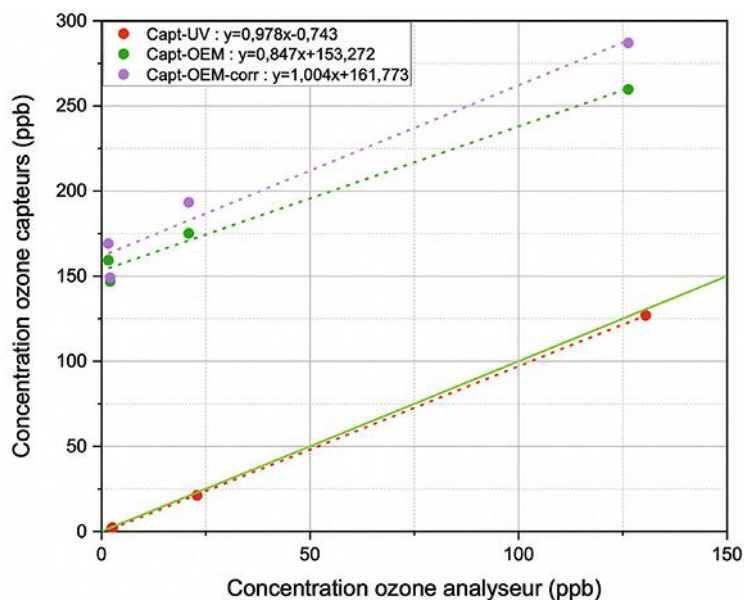


↑ FIGURE 7 Réponse des différents capteurs à HR > 50 % et T > 25 °C.

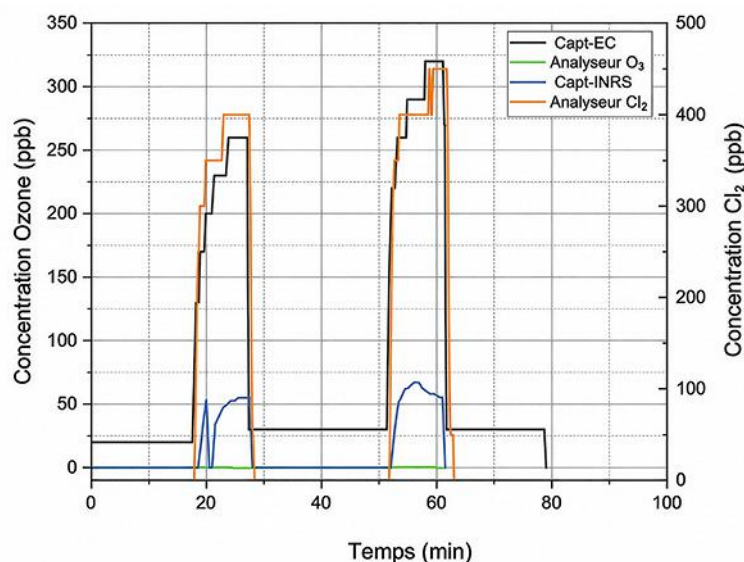




↑ FIGURE 8 Réponse des capteurs en présence de 500 ppb de dioxyde d'azote.



↑ FIGURE 9 Réponse de Capt-UV, Capt-OEM et Capt-OEM-corr en présence de 500 ppb de chlore.



↑ FIGURE 10 Réponse de Capt-EC et Capt-INRS en présence de chlore.

à 60 ppb (points situés sur l'axe des abscisses). Les capteurs Capt-EC et Capt-OEM sont caractérisés par une grande variabilité de leur réponse, indiquant une faible répétabilité de la mesure.

Influence des conditions de température et d'humidité

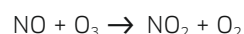
Les différents capteurs ont ensuite été soumis à différents taux d'humidité relative (60 % et 70 %) et différentes températures (30°C et 40°C) pour simuler différentes situations de travail (Cf. Figure 7).

Il apparaît dans ce graphique que la réponse des différents capteurs n'est pas influencée de manière significative par la température et le taux d'humidité relative. Les dispositifs mesurent la température en temps réel, à l'exception de Capt-EC pour lequel cette information n'est pas disponible. Le traitement du signal de Capt-INRS, Capt-OEM et Capt-OEM-corr intègre une correction de la réponse en fonction de la température. Par ailleurs, Capt-UV et Capt-INRS disposent en amont de la cellule de mesure d'un dispositif de stabilisation de l'humidité relative, leur permettant de ne pas être influencés par ce paramètre.

Influence des co-polluants

→ Le dioxyde d'azote (NO₂)

Le dioxyde d'azote peut être présent dans différentes situations professionnelles en même temps que l'ozone, soit parce que ces deux gaz sont générés par l'activité professionnelle, soit parce que le dioxyde d'azote est formé par la réaction entre l'ozone et le monoxyde d'azote :



C'est le cas, par exemple, du soudage à l'arc électrique : le dioxyde d'azote est issu de la réaction entre l'ozone produit par la réaction entre l'arc électrique et l'oxygène de l'air et les oxydes d'azote formés par l'oxygène et l'azote de l'air ambiant lorsque celui-ci est porté à des températures élevées.

La Figure 8 reporte la réponse des cinq capteurs en présence de 500 ppb de NO₂, correspondant à la VLEP-8h de cette substance.

L'interférence du NO₂ est bien connue, notamment dans le cas des capteurs basés sur une cellule de mesure électrochimique. Elle est renseignée par les fabricants : pour le capteur Capt-EC, une valeur de 0,71 ppm est indiquée en présence de 1 ppm de NO₂. Cette interférence est bien mise en évidence dans cet essai, avec une surestimation de la concentration d'ozone de plus de 200 ppb par le capteur Capt-EC. Les mesures de Capt-EC étant peu répétables, comme le montre la Figure 8, il n'est pas possible de corriger sa réponse en fonction de la concentration en NO₂. Par conséquent, la présence

d'ozone est masquée par cette sensibilité croisée³. Les dispositifs Capt-OEM et Capt-OEM-corr intègrent une cellule de mesure spécifique au NO₂, dont le signal est utilisé pour calculer la réponse à l'ozone de la cellule OX. Lorsque seul l'algorithme de correction du constructeur est appliqué, pour Capt-OEM, une surestimation de la concentration en ozone, de l'ordre de 100 ppb, est observée en présence de 500 ppb de NO₂. En ce qui concerne Capt-OEM-corr, le double étalonnage des deux cellules vis-à-vis du NO₂ et de l'O₃ permet de compenser efficacement cette interférence. Cette étape de calibration expérimentale est indispensable pour améliorer la justesse du système et maîtriser sa sensibilité croisée.

Les deux capteurs dont la mesure est basée sur une cellule optique, Capt-UV et Capt-INRS, sont sélectifs à l'ozone en présence de NO₂.

→ Le chlore (Cl₂)

Le chlore est un interférent majeur de la plupart des capteurs d'ozone commerciaux. Les fabricants de Capt-EC et Capt-OEM reportent une sensibilité croisée respective de 0,8 ppm à 1 ppm de chlore (Cl₂) et de 100 % à 5 ppm de Cl₂.

Les essais ont été réalisés en présence de 500 ppb de chlore, correspondant à la VLEP-CT de ce gaz. La Figure 9 décrit les réponses de Capt-UV, Capt-OEM et Capt-OEM-corr à différentes concentrations d'ozone.

La réponse de Capt-OEM-corr est impactée par la présence de chlore avec une surestimation d'environ 160 ppb de la concentration en ozone. La réponse de Capt-UV n'est pas influencée par ce co-polluant.

Capt-EC et Capt-INRS n'ont pas pu être testés avec les deux gaz en mélange, mais seulement en présence de chlore à 400 ppb et 450 ppb (Cf. Figure 10).

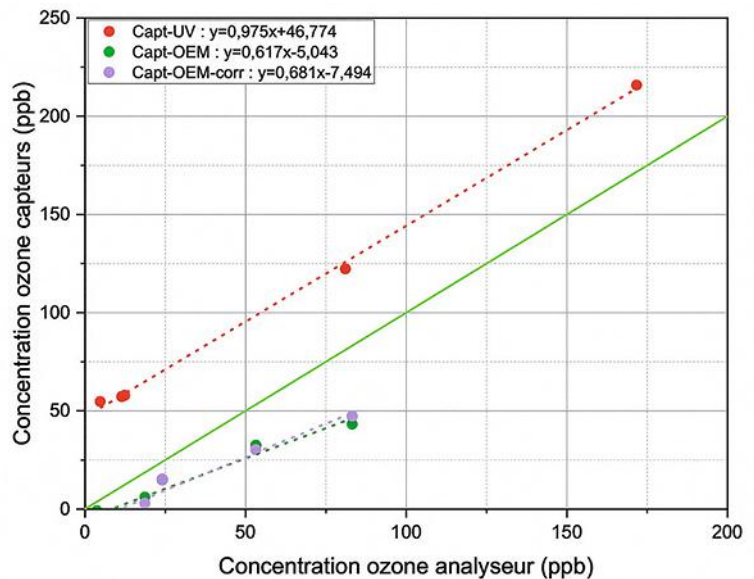
La réponse de Capt-EC est fortement impactée par la présence de chlore avec une réponse de 260 et 320 ppb lors des expositions successives au chlore. Capt-INRS est également influencé, mais dans une moindre mesure, par la présence de Cl₂ puisqu'il annonce des concentrations d'environ 50 ppb d'ozone lors des expositions au chlore.

Les faux positifs de Capt-EC, Capt-INRS et Capt-OEM-corr peuvent masquer la présence d'ozone en mélange avec le chlore.

→ Le toluène

Pour des raisons techniques, les performances de Capt-EC et Capt-INRS n'ont pas pu être évaluées en présence de toluène.

La Figure 11 montre que Capt-UV est sensible à ce co-polluant, avec une surestimation de la concentration d'ozone d'environ 45 ppb pour une concentration de 20 ppm de toluène, correspondant à la



↑ FIGURE 11 Réponse des capteurs en présence de 20 ppm de toluène.

VLEP-8h de ce gaz. Le toluène est une substance chimique dont l'absorbance en UV est connue, comme tous les hydrocarbures aromatiques. Ici, à 254 nm, l'absorbance du toluène est faible au regard de sa concentration mais elle perturbe la mesure d'ozone. L'interférence du toluène sur la mesure de Capt-UV est la même quelle que soit la concentration en ozone. Si les deux substances sont présentes en même temps, une correction peut alors être réalisée par le suivi de la concentration en toluène à l'aide d'un capteur dédié.

Dans le cas de Capt-OEM et Capt-OEM-corr, une interférence « négative » est observée, avec une sous-estimation de 35 % à 40 % de la concentration en ozone. Cette interférence n'est pas documentée par le fabricant du capteur.

Synthèse des résultats

Les cinq capteurs étant basés sur des principes de mesure différents, leurs performances varient en fonction de différents facteurs. Le Tableau 2 récapitule les résultats obtenus.

Conclusion

Cette étude a permis, pour la première fois, d'évaluer les performances de différents types de capteurs d'ozone. Ces essais montrent qu'il n'y a pas de capteur portable « idéal » pour l'évaluation des expositions professionnelles à l'ozone. Le dispositif le plus performant en termes de sélectivité, sensibilité et justesse est Capt-UV, dont le seul interférent mis en évidence ici est le toluène. Cependant, son coût limite fortement son déploiement en santé au travail. Les capteurs dont la mesure est basée sur une cellule électrochimique sont très peu sélectifs. En plus de la sensibilité croisée avec le dioxyde d'azote et le chlore, Capt-EC a montré des performances limitées en termes de sensibilité, justesse et répétabilité des mesures.



	CAPT-EC	CAPT-UV	CAPT-OEM	CAPT-OEM-corr	CAPT-INRS
Limite de détection (ppb)	60	10	20	20	10
Justesse	☹	☺	☹	☺	☺
Répétabilité	☹	☺	☹	☺	☺
Influence de la T °C (30 °C - 40 °C)	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
Influence de l'HR (60 % - 70 %)	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
Sensibilité croisée	NO ₂ 500 ppb	230 ppb d'O ₃	Aucune	90 ppb d'O ₃	Aucune
	Cl ₂ 500 ppb	≈ 290 ppb d'O ₃	Aucune	150 ppb d'O ₃	50 ppb d'O ₃
	Toluène 20 ppm	Non testée	50 ppb d'O ₃	- 40 %	- 35 %
Coût (rappel)	900 €	10 000 €	130 € ^(a)		< 1 000 € ^(b)

(a) Hors interface électronique, système d'acquisition, pompe et système de calibration expérimentale. (b) Estimation réalisée par un bureau d'étude.

↑ **TABLEAU 2**
Résultats
des différents
capteurs testés.

Cette technologie peut être utilisée pour la mesure de l'ozone, mais nécessite un étalonnage sous ozone et sous dioxyde d'azote, ainsi qu'une intégration dans un dispositif de prélèvement, d'acquisition et de traitement du signal comme l'ont montré les résultats de Capt-OEM et Capt-OEM-corr.

Le capteur développé par l'INRS offre l'avantage de ne pas être sensible au dioxyde d'azote, et faiblement sensible au chlore. Il a montré des performances équivalentes à Capt-UV en termes de limite de détection et de justesse. Sa sélectivité en présence de toluène devra également être évaluée. Son principe de mesure de l'absorbance dans le domaine visible le rend moins coûteux à fabriquer que Capt-UV, mais il n'est actuellement pas commercialisé.

Dans tous les cas, l'utilisation d'un capteur nécessitera de bien connaître l'environnement dans lequel seront réalisées les mesures, afin d'anticiper le cas échéant d'éventuelles interférences et de suivre les concentrations des co-polluants à l'aide de capteurs dédiés. ●

1. Devant l'impossibilité de tester l'ensemble des COV, le laboratoire a sélectionné les interférents les plus connus : le dioxyde d'azote et le chlore, ou bien des molécules représentatives de « grandes familles » de molécules : toluène pour les hydrocarbures aromatiques, formaldéhyde pour les aldéhydes. Aucune interférence n'a été observée pour le formaldéhyde, lors de la manipulation effectuée.
2. AASQA : association agréée de surveillance de la qualité de l'air.
3. L'ozone ayant une VLEP inférieure à celle du dioxyde d'azote, il est important que sa présence soit identifiée avec certitude.

BIBLIOGRAPHIE

[1] SINGER B.C. ET AL. – Indoor secondary pollutants from cleaning product and air freshener use in the presence of ozone. *Atmos. Environ.*, 2006, 40 (40), pp. 6696-6710.

[2] BÉMER D., GÉRARDIN F. – Évaluation des performances de filtration d'aérosols de trois technologies d'épurateurs d'air intérieur. *Hygiène & sécurité du travail*, 2022, 269, pp. 42-53. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=NT%20103>

[3] WESCHLER C.J. – Ozone in indoor environments: concentration and chemistry. *Indoor Air*, 2000, 10 (4), pp. 269-288.

[4] KAMPA M., CASTANAS E. – Human health effects of air pollution. *Environmental Pollution*, 2008, 151 (2), pp. 362-367.

[5] WOLKOFF P. – Indoor air pollutants in office environments: assessment of comfort, health, and performance. *International journal of hygiene and environmental health*, 2013, 216, pp. 371-394.

[6] MUDWAY I.S., KELLY F.J. – Ozone and the lung: a sensitive issue. *Molecular aspects of medicine*, 2000, 21, 1-2, pp. 1-48. Accessible sur : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10804262/>

[7] 23^e ADAPTATION AU PROGRÈS TECHNIQUE (ATP) DU RÈGLEMENT CLP, applicable à partir du 1^{er} février 2027. *Journal officiel de l'Union européenne*, 20 juin 2025.

[8] INRS – Fiche toxicologique n° 43 – Ozone. 2024. Accessible sur : https://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_43

[9] CIRCULAIRE DU MINISTÈRE DU TRAVAIL DU 19 JUILLET 1982 relative à certaines substances dangereuses. In: INRS - Les VLEP. ED 6443, 2022. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206443>

[10] NORME NF EN 482 – Exposition sur les lieux de travail. Procédures pour déterminer la concentration d'agents chimiques. Exigences élémentaires relatives aux performances.

Afnor, mars 2021. Accessible sur : <https://www.boutique.afnor.org/> (site payant).

[11] SAGONA J.A. ET AL. – Accuracy and practicality of a portable ozone monitor for personal exposure estimates. *Atmos. Environ.*, 2018, 1, 175, pp. 120-126.

[12] GHAZALY C. – Développement d'un capteur spectrophotométrique pour la mesure en temps réel des expositions professionnelles à l'ozone. Thèse, Université de Lorraine, 2019. Accessible sur : https://hal.univ-lorraine.fr/tel-02529404/file/DDOC_T_2019_0207_GHAZALY.pdf

[13] GHAZALY C., GUILLEMOT M. ET AL. – Real-time ozone sensor based on selective oxidation of methylene blue in mesoporous silica films. *Sensors*, 2019, 19 (16), 3508. Accessible sur : <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/16/3508>

[14] PLAZINSKI W. ET AL. – Modeling of sorption kinetics: The pseudo-second order equation and the sorbate intraparticle diffusivity. *Adsorption*, 2013, 19 (5), pp. 1055-1064.

L'INRS RECHERCHE DES PARTENAIRES INDUSTRIELS

Fabriquez et commercialisez notre capteur d'ozone en temps réel pour l'évaluation des expositions professionnelles.

Les principales applications industrielles de l'ozone sont la désinfection des eaux, la stérilisation de matériel, ou encore la conservation de denrées alimentaires. Certains procédés peuvent également émettre de l'ozone, par transformation de l'oxygène de l'air, sous l'influence d'un rayonnement ultraviolet ou laser, d'une haute tension électrique, de décharges électrostatiques ou de réactions chimiques. Ce gaz est toxique pour l'homme et une exposition à l'ozone peut provoquer des affections respiratoires et des lésions irritantes des muqueuses oculaires. En France, la valeur limite d'exposition professionnelle de l'ozone est fixée à 100 ppbv (parties par milliard en volume, soit 0,2 mg/m³) sur 8 heures, et à 200 ppbv (0,4 mg/m³) sur 15 minutes.

Actuellement, il n'existe pas de méthode de prélèvement et d'analyse satisfaisante permettant d'évaluer les expositions professionnelles individuelles à l'ozone.

Face à ce constat, l'INRS a développé un capteur d'ozone répondant davantage aux exigences requises pour l'évaluation des expositions, en termes de sélectivité, de sensibilité, de justesse et de robustesse, que les solutions existantes.

Un capteur d'ozone répondant aux exigences requises pour l'évaluation des expositions.

Reposant sur l'utilisation d'un détecteur optique qui mesure une variation d'absorbance lorsque la surface du matériau sensible est exposée à l'ozone, le dispositif final se veut simple à mettre en œuvre, portable et peu coûteux, au regard des appareils commercialisés. Testé et éprouvé en laboratoire ainsi qu'en conditions réelles, le dispositif est destiné à toute entreprise concernée par le risque d'exposition professionnelle à l'ozone, aux caisses régionales d'assurance retraite et de la santé au travail, aux services de prévention et de santé au travail, aux laboratoires d'analyse de l'air des lieux de travail.

Nous avons besoin de vos savoir-faire

Votre entreprise assure la fabrication et la commercialisation de dispositifs de mesure et d'analyse de l'air des lieux de travail, pour l'évaluation des risques chimiques ; dispose de compétences en métrologie, capteurs, acquisition de données, traitement de signal : **L'INRS pourrait vous confier ce projet.**



© Gaël Kerbaol / INRS / 2025

Vous êtes intéressé(e) par ce partenariat industriel ?

Contactez Sophie DELEYS, INRS

03 83 50 20 53 • sophie.deleys@inrs.fr

INRS, rue du Morvan, CS 60027 – 54519 Vandœuvre-lès-Nancy Cedex

Notes techniques

UTILISATION DES LUNETTES CONNECTÉES EN MILIEU PROFESSIONNEL : ANALYSE DES RISQUES ET POINTS DE VIGILANCE

L'INRS a réalisé une étude qui identifie des points de vigilance pour prévenir les risques professionnels liés à l'utilisation de lunettes connectées pendant les déplacements à pied, afin d'adapter leur usage. Cette note technique en présente les principaux résultats.

PATRICE MARCHAL, AURÉLIEN LUX, NELLIE PERRIN, MARJORIE PIERRETTE, ALEXANDRE KLINGLER
INRS, département Ingénierie des équipements de travail

Contexte

La réalité augmentée enrichit l'environnement réel en y superposant des informations numériques, alors que la réalité virtuelle, technologie proche de la précédente, plonge l'utilisateur dans un monde entièrement simulé [1]. Les dispositifs de réalité augmentée les plus couramment rencontrés dans le milieu professionnel sont les lunettes connectées

(notées LC dans la suite de l'article). Elles peuvent être utilisées pour la visualisation, le guidage ou la téléassistance [2]. De nombreux secteurs d'activité tels que la logistique, la maintenance, la production, la conception et la santé ont analysé l'intérêt de l'usage de ces LC. Elles offrent la possibilité de réaliser différentes tâches (contrôle qualité, picking, maintenance à distance...), tout en gardant les mains

RÉSUMÉ

Les lunettes connectées figurent parmi les dispositifs de réalité augmentée les plus répandus en milieu professionnel. Elles permettent notamment la visualisation, le guidage ou la téléassistance dans des secteurs variés tels que la logistique, la maintenance, la production, la conception ou encore la santé. Leur principal avantage est de permettre d'effectuer des tâches ou de consulter des informations tout en gardant les mains libres. Cet article présente les résultats d'une étude menée en laboratoire, qui visait deux objectifs : évaluer la faisabilité des déplacements à pied associés au port de lunettes connectées, et évaluer le ressenti des participants. Il propose également des points de vigilance pour prévenir certains risques professionnels liés à l'utilisation de ces lunettes connectées, notamment les risques liés aux déplacements à pied.

THE USE OF SMART GLASSES IN THE WORKPLACE: RISK ANALYSIS AND KEY POINTS FOR ATTENTION

Smart glasses are among the most widely used augmented reality devices in the workplace. They are used in a variety of sectors such as logistics, maintenance, manufacturing, design, and healthcare, for applications including visualisation, task guidance, and remote assistance. The main advantage of these devices is that they enable users to perform tasks or access information while keeping their hands free. This article presents the findings of a laboratory study with two objectives: to assess the feasibility of walking while wearing smart glasses, and to evaluate participant feedback. It also highlights several key considerations for preventing occupational risks associated with the use of smart glasses, particularly those related to walking and movement.



← FIGURE 1
Les parcours
proposés dans
l'étude: couloirs
rectiligne (en bleu)
et sinueux
(en jaune).

libres. Elles augmenteraient la productivité et la performance (efficacité, qualité de la production), renforceraient le travail collaboratif et la polyvalence des opérateurs, et matérialiseraient le concept d'« *opérateur augmenté* » [3-4]. Cependant, comme toute technologie mise à disposition des salariés, celle-ci doit faire l'objet d'une évaluation des risques, permettant de prendre en compte son impact sur la santé et la sécurité des utilisateurs.

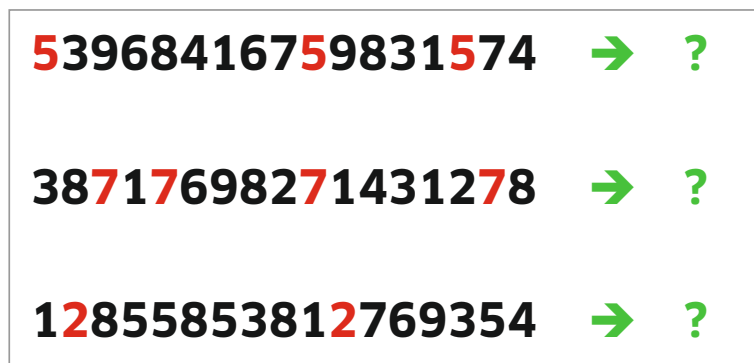
Des études ont déjà montré des effets plutôt négatifs de l'usage de LC sur l'attention, comme le phénomène d'« *effet tunnel* » [5-6], sur la charge mentale, sur la fatigue visuelle ou encore sur les postures contraignantes de la tête, en comparaison avec une tablette tactile ou un écran déporté [7-9]. Mais peu d'études aboutissent à des recommandations et le principe de précaution est alors souvent adopté par les entreprises, qui réduisent le temps d'utilisation des LC, ou renoncent tout simplement à les utiliser. De même, en l'état actuel des connaissances, aucune étude ne s'est focalisée sur des déplacements à pied tout en réalisant une tâche avec des LC. Pourtant, dans certaines activités professionnelles rencontrées en logistique (*picking*) ou lors d'un contrôle qualité, il a été constaté que les porteurs de LC se déplaçaient en interagissant avec le contenu transmis.

La question suivante peut alors se poser: les utilisateurs peuvent-ils réaliser la tâche demandée tout en limitant les risques de chutes de plain-pied? Pour y répondre, une étude a été menée en laboratoire. L'objectif était d'analyser, dans un contexte contrôlé, les paramètres de la marche d'une personne qui utilise des LC lors de la réalisation de tâches transmises *via* ces dispositifs. Elle visait également à évaluer l'impact de l'usage des LC sur sa santé physique perçue, ainsi que sur son expérience d'usage des LC. Cet article présente les résultats qui ont permis de dégager des points de vigilance pour préserver la sécurité et la santé des utilisateurs de lunettes connectées.

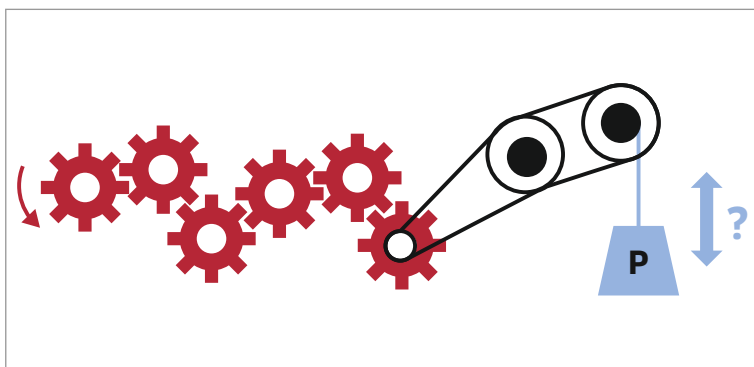
Présentation générale: matériel et méthode

Inspirés de situations de travail (montage de sièges dans les avions, audit de contrôle sur des machines...), les essais se sont déroulés en laboratoire dans un environnement contrôlé. Deux parcours ont été tracés au sol (Cf. Figure 1): un parcours rectiligne et un parcours sinueux délimitaient l'espace dans lequel les participants devaient se déplacer. Le déplacement à pied de participants sans LC et avec LC, au moyen desquelles différentes tâches à réaliser leur étaient demandées, a été analysé.





↑ FIGURE 2 Exemple d'exercice simple à réaliser : comptage de chiffres en couleur.



↑ FIGURE 3 Exemple d'exercice complexe à réaliser : fonctionnement d'engrenages.

Les modèles de lunettes connectées utilisés

Suite à un recensement des LC disponibles sur le marché, un échantillon de quatre modèles les plus représentatifs au début de l'étude a été sélectionné :

- LC1 monoculaire: lunettes à branches équipées d'un écran monté sur un bras articulé fixé à la monture devant l'œil droit uniquement;
- LC2 monoculaire: lunettes à branches équipées d'un écran fixé sur un bras écran interchangeable devant l'œil droit ou gauche;
- LC3 monoculaire: écran interchangeable devant l'œil droit ou gauche monté sur un bras soutenu par un serre-tête;
- LC4 binoculaire: maintenues par un serre-tête, elles projettent une image holographique à travers une visière translucide.

Des informations visuelles ont été transmises aux LC à l'aide d'un ordinateur de laboratoire, ce qui a permis de reproduire une situation d'expertise ou d'assistance à distance, c'est-à-dire une situation dans laquelle le porteur de LC communique, par exemple, avec un expert devant son ordinateur.

Les tâches à réaliser

Les deux parcours ont été choisis pour représenter deux situations de déplacement : marcher en ligne droite et prendre des virages. La longueur (10 m) et la largeur (0,42 m) de ces couloirs ont été

définies pour permettre une marche naturelle. La largeur retenue a permis d'imposer une contrainte de direction, sans donner l'impression de marcher sur une ligne.

Afin de représenter différentes tâches et types d'informations qui peuvent être transmis dans les LC (informations écrites ou graphiques, pas de consignes parlées), deux types d'exercices différents ont été choisis :

- Exercice considéré comme « simple » : tâche de comptage d'éléments identifiés sur une image (Cf. Figure 2). Énoncé de l'exercice : « Combien comptez-vous de chiffres rouges dans chaque ligne ? » ;
- Exercice considéré comme « complexe » : tâche d'analyse de schéma (Cf. Figure 3). Énoncé de l'exercice : « Est-ce que le poids P monte ou descend ? »

La consigne générale suivante était donnée aux participants : « Vous devrez répondre aux questions qui vous seront envoyées dans les LC, tout en vous déplaçant sur le parcours que l'on vous aura indiqué au préalable. Votre objectif principal est de réaliser l'exercice qui vous est demandé avant d'atteindre la fin du parcours. »

Le participant devait lire à voix haute la consigne. Lorsque les expérimentateurs et le participant étaient prêts, ce dernier se déplaçait sur le parcours qui lui était indiqué. L'exercice correspondant à la consigne lui était envoyé dès qu'il avait parcouru 1,50 m après le début de la zone de mesure.

Les questionnaires

Avant l'expérimentation, un premier questionnaire permettait le recueil de données individuelles (âge, sexe, œil directeur, expériences antérieures avec les LC, appétence pour les nouvelles technologies). Un deuxième questionnaire était ensuite complété par chaque participant, afin d'évaluer son état de santé perçu actuel et/ou au cours des dernières 48 heures (fatigue, maux de tête, fatigue visuelle, etc.). Ce même questionnaire était à nouveau complété juste après l'expérimentation afin d'évaluer l'impact de l'utilisation des LC sur la santé perçue. Enfin, toujours suite à l'utilisation des LC, un dernier questionnaire était complété afin d'évaluer le ressenti des utilisateurs vis-à-vis des LC elles-mêmes (poids, gêne, attention, etc.). L'évaluation du ressenti vis-à-vis de l'usage des LC s'est faite à l'aide d'échelles de Likert en cinq points, allant de « Pas du tout d'accord » à « Tout à fait d'accord ». L'évaluation de l'état de santé perçu par le participant s'est faite, quant à elle, à l'aide d'attribution de notes allant de 0 (« rien ») à 10 (« maximal »).

Le protocole expérimental

L'ensemble du protocole expérimental s'est déroulé en trois étapes.

→ Accueil des participants

À son arrivée, chaque participant était informé de

l'objectif de l'étude, du protocole d'essai, et son consentement écrit, libre et éclairé était recueilli. Il conservait la possibilité de se retirer de l'expérimentation à tout moment.

L'équipe des expérimentateurs déterminait l'œil directeur du participant pour choisir un modèle de LC compatible, puis il remplissait les deux questionnaires « pré-expérimentation » : données individuelles et santé perçue.

→ Familiarisation

L'étape de familiarisation devait permettre d'éviter les biais associés à un effet de surprise et à l'apprentissage pendant l'expérimentation. Ce processus s'est déroulé selon quatre phases :

- familiarisation aux parcours et à l'environnement du laboratoire : le participant réalisait des passages sur les parcours rectiligne et sinueux jusqu'à se sentir à l'aise et non perturbé par l'environnement du laboratoire ;
- familiarisation aux lunettes connectées : après avoir ajusté les LC, le participant effectuait des mouvements de tête pour vérifier la bonne adaptation du matériel ;
- ajustement de l'écran des LC : le participant devait positionner l'écran des lunettes pour bien voir l'image transmise ;
- familiarisation aux consignes et exercices : le participant lisait à voix haute la consigne transmise pour s'assurer de sa compréhension. Il réalisait ensuite l'exercice tout en se déplaçant sur l'un des parcours désignés.

Chaque étape de la familiarisation était évaluée à l'aide d'une échelle de Borg allant de 1 (« Pas du tout à l'aise ») à 10 (« Tout à fait à l'aise »). Chaque étape était considérée comme réussie quand le participant donnait une note supérieure à 6.

→ Expérimentation

Chaque participant réalisait les passages sur les parcours rectiligne et sinueux dans les conditions suivantes :

- trois passages sans LC sur le parcours rectiligne et trois passages sans LC sur le parcours sinueux, effectués alternativement afin de recueillir les données de référence ;
- expérimentation : passage dans un ordre aléatoire :
 - trois passages rectilignes avec LC sans exercice (plus trois supplémentaires pour le modèle LC4 visière relevée) ;
 - trois passages sinueux avec LC sans exercice (plus trois supplémentaires pour le modèle LC4 visière relevée) ;
 - trois passages rectilignes avec LC avec exercices simples ;
 - trois passages rectilignes avec LC avec exercices complexes ;

- trois passages sinueux avec LC avec exercices simples ;
- trois passages sinueux avec LC avec exercices complexes ;
- trois passages sans LC sur le parcours rectiligne et trois passages sans LC sur le parcours sinueux, effectués alternativement afin de compléter les données de référence.

Systèmes d'acquisition de données

Pour mesurer les paramètres de déplacement des participants, un système de détection optique (Optojump, Italie) permettait de recueillir la longueur de pas sur le parcours rectiligne. Un second système de capture de mouvement composé de six caméras infrarouges (Qualisys, Suède) a permis d'enregistrer la position d'un marqueur photosensible placé au niveau de la taille des participants.

Variables et analyses statistiques

Les variables suivantes ont été recueillies et leur analyse statistique effectuée pour analyser les paramètres de la marche.

Pour les parcours rectiligne et sinueux, les variables analysées étaient :

- le temps (t) : temps pour réaliser le parcours ;
- le temps de référence (t_{ref}) : moyenne des temps dans les conditions de référence ;
- la variation du temps (t%) : écart entre le temps (t) et le temps de référence (t_{ref}).

Pour le parcours rectiligne, des mesures supplémentaires incluaient la longueur de pas moyenne (L) et sa variation (L%) par rapport à la longueur du pas moyen de référence¹ (L_{ref}).

Pour le parcours sinueux, l'écart de trajectoire (E_{tra}) par rapport à l'enveloppe des trajectoires de référence (E_{ref}) a été évalué. La longueur de pas n'est pas prise en compte dans ce type de parcours (ses variations sont trop importantes, la donnée n'est pas adaptée).

Le nombre de sorties de couloir a été comptabilisé. Le nombre de mauvaises réponses aux exercices a également été enregistré.

Avec un seuil de significativité fixé à 5 %, les analyses statistiques comprenaient des tests de Student appariés et des modèles de régression linéaire mixte, prenant en compte des variables à effets fixes (type de lunettes et type d'exercice) et aléatoires (participant).

Les participants à l'expérimentation

Quatre-vingts participants, âgés de 18 à 50 ans (43 femmes, 37 hommes), ont été recrutés pour l'étude, avec une moyenne d'âge de 27,9 ans et un écart-type de 9,8 ans. Ils ont été répartis en quatre groupes mixtes de 20 participants, correspondant chacun à un type de LC. Les analyses ne tiennent pas compte du genre, car c'est l'usage des lunettes connectées en se déplaçant à pied qui seul est étudié.



FIGURE 4 →
Variation du temps de parcours (T) dans les différentes conditions d'utilisation des LC, par rapport au temps de référence sans LC (T_{ref}) (parcours rectiligne et sinueux, tous modèles de LC).

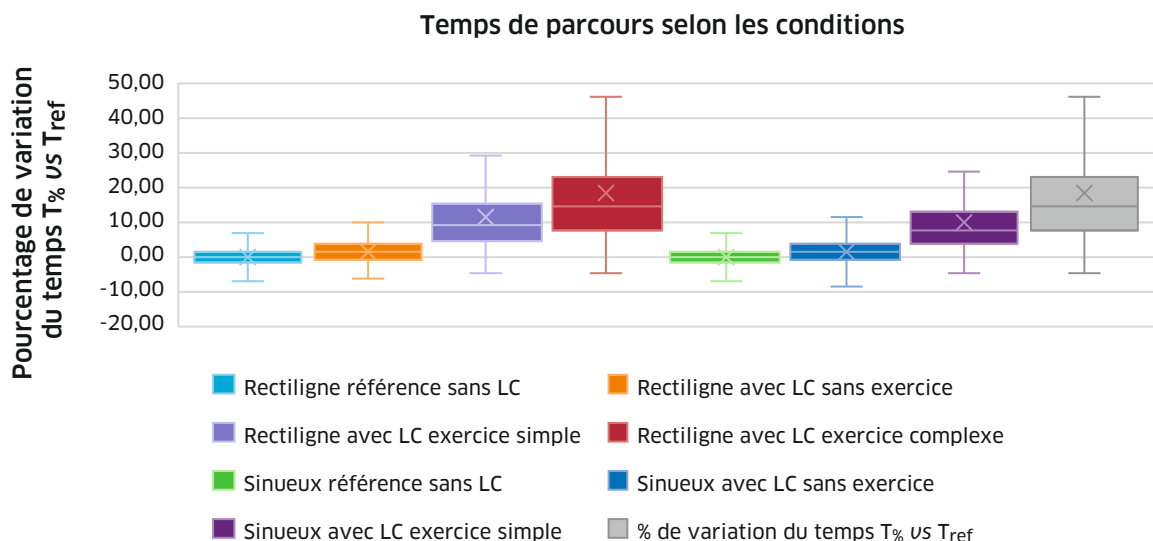
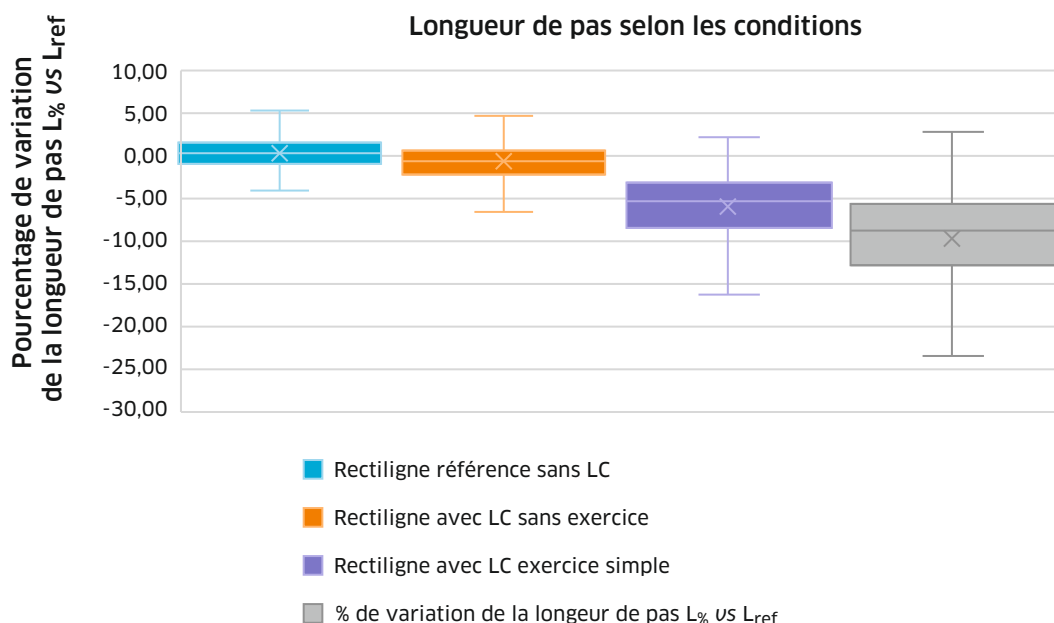


FIGURE 5 →
Variation des longueurs de pas observées expérimentalement (L) par rapport aux longueurs de pas de référence sans LC (L_{ref}) dans les différentes conditions d'utilisation.



Résultats

Effet des LC sur la qualité du déplacement

Une analyse statistique préliminaire a permis de montrer qu'il n'existe aucun effet significatif de l'âge des participants sur les variables étudiées.

L'effet des LC sur la qualité du déplacement a été étudié en deux étapes: d'abord sans exercices, puis avec des exercices simples et complexes transmis *via* les LC (Cf. Figures 2 et 3).

Les analyses montrent que le temps de parcours augmente d'environ 1 % sur les parcours rectiligne et sinueux avec les LC1, LC2 et LC3 sans exercice par rapport au temps de référence sans LC.

En revanche, cet effet n'a pas été identifié avec les LC4. Le temps de parcours (rectiligne ou sinueux)

augmente de 11 % lors de l'usage des LC et la réalisation des exercices simples (tâches de comptage). Pour les deux parcours, il augmente de 19 % lors des exercices complexes (analyse de schéma: Cf. Figure 4).

De même, les analyses montrent que la longueur de pas diminue de 1 % sur le parcours rectiligne avec les LC1, LC2, et LC3 sans exercice, par rapport à la longueur de pas de référence sans LC. Avec les LC4, aucune variation significative n'a été relevée.

La longueur de pas diminue de 6 % avec des exercices simples et diminue de 10 % avec des exercices complexes (Cf. Figure 5).

Aucun effet significatif des LC sans exercice n'est observé sur les écarts de trajectoire. En revanche,

plus le niveau de complexité est important, et plus les écarts de trajectoire par rapport à l'enveloppe des trajectoires de référence sont importants.

Sur 300 déplacements avec LC sans exercice, sept sorties de couloir (2,3 %) ont été constatées, contre six sorties (1,2 %) lors de 480 déplacements sans LC. Avec des exercices transmis *via* les LC, huit sorties (1,7 %) se sont produites. Ces sorties se produisent principalement dans les virages, les participants ayant tendance à s'incliner vers la limite intérieure du couloir. Ces résultats montrent que le nombre de sorties ne dépend pas des conditions d'utilisation des LC (sans LC, LC sans exercice, LC avec exercices simple et complexe).

Compte tenu des résultats, une analyse complémentaire a été menée pour explorer les liens entre le temps des parcours des participants et les stratégies qu'ils déploient pour répondre aux tâches qui leur étaient demandées. Sur 960 réponses collectées, 25 (soit 2,6 %) mauvaises réponses pour les exercices simples et 174 (soit 18,1 %) pour les exercices complexes ont été relevées. Des tests de corrélation entre ces nombres de mauvaises réponses et la variation du temps de parcours ont été réalisés. Aucun lien n'a été constaté entre ces deux facteurs. Aucun effet significatif de l'effet du type de réponse (mauvaise réponse ou réponse correcte) sur la variation du temps de parcours n'a été identifié.

Ressenti des utilisateurs

Concernant le ressenti des utilisateurs quant à l'utilisation des LC tout en se déplaçant, les résultats du questionnaire révèlent que 48 % des participants ne voient pas correctement les exercices dans les LC, 11 % indiquent être « *plutôt* » ou « *tout à fait* » gênés pour traiter les exercices en se déplaçant et 18 % estiment ne pas, ou peu, pouvoir regarder devant eux.

Par ailleurs, 56 % des participants considèrent augmenter leur niveau de vigilance lorsqu'ils se déplacent avec les LC et 25 % se sentent « moyennement », voire « pas du tout » en sécurité lorsqu'ils se déplacent.

Globalement, en ce qui concerne l'ergonomie des LC, 74 % des participants n'ont pas été ou ont été peu gênés par la taille des LC. Cependant, ils sont 29 % à avoir été gênés par le poids des LC. Ils sont également 12 % à signaler des douleurs au niveau du nez et 17 % au niveau des oreilles. On peut toutefois noter que les scores de douleurs ressenties restent faibles, en moyenne 2 sur 10. Ils sont 6 % à se plaindre de douleurs au niveau du front et 5 % au niveau des tempes, mais ces douleurs sont spécifiques à certains modèles et directement liées aux points de contacts des dispositifs avec le visage et donc, à la conception des LC.

La comparaison des résultats des questionnaires de santé perçue avant et après l'expérimentation a permis de mettre en évidence des symptômes apparus ou renforcés par l'utilisation des LC.

Les résultats soulignent que, suite à l'utilisation des LC, huit participants (10 %) se plaignent de maux de tête, et sept (9 %) d'une fatigue générale pouvant atteindre un niveau de 9 sur 10 quel que soit le type de LC. Quatre participants (5 %) mentionnent également des vertiges et deux participants (2,5 %) des nausées.

Les résultats indiquent que 27 participants (34 %) ressentent une fatigue visuelle suite à l'utilisation des LC, quel que soit le modèle, 16 (20 %) ont une vision floue et 11 participants (14 %) ont mal aux yeux.

À RETENIR

Les résultats de l'étude conduisent à émettre des points de vigilance en faveur de la prévention des risques professionnels, à destination des utilisateurs de LC mais aussi des personnes en charge du déploiement de cette technologie en entreprise :

- **escamoter l'écran afin de dégager le champ de vision lors des déplacements à pied. Si ce n'est pas possible, éviter de marcher en regardant les informations affichées dans l'écran des LC ;**
- **dès les premiers symptômes (vertige, nausée, douleur...), stopper l'utilisation des LC ;**
- **prévoir un suivi régulier des retours sur la santé perçue et adapter l'usage des LC.**

Conclusions

L'objectif de l'étude était, d'une part, d'analyser la perturbation des paramètres de la marche d'une personne utilisant les LC qui conduirait à un risque plus important de chute de plain-pied, et d'autre part, d'évaluer le ressenti des participants quant aux effets qu'ils perçoivent sur leur santé et sur l'ergonomie des LC. Les résultats de l'étude montrent que le type de tâche (exercice simple: comptage; ou exercice complexe: analyse de schéma) transmis *via* les LC modifie significativement la manière de se déplacer des utilisateurs. Dans le cadre de cette étude, quel que soit le type de LC (monoculaire, binoculaire), il a été montré que plus l'exercice est complexe, plus la dégradation du déplacement est importante.

De même, la longueur de pas des participants a diminué de 6 % avec un exercice simple et de 10 % avec un exercice complexe par rapport à leur démarche naturelle. Le temps de parcours a augmenté de 10 % avec un exercice simple et de 19 % avec un exercice complexe. En revanche, aucun lien n'a été observé entre le nombre de mauvaises réponses et le temps de parcours des participants. Cela montre que pour un même type d'exercice (simple ou complexe), les



participants qui répondent correctement ne sont pas plus lents pour réaliser le parcours, et que ceux qui commettent des erreurs ne sont pas plus rapides que pour les parcours de référence (sans LC).

Leclercq et Garrigou [10] expliquent que le contrôle et la performance du mouvement sont influencés par la réalisation d'une tâche exigeante et que, si elle perturbe le mouvement, le risque d'accident augmente. Même en laboratoire, des perturbations du mouvement ont été observées, suggérant qu'en conditions réelles, ces perturbations peuvent avoir une influence sur le risque de chute de plain-pied.

En termes d'effets ressentis sur la santé, les résultats de l'étude mettent en évidence des symptômes en lien avec la cybercinétose, que l'on retrouve pour l'usage de la réalité virtuelle [11-12], comme les nausées, les vertiges, les maux de tête et la fatigue générale. Même si peu de personnes ont été concernées et que les notes attribuées sont faibles, on peut noter que ces symptômes sont apparus malgré une utilisation non prolongée de la technologie (40 minutes d'utilisation discontinue) dans un environnement contrôlé. On retrouve également, comme dans la littérature [13-14], des troubles de la vision avec fatigue visuelle et douleurs.

Concernant l'ergonomie des LC, les résultats soulignent un effet, même léger, du port des LC en

termes de douleurs et/ou de gêne ressenties, notamment au niveau du nez et des oreilles, liées aux points de contacts.

Bien que ces retours soient recueillis sur un nombre restreint de participants, ils sont à considérer pour la prise en compte de la prévention des risques professionnels. Dans des situations de travail réelles (potentiellement plus complexes que les conditions reconstituées en laboratoire), ces effets pourraient être exacerbés.

La familiarisation peut permettre de les réduire. Cette étape de prise en main de ces dispositifs est importante et il est préférable qu'elle soit accompagnée par une personne d'expérience qui conseillera et guidera le porteur des LC. La détermination de l'œil directeur, un ajustement du système de maintien des LC sur la tête, ainsi qu'un réglage de l'écran devant l'œil, sont nécessaires pour garantir un maximum de confort d'utilisation et donc diminuer les douleurs physiques ou gênes ressenties.

Pendant cette phase de familiarisation, il est également important de rappeler au porteur de lunettes connectées quelques préconisations pour sa sécurité, comme d'éviter de se déplacer avec des informations à traiter en même temps. ●

1. La longueur de pas de référence est celle du participant; elle a été mesurée « à vide », c'est-à-dire sans tâche ni équipement.

BIBLIOGRAPHIE

[1] LUX A., MARCHAL P., PERRIN N., PIERRETTE M. – Lunettes connectées: de nouveaux risques pour les salariés. *Hygiène & sécurité du travail*, 2021, 264, 2021, pp. 5-9. Accessible sur: <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=DC%2031>

[2] HOBERT S., SCHUMANN M. – Application scenarios of smart glasses in the industrial sector. *I-com*, 2016, 15 (2), pp. 133-143.

[3] BELKACEM I. – *Étude de nouvelles techniques d'interaction en situation de mobilité avec des lunettes électroniques pour le domaine de la santé*. Université de Lorraine, Thèse Interface homme-machine, 2019, 190 p.

[4] ACE CLUSTER – *White paper on Human-centered factories from theory to industrial practice. Lessons learned and recommendations*. 2019, 51 p.

[5] KRUPENIA S., SANDERSON P.M. – Does a head-mounted display worsen inattention blindness? In: Proceedings of the Human factors and ergonomics society annual meeting. Sage Publications, 2006.

[6] SIMONS D.J., CHABRIS C.F. – Gorillas in our midst: sustained inattention blindness for dynamic events. *Perception*, 1999, 28, pp. 1059-1074.

[7] WILLE M., WISCHNIEWSKI S. – Influence of head mounted display hardware on performance and strain. In: Proceedings of the Human factors and ergonomics society Europe, 2014, pp. 269-279.

[8] THEIS S. ET AL. – Effects of data glasses on human workload and performance during assembly and disassembly tasks. In: Proceedings of the 19th triennial congress of the IEA, 2015.

[9] ANSES – *Expositions aux technologies de réalité virtuelle et/ou augmentée. Avis de l'Anses / Rapport d'expertise collective*, juin 2021, 314 p. Accessible sur: www.anses.fr

[10] LECLERCQ S., GARRIGOU A. – Compréhension des perturbations accidentelles du mouvement dans l'activité dans une perspective de prévention. *Activités*, 2022, 19 (2).

[11] BRUN L. – Cybercinétose en milieu professionnel. *Références en santé au travail*, 2020, 161, pp. 107-115. Accessible sur: <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=TP%2040>

[12] BENMEHIDI M. – *La réalité virtuelle en milieu professionnel: usages, risques et moyens de prévention*. Revue de la littérature. Faculté de médecine de Créteil, Mémoire pour le diplôme d'études spécialisées en médecine du travail, 2019, 41 p.

[13] HOFFMAN D.M. ET AL. – Vergence-accommodation conflicts hinder visual performance and cause visual fatigue. *Journal of vision*, 2008, 8 (3), pp. 1-30.

[14] LAMBOOIJ M. ET AL. – Visual discomfort and visual fatigue of stereoscopic displays: a review. *Journal of imaging science and technology*, 2009, 53 (3), pp. 1-14.

Participez à la recherche



Bruit

→ Étude sur l'exposition au bruit en très hautes fréquences et aux ultrasons basses fréquences

Votre entreprise utilise des appareils générant des sons de très hautes fréquences audibles (THF : de 10 à 20 kHz) ou des ultrasons basses fréquences (USBF : de 20 à 30 kHz) : découpeuses (surgelés, charcuterie, confiseries, marqueterie, etc.), soudeuses métalliques ou thermoplastiques, bains nettoyants, ou tout autre appareil ou machine générant des fréquences supérieures à 10 kHz.

L'INRS a besoin de vous

pour évaluer l'exposition aux bruits THF et USBF des salariés travaillant à proximité des appareils générant des fréquences supérieures à 10 kHz. L'objectif est de collecter des données de terrain visant à mieux caractériser les situations d'exposition aux THF/USBF et à développer un protocole d'évaluation des risques correspondants. Cette évaluation comprendra des mesures d'exposition au bruit, des évaluations de l'audition des salariés, ainsi que des réponses à des questionnaires.

> Comment se déroulera l'étude ?

Les personnes en charge de l'étude rencontreront les entreprises souhaitant participer, pour leur présenter précisément le protocole d'intervention. Avec l'accord de l'entreprise et des salariés volontaires, l'étude se déroulera en deux temps :

- en amont des mesures, les participants devront répondre à des questionnaires en lien avec leur audition et leur sensibilité au bruit ;
- les personnes seront équipées de façon non contraignante d'un système de mesure de l'environnement sonore. Avant et après le poste de travail, il sera demandé aux participants de passer des tests audiométriques et de répondre à de courts questionnaires. Durant le poste, des mesures complémentaires seront effectuées par l'INRS pour qualifier au mieux l'émission sonore des machines et pouvoir, le cas échéant, proposer des solutions d'amélioration. Enfin, si l'activité le permet, le salarié pourra répondre à un questionnaire très court (1 minute) pendant son poste, pour qualifier son ressenti durant l'exposition.

L'intervention sera réalisée de façon à ne pas perturber l'activité. Les données recueillies, dont le seul but est de faire progresser les connaissances sur les THF/USBF,

seront anonymisées avant traitement. Les résultats des mesures, leur analyse ainsi que de possibles conseils, pourront être communiqués à l'entreprise *via* un rapport de synthèse et/ou une réunion de restitution.



Vous souhaitez participer ?

Contactez Jonathan Terroir
03 83 50 20 00 • etudeTHF@inrs.fr
INRS, département Ingénierie des équipements de travail
1, rue du Morvan, CS 60027,
54519 Vandœuvre-lès-Nancy Cedex



Scannez
ce QR-code
pour plus
d'informations

Étude de cas

APPAREILS DE PROTECTION RESPIRATOIRE (APR) À VENTILATION ASSISTÉE

Protocole d'aide pour déterminer la fréquence de changement des cartouches antigaz

DAMIEN ARNOUX, OLIVIER CULIÉ
Santé Travail Drôme Vercors (STDV)

BRUNO GALLAND
INRS, département Ingénierie des procédés

→ **LA PROBLÉMATIQUE:** Les services de prévention et de santé au travail (SPST) accompagnent au quotidien les entreprises adhérentes dans leur démarche de prévention des risques professionnels. Cet accompagnement général peut s'illustrer, par exemple, par un conseil personnalisé sur le choix et l'utilisation d'équipements de protection individuelle (EPI) comme les appareils de protection respiratoire (APR). Une des questions récurrentes à laquelle sont confrontés les SPST est celle de la fréquence de changement des cartouches antigaz des APR.

→ LA RÉPONSE DU SPST SANTÉ TRAVAIL DRÔME VERCORS (STDV)

Accompagné par l'INRS, le SPST STDV a développé un protocole dénommé « Petesaf » (pour « Protocole expérimental de test de la saturation d'un filtre gaz »), qui vient étoffer et compléter l'ensemble des outils dédiés au choix et au bon usage des APR antigaz. Articulé autour de l'utilisation d'un détecteur de gaz à lecture directe et dédié à la catégorie des APR à ventilation assistée (ou à pression positive), ce protocole a été expérimenté avec succès au sein de deux entreprises et a ainsi permis de proposer une fréquence de changement des cartouches des APR propre aux postes de travail étudiés.

Contexte

En application des principes généraux de prévention, les équipements de protection individuelle

(EPI), dont les appareils de protection respiratoire (APR) font partie, représentent la dernière barrière à envisager afin de réduire l'exposition à un danger. En dépit de ce positionnement, les APR sont rencontrés dans de très nombreuses situations de travail où ils représentent régulièrement, pour les salariés et les employeurs, le principal moyen de réduction de l'exposition aux agents chimiques dangereux. Il est donc essentiel de disposer de données quant à l'efficacité de ces dispositifs, au cours du temps et en situations réelles de travail. Les APR filtrants à pression positive, dénommés par la suite appareils à ventilation assistée, sont de plus en plus rencontrés en entreprise. La mise en surpression de la pièce faciale permet notamment de limiter l'entrée de polluants au niveau de l'interface visage-appareil. Ces entrées de polluants peuvent avoir pour origine une inadaptation de la pièce faciale au visage du porteur, la présence d'une barbe, même de quelques heures, la présence de cicatrices, le port simultané de lunettes... Le port d'un appareil à ventilation assistée est par ailleurs régulièrement associé à une hausse du niveau de confort perçu par le porteur par rapport à un appareil à pression négative. L'épuration des substances gazeuses dangereuses de l'atmosphère de travail par un APR repose sur l'adsorption de ces polluants par des cartouches antigaz, qui ont une capacité finie de piégeage. La durée d'utilisation (ou fréquence de changement) d'une cartouche est corrélée au temps de claquage (t_c) de la cartouche, à savoir le temps



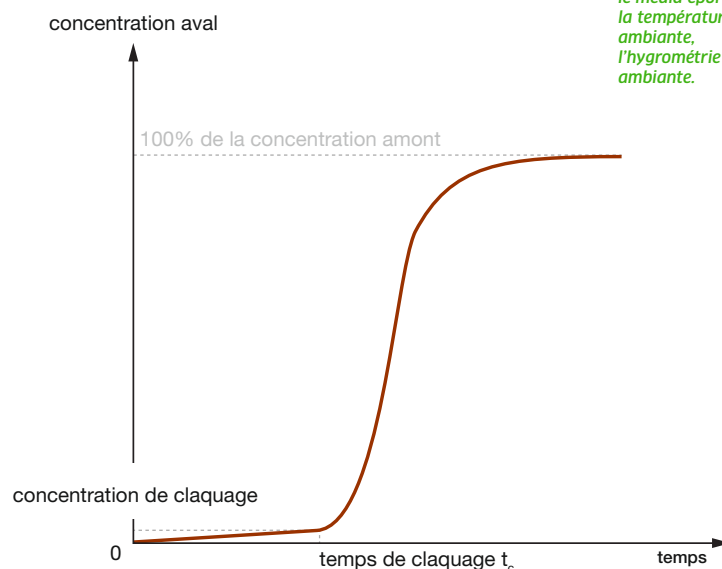
© Patrick Delapierre pour l'INRS / 2023

au bout duquel la concentration en polluants traversant le média filtrant sans y rester piégés, augmente rapidement et de façon sensible. Ce temps est fonction de plusieurs paramètres, comme la nature du ou des polluants, leur concentration dans l'atmosphère de travail, la température et l'humidité ambiantes, les conditions de stockage et le débit respiratoire. Une « courbe de claquage » présente généralement trois phases (Cf. Figure 1) : une première phase durant laquelle le charbon actif de la cartouche adsorbe la quasi-totalité des polluants, une deuxième phase dite « de claquage » où la concentration en aval du filtre augmente très rapidement, et enfin une troisième phase correspondant à un régime stationnaire, durant lequel les concentrations amont et aval sont sensiblement les mêmes.

Des outils de calculs prédictifs intégrant ces paramètres existent et peuvent être utilisés pour estimer une durée de claquage des cartouches antigaz, dans des configurations de travail précises. Il peut s'agir de logiciels développés par des fabricants d'APR ou par des organismes de prévention comme l'INRS et son outil Premedia (Cf. Pour en savoir plus). Pour fournir une estimation de la durée de claquage des filtres antigaz, ces outils prédictifs doivent cependant être alimentés par des données souvent délicates à obtenir pour les entreprises de petite taille, notamment les

substances présentes dans l'air des locaux de travail et leurs concentrations atmosphériques. Pour pallier cette difficulté, le service de prévention et de santé au travail (SPST) de Drôme Vercors (STDV) a défini et expérimenté le protocole Petesaf auprès de deux entreprises. Basée sur l'utilisation d'un détecteur de gaz temps réel, la mise en œuvre de ce protocole permet d'apporter une réponse personnalisée tenant compte des spécificités de chacun des postes de travail.

↓ **FIGURE 1**
Courbe de claquage type d'une cartouche antigaz.
Le temps de claquage est fonction de plusieurs paramètres comme la nature du ou des polluants, leur concentration atmosphérique, le débit d'air traversant le média épurant, la température ambiante, l'hygrométrie ambiante.



Le protocole « Petesaf »

Le protocole de mesure mis en œuvre consiste à mesurer, à intervalles réguliers *via* un détecteur de gaz portable à lecture directe, la concentration en polluants gazeux en sortie du bloc filtrant de la ventilation assistée, appareil en marche. Une augmentation de la concentration en gaz en sortie du filtre peut être associée à un phénomène de claquage de ce dernier ou à une inadéquation du type de cartouche avec une ou plusieurs substances gazeuses présentes dans l'atmosphère de travail. Par exemple, une cartouche de type A piègera les composés organiques volatils (COV) dont la température d'ébullition est supérieure à 65 °C tant que le temps de claquage n'est pas atteint,

mais ne stoppera pas des gaz inorganiques comme l'ammoniac (NH₃) ou le chlore (Cl₂), pour lesquels une cartouche de type B est nécessaire.

Dans les deux exemples qui sont présentés par la suite, les opérateurs sont équipés d'APR auxquels sont associées des cartouches de type A, efficaces pour l'adsorption des COV (Cf. Encadré). Le détecteur de gaz qui est utilisé est du type à photo-ionisation (PID Ion Science CUB), muni d'une lampe à 10,6 eV. En préalable à l'application du protocole Petesaf, le détecteur est calibré en deux points avant chaque journée de mesure en respectant les préconisations du fabricant. Le calibrage du point « zéro » est réalisé en air extérieur, loin de toute source de pollution. Le second point de calibrage est opéré *via* une bouteille étalon d'isobutène (C₄H₁₀) à 100 ppm_v équipée d'un détendeur délivrant un débit de gaz de 0,5 L/min, le détecteur étant alors relié au détendeur *via* une tubulure en téflon et une coiffe de calibrage propre à l'appareil. La limite de 0,5 ppm_v équivalent isobutène, choisie pour qualifier l'état fonctionnel de la cartouche, correspond à cinq fois la limite de détection de l'instrument. Cette valeur seuil n'est pas corrélée à la toxicité des composés gazeux mais dépend uniquement des performances métrologiques du détecteur utilisé. Autrement dit, dès que la lecture du PID en sortie du bloc d'épuration/ventilation de l'APR dépasse 0,5 ppm_v, la cartouche est considérée comme saturée et donc non fonctionnelle.

ENCADRÉ

PROTOCOLE PETESAF APPLIQUÉ À DES APR PROTÉGEANT CONTRE LES COV

1. Allumer le détecteur à photo-ionisation (PID), préalablement calibré, en air *a priori* propre (extérieur en absence de polluants organiques) et vérifier que la concentration affichée n'est pas supérieure à 0,1 ppm_v.
 2. Vérifier que le PID est sensible aux polluants volatils présents dans le ou les produits utilisés. Pour cela, maintenir le PID à proximité du produit (typiquement à une distance de l'ordre de 10 cm) pendant au minimum une minute. L'absence de réponse du détecteur lors de cette phase révèle que l'appareil de mesure n'est pas sensible aux éventuels polluants présents et signifie par conséquent l'arrêt du protocole.
 3. Sortir l'appareil à ventilation assistée et le PID en extérieur ou dans un local sans pollution. Rendre accessible la sortie d'air du bloc filtrant en désaccouplant le tuyau d'arrivée à la pièce faciale et positionner le PID à proximité immédiate de cette sortie. Lancer la mesure au PID. Démarrer la ventilation assistée. Mesurer pendant au moins une minute. Une concentration dépassant durablement 0,5 ppm_v (au-delà d'un éventuel pic ponctuel au début de la mesure) indique un claquage de la cartouche. Si la concentration reste inférieure à 0,5 ppm_v, passer à l'étape suivante.
 4. Cas de mesures en entreprise : rentrer dans le local de travail avec la ventilation assistée en marche et le PID en sortie du bloc filtrant. Positionner l'ensemble à proximité du ou des produits habituellement utilisés (contenant ouvert). Mesurer pendant au minimum une minute. Comme précédemment, une concentration au PID > 0,5 ppm_v indique un claquage de la cartouche ou une inadéquation du filtre gaz.
 5. Cas de mesure au sein du SPST : même protocole que ci-dessus avec apport du ou des produits utilisés au poste de travail, au sein des locaux du SPST (mesure en extérieur ou au niveau d'un captage localisé type sorbonne ou dosseret aspirant).
 6. Appliquer le protocole ci-dessus à intervalles réguliers (quotidien, hebdomadaire, bimensuel...).
- L'intervalle sera choisi en fonction de la durée de claquage estimée (outil de simulation numérique, retour des opérateurs, expérience de postes similaires...).

Exemple n° 1 : poste de peinture dans le secteur de la construction métallique

Une entreprise du secteur de la construction métallique a fait l'objet d'un accompagnement à l'évaluation et la réduction du risque chimique par le service STDV. Ainsi, en complément de la mise en place de protections collectives (cabine ventilée à flux vertical, local de préparation avec captage localisé), la mise en place d'un appareil à ventilation assistée (3M TR600 avec cartouche A2P) au poste de peintre s'est avérée nécessaire pour la mise en peinture de certaines pièces. La question de la fréquence de changement des filtres antigaz s'est alors posée.

Le choix d'une cartouche de type A2P permet de protéger l'opérateur contre les vapeurs organiques et notamment les vapeurs de xylène, principal composé volatil de la peinture, et contre les gouttelettes issues de la pulvérisation.

Le protocole Petesaf a alors été décliné au sein de cette entreprise, avec une fréquence de mesure toutes les semaines au poste de travail du peintre. Une cartouche A2P neuve est mise en place au début de chaque cycle de mesure, et dès lors qu'un claquage est identifié. Quatre séries de mesures, débutant avec une cartouche neuve, ont ainsi été

réalisées, sur une durée totale de 45 semaines. Parallèlement aux mesures sur site, un tableau a été fourni au peintre afin qu'il renseigne la durée hebdomadaire cumulée de temps de port de l'appareil à ventilation assistée, ce dernier étant systématiquement porté lors des tâches exposantes (mélange, pulvérisation, nettoyage...).

La Figure 2 illustre l'étape 2 du protocole Petesaf : le détecteur de gaz, de type PID passif, est placé au-dessus de la source d'émission de COV, à savoir le pot de peinture ouvert. En supposant que le principal composé volatil est du xylène, l'affichage par l'appareil d'une concentration de 13,4 ppm_v en équivalent isobutène correspond en fait à environ 7 ppm_v de xylène.

La Figure 3 illustre l'étape 3 du protocole. Le détecteur de gaz est placé en sortie du bloc d'épuration/ventilation de l'appareil de protection respiratoire à ventilation assistée équipé d'une cartouche neuve. La mesure du détecteur, ventilateur en fonctionnement, indique l'absence de COV en sortie de cartouche ; la protection est fonctionnelle.

La Figure 4 illustre toujours l'étape 3 du protocole, le PID détectant la présence de vapeurs organiques en sortie du bloc d'épuration/ventilation de l'APR. Dans ce cas, la cartouche est considérée comme non fonctionnelle, des polluants traversant le média épurant sans être piégés.

Une première phase de test a permis de mettre en lumière le claquage de la cartouche A2P à partir de la neuvième semaine, correspondant environ à 122 heures de port de l'APR par le peintre. En appliquant un facteur de sécurité, l'hypothèse d'une durée d'utilisation de la cartouche A2P d'environ 100 heures de port, soit huit semaines, a été retenue. Cette hypothèse a été testée à trois reprises (Cf. Figure 5).

Seuls deux des trois tests de validation réalisés ont pu être exploités. Le premier test de validation n'a



← FIGURE 2
Vérification de la réponse du PID aux polluants volatils en plaçant l'appareil juste au-dessus de la source (seau de peinture). Étape 2 du protocole Petesaf.



← FIGURE 3
Mesure en sortie du bloc de ventilation de l'APR équipée d'une cartouche A2P neuve. Le PID indique 0,0 ppm_v, preuve qu'aucune vapeur organique n'est relarguée par la cartouche. Étape 3 du protocole Petesaf, cas d'une cartouche fonctionnelle, non saturée.



← FIGURE 4
Mesure en sortie de bloc de ventilation de l'APR. Le PID indique la détection de vapeurs organiques en sortie de cartouche. Étape 3 du protocole Petesaf, cas d'une cartouche non fonctionnelle, saturée.

↓ FIGURE 5 Déroulement du protocole Petesaf sur environ neuf mois d'activité de l'entreprise. Le test initial a permis de poser l'hypothèse d'une fréquence de changement de la cartouche A2P toutes les huit semaines. Le premier test de validation consécutif au test initial n'a pu être conduit à son terme pour des raisons matérielles et d'organisation et ne peut donc être exploité. Les deuxième et troisième tests confirment que la cartouche A2P protège toujours le peintre à l'issue de chaque période de huit semaines d'utilisation préconisée.

Cartouche neuve
Cartouche non saturée
Cartouche saturée



pu être conduit à son terme pour des raisons techniques et organisationnelles :

- panne du détecteur à l'issue de la cinquième semaine de mesure (cartouche non saturée durant les cinq premières semaines d'utilisation) ;
- congés estivaux du peintre ;
- manque de cartouches neuves du fait d'une tension accrue sur le marché des APR à l'époque.

Le test initial et les deux tests de validation exploitables ont montré que la cartouche A2P ne claquait pas au bout de huit semaines d'activités. Ces tests, couvrant neuf mois d'activité du peintre, dont une période hivernale et une période estivale, ont montré que la cartouche mixte A2P demeurait dans un état « non saturé » pendant au moins huit semaines d'une activité habituelle, correspondant à environ 100 heures de port cumulées.

Au final, la fréquence de changement de la cartouche a été vérifiée sur trois périodes distinctes de l'année.

Lors des mesures hebdomadaires réalisées dans le cadre de ce protocole, le même PID a été utilisé pour estimer les niveaux ambiants de COV lors des phases de travail du peintre. Les niveaux mesurés sont de l'ordre d'une quarantaine de ppm_v de COV en équivalent isobutène soit, en se basant sur l'hypothèse du xylène comme solvant volatil majoritaire, une concentration atmosphérique de l'ordre d'une vingtaine de ppm_v de xylène. Cette donnée est alors utilisée pour alimenter le modèle prédictif du fabricant de l'APR¹. Deux simulations sont alors réalisées afin d'estimer la durée de claquage de la cartouche A2P dans les conditions les plus favorables et les plus défavorables susceptibles d'être

rencontrées au poste de peintre, pour les trois paramètres connus pour influencer la durée de claquage d'une cartouche antigaz que sont la température, l'humidité relative et le débit d'air :

- configuration la plus favorable: température de 0 °C, humidité relative inférieure à 65 % et débit d'air minimal (185 L/min) ;
- configuration la plus défavorable: température de 40 °C, humidité relative de 65 % et débit d'air maximal (225 L/min).

La durée de claquage dans la configuration la plus favorable est de 138 heures (durée maximale), celle de la configuration la plus défavorable de 61 heures (durée minimale). La durée de claquage de 100 heures, déterminée en conditions réelles à l'aide du protocole Petesaf, est comprise dans l'intervalle prédit par l'outil de calcul du fabricant.

Exemple n° 2: réparation de tenues de plongée

Le protocole Petesaf a également été déployé au sein d'un établissement spécialisé en réparations de tenues de plongée. Ces activités impliquent l'utilisation de divers produits solvantés, notamment des solvants de nettoyage et des colles néoprène et polyuréthane. Une multitude de substances organiques volatiles sont présentes dans ces produits, notamment du toluène, de l'éthylbenzène, des alcanes, de l'acétate d'éthyle et du cyclohexane. En complément de l'amélioration des moyens de protection collective existants (enclassement, captages dans les locaux), un appareil à ventilation assistée (3M TR600 avec cartouche A2P) est également recommandé par le STDV. Les mesures effectuées à l'aide d'un PID au poste d'encollage

FIGURE 6 →
Opération d'encollage au pinceau. L'appareil au premier plan est un PID affichant une concentration de COV en équivalent isobutène supérieure à 50 ppm_v.



© Damien Arnoux / STDV

confirment la nécessité de la protection respiratoire en supplément du captage (Cf. Figure 6).

La nature et la concentration de chacun des solvants présents dans l'atmosphère de travail étant inconnues, le recours à des outils numériques prédictifs est impossible. Afin d'estimer la durée de claquage de la cartouche antigaz, il a été convenu que la cheffe d'entreprise se rende une fois par semaine dans les locaux de STDV pour réaliser les tests décrits dans le protocole, en apportant la protection respiratoire à ventilation assistée et la colle la plus utilisée.

La durée de chaque mesure est d'environ dix minutes. Le claquage du filtre a été identifié après dix semaines d'utilisation.

Synthèse

Le déploiement du « protocole Petesaf » a permis de fournir aux deux entreprises concernées une information claire et personnalisée sur la fréquence de remplacement des cartouches antigaz en tenant compte de la réalité des activités réalisées. Cette estimation est obtenue sans requérir de données précises concernant les substances présentes dans l'air et leurs concentrations respectives. Ceci représente un vrai plus en termes de déploiement en entreprise car ces données sont souvent délicates à obtenir. Le cas d'étude de l'exemple n° 1, où seul un polluant majoritaire de concentration connue est présent, permet de constater que la recommandation résultant du déploiement de Petesaf est en accord avec les modèles numériques prédictifs, tout en étant plus représentative des conditions réelles d'utilisation de l'APR.

La mise en œuvre de ce protocole nécessite :

- de disposer des matériels de métrologie temps réel correspondant à la problématique, maintenus en état de fonctionnement selon les règles de l'art ;
- le recours à du personnel formé à l'utilisation des détecteurs temps réel et des appareils de protection respiratoire.

Son déploiement en entreprise contribue à améliorer la prévention du risque chimique et permet à l'entreprise de planifier l'approvisionnement en cartouches en fonction de ses activités réelles. Le protocole Petesaf doit être à nouveau mené dès lors qu'un changement susceptible d'affecter la durée de claquage des cartouches antigaz se produit, comme un changement de produits, une modification de procédé et une augmentation ou diminution de l'activité... En ce sens, un accompagnement des entreprises par les SPST peut leur permettre de s'approprier en interne le protocole, sous réserve



© Fabrice Dimier pour l'INRS / 2023

d'une formation à l'utilisation des détecteurs de gaz temps réel, et ainsi de vérifier régulièrement que la fréquence de changement des cartouches initialement définie reste pertinente. ●

1. Voir : <https://sls.3m.com/selectresultstype>

Appareil de protection respiratoire équipé de deux cartouches filtrantes.

POUR EN SAVOIR +

- COATES L. ET AL. – Appareils de protection respiratoire : évaluer la compatibilité avec l'état de santé du travailleur. *Références en santé au travail*, 2025, 182, TC 183, pp. 17-35. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=TC%20183>
- GUIMON M. – *Les appareils de protection respiratoire. Choix et utilisation*. INRS, ED 6106, 2020, 64 p. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206106>
- INRS – *Prémédia : logiciel pour la prédiction de la durée d'utilisation d'une cartouche d'APR*. Accessible sur : <https://premedia.inrs.fr/Premedia/jsp/Accueil.jsp>



Base Colchic

La base de données d'exposition professionnelle aux agents chimiques et biologiques Colchic regroupe l'ensemble des mesures d'exposition effectuées sur les lieux de travail par les huit laboratoires interrégionaux de chimie (Lic) des Carsat/Cramif et les laboratoires de l'INRS. Elle est gérée par l'INRS et a été créée en 1987 à l'initiative de la Caisse nationale de l'assurance maladie (Cnam). À ce jour, Colchic compte plus d'un million de résultats pour 745 substances chimiques et agents biologiques.

PORTRAIT RÉTROSPECTIF DES EXPOSITIONS PROFESSIONNELLES AU CHROME HEXAVALENT ET À SES COMPOSÉS EN FRANCE DE 2015 À 2024

Cet article présente un portrait des niveaux d'expositions professionnelles au chrome hexavalent et à ses composés enregistrés dans la base de données Colchic entre 2015 et 2024. Il présente une évaluation des niveaux d'exposition par secteur d'activité et par tâche.

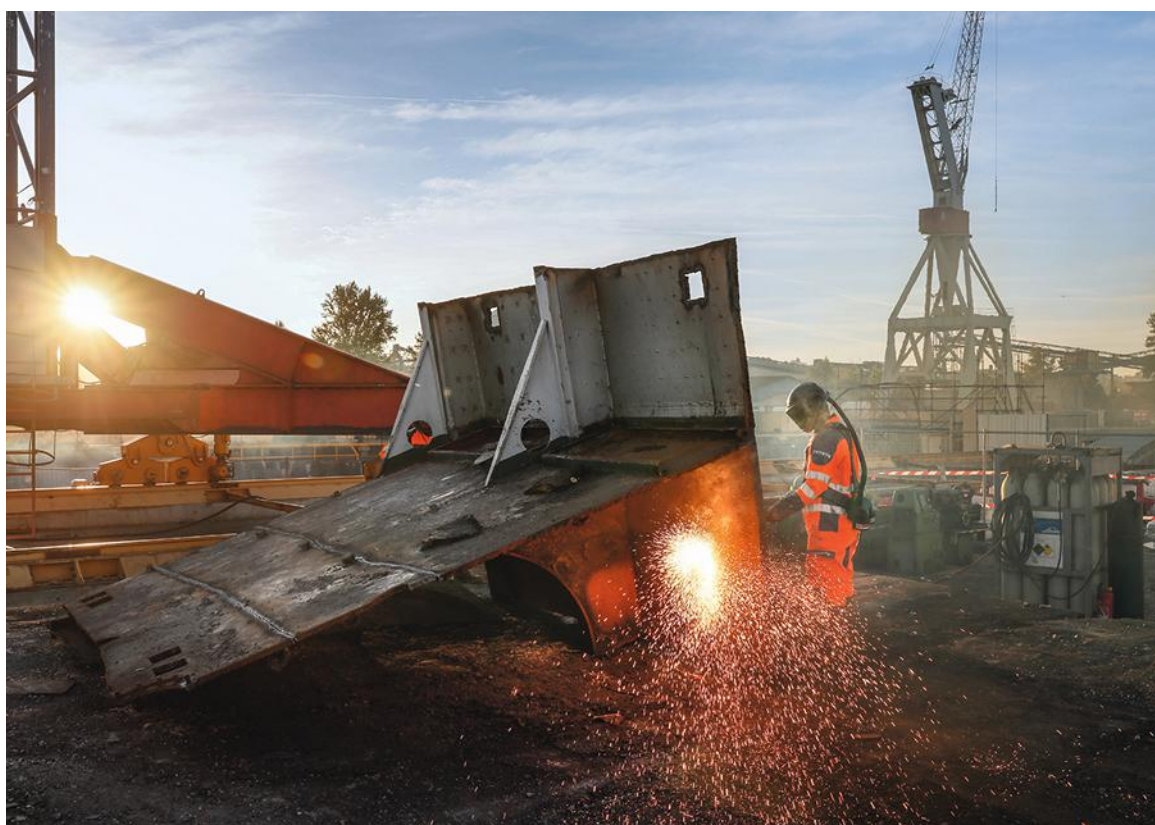
JEAN-FRANÇOIS
SAUVÉ,
GAUTIER
MATER
INRS,
département
Métrologie
des polluants

Contexte

Le chrome hexavalent est présent dans plusieurs composés, tels le trioxyde de chrome, le chromate de zinc ou le dichromate de sodium [1]. Les composés du chrome hexavalent peuvent se retrouver dans des solutions utilisées dans les procédés de traitement de surface [2], dans le tannage du cuir, dans des pigments (chromates) utilisés dans certaines peintures spécialisées et dans la préservation du bois par un mélange cuivre-chrome-arsenic (CCA), dont l'usage est fortement réglementé depuis les années 2000 [3, 4]. Le chrome hexavalent peut également être retrouvé dans le ciment [3] et dans les fumées générées par des procédés de soudage impliquant notamment l'acier inoxydable [5]. Les enquêtes nationales n'ont pas réalisé d'évalua-

tion de la prévalence de l'exposition professionnelle au chrome hexavalent en France. Par exemple, l'enquête Sumer de 2010¹ questionnait sur le chrome et ses dérivés, englobant le chrome hexavalent et en excluant les fumées de soudage et le ciment comme sources d'exposition potentielles [6]. À l'échelle européenne, une enquête menée en 2022 et 2023 dans six pays (dont la France) a estimé que 4,7 % des travailleurs étaient exposés au chrome hexavalent, principalement lors de tâches de soudage, de mélange impliquant du ciment dans le secteur du BTP et d'usinage de pièces en acier [7]. L'exposition aux composés du chrome hexavalent est associée à diverses atteintes à la santé. Comparativement aux autres composés du chrome (par exemple, le chrome trivalent), le chrome

Un biais d'interprétation est susceptible d'être introduit lors de l'exploitation des bases de données nationales d'exposition professionnelle telles que Colchic. En effet, ces bases n'ont pas été conçues dans le but d'être représentatives de l'ensemble des travailleurs ou d'un secteur professionnel donné.



© Rodolphe Escher pour l'INRS / 2016

Générant plusieurs polluants dont le chrome hexavalent, la déconstruction d'un ancien porte-hélicoptères de la Marine nationale nécessite l'usage d'un masque à ventilation assistée.

hexavalent est plus facilement absorbé par les voies respiratoires et la peau et peut générer des espèces réactives de l'oxygène [1,8]. En 1980, le Centre international de recherche sur le cancer a reconnu certains composés du chrome hexavalent (par exemple, le chromate de calcium) comme cancérogènes pour l'homme [9]; une réévaluation en 1987 a étendu cette classification à l'ensemble des composés [10]. L'inhalation de ces composés est aussi associée à des effets sensibilisants et à des atteintes aux voies respiratoires supérieures [11]. L'exposition par voie cutanée peut provoquer des dermatoses et des ulcères cutanés [11].

Les maladies professionnelles dues au chrome hexavalent peuvent être reconnues au titre des tableaux de maladies professionnelles (TMP) n°s 10, 10bis et 10ter du régime général de la sécurité sociale (RG), correspondant respectivement aux affections cutanées, respiratoires et cancéreuses². Sur la période 2015-2023, 192 maladies professionnelles ont été reconnues au titre de ces tableaux. Les affections cutanées regroupent principalement des dermites et ulcérations, les affections respiratoires des atteintes bronchopulmonaires, et des affections cancéreuses attribuées au chrome VI. Les affections cancéreuses (TMP-RG n° 10ter) représentent 91 cas, soit environ 47 % de l'ensemble, devant les atteintes cutanées (TMP-RG n° 10: 76 cas, environ 40 %) et les affections respiratoires (TMP-RG n° 10bis: 25 cas, soit 13 %). Le nombre total de maladies professionnelles

reconnues comme dues au chrome hexavalent varie en moyenne entre 11 et 33 cas selon les années³. Depuis le 1^{er} juillet 2014, les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) réglementaires contraignantes fixées pour le chrome hexavalent sont de 1 µg/m³ sur huit heures et de 5 µg/m³ sur une durée de 15 minutes⁴.

Le chrome hexavalent étant une substance cancérogène sans seuil, la VLEP-8h de 1 µg/m³ ne repose pas sur un seuil d'effet sanitaire, mais sur les capacités analytiques disponibles au moment de son établissement. Lors de l'évaluation menée par l'Afsset (aujourd'hui l'Anses) en 2010 [1], les méthodes de mesure ne permettaient pas d'atteindre des limites de quantification suffisamment basses, notamment le dixième de la VLEP, niveau de performance recommandé par la norme européenne NF EN 482 [12]. Les évolutions méthodologiques intervenues depuis permettent désormais de quantifier des niveaux de concentrations de l'ordre du dixième de la VLEP [13]. Une campagne de prélèvement menée en France entre 2010 et 2013 a permis de documenter des niveaux d'exposition dans 99 établissements répartis dans divers secteurs d'activité, principalement dans la métallurgie, le traitement de surface et la peinture d'aéronefs [5,14]. Les moyennes géométriques des concentrations relevées les plus élevées étaient observées dans la projection thermique de métal (5,27 µg/m³), la peinture d'aéronefs (3,67 µg/m³) et la production de chrome et



CONCENTRATIONS EN CHROME VI (µg/m³)											
Durée	Nb	% < LQ	Min	C ₂₅	C ₅₀	C ₇₅	C ₉₅	Max	MA	VLEP (µg/m³)	% > VLEP
≤15 minutes	16	31 %	< 0,31	< 1,20	1,88	3,57	6,22	8,0	2,56	5	19%
60 à 600 minutes	1811	31%	< 0,01	< 0,05	0,14	0,61	6,19	350,8	2,24	1	19%

Nb: nombre de mesures. % < LQ: pourcentage de mesures inférieures à la limite de quantification. Min: valeur minimale. C₂₅, C₅₀, C₇₅, C₉₅: centiles 25, 50, 75 et 95. Max: valeur maximale. MA: moyenne arithmétique. % > VLEP: pourcentage de concentrations supérieures à la VLEP.

↑TABLEAU 1
Nombre de mesures, pourcentage de valeurs sous la limite de quantification, statistiques descriptives des concentrations en chrome hexavalent et pourcentage de concentrations supérieures à la VLEP.

de ferrochrome (2,42 µg/m³) [14]. Afin de disposer d'un portrait plus récent de la situation, cet article présente une analyse descriptive des niveaux d'exposition au chrome hexavalent et à ses composés à partir des mesures enregistrées dans la base Colchic entre 2015 et 2024, correspondant aux dix dernières années complètes d'enregistrement.

Méthodes d'analyse

Les données de la base Colchic utilisées pour cette analyse ont été restreintes aux échantillons sur la période 2015-2024 de la fraction inhalable prélevés en zone respiratoire à l'aide d'une cassette fermée à un débit de 2 L/min sur une durée allant de 60 à 600 minutes pour comparer l'exposition à une VLEP sur 8 heures, ou jusqu'à 15 minutes pour comparer l'exposition à une VLEP de courte durée. Seuls les échantillons analysés par chromatographie ionique couplée à un détecteur ultraviolet selon la méthode décrite dans la fiche MétroPol M-43 [13] ont été retenus. Pour les analyses statistiques, des indices d'exposition (IE) ont été calculés dans l'objectif de faciliter la comparaison des distributions des niveaux d'exposition entre les différentes activités. Les IE représentent le ratio entre la concentration mesurée et la VLEP-8h pour le chrome hexavalent. Une valeur d'IE > 1 signifie un dépassement de la VLEP-8h. Les valeurs dont la concentration est inférieure à la limite de quantification (LQ) ont été remplacées par LQ/2.

État des lieux des données Colchic

Les analyses statistiques ont porté sur un total de 1827 mesures enregistrées au cours de la période

de dix ans ; 1811 mesures étaient réalisées sur une durée de prélèvement comprise entre 60 et 600 minutes ; seules 16 mesures visaient à évaluer l'exposition sur une durée égale ou inférieure à 15 minutes. Le *Tableau 1* présente les statistiques calculées sur l'ensemble des mesures, stratifiées par la durée de prélèvement.

Les mesures de courte durée étaient associées à des activités de traitement de surfaces et de sidérurgie. En raison de leur faible nombre, ces données n'ont pas fait l'objet d'analyses approfondies par secteur d'activité ou par tâche.

Pour les données correspondant à une durée de prélèvement comprise entre 60 et 600 minutes, 558 mesures (31 % du total) sont inférieures à la limite de quantification analytique, tandis que 340 mesures (19 % du total) dépassent la VLEP-8h (Cf. *Tableau 1*). La majorité des prélèvements, soit 1234 (68 %), sont associés à des tâches de soudage à l'arc électrique. Les autres tâches documentées dans la base incluent l'usinage, le traitement de surface et le travail du cuir. Compte tenu de la prépondérance des mesures associées au soudage à l'arc électrique, cette tâche a fait l'objet d'une analyse statistique spécifique.

Résultats pour la tâche de soudage à l'arc électrique

La *Figure 1* présente la distribution des indices d'exposition par procédé de soudage à l'arc électrique. Au total, 246 mesures (20 %) sont supérieures à la VLEP-8h, mais les proportions de dépassement varient en fonction du procédé de soudage. Le soudage par procédé TIG (*tungsten inert gas*) est

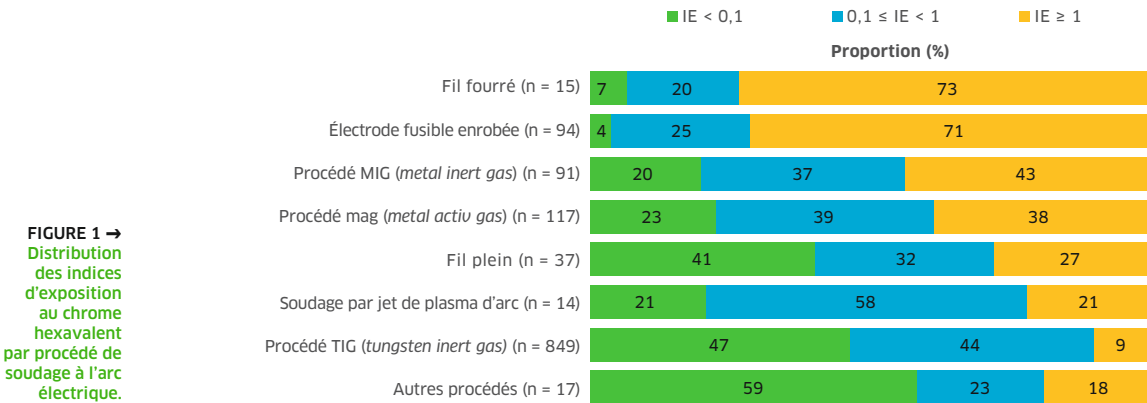
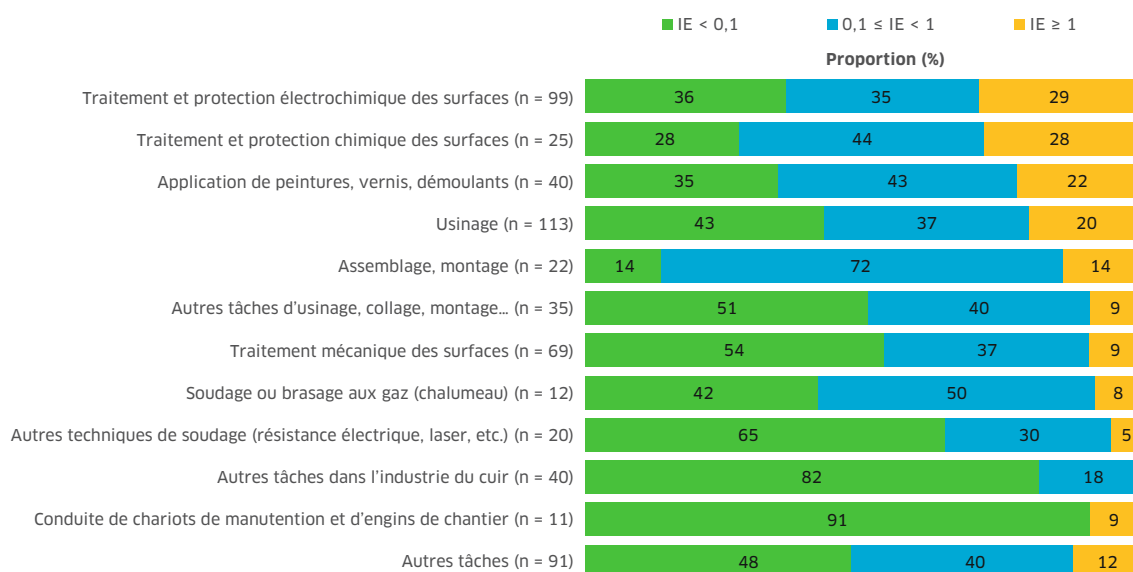


FIGURE 1 → Distribution des indices d'exposition au chrome hexavalent par procédé de soudage à l'arc électrique.



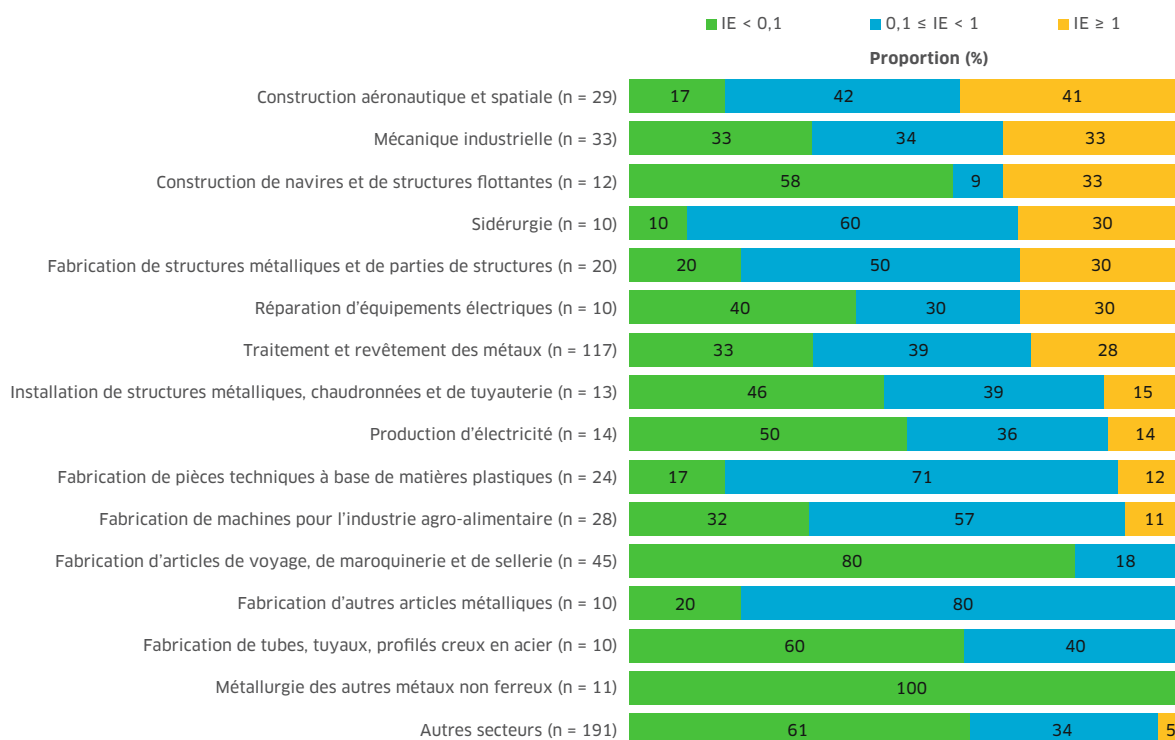
← FIGURE 2
Distribution
des indices
d'exposition
au chrome
hexavalent
par tâche,
à l'exception
du soudage
à l'arc électrique.

le procédé le plus fréquemment mesuré (n = 849) et celui ayant la plus faible proportion de concentrations dépassant la VLEP-8h (9 %). À l'opposé, les proportions de dépassements de la VLEP-8h les plus élevées sont observées pour le soudage au fil fourré (73 %) et le soudage avec électrode fusible enrobée (71 %).

Résultats pour les autres tâches

Parmi les tâches autres que le soudage à l'arc électrique, les proportions de dépassements de la VLEP-8h sont les plus importantes pour trois tâches de traitement de surfaces, soit par procédé

électrochimique (29 %, n = 99), chimique (28 %, n = 25), et par application de peintures (22 %, n = 40 ; Cf. Figure 2). Pour les traitements électrochimiques et chimiques de surfaces, les mesures sont associées à la conduite et surveillance d'installations, respectivement de dépôt électrolytique et de métallisation de surface. Les dépassements de la VLEP-8h pour la tâche d'usinage sont principalement observés pour des opérations d'enlèvement de matière (perçage, fraisage...). La distribution des indices d'exposition par secteur d'activité (Cf. Figure 3) montre que 41 % des concentrations mesurées dans le secteur de la



← FIGURE 3
Distribution
des indices
d'exposition
au chrome
hexavalent
par secteur
d'activité,
à l'exception
des mesures
associées
à la tâche
de soudage
à l'arc électrique.





© Gaël Kerbaol / INRS / 2020

Un peintre porte une combinaison complète avec appareil de protection respiratoire à adduction d'air pour se protéger du chrome hexavalent, dans une usine de fabrication de pièces pour l'aéronautique.

construction aéronautique et spatiale dépassent la VLEP-8h. Les dépassements observés dans ce secteur sont associés à des opérations d'usinage et de peinture.

Discussion et conclusion

Cette analyse des données enregistrées dans la base Colchic entre 2015 et 2024 a permis d'observer des niveaux généralement plus faibles que ceux mesurés lors de la campagne nationale réalisée entre 2010 et 2013. La moyenne géométrique (MG) globale pour la période plus récente est près de deux fois plus faible (de $0,38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $0,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), tout comme la proportion de mesures supérieures à la VLEP-8h, qui a baissé de 26 % à 19 %. La baisse de la proportion de dépassements pour la tâche de soudage électrique est comparable (de 25 % à 20 %); toutefois, les résultats de la campagne 2010-2013 n'avaient pas pris en compte les informations sur le procédé de soudage, ce qui empêche une comparaison plus fine sur la base des procédés spécifiques. L'industrie aérospatiale fait partie des secteurs

présentant des niveaux observés plus faibles dans cette analyse que lors de la campagne 2010-2013, tout en présentant des proportions de dépassement plus élevées. Par exemple, la MG observée pour la tâche de peinture dans le secteur de l'aéronautique en 2010-2013 était de $3,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$, alors qu'elle est de $0,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la période 2015-2024.

Certains secteurs présentant de fortes proportions de dépassements dans la campagne nationale 2010-2013, tels que la projection thermique (100 %), la fabrication de peintures (50 %) et le traitement du bois (44 %), n'ont pas pu être réévalués, faute de mesures sur la période 2015-2024, ce qui peut être dû à la sélection des situations de travail visées et à la substitution des produits ou des procédés. En effet, la campagne nationale avait ciblé des entreprises et des activités susceptibles d'utiliser ou d'émettre du chrome hexavalent, tandis que les données utilisées dans le cadre de cette analyse proviennent d'objectifs de mesurage différents.

Afin de prévenir les risques dans les opérations impliquant l'utilisation de composés du chrome hexavalent, la substitution des produits ou des procédés est à privilégier. Parmi les stratégies de substitution, on peut noter l'utilisation de bains électrolytique à base de chrome III dans le traitement de surface [15] ou de peintures anticorrosion contenant des pigments à base de phosphates plutôt que de chromate de zinc [16]. L'utilisation de procédés clos peut aussi permettre de réduire l'exposition des salariés pour certaines opérations. Pour les situations où l'exposition au chrome hexavalent est générée par un procédé, le captage des poussières et fumées ou l'isolation de la source d'exposition font partie des solutions à privilégier. En ce qui concerne le soudage à l'arc électrique, outre le procédé de soudage lui-même (MIG, TIG, etc.), plusieurs paramètres peuvent influencer les niveaux de concentration en chrome hexavalent et autres métaux générés par cette tâche. Ces paramètres incluent par exemple la nature de l'électrode utilisée, la tension ou l'intensité du courant, et ont fait l'objet d'une revue de la littérature par l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) [17]. Il n'est toutefois pas possible d'évaluer la contribution de ces paramètres sur les niveaux d'exposition au chrome hexavalent observés dans cette analyse, puisque ces informations ne sont pas enregistrées dans la base Colchic.

Finalement, d'autres approches métrologiques peuvent être mises en œuvre pour compléter la démarche d'évaluation de l'exposition. Par exemple, l'Anses propose une valeur limite biologique (VLB) pour le chrome urinaire de 2,5 µg/L ou 1,8 µg/g de créatinine (en fin de semaine et fin de poste) correspondant à une exposition à la VLEP-8h pour le chrome hexavalent de 1 µg/m³ [18]. Cette recommandation est, pour l'instant, limitée au secteur du chromage, en raison de données insuffisantes dans les autres secteurs d'activité. Les prélèvements surfaciques peuvent également aider à la démarche de prévention du risque lié à l'exposition cutanée au chrome hexavalent, notamment pour caractériser les sources de contamination et pour développer des procédures de nettoyage adaptées [19,20]. ●

1. L'enquête Sumer (surveillance médicale des expositions des salariés aux risques professionnels) a été réalisée par questionnaires auprès d'un échantillon de 54 000 salariés du secteur privé, ainsi que de la fonction publique, par le biais des services médicaux de santé au travail ou de prévention.

2. Voir : <https://www.inrs.fr/publications/bdd/mp.html>

3. Voir : <https://www.assurance-maladie.ameli.fr/etudes-et-donnees/mp-denombrement-historique-2000-2023>

4. Voir : Décret n° 2012-746 du 9 mai 2012 fixant des valeurs limites d'exposition professionnelle contraignantes pour certains agents chimiques. Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ANSES – Valeurs limites d'exposition en milieu professionnel: Les composés du chrome hexavalent. Avis de l'Anses / Rapport d'expertise collective, 2010. Accessible sur : <https://www.anses.fr/fr/system/files/VLEP-Ra-chrome.pdf>
- [2] BENABEN P. – Chromage. Techniques de l'ingénieur, 2017, p. M1615 v1612.
- [3] BOULVERT E., GUÉRIN S. – Expositions au chrome hexavalent. Synthèse des données disponibles: sources, émissions, exposition et toxicité pour l'homme. Rapport Ineris-18-173822-0468B-v1.0, 2020.
- [4] COURTOIS B. – Produits de traitement du bois. Composition, dangers, mesures de prévention. INRS, 2006, ED 981. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20981>
- [5] LERAY F., VINCENT R. – Chrome VI, des expositions élevées et préoccupantes. Hygiène & sécurité du travail, 2015, 238, pp. 34-39.
- [6] VINCK L., MEMMI S. – Les expositions aux risques professionnels: les produits chimiques. Enquête Sumer 2010, Synthèse Stat' 2015, n° 13.
- [7] CAVET M., MATSUSHIMA A., SANCHEZ A. – Occupational cancer risk factors in Europe – Overview of the findings of the Workers' exposure survey. Agence européenne pour la santé et la sécurité au travail (EU-Osha), 2025. Accessible sur : https://osha.europa.eu/sites/default/files/documents/occupational-cancer-risk-factors-europe-overview-findings-WES_771_EN.pdf
- [8] INERIS – Chrome et ses dérivés. 2005. Accessible sur : <https://substances.ineris.fr/sites/default/files/archives/7440-47-3%20-%20Chrome%20-%20FDTE.pdf>
- [9] CENTRE INTERNATIONAL DE RECHERCHE SUR LE CANCER – Some metals and metallic compounds. IARC Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans, 1980, volume 23.
- [10] CENTRE INTERNATIONAL DE RECHERCHE SUR LE CANCER – Overall evaluations of carcinogenicity: an updating of IARC Monographs volumes 1-42. IARC Monographs, Supplement 7, 1987.
- [11] INRS – Trioxyde de chrome. Fiche toxicologique n°1, 2019. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox>
- [12] NORME NF EN 482 – Exposition sur les lieux de travail. Procédures pour déterminer la concentration d'agents chimiques. Exigences élémentaires relatives aux performances. Afnor, 2021. Accessible sur : <https://www.boutique.afnor.org>
- [13] INRS – Base de données MétroPol. Méthode M-43 – Chrome VI (composé du), en Cr, 2024. Accessible sur : https://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol/fiche.html?refINRS=METROPOL_43
- [14] VINCENT R. ET AL. – Occupational exposure to chrome VI compounds in French companies: results of a national campaign to measure exposure (2010-2013). The Annals of occupational hygiene, 2014, 59 (1), pp. 41-51.
- [15] INRS – Fiche d'aide à la substitution (FAS) 8 – Oxydes de chrome VI. Chromage électrolytique de l'acier, 2019. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=FAS%208>
- [16] INRS – Fiche d'aide à la substitution (FAS) 30 – Chromate de zinc. Fabrication et application de peintures anticorrosion, 2011. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=FAS%2030>
- [17] SARAZIN P. ET AL. – Influence des paramètres de soudage à l'arc électrique sur les concentrations de fumées et leurs composantes métalliques: état des connaissances. IRSST, 2020.
- [18] ANSES – Évaluation des indicateurs biologiques d'exposition et recommandation de valeurs biologiques pour le Chrome VI et ses composés. 2017. Accessible sur : <https://www.anses.fr/system/files/VLEP2007SA0430Ra.pdf>
- [19] INRS – Base de données MétroPol. Méthode M-430 – Chrome VI, 2024. Accessible sur : https://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol/fiche.html?refINRS=METROPOL_430
- [20] ESTÈVE W., MATERA V. – Surfaces contaminées au travail: comment mesurer pour prévenir ? Hygiène & sécurité du travail, 2022, 267, pp. 89-93. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=CC%2037>



Agenda & services

Congrès

Accidents du travail:
agir pour leur prévention
P. 85

Agenda/Événements
P.90

Formation

La rubrique « Formation »
du site Web de l'INRS fait peau neuve
P.92

Agenda/Formations
P.94

Sélection bibliographique

À lire, à voir
P.96

Congrès

ACCIDENTS DU TRAVAIL: AGIR POUR LEUR PRÉVENTION

Compte rendu de la journée technique organisée par l'INRS le 2 décembre 2025.

Consacrée à la prévention des accidents du travail (AT), cette journée technique a permis de partager des connaissances actualisées et des outils, pour renforcer l'efficacité des démarches de prévention et d'analyse des AT. Différents intervenants ont présenté les principaux enjeux, le cadre réglementaire, les acteurs impliqués, quelques outils disponibles, des retours d'expérience, des focus sur des thèmes clés concernant le sujet, et des résultats d'études.

OCCUPATIONAL ACCIDENTS: TAKING ACTION TO PREVENT THEM –

Focused on the prevention of occupational accidents, this technical day provided an opportunity to share up-to-date knowledge and tools aimed at strengthening the effectiveness of approaches to analysing and preventing occupational accidents. Various speakers presented the issues at stake, the regulatory framework, the stakeholders involved, some tools, feedback from experience, focus on key topics, as well as study results.

JULIE
DRÉANO
INRS,
département
Sciences
appliquées
au travail
et aux
organisations

Introduction de la journée

Avec en moyenne 600 000 accidents du travail par an, dont environ 750 mortels, la sinistralité liée au travail demeure encore trop élevée en France. Face à une diminution lente et faible de leur nombre ces quinze dernières années, prévenir les AT en agissant sur la prévention des risques professionnels apparaît comme un enjeu majeur pour l'ensemble des acteurs de la santé et de la sécurité au travail. Les entreprises françaises doivent mettre en place des organisations du travail et des mesures techniques permettant de limiter leur sinistralité et de mieux prévenir les risques auxquels sont exposés les travailleurs.

Comment redynamiser les stratégies d'analyse et de prévention des AT? C'est la question à laquelle s'est proposé de répondre la journée technique organisée par l'INRS. Diffusée en direct et uniquement sur Internet, cette journée a réuni en simultané 1 876 participants désireux de s'informer et de s'investir dans la prévention des AT. Les treize présentations, réparties en quatre temps intégrant des moments d'échanges, sont disponibles sur le site Internet de l'INRS [1].



© Gaël Kerbaol / INRS / 2025

Réduisons de 50% par an le nombre d'accidents du travail



© Fabrice Dimier pour l'INRS / 2016

Session 1 : Contexte des accidents du travail

Introduction générale

Anne-Sophie Valladeau (INRS) a ouvert la journée technique en rappelant qu'analyser un accident du travail, c'est identifier les causes de sa survenue pour les supprimer, afin d'éviter un nouvel accident et ses nombreuses conséquences à la fois humaines, sociales, financières et juridiques. Analyser, c'est prendre le temps de se questionner, de réfléchir, de tirer des enseignements, pour agir en conséquence, en particulier par la mise en place d'un plan d'actions correctives et la mise à jour de son évaluation des risques et du document unique d'évaluation des risques professionnels (DUERP) associé.

Pierre Fel (DRP) a poursuivi en présentant l'évolution de la sinistralité en France. Si la tendance sur le long terme est à une décroissance, le nombre des AT demeure bien trop élevé. En matière de causalité, la manutention manuelle est la première cause d'AT, et les chutes représentent la première cause d'incapacité permanente, ainsi que l'une des

principales causes de décès. La branche Accidents du travail – maladies professionnelles (AT-MP) de la Sécurité sociale est actuellement fortement mobilisée sur le sujet des AT mortels, ainsi que sur celui des AT graves et fréquents.

Accident et prévention : enjeux pour les entreprises

Nicolas Bachellerie (Fare Propreté) a illustré les enjeux de la prévention des AT dans le secteur de la propreté. Dans ce secteur, leur fréquence diminue mais la durée moyenne de l'arrêt de travail dépasse néanmoins les cent jours. Les enjeux humains (douleurs, diminution des capacités physiques, invalidité...) et financiers sont donc importants (impact sur le taux de cotisation AT-MP, perte de production, charge administrative, absentéisme...). Mais, au-delà, il existe également un enjeu d'attractivité et de fidélisation des travailleurs, dans un secteur où la main-d'œuvre est plus âgée que la moyenne et où le turnover est élevé. La prévention devient alors un enjeu de performance globale et un atout stratégique.

Prévention des AT: que prévoit la réglementation ?

Jennifer Shettle (INRS) a présenté le cadre juridique, en rappelant la définition légale de l'AT, ainsi que l'obligation pour l'employeur d'assurer la sécurité et de protéger la santé physique et mentale des travailleurs (article L. 4121-1 du Code du travail). Ont également été évoquées l'obligation de mettre en place des mesures de prévention sur la base des principes généraux de prévention, au regard des résultats de l'évaluation des risques et du DUERP, ainsi que celle d'appliquer à chaque risque les dispositions particulières prévues par la réglementation. Enfin, en cas de manquement, la responsabilité civile ou pénale de l'employeur peut être engagée, notamment en cas de faute inexcusable.

Session 2 : L'acteur « préventeur » : son rôle

Préventeur d'entreprise: pratiques d'analyse des AT

Julie Dréano (INRS) a présenté les résultats d'une étude portant sur les pratiques d'analyse d'AT par les préventeurs d'entreprise, acteurs clé de la démarche d'analyse au sein des établissements. Au moyen d'une approche à la fois quantitative (1748 répondants à un questionnaire) et qualitative (14 préventeurs interviewés dans trois secteurs d'activité), les pratiques des préventeurs ont pu être analysées. Il en ressort que certaines pratiques peuvent limiter les effets de la démarche d'analyse d'AT: analyse en groupe non systématique, usage limité des outils d'analyse, peu de lien avec le DUERP... Il est ainsi nécessaire d'outiller davantage les préventeurs d'entreprise (formations, guides méthodologiques...), tout en tenant compte des moyens dont ils disposent et du contexte socio-technique au sein duquel ils évoluent.

Préventeur de Carsat: actions d'accompagnement des entreprises pour prévenir les risques professionnels

Béatrice Guillon (Carsat de Bourgogne-Franche-Comté) a rappelé les quatre missions de prévention des Carsat: accompagner les entreprises dans la mise en place d'un système de management de la sécurité; mener une enquête sur les AT graves et mortels et les accidents de trajet mortels; inciter les entreprises à mettre en œuvre des mesures de prévention efficaces et pérennes; former et informer les entreprises. L'accompagnement des entreprises se fait selon deux axes: la mise en place d'un socle organisationnel de prévention et la « maîtrise » d'un risque identifié en lien avec la sinistralité de l'entreprise. Les préventeurs de Carsat (contrôleurs de sécurité et ingénieurs-conseils) sont des acteurs ressources pour les entreprises et disposent de différents outils pour mener à bien leur mission de prévention et de conseil.

Préventeur de SPST: rôle et pratiques dans la prévention des AT

Audrey Serieys (SPST Prévention santé travail Vendée-Littoral) a présenté le rôle d'un service de prévention et de santé au travail interentreprise (SPSTI) en matière de prévention des AT. L'accompagnement se fait principalement avant l'AT au moyen de la réalisation de la fiche d'entreprise ou de l'accompagnement sur l'évaluation des risques et l'établissement du DUERP. Mais le préventeur de SPSTI (en général, un IPRP) peut également intervenir après un AT, principalement pour les PME qui peuvent solliciter l'équipe pluridisciplinaire (médecins du travail, infirmiers, préventeurs, ergonomes, psychologues...) pour un accompagnement sur la construction de « l'arbre des causes », un réaménagement de poste, ou encore un maintien dans l'emploi de la victime.

Session 3 : Outils d'analyse des accidents du travail

L'analyse des AT dans une perspective de prévention

Karen Rossignol (INRS) a présenté les différents contextes d'analyse des AT: enquêtes menées par des comités sociaux et économiques (CSE), analyses faites par des préventeurs d'entreprise ou des préventeurs externes (SPST, Carsat...). Autour d'un exemple, différentes étapes de la démarche d'analyse d'un AT ont été explicitées. Un rappel a été fait sur la place et l'importance de l'analyse des AT dans la démarche globale de prévention.

« Arbre des causes » : identifier les causes d'un AT et orienter les décisions en prévention

Nicolas Mihoubi (Orange France) a présenté un retour d'expérience sur l'utilisation de la méthode de l'arbre des causes pour l'analyse des AT. Il a insisté sur la nécessité de mobiliser cette méthode en groupe, de mettre à jour le DUERP suite à l'analyse, et de suivre la mise en œuvre des actions retenues. Des freins, comme le manque de disponibilité des acteurs, les difficultés à évaluer les actions, le temps imparti à la démarche..., ont été identifiés; ainsi que des bénéfices, comme l'implication des managers, les actions sur des causes à différents niveaux, le même niveau d'information de l'ensemble des acteurs de l'entreprise..., associés à l'usage de la méthode de l'arbre des causes.

« Agir suite à un AT » : analyser l'AT pour agir en prévention

Olivier Le Berre (INRS) a présenté l'outil développé par l'INRS « Agir suite à un accident du travail ». Cet outil est destiné aux entreprises de moins de 50 salariés, afin de les aider à réaliser une analyse d'accident et à choisir des actions correctives adaptées. Simple d'utilisation et basé sur des questions



organisées en cinq catégories, il permet d'identifier des causes de l'accident et de formaliser un plan d'actions correctives pour des utilisateurs peu familiarisés avec la prévention des risques professionnels.

« TutoPrév' » : repérer les situations accidentogènes pour les prévenir

Anne-Sophie Valladeau (INRS) a présenté l'outil « TutoPrév' », mis en place par l'INRS et le réseau Assurance maladie – Risques professionnels. Cet outil permet aux nouveaux embauchés en entreprise d'observer une situation de travail, de repérer les dangers et les risques qui y sont associés, et de proposer des actions de prévention adaptées. Trois formats ont été développés (TutoPrév' Accueil, TutoPrév' Interactif et TutoPrév' Pédagogie), à destination de 14 secteurs d'activité.

Session 4 : Focus : presque accidents, malaises, risques psychosociaux

Remontée des presque accidents : pour quelle finalité ? comment ?

Théo Agaud (Société des carrières de Flacé, Socafil) a rappelé l'importance de s'intéresser aux « presque accidents », qui permettent d'avoir une vision réelle du terrain, d'anticiper de potentiels futurs accidents, de favoriser l'implication des travailleurs et ainsi, de renforcer la culture de prévention. Un retour d'expérience sur la méthodologie, en cinq étapes, déployée dans son entreprise, sur l'outil de remontée mis en place, ainsi que sur les freins et les pièges à éviter, a été présenté.

Malaises mortels : état des lieux

Anne Delépine (INRS) a rappelé que plus de la moitié des AT mortels sont des malaises sans cause externe identifiée. La base de données Epicea regroupe des AT mortels, graves ou plus particulièrement intéressants pour la prévention, décrits chacun au moyen de variables et d'un récit anonymisé. Une analyse qualitative de 143 AT correspondant à des malaises mortels survenus entre 2012 et 2022 a permis de mieux comprendre leurs causes et de proposer des axes de prévention [2].

POUR EN SAVOIR +

- VALLADEAU A.-S. ET AL. – Dossier : Accidents du travail : mieux les connaître pour les prévenir. *Hygiène & sécurité du travail*, 2025, DO 48, pp. 18-61. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=DO%2048>

Coexpositions aux facteurs de risque physiques et psychosociaux et survenue d'AT

Ève Bourgkard (INRS) a présenté les résultats d'une étude qui s'est appuyée sur les enquêtes « Conditions de travail » de la Dares [3]. Il en ressort que le fait d'être soumis conjointement à une forte exposition aux facteurs de risque physiques et à une forte exposition aux facteurs de risque psychosociaux peut augmenter le risque de survenue d'AT, par rapport à une forte exposition à une seule de ces deux catégories de facteurs de risque. Ce résultat montre qu'il est important de ne pas considérer uniquement les facteurs de risque physiques pour analyser la survenue d'AT, mais également de prendre en compte les facteurs de risque psychosociaux.

Synthèse et conclusion

Séverine Brunet (INRS) a conclu en reprenant les messages importants de chacune des présentations de cette journée. Les AT demeurent trop nombreux en France, mais les entreprises peuvent être accompagnées pour lutter contre les accidents grâce à un réseau d'acteurs en santé et sécurité au travail (Carsat, SPST, préventeurs d'entreprise, CSE...). Par ailleurs, des outils d'analyse, simples ou plus complexes, destinés à comprendre l'accident pour éviter qu'il se reproduise ou que d'autres surviennent, existent et peuvent être utilisés.

Il ne s'agit pas seulement de comptabiliser les AT, de les caractériser, ou de les analyser ; il s'agit avant tout de les prévenir. La question à traiter par les entreprises est donc celle de la prévention des risques professionnels. Cette journée technique a montré qu'il est possible d'agir pour prévenir les accidents du travail. ●

BIBLIOGRAPHIE

- [1] INRS – Présentations et rediffusions de la journée technique Accidents du travail : agir pour leur prévention. Décembre 2025. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/footer/actes-evenements/journee-technique-accident-travail.html>
- [2] HACHE P., PECKET S., TISSOT C. – Malaises mortels au travail : apports de la base EPICEA. *Références en santé au travail*, 2024, 180, TF 321, pp. 41-54. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=TF%20321>
- [3] COLIN R., BOINI S. – Multiexposition et survenue d'accidents du travail parmi des salariés issus de quatre groupes d'activités professionnelles. In: TRONTIN C. ET AL. – Dossier – Prévention et performance des entreprises : quels liens ? *Hygiène & sécurité du travail*, 2025, 278, DO 47, pp. 24-31. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=DO%2047>

Le site de l'INRS évolue (Re)découvrez-le !

inrs.fr



le site de référence
en **santé et sécurité au travail**



AGENDA/ ÉVÉNEMENTS



**22 SEPTEMBRE 2026,
9H 30 À 12H 30 (EN LIGNE)**

Matinée technique de l'INRS – Bruit au travail : quels effets sur les salariés du secteur tertiaire?

Cette matinée technique organisée par l'INRS a pour objectif d'aider à identifier et évaluer les risques liés à l'environnement sonore dans les secteurs du tertiaire (bureaux, restaurants, salles de sport, lieux d'accueil petite enfance, etc.). Elle dressera un état des lieux des connaissances scientifiques sur les effets des bruits non lésionnels, fera le point sur la réglementation, la normalisation et les référentiels existants. Enfin elle présentera des solutions d'organisation et d'aménagement au travers de cas pratiques. Cette matinée s'adresse aux employeurs et aux professionnels de la prévention impliqués dans la conception et l'aménagement des espaces de travail dans le secteur tertiaire, où l'impact de l'environnement sonore est souvent négligé.

Renseignements – inscriptions:

<https://matinee-bruit.inrs.fr>



**29 SEPTEMBRE 2026,
11 HEURES (EN LIGNE)**

Webinaire de l'INRS – Radon en milieu de travail: évaluation et prévention

Ce webinaire a pour objectifs de présenter les spécificités de la démarche d'évaluation, les axes de réduction de la concentration de ce gaz, les mesures de prévention à mettre en œuvre, ainsi que les modalités de suivi de la santé des travailleurs. Animé par un expert en prévention du risque radon de l'INRS, il s'adresse aux acteurs de la prévention en entreprise, aux services de prévention et de santé au travail, ainsi qu'aux conseillers en radioprotection.

Renseignements – inscriptions:

<https://live.monstudiotv.com/event/webinaire-inrs-20260929-6c91-4902-9393-11b8ffe282ad/register>

Préventica **LYON • 2026**

DU 6 AU 8 OCTOBRE 2026, LYON

Salon Préventica

Organisés sous le patronage des ministères en charge du Travail et de la Fonction publique, les salons Préventica réunissent deux fois par an les acteurs locaux et nationaux de la santé et de la sécurité au travail. La prochaine édition se tiendra à Lyon.

Renseignements – inscriptions:

 <https://www.preventica.com/salon/lyon-2026>



**13 OCTOBRE 2026,
9 H 30 À 17 H (EN LIGNE)**

Journée technique de l'INRS – Postures sédentaires au travail, tous concernés !

Dans de nombreuses activités, du tertiaire notamment, mais aussi de l'industrie ou du transport, la posture assise est couramment rencontrée. Dès lors qu'elle est maintenue dans le temps et associée à une faible dépense énergétique, cette posture sédentaire peut induire des conséquences délétères sur la santé. Souvent méconnus, les risques associés aux postures sédentaires représentent pourtant un enjeu de santé au travail. À ce titre, les entreprises doivent les intégrer dans leur démarche de prévention des risques professionnels.

Après avoir décrit ce qui caractérise les postures sédentaires, cette journée technique organisée par l'INRS abordera leurs effets sur la santé ainsi que les actions possibles à mettre en œuvre pour les prévenir. Les présentations se poursuivront par des retours d'expérience de différents acteurs ayant engagé une démarche de prévention des

risques associés aux postures sédentaires.

Cette journée s'adresse à l'ensemble des acteurs de la santé et sécurité au travail en entreprises.

Renseignements – inscriptions:

 <https://postures-sedentaires.inrs.fr/posturessedentaires>



**24 NOVEMBRE 2026, 9 H 30 À 17 H
(À PARIS OU EN LIGNE)**

Journée technique – Vingt ans de prévention des risques psychosociaux: quelles avancées sur le terrain ?

Depuis le premier colloque de l'INRS consacré à la prévention du stress au travail en 2007, la démarche et les outils, le cadre réglementaire, la jurisprudence et les formes d'organisation du travail ont profondément évolué. Les risques psychosociaux (RPS) sont désormais considérés comme des risques professionnels à part entière. Cette journée technique propose de faire le point, vingt ans après, sur les avancées concrètes de la prévention des RPS sur le terrain.

À partir de retours d'expériences en entreprises, elle mettra en lumière les conditions de réussite mais aussi les limites et les écueils rencontrés. Les interventions s'appuieront notamment sur le cadre de référence de l'INRS, les quatre circonstances pour agir et les étapes d'une démarche de prévention structurée, centrée sur le travail réel et son organisation.

Elle s'adresse à l'ensemble des acteurs de la santé et sécurité au travail en entreprises.

Renseignements – inscriptions:

 <https://rps2026.inrs.fr/>

POUR EN SAVOIR

- Retrouvez l'ensemble des manifestations sur la santé et la sécurité au travail recensées par l'INRS sur: www.inrs.fr/footer/agenda.html

Formation

LA RUBRIQUE « FORMATION » DU SITE WEB DE L'INRS FAIT PEAU NEUVE

La rubrique « Formation » du site de l'INRS vient de faire l'objet d'une refonte profonde pour rendre l'offre de formation plus lisible, plus accessible et plus cohérente avec le reste du site afin de mieux répondre aux besoins d'information des entreprises, des services de prévention et des organismes de formation.

THE 'TRAINING' SECTION OF THE INRS WEBSITE HAS BEEN REDESIGNED – The 'Training' section of the INRS website has been given a new look, to make the training options clearer and more accessible. It is now more consistent with the rest of the site, which will help to keep companies, prevention services, and training organisations better informed.

AURÉLIE
PÉRISSE
INRS,
département
Formation

Clarifier une offre foisonnante

La nouvelle rubrique « Formation » a été repensée pour faciliter la recherche d'information et simplifier l'expérience utilisateur. Le principe retenu a été de concevoir une arborescence simple, pragmatique, allant à l'essentiel et en cohérence avec la refonte plus large du site et le catalogue papier. L'offre de formation dispensée par des organismes habilités par l'INRS et le réseau de l'Assurance maladie – Risques professionnels est plus largement détaillée, au même titre que les formations assurées directement par l'INRS, en présentiel ou à distance.

Trois grandes portes d'entrée

La nouvelle rubrique, accessible directement depuis la page d'accueil du site, s'organise autour de trois sections pensées à partir des besoins concrets des utilisateurs (Cf. Figure 1) :

- « Trouver une formation », pour les entreprises, les services de prévention et de santé au travail et les salariés qui recherchent une formation adaptée : près de 100 formations y sont référencées.
- « Devenir organisme de formation habilité », pour les organismes de formation ou les entreprises souhaitant rejoindre le réseau des organismes habilités par l'INRS et l'Assurance maladie – Risques professionnels.
- « Actions en direction de la formation initiale », pour les établissements de l'enseignement professionnel et de l'enseignement supérieur qui

souhaitent découvrir les actions et les outils de formation en santé et sécurité au travail proposés par l'INRS en direction des élèves et étudiants de ces filières.

Un classement thématique harmonisé

La section « Trouver une formation » suit le même plan de classement thématique que l'ensemble du site internet inrs.fr, ce qui facilite la navigation entre les différentes ressources. Les formations sont regroupées par grands thèmes de la prévention des risques professionnels :

- « Fondamentaux de la prévention » et « Management en santé et sécurité du travail » ;
- « Sauvetage secourisme du travail », avec des contenus spécifiques comme la page « Devenir formateur de sauveteur secouriste du travail » ;
- « Démarches, méthodes et outils » : évaluation des risques professionnels, analyse des accidents du travail ;
- « Risques spécifiques » : biologique, chimique, qualité de l'air, activité physique, amiante, bruit, espaces confinés, travail en hauteur, addictions, champs électromagnétiques, horaires atypiques, machines, rayonnements ionisants, ambiances lumineuses, vibrations, risques pour la reproduction, risques psychosociaux ;
- « Secteurs spécifiques » : aide et soin à domicile, sanitaire et médico-social, transport routier et logistique.

Cet alignement facilite le passage d'une rubrique à l'autre pour un même thème (par exemple, du contenu documentaire à l'offre de formation).

Identifier plus facilement les formations éligibles à l'habilitation

La deuxième section, « Devenir organisme de formation habilité », présente le déploiement de l'offre de l'INRS et de l'Assurance maladie - Risques professionnels, un dispositif qui permet de former chaque année plus de 1,4 million de stagiaires. Elle détaille le fonctionnement du réseau composé de plus de 6 500 organismes de formation et 2 900 entreprises habilités.

L'espace précise les conditions d'accès au réseau des organismes habilités et les critères requis pour dispenser ces formations (Cf. Figure 2). Dix dispositifs de formation sont ensuite détaillés chacun sur une page dédiée: sauvetage secourisme du travail (SST), prévention des risques liés à l'activité physique (Prap), secteur de l'aide et soins à domicile (ASD), évaluation des risques professionnels et analyse des accidents du travail (EvRP/AAT), prévention des troubles musculosquelettiques (TMS), secteurs du sanitaire et médico-social (SMS), du transport routier, activités auxiliaires et logistique (TRL), certificat d'aptitude au travail en espace confiné dans le domaine de l'eau et de l'assainissement (Catec), échafaudages de pied (recommandation R 408), échafaudages roulants (R 457).

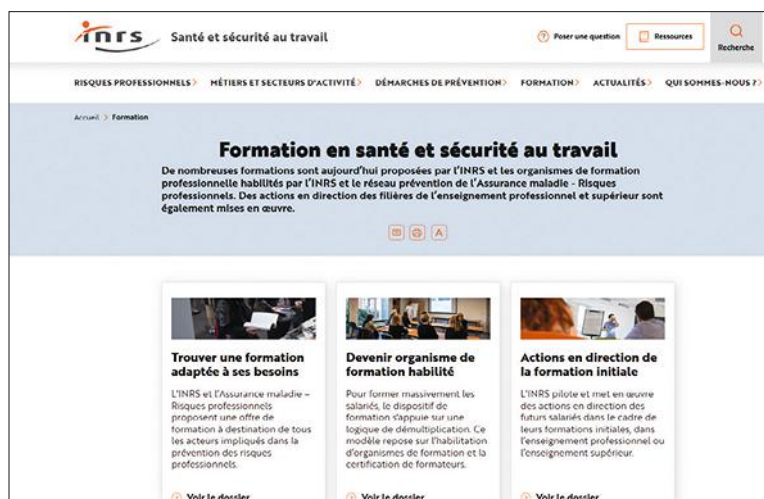
Chaque page de dispositif permet d'accéder à la liste actualisée des organismes habilités, de préciser les publics visés, la durée, les prérequis, ainsi que les modalités de suivi et de renouvellement de l'habilitation.

Valoriser les actions vers la formation initiale

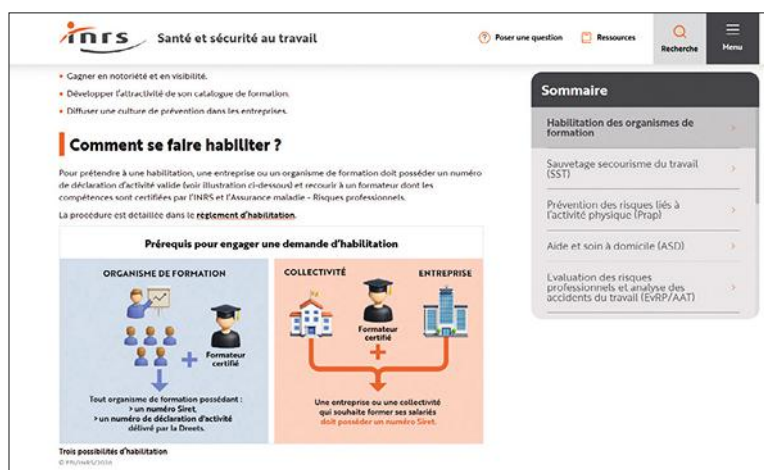
La troisième section, consacrée aux « Actions en direction de la formation initiale », s'inscrit dans la volonté de valoriser les actions de l'Institut autour de deux filières: d'une part, l'enseignement professionnel, avec des ressources adaptées pour sensibiliser les élèves et apprentis, souvent plus vulnérables lors de leurs premiers pas en entreprise; d'autre part, l'enseignement supérieur, où l'objectif est d'intégrer les enjeux de santé-sécurité dans la formation des futurs cadres et managers, dont les décisions façonneront les conditions de travail de demain. Ces pages présentent les partenariats, ressources pédagogiques, modules de formation et dispositifs d'accompagnement pouvant être mis à disposition des enseignants et des établissements et permettant de former à la S&ST des élèves et étudiants de la formation initiale.

Une recherche facilitée

La refonte éditoriale de la rubrique « Formation » s'accompagne d'évolutions techniques. L'objectif



↑ FIGURE 1
La nouvelle rubrique, accessible directement depuis la page d'accueil du site, s'organise autour de trois sections pensées à partir des besoins concrets des utilisateurs.



↑ FIGURE 2
Détail de la deuxième section « Devenir organisme de formation habilité ».

est de rendre possible un tri plus fin de l'offre de formation de l'INRS par thèmes et par publics, sans modifier l'affichage détaillé de chaque fiche (places disponibles, modalités, etc.). De nouveaux champs spécifiques, « Thèmes » et « Publics », sont ainsi plus détaillés, tandis que les libellés des champs existants ont été revus pour être plus explicites pour les visiteurs.

Une vitrine de l'offre de formation de l'INRS

Au-delà d'une simple réorganisation, la refonte de la rubrique « Formation » – qui bénéficie désormais d'un accès direct depuis la page d'accueil du site – met en vitrine l'offre de formation à la prévention des risques professionnels de l'INRS. Elle simplifie la navigation, harmonise le classement thématique, met en lumière les dispositifs de formation liés à l'habilitation ainsi que les actions vers la formation initiale. ●

AGENDA / FORMATIONS

Évaluer et prévenir les risques biologiques en entreprise (JJ1430)

Une session: du 24/08 au 18/09/2026
en distanciel et du 21/09 au 24/09/2026
en présentiel à l'INRS (Paris).

→ PUBLIC

Préventeurs d'entreprise et acteurs des services de prévention et de santé au travail (médecins, infirmiers et intervenants en prévention des risques professionnels).

→ OBJECTIFS

Évaluer et prévenir les risques biologiques en entreprise.

Objectifs pédagogiques:

- Identifier les sources de contamination possibles par des agents biologiques.
- Évaluer les risques d'exposition *via* la chaîne de transmission.
- Proposer des mesures de prévention adaptées.

→ CONTENU

- Agents biologiques et conditions de développement.
- Effets potentiels sur la santé et rôle des services de prévention et de santé au travail.
- Démarche d'évaluation: chaîne de transmission, métrologie.
- Mesures de prévention collectives et individuelles.

NB: La formation n'aborde pas les activités en milieu de soin.

→ INFORMATIONS PRATIQUES

Durée: 3 jours
Responsable pédagogique: Aurore YANG
Coût: 994 € nets (exonération de TVA).

Évaluer les risques liés aux agents chimiques (c@1502)

Une session: 07/09 au 16/10/2026 en distanciel.

→ PUBLIC

Ingénieurs, techniciens, fonctionnels en sécurité et santé au travail, autres préventeurs d'entreprise.

Prérequis

Pour s'inscrire à cette formation en ligne,

il est nécessaire:

- d'avoir suivi et validé l'autoformation en ligne réf. C@1501 « Acquérir les notions de base sur les produits chimiques »;
- de produire un justificatif attestant de la capacité à utiliser le logiciel Seirich.

→ OBJECTIFS

Conduire une démarche d'évaluation des risques chimiques en entreprise.

Objectifs pédagogiques:

- Détecter les risques liés aux agents chimiques.
- Évaluer et hiérarchiser les risques liés aux agents chimiques.
- Intégrer la surveillance d'atmosphère dans la démarche d'évaluation du risque chimique.

→ CONTENU

- Enjeux de l'évaluation des risques chimiques.
- Analyse d'une activité de travail au regard du risque chimique.
- Évaluation du risque chimique: cotation des dangers, hiérarchisation et évaluation des risques chimiques, notamment avec le logiciel Seirich.
- Surveillance des atmosphères de travail.

→ INFORMATIONS PRATIQUES

Durée: 28 heures
Responsable pédagogique: Gaëlle AVON
Coût: 290 € nets (exonération de TVA).

Évaluer et prévenir les risques liés aux agents chimiques (C@1503)

Une session: du 08/09 au 15/10/2026
en distanciel et du 17/11 au 19/11/2026
en présentiel à l'INRS (Paris).

→ PUBLIC

Ingénieurs, techniciens, fonctionnels en sécurité et santé au travail, autres préventeurs d'entreprise.

→ OBJECTIFS

Conduire la démarche d'évaluation et de prévention des risques chimiques.

Objectifs pédagogiques:

- Identifier le cadre réglementaire de la prévention des risques chimiques.

- Lire et utiliser les sources d'information sur les produits chimiques.
- Détecter, évaluer et hiérarchiser les risques liés aux agents chimiques.
- Construire un plan d'action de prévention du risque chimique.

→ CONTENU

- Enjeux de la démarche de prévention des risques chimiques.
- Propriétés physicochimiques et toxicologiques des produits chimiques.
- Étiquette et fiche de données de sécurité (FDS).
- Réglementation en matière de risques chimiques.
- Analyse d'une activité de travail et évaluation du risque chimique.
- Surveillance des atmosphères de travail.
- Choix des mesures préventives et élaboration d'un plan d'action.

→ INFORMATIONS PRATIQUES

Durée: 46 heures

Responsables pédagogiques:

Gaëlle AVON / Madeleine RENAUD

Coût: 953€ nets (exonération de TVA).

Évaluer et prévenir les nuisances sonores en milieu industriel (J@0508)

Deux sessions: du 12/10 au 13/11/2026

en distanciel et du 23/11 au 25/11/2026

en présentiel à l'INRS (Vandœuvre-lès-Nancy).

→ PUBLIC

Fonctionnels en sécurité et santé au travail, ingénieurs et techniciens de bureaux d'études et de méthodes, acteurs des services de prévention et de santé au travail (médecins, infirmiers et intervenants en prévention des risques professionnels), ingénieurs-conseils et contrôleurs de sécurité des services prévention des Carsat, Cramif et CGSS.

Prérequis

Les participants doivent être en mesure de mener un travail de formation accompagnée à distance en toute autonomie.

→ OBJECTIFS

Préconiser des solutions de prévention (collectives et individuelles) des nuisances sonores en milieu industriel, participer à leur mise en œuvre et au suivi de leur utilisation.

Objectifs pédagogiques:

- Identifier et évaluer les risques encourus par les salariés exposés au bruit.
- Sélectionner des moyens de prévention

adaptés pour conseiller sur le choix et la mise en place.

→ CONTENU

- Notions essentielles en acoustique: généralités, définitions, grandeurs physiques et unités.
- Effets sur la santé: éléments d'anatomie et de physiopathologie, effets du bruit.
- Contexte réglementaire.
- Démarche de prévention: méthodologie d'évaluation du risque en entreprise (principes, approches et stratégies).
- Mesures de prévention: protection collective, protection individuelle.

→ INFORMATIONS PRATIQUES

Durée: 28 heures

Responsable pédagogique: Anthony BENHORA

Coût: 1014 € nets (exonération de TVA).



© Gaël Kerbaol / INRS / 2025

POUR EN SAVOIR +

Renseignements, inscriptions :

• INRS, département Formation
65, boulevard Richard-Lenoir, 75011 Paris
E-mail : secretariat.forp@inrs.fr

• Retrouvez toute l'offre de formation de l'INRS sur : www.inrs.fr/formation.html

Sélection bibliographique

À LIRE, À VOIR

Les publications de l'INRS sont consultables et téléchargeables sur : [www.inrs.fr/Rubrique Ressources](http://www.inrs.fr/Rubrique_Ressources) > « Vient de paraître » (papier / Web), « À visionner » (vidéos) et « Outils » (en bas de page).



Temps partiel thérapeutique et prévention des risques professionnels : rôles des différents acteurs

INRS, 2026, Focus juridique (accessible sur : <https://www.inrs.fr/publications/juridique/focus-juridiques/focus-juridique-temps-partiel-therapeutique.html> ; nouveauté).

Le temps partiel thérapeutique permet de concilier l'organisation de l'activité professionnelle du salarié amené à en bénéficier avec l'exigence de préserver sa santé et sa sécurité. Sa mise en œuvre suppose une étroite collaboration entre les différents acteurs concernés, chacun devant en maîtriser les modalités afin d'en garantir le bon déroulement.



Outil d'évaluation des risques professionnels – Abattoirs

INRS, 2026, Outil n° 157 (accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil157> ; nouveauté).

Élaboré par l'INRS et l'Assurance maladie – Risques professionnels, cet outil permet aux abattoirs de ruminants et de porcs de réaliser leur évaluation des risques et d'éditer un plan d'action. Pour chaque risque identifié, une liste de mesures de prévention est proposée. Il est également possible d'ajouter des risques ou des mesures en fonction de la situation de chaque entreprise.



La fiche de données de sécurité

INRS, 2026, Brochure ED 6483 (accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206483> ; mise à jour).

Cette brochure s'adresse aux lecteurs des fiches de données de sécurité de substances ou de mélanges destinés au marché français. Elle leur permet de se familiariser avec les différentes exigences réglementaires.



Démarche d'évaluation du risque chimique. Méthode développée pour le logiciel Seirich

INRS, 2026, Brochure ED 6485, coll. Démarche de prévention (accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206485> ; mise à jour).

Seirich est un outil d'aide à l'évaluation des risques chimiques en milieu professionnel qui permet de mettre en place et de suivre un plan d'actions de prévention. Cette brochure présente la démarche d'évaluation des risques chimiques développée pour Seirich dans les domaines de la santé, de l'incendie/explosion et de l'environnement.



La désinfection des surfaces

INRS, 2026, Brochure ED 6188, coll. Démarche de prévention (accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206188> ; mise à jour).

Les surfaces des lieux de travail sont naturellement colonisées par de nombreux micro-organismes. Cependant, la désinfection de ces surfaces ne s'impose pas systématiquement. Il est important de déterminer les situations de travail nécessitant une telle opération : pas de désinfection sans réflexion. Ce document aide à élaborer une stratégie de nettoyage ou de désinfection des locaux de travail en décrivant les différents procédés, leurs risques et les mesures de prévention correspondantes.



Environnement sonore en bureaux ouverts : évaluation de la gêne et démarche d'amélioration

INRS, 2026, Brochure ED 6402, coll. Démarche de prévention (accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206402> ; mise à jour).

Travailler en bureau ouvert, c'est être soumis à un environnement sonore généré par le collectif et les équipements de travail. Cet environnement peut être gênant et avoir des conséquences néfastes sur la santé des salariés comme sur la performance de l'entreprise. Cette brochure présente une démarche progressive qui débute par une simple observation de l'environnement de travail pour se terminer par une évaluation acoustique effectuée par un expert.



Unités de méthanisation et de compostage. Prévenir les risques chimiques et biologiques

INRS, 2026, Dépliant ED 6557 (accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206557> ; nouveauté).

Ce dépliant s'adresse à l'encadrement et aux préventeurs des unités de méthanisation-compostage. Il fait le point sur les principaux risques chimiques et biologiques auxquels sont exposés les opérateurs et propose des actions de prévention à mettre en œuvre.



Salariés du bâtiment – Exposition au plomb. Protégez-vous, protégez vos proches

INRS, 2026, Dépliant ED 6558 (accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206558> ; mise à jour).

Ce dépliant est destiné à sensibiliser tous les salariés du secteur du bâtiment, amenés à manipuler du plomb ou à être en contact direct ou indirect avec le plomb, aux risques pour leur santé et celle des autres.



Les maladies professionnelles – Guide d'accès aux tableaux du régime général et du régime agricole de la Sécurité sociale

INRS, 2026, Brochure ED 835 (accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20835> ; mise à jour).

Ce guide permet de retrouver un tableau de maladie professionnelle en cherchant par symptômes ou maladies et par agents nocifs ou situations de travail. Il peut être un outil facilitant le repérage et l'évaluation des risques de maladies professionnelles par toutes les personnes participant à la prévention en milieu de travail.



Veille & prospective

Prospective

État de la veille
et de la prospective 2025
P.99

ÉTAT DE LA VEILLE ET DE LA PROSPECTIVE 2025

Cette huitième édition de l'état de la veille propose une analyse d'une sélection de ressources publiées en 2025. Elle est organisée en deux parties. La première fait le lien entre des études globales sur les risques et les questions d'emploi et de santé et sécurité au travail. La seconde revient sur les moteurs tendanciels de transformation du travail, à savoir la numérisation et l'intelligence artificielle en particulier, les efforts d'adaptation des politiques de prévention aux dérèglements climatiques, les enjeux démographiques, notamment la question du maintien en emploi des travailleurs vieillissants.

MONITORING AND FORESIGHT REVIEW 2025 – This eighth edition of The Monitoring and Foresight Review provides an analysis of a selection of resources published in 2025. It is divided into two sections. The first section explores the connection between large-scale studies on risk and issues relating to employment and occupational health and safety. The second section reviews the current drivers shaping the future of work, including digitalisation and artificial intelligence, the adaptation of prevention policies to climate change, and demographic challenges, particularly supporting the continued employment of older workers.

JENNIFER
CLERTÉ,
MARC
MALENFER
INRS, mission
Veille et
prospective

Risques globaux et grandes mutations: quelles conséquences en matière d'emploi et de risques professionnels?

Le *Global risk report*¹ du Forum économique mondial (Davos) a pour objectif de faire le point sur les risques jugés les plus susceptibles de prendre de l'ampleur dans les prochaines années. Ici, les risques globaux sont considérés comme les événements à potentiel d'occurrence élevé risquant d'impacter négativement le produit intérieur brut (PIB) mondial, la population et les ressources naturelles. Pour évaluer leur probabilité de développement, un sondage et plusieurs interviews qualitatifs sont conduits auprès de plus de 900 experts mondiaux en risques, décideurs politiques et leaders de secteurs. La 20^e édition du rapport paru en 2025 révèle un paysage mondial de plus en plus fracturé, où l'augmentation des défis géopolitiques, environnementaux, sociétaux et technologiques menace la stabilité et le progrès.

Le rapport propose un classement des 33 risques identifiés suivant la perception de leur sévérité (Cf. Tableau 1). Parmi les risques prévalant à court terme (deux ans), la désinformation est considérée comme la menace prédominante – en lien notamment avec un possible recours délétère à l'intelligence artificielle (IA), qui pourrait véhiculer de fausses informations si elle est manipulée. Elle est

suivie par les risques d'événements climatiques extrêmes, de conflits armés, de phénomènes de polarisation sociétale et enfin de cybersécurité. Lorsqu'il est envisagé à plus long terme (dix ans), ce classement positionne les risques environnementaux au premier plan.

La plupart des publications de prospective s'accordent sur l'anticipation de ces risques écologiques, technologiques et démographiques, comme c'est le cas du *Global risk report* des Nations unies². Ces risques, s'ils se réalisent, auront indéniablement des répercussions sur le monde du travail et par conséquent sur la santé et la sécurité des travailleurs.

Un rapport du Conseil économique, social et environnemental (Cese) paru en avril 2025 et intitulé *Prévention en santé au travail: défis et perspectives*³ vient confirmer cela. Dans une première partie, ce rapport évalue les facteurs de risques professionnels liés aux évolutions du monde du travail mais aussi de la société et de l'environnement. Parmi ces facteurs, il en distingue trois principaux: l'accélération des transformations de l'organisation du travail et le rôle des pratiques managériales, les révolutions technologiques successives, et le changement climatique. Face à ces mutations rapides, le Cese insiste sur trois éléments sur lesquels mettre l'accent pour mieux appréhender ces défis:



TABEAU 1 →
Principales
menaces
identifiées dans le
Global risk report.

	COURT TERME (2 ANS)	LONG TERME (10 ANS)
1 ^{er}	Fausse information et désinformation	Événements climatiques extrêmes
2 ^e	Événements climatiques extrêmes	Perte de biodiversité et effondrement de l'écosystème
3 ^e	Conflit armé entre États	Changement critique du système planétaire
4 ^e	Polarisation sociétale	Pénuries de ressources naturelles
5 ^e	Cyberespionnage et cyberguerre	Malinformation et désinformation

- il note tout d'abord l'insuffisante prise en compte des conséquences de ces évolutions suivant le sexe. Il relève par exemple que le personnel du secteur social et médico-social, en grande majorité féminin, se trouve dans des situations de polyexpositions en lien avec le dérèglement climatique moins connues que pour d'autres secteurs;
- concernant le développement à très grande vitesse des systèmes d'IA, il alerte sur le fait que cette tendance est d'ores et déjà identifiée comme facteur d'aggravation des risques psychosociaux: surcharge cognitive, manque de maîtrise, isolement, déshumanisation, perte de confiance et de sens. De nombreux exemples de recours délétères à ces nouvelles technologies dans le management et la gestion de la performance doivent amener à une nécessaire régulation de ces usages et à faciliter le dialogue social pour permettre que leur intégration puisse être bénéfique à tous;
- enfin, il insiste sur le fait que la santé mentale constitue désormais l'enjeu majeur de la santé et de la sécurité au travail du XXI^e siècle. Cela s'explique en particulier par l'accélération des transformations et l'instabilité auxquelles les entreprises sont confrontées, conduisant à toujours plus de stress et de violences (internes ou externes). Le Cese rappelle ainsi que le stress chronique que ces tendances encouragent est vecteur de différents types de troubles de la santé qui peuvent être psychologiques (anxiété, épuisement professionnel, dépression), physiques ou biologiques (maladies cardiovasculaires, altération du système immunitaire, troubles musculosquelettiques). Il peut par ailleurs entraîner une augmentation du risque d'accidents et nuire, *in fine*, à la productivité de l'individu comme de l'entreprise. Le phénomène d'infobésité lié à la multiplication des canaux d'information en temps réel contribue également à une plus grande fatigue des travailleurs.

Pour faire face à ces enjeux, de même qu'à la stagnation préoccupante du niveau des accidents mortels depuis plusieurs années, le Cese préconise donc le renforcement de l'effort de prévention. Cet effort devra s'appuyer sur un enrichissement et une amélioration des indicateurs permettant d'évaluer la santé et sécurité au travail (S&ST). Plusieurs des documents présentés dans cet état de la veille

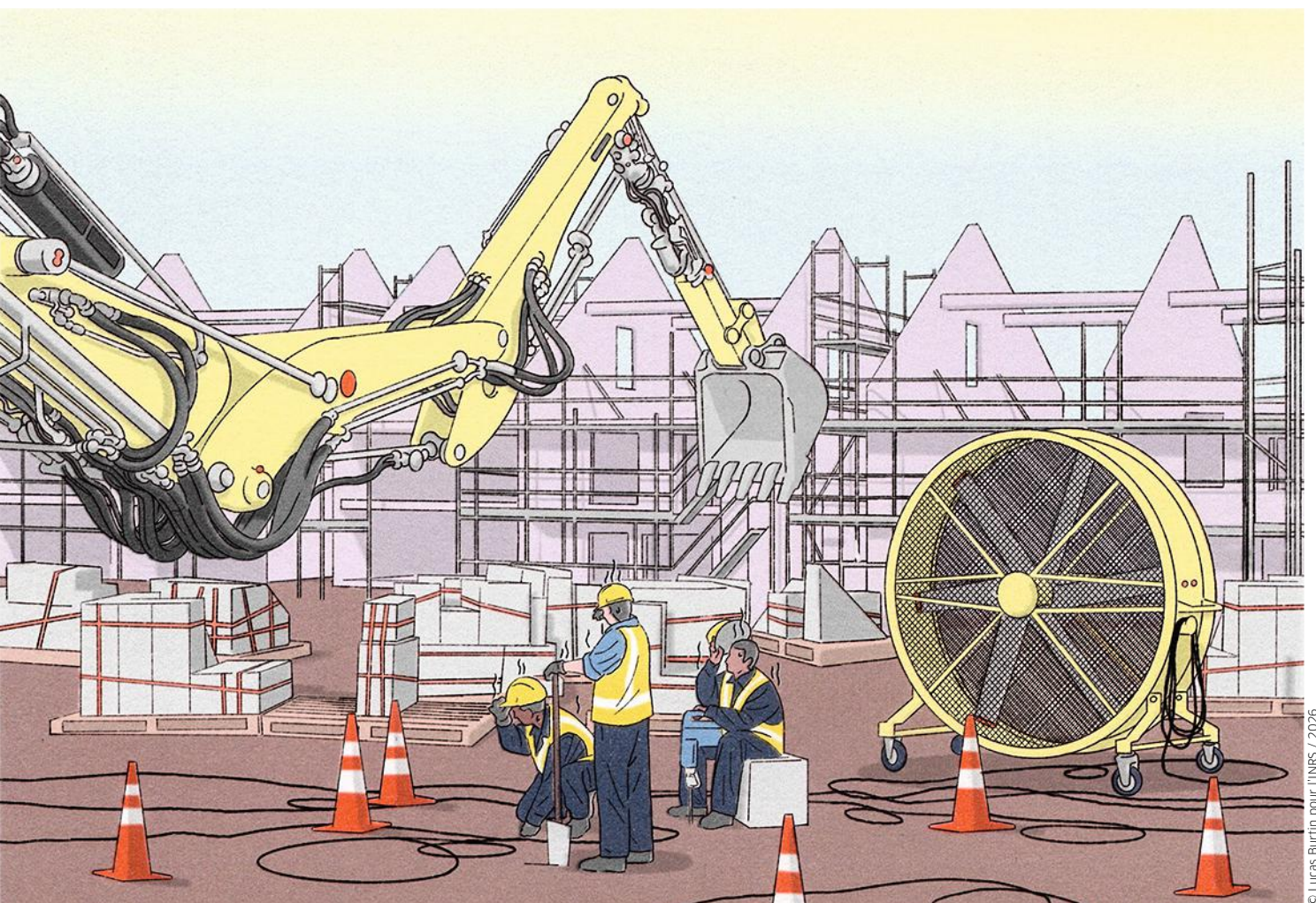
soulignent l'importance de faire évoluer à l'avenir les indicateurs de S&ST.

Les grandes mutations que le monde traverse laissent aussi entrevoir une évolution des métiers de demain, qui a fait l'objet, cette année, d'un travail d'analyse approfondi impulsé par l'Union européenne⁴. L'objectif de ce travail était d'évaluer l'impact de ces grandes mutations sur le visage futur de l'emploi en Europe. À partir d'enquêtes européennes (*European working conditions telephone survey* [EWCTS] 2021⁵ et *EU Labour force survey* [EU-LFS] 2021⁶), des métiers dits d'intérêt ont été identifiés. Ils ont été classés suivant leur degré de pertinence, estimé à l'aune des transitions numérique et écologique. Trois catégories sont distinguées: les métiers à forte intensité de compétences numériques, les emplois « verts » à demande accrue, et les métiers soumis à de fortes pénuries de recrutements. Une profession présente dans deux de ces groupes est considérée comme un métier d'avenir. Une quatrième catégorie consacrée aux métiers exposés à l'IA a pour sa part fait l'objet d'une analyse distincte.

L'étude conclut que la très grande majorité des métiers sera touchée par ces transitions, ce qui nécessite de soutenir les investissements dans la formation tout au long de la vie et d'en garantir l'accès à tous les travailleurs, en tenant compte des différents niveaux de formation initiale et des situations personnelles.

Le groupe de travail a ensuite analysé les caractéristiques démographiques des métiers dits « d'avenir » et « d'intérêt », ainsi que leurs conditions d'emploi et la qualité du travail qu'ils offrent. Dans l'ensemble, la ségrégation entre les sexes dans les professions identifiées est élevée, les professions exigeant des compétences numériques sont davantage masculines, de même que les professions vertes, en particulier celles pour lesquelles les pénuries sont en hausse. Tout ceci constitue un argument pour le développement de l'apprentissage tout au long de la vie, en particulier pour les femmes.

Concernant les différents indicateurs permettant d'évaluer la qualité de l'emploi, l'analyse révèle une forte polarisation des différentes catégories de profession. De façon générale les professions confrontées à des pénuries de main-d'œuvre de



© Lucas Burtin pour l'INRS / 2026

même que les professions vertes connaissent une forte exposition aux différentes catégories de risques envisagées ici (stress professionnel, exposition aux exigences physiques et aux risques physiques, exigences sociales, intensité du travail, longues heures de travail, crainte d'un changement indésirable, insécurité de l'emploi). Par ailleurs, seuls 50 % des travailleurs occupant des professions confrontées à une pénurie de main-d'œuvre et des emplois verts très demandés sont en mesure de prévoir avec précision leurs revenus pour les trois prochains mois, ce qui est un indicateur de la précarité de ces emplois. La majorité d'entre eux n'ont pas accès au télétravail. En définitive, une amélioration des conditions de travail contribuerait à rendre ces professions plus attractives et à lutter contre les tensions de recrutement. Les conclusions de l'étude rejoignent celles du rapport du Cese, sur la nécessité de soutenir et d'améliorer la collecte de données et la mesure des différentes dimensions de la qualité de l'emploi, notamment au travers d'enquêtes auprès de la population, afin d'identifier les domaines préoccupants, les situations de travail à risque et de

mieux évaluer les mesures mises en œuvre au fil du temps.

Grandes transitions et risques professionnels

IA et travail : bilan de

la première phase d'implémentation

Après les expérimentations formelles ou informelles des nouveaux systèmes d'intelligence artificielle lancées depuis 2022, les années 2024 et 2025 ont été marquées par une nouvelle phase d'implémentation plus structurée, notamment en ce qui concerne les outils d'intelligence artificielle générative (IAG). Le rapport du *Massachusetts institute of technology* (MIT) intitulé *The GenAI Divide. State of AI in business 2025*⁷ a cependant ébranlé les marchés financiers, laissant planer le doute sur une possible « bulle de l'IA ». Ce rapport livre les premiers résultats du projet de recherche « NANDA » concernant le suivi de l'intégration de ces nouvelles technologies. L'enquête, conduite sur 300 projets d'implémentations issus de 52 entreprises de neuf secteurs d'activité, révèle que seuls 5 % des projets pilotes étudiés sont parvenus à générer des millions de dollars de valeur ajoutée,



tandis que la grande majorité d'entre eux restent sans impact mesurable – et ce, malgré les 30 à 40 milliards de dollars investis par ces entreprises dans l'IAG. À noter que ces projets à succès se concentrent essentiellement dans les secteurs de la tech et des médias. Après analyse, l'échec de cette mise en production est principalement lié à l'apprentissage de ces systèmes, qui n'est pas suffisamment personnalisé et entraîné sur les systèmes d'information des entreprises. Le rapport note par ailleurs la décorrélation entre l'usage de l'IAG par plus de 90 % des salariés (accompagné souvent de gains de productivité) et les projets conduits par leurs entreprises. Pour une implémentation réussie et une meilleure adoption de ces systèmes, le MIT préconise le recours à un expert technique externe, en association avec les managers et les équipes métier plutôt qu'avec un groupe central référent.

En France, d'autres organismes ont également publié de premiers états des lieux et des préconisations qui résonnent avec ce constat. On peut citer en particulier le guide de déploiement de l'IA au travail à destination des dirigeants de TPE/PME publié par le *LaborIA*⁸. Pour commencer, le laboratoire souligne que, à la différence d'autres technologies, les systèmes d'IA se distinguent par leur caractère évolutif, intrinsèquement lié au rôle de « maître d'apprentissage » du travailleur. Dès lors, le rôle d'opérateur évolue vers celui de superviseur de l'IA; or à ce jour, ces nouvelles missions de maintenance ou de contrôle qualité ne sont pas assez valorisées au sein des entreprises. Cette nouvelle réalité peut entraîner différentes réactions dommageables pour l'entreprise comme pour les salariés (excès de confiance, rejet, perte de compétences, perte de sens). Il en découle plusieurs défis à résoudre pour permettre aux salariés de s'approprier ce nouvel outil et faciliter son déploiement:

- rechercher un compromis de rationalité entre une approche gestionnaire motivée par la performance économique et une réalité du travail construite sur la reconnaissance, l'autonomie et la relation sociale;
- intégrer les travailleurs au processus d'innovation dès la conception des systèmes;
- mettre en place un dialogue social technologique autour de l'IA.

Pour appréhender chacun de ces défis, le *LaborIA* propose deux outils dont les dirigeants de TPE/PME pourront s'emparer: d'une part, une grille d'autodiagnostic⁹ reposant sur six critères de responsabilité de l'IA au travail et visant à évaluer les impacts du SIA (système d'intelligence artificielle): autonomie, reconnaissance, savoir-faire, surveillance, relations humaines et responsabilité; et d'autre part, un jeu de cartes intitulé *ExploreIA* permettant d'engager une réflexion collective autour des thématiques clés de l'organisation, du management, de l'engagement et du bien-être des salariés.

Le Cese s'est aussi penché sur les conséquences de l'IA sur la société. Deux chapitres de son étude adoptée en janvier concernent l'entreprise et le travail¹⁰. En s'appuyant sur l'indice d'exposition des emplois à l'IAG, développé par l'OIT¹¹, il revient d'abord sur la difficulté à estimer le réel impact de l'IA sur l'emploi, mais rappelle que les tendances en cours donnent à voir des secteurs plus susceptibles d'être automatisés et notamment celui de la banque assurance (avec 32 % à 37 % de tâches automatisables). Le groupe d'emploi des cadres administratifs est considéré comme le plus exposé. Cela engendre de plus fortes conséquences pour les femmes qui occupent plus souvent ce type de fonction. Par ailleurs, les jeunes diplômés pourraient s'avérer davantage vulnérables, du fait que l'IA remplace en premier les tâches simples et répétitives.



© Gael Kerbaol / INRS / 2016

tives souvent confiées aux profils les plus juniors. D'un point de vue plus général, si l'avis pointe les effets positifs attendus de l'IA (délégation des tâches répétitives et facilitation des tâches complexes, rationalisation et optimisation des processus, sécurisation du travail), il alerte surtout sur les risques: dévalorisation, perte de sens et de compétences, contrôle et surveillance, désengagement et isolement, intensification. Afin de les prévenir, le Cese recommande:

- de faire preuve de prudence avant d'adopter des systèmes d'IA et de réaliser des études d'impact en y associant les salariés ou leurs représentants;
- la négociation par les partenaires sociaux d'un accord national interprofessionnel (ANI) définissant les modalités de déploiement d'IA dans les entreprises, afin de s'assurer qu'elles répondent à des besoins réels. Cet accord doit permettre d'impliquer les travailleurs dès la conception des systèmes d'IA pour optimiser les usages;
- d'utiliser l'IA pour améliorer la sécurité, la santé et le bien-être au travail, tout en maintenant l'autonomie des salariés face à ces technologies. Il recommande aussi d'intégrer la prévention des risques liés à l'IA dans les documents et suivis de sécurité;
- d'anticiper la gestion du changement en sensibilisant les travailleurs aux avantages et inconvénients de l'IA et en planifiant des étapes claires pour son intégration;
- d'intégrer systématiquement la formation à l'IA pour les salariés dans tous les secteurs, publics comme privés, pour développer les compétences nécessaires à son usage responsable. Il propose de développer des programmes en collaboration avec le gouvernement, les entreprises et les institutions éducatives pour couvrir les aspects tant techniques qu'éthiques;
- enfin, il invite les entreprises à valoriser la complémentarité entre compétences humaines et systèmes d'IA en mettant en place des programmes de mentorat avec des experts en IA pour accompagner les employés, cela afin de renforcer l'intégration des technologies tout en préservant les savoir-faire humains.

Changement climatique:

les politiques de prévention

des risques professionnels se précisent

Face à l'intensification des effets du changement climatique sur nos sociétés, plusieurs organismes ont publié de nouveaux rapports consacrés aux impacts sur la santé des travailleurs.

C'est le cas d'un rapport publié sous l'égide de l'ONU (via l'Organisation météorologique mondiale) et de l'OMS en août dernier¹². Constatant l'émergence de problématiques de plus en plus fortes, bien au-delà de la zone équatoriale, les deux orga-

nisations se sont associées pour mettre à jour les données scientifiques d'une note technique parue en 1967 et intitulée « Facteurs sanitaires liés au travail en conditions de stress thermique¹³ ». Dans ce rapport, les auteurs commencent par revenir sur la définition du risque de stress thermique, rappelant qu'il intervient lorsque le corps d'un travailleur accumule plus de chaleur qu'il n'en dissipe, du fait des effets conjugués de la température ambiante, de l'activité physique et des vêtements portés, ce qui perturbe l'équilibre normal de la température corporelle (36,5 °C - 37,5 °C). Or, au-delà d'une température centrale de 38 °C sur une journée de travail, le risque de fatigue, de pathologies liées à la chaleur, voire de décès, augmente fortement. Suivant cette définition, les auteurs estiment que les travailleurs constituent le groupe le plus vulnérable à ce risque, étant donné les contraintes qu'ils subissent dans le cadre de leur activité. La majorité des secteurs sont concernés, le travail en extérieur est exposé au premier chef, mais le travail en intérieur est aussi concerné, notamment dans les industries à forte intensité thermique ou lorsqu'il implique une forte charge physique de travail. Or, suivant les estimations sur lesquelles la plupart des nations s'accordent, les températures devraient probablement augmenter de + 1,4 °C à + 3,1 °C d'ici à 2100, avec une hausse de la fréquence et de la durée des périodes caniculaires. Cette évolution aura pour conséquences, d'une part, une incidence toujours plus élevée des pathologies liées à la chaleur et, d'autre part, une forte baisse de la productivité des travailleurs. Concernant ces pathologies, le rapport distingue les effets bénins sur la santé (fatigue, syncope, crampes, œdème) des effets plus sévères (dysfonction et crise cardiaque, déséquilibres hydriques et électrolytiques, lésions rénales, dermatoses) pouvant entraîner une augmentation de la mortalité à long terme. Le rapport cite aussi d'autres études ayant montré les effets de la chaleur sur le nombre de cas de détresse psychologique au travail. Concernant les effets sur la productivité, le rapport s'appuie sur les résultats d'une étude récente portant sur 8000 travailleurs et rapportant une baisse moyenne de 2,6 % de la productivité pour chaque degré supplémentaire au-delà de 24 °C¹⁴. Sans surprise, les travailleurs les plus vulnérables sont les plus menacés. La troisième partie du rapport est quant à elle consacrée aux mesures visant à prévenir et à atténuer le stress thermique au travail.

On note que les organisations relèvent l'importance d'adopter à l'échelle nationale des indicateurs de stress thermique¹⁵, tels que l'indice de température au thermomètre-globe mouillé, qui pourront faciliter la prise de décisions, et ainsi améliorer la santé et la sécurité des travailleurs et réduire la morbidité. Cette recommandation fait écho à la



préconisation du Cese de développer de nouveaux indicateurs pour améliorer la prévention.

Le maintien des seniors en emploi au centre des mesures d'adaptation aux évolutions démographiques à venir

Au vu de la crise démographique qui s'amorce, le sujet du vieillissement de la population active est devenu un objet d'attention pour un grand nombre d'instituts de recherche et d'études. Ce fut le cas à l'INRS en 2024. On relève également plusieurs notes du Haut-Commissariat à la stratégie et au plan publiées sur ce sujet en 2025^{16, 17}.

À l'échelle européenne, Eurofound a également publié un rapport de recherche¹⁸ sur le sujet. Celui-ci explore notamment les facteurs d'incitation et de dissuasion qui influencent les tendances de l'emploi des seniors en Europe, et analyse les politiques et pratiques mises en œuvre par les États membres pour maintenir les travailleurs âgés sur le marché du travail. Il souligne le rôle crucial des partenaires sociaux dans la réussite de ces politiques et fournit des orientations générales à l'intention des décideurs. On peut retenir en particulier les conclusions de l'analyse de la qualité des emplois occupés par des seniors qu'il propose :

- la qualité de l'emploi est globalement meilleure pour les salariés âgés. Cela peut être en partie expliqué par un effet « travailleur sain » (les travailleurs à la santé fragile ayant été exclus du monde du travail en amont, notamment des postes les plus pénibles);
- cependant, dans certains secteurs, une proportion significative d'entre eux continue à subir des niveaux d'exposition élevés : plus de 70 % des professionnels de santé de plus de 55 ans sont confrontés à des niveaux élevés de risques physiques, et il en va de même pour plus de 60 % des cuisiniers, des agents d'entretien et ouvriers du bâtiment;
- l'étude observe que l'autonomie et la latitude décisionnelle sont essentielles pour les travailleurs âgés. Ils sont aussi plus susceptibles de rester en emploi lorsqu'ils bénéficient d'opportunités d'apprentissage et de développement. Cependant, les travailleurs âgés bénéficient moins souvent de formations et de soutien au développement. Cela peut limiter leur employabilité et leurs perspectives d'épanouissement personnel dans le travail;
- les femmes âgées ont une qualité d'emploi inférieure à celle des hommes âgés. Cela est notamment lié à une exposition plus importante à des situations émotionnellement difficiles et à des perspectives de carrière moins favorables.

Au-delà de toutes les incitations politiques et économiques envisagées pour aider au maintien des seniors au travail, le rapport souligne que le fait d'assurer des pratiques de travail durables (notam-

ment en favorisant le développement de compétences numériques, le télétravail et les politiques de santé et sécurité au travail) influe favorablement sur le niveau de fidélisation des travailleurs âgés.

En conclusion, Eurofound rappelle que, malgré une meilleure qualité d'emploi pour ce groupe, des défis persistent, comme le risque élevé de chômage de longue durée, l'âgisme et les contraintes liées aux soins familiaux, particulièrement pour les femmes. Pour maintenir les seniors dans l'emploi, les États membres doivent promouvoir des incitations publiques, des retraites flexibles, une meilleure gestion du vieillissement de la main-d'œuvre et un dialogue social renforcé. ●

1. Voir : <https://www.weforum.org/publications/global-risks-report-2025/>

2. Voir : <https://unglobalriskreport.org/UNHQ-GlobalRiskReport-WEB-FIN.pdf#page=6.11>

3. Voir : <https://www.lecese.fr/travaux-publies/prevention-en-sante-au-travail-defis-et-perspectives>

4. Voir : Employment and Social Developments in Europe. Future-oriented occupations in the EU: main features, employment conditions, and job strain. Accessible sur : https://employment-social-affairs.ec.europa.eu/future-oriented-occupations-eu-main-features-employment-conditions-and-job-strain_en&pk_source=newsletter&pk_medium=email&pk_campaign=eu_social_newsletter

5. Voir : <https://www.eurofound.europa.eu/en/surveys-and-data/surveys/european-working-conditions-survey/ewcts-2021>

6. Voir : <https://ec.europa.eu/eurostat/web/microdata/european-union-labour-force-survey>

7. Voir : https://mlq.ai/media/quarterly_decks/v0.1_State_of_AI_in_Business_2025_Report.pdf

8. Voir : https://www.laboria.ai/wp-content/uploads/2025/03/Laboria-Explorer-Guide-du-deploiement-de-ICA%BCIA-au-travail_Mars-2025.pdf

9. Voir : https://www.laboria.ai/wp-content/uploads/2025/03/Laboria-Explorer-AUTO-DIAGNOSTIC_Mars-2025-.pdf

10. Voir : <https://www.lecese.fr/actualites/intelligence-artificielle-travail-et-emploi-le-cese-adopte-son-etude>

11. Voir : <https://webapps.ilo.org/static/english/intserv/working-papers/wp140/index.html#IDOCHBG>

12. Voir : <https://www.who.int/publications/i/item/9789240099814>

13. Voir : <https://iris.who.int/items/f9c86df1-71ba-4064-9fc8-94b9509aa216>

14. Voir : FLOURIS A.D. ET AL. – Workers' health and productivity under occupational heat strain: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Planet Health*, 2018, 2, 12, pp. e521-e31.

15. Voir : PROST G, DAVEZIES P. – L'indice WBGT. Archives des maladies professionnelles de médecine du travail et de sécurité sociale, 1985, 46, 1, pp. 45-47.

16. Voir : https://www.strategie-plan.gouv.fr/files/files/Publications/2025/2025-10-28%20CollecduPlan%20n%C2%B02010%20-%20D%C3%A9crochage%20d%C3%A9mographique/H CSP-2025-CdP%20N%C2%B010-March%C3%A9%20du%20travail_27octobre12h45.pdf

17. Voir : <https://www.strategie-plan.gouv.fr/publications/des-ecoles-au-marche-du-travail-la-maree-descendante-de-la-denatalite>

18. Voir : Eurofound – Keeping older workers in the labour force. Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2025.



Les fiches HST

POLYEXPOSITION CHIMIQUE : QUELS OUTILS POUR LA PRENDRE EN COMPTE ?

Depuis 2022, la prise en compte des effets combinés sur la santé des salariés d'une exposition simultanée ou successive à plusieurs agents chimiques dans l'évaluation des risques est une obligation pour l'employeur¹. Bien que le Code du travail n'apporte aucune précision sur la méthode à déployer, il s'agit d'identifier, dans le cadre de la démarche globale d'évaluation des risques professionnels, les postes de travail susceptibles d'exposer un travailleur à plusieurs agents chimiques dont l'effet combiné pourrait être particulièrement nocif pour sa santé. Dans ce cadre, l'INRS met à disposition deux outils : Seirich et MiXie France.

Seirich : inventaire au poste de travail et repérage des substances saisissables dans MiXie France

Seirich, logiciel d'aide à l'évaluation des risques chimiques, permet à l'utilisateur de mener cette évaluation, en fonction de son niveau d'utilisation (1/Débutant, 2/Intermédiaire, 3/Expert). Les éléments évoqués dans cette fiche ne concernent que les niveaux 2 et 3 d'utilisation du logiciel.

En premier lieu, l'utilisateur réalise l'inventaire des produits chimiques utilisés dans son entreprise, qu'il associe aux postes de travail et tâches, renseignés au préalable. Pour chacun d'entre eux, il saisit les informations de composition (données disponibles dans la FDS² du produit). Le logiciel reconnaît la majorité des substances par leur numéro CAS.

Une fois l'évaluation « unitaire » des risques chimiques réalisée, l'utilisateur peut avoir accès à des informations

structurées lui permettant de poursuivre vers l'évaluation de la polyexposition chimique. Pour cela, le plan d'action proposé donne accès à la liste des substances saisissables dans MiXie France (seules les substances possédant une valeur limite sont présentes dans MiXie), qui peut être extraite au format Excel (Cf. Figure 1).

SEIRICH
Évaluer le risque chimique

Polyexpositions chimiques

Sélectionner une unité de travail | Sélectionner un poste de travail | Sélectionner une tâche

☒ Nouvelles ☒ Clôturées
☒ En cours ☐ Refusées
☒ Hors délai

Début : ex : 20/05/2026
Fin : ex : 20/05/2026

La prise en compte des risques chimiques ne s'arrête pas à l'évaluation des risques produit par produit. Il est également nécessaire de tenir compte des polyexpositions chimiques lorsqu'une situation de travail expose simultanément les salariés à plusieurs produits chimiques. Pour cela, le logiciel MiXie vous aide à identifier les dangers sur la santé liés à ces polyexpositions. Vous trouverez ci-dessous la liste des substances présentes dans la zone sélectionnée (il est conseillé de se positionner au niveau d'un poste de travail) et pouvant être intégrées dans le logiciel MiXie. Vous pourrez alors identifier les situations dans lesquelles la polyexposition chimique, par voie respiratoire, engendre un danger potentiel pour la santé des salariés. Il n'est aujourd'hui pas possible de prendre en compte les agents chimiques émis dans MiXie, il faut malgré tout en tenir compte dans la démarche.

Pour en savoir plus : [Site INRS](#) et [logiciel MiXie](#)

[Exporter les substances \(.xlsx\)](#)

Substances (présentes ce jour)	N° CAS	Saisie dans MiXie
METHANOL	67-56-1	Par le numéro CAS
ETHANOL	64-17-5	Par le numéro CAS
(2-METHOXYMETHYLETHOXY)PROPANOL	34590-94-8	Par le numéro CAS
2-AMINOETHANOL	141-43-5	Par le numéro CAS
2,6-DI-TERT-BUTYL-PARA-CRESOL	128-37-0	Par le numéro CAS
1-METHOXYPROPAN-2-OL	107-98-2	Par le numéro CAS
BUTA-1,3-DIENE	106-99-0	Par le numéro CAS
PROPANE	74-98-6	
PROPANE-2-OL	67-63-0	
2-METHOXYPROPANOL	1589-47-5	
PIN-2(10)-ENE	127-91-3	

[Retour au plan d'action](#) [Ajouter une action](#)

← FIGURE 1 Copie d'écran de Seirich, menu « Plan d'action », catégorie « Polyexpositions chimiques », avec visualisation de la synthèse des substances saisissables dans MiXie France, pour le poste de travail sélectionné « Maintenance d'une ligne de production de composants électroniques ».

© INRS

Saisie des substances

N°	Substance	Valeur limite	Concentration	IE
S1	1-Méthoxy-2-propanol 107-98-2	VLEP-8h : 188 mg/m³	74 mg/m³	39%
S2	2,6-Di-tert-butyl-p-crésol 128-37-0	VLEP-8h : 10 mg/m³	2 mg/m³	20%
S3	Ethanolamine 141-43-5	VLEP-8h : 2.5 mg/m³	0.3 mg/m³	12%
S4	1,3-Butadiène 106-99-0	VLEP-8h : 2.2 mg/m³	0.1 mg/m³	5%
S5	Alcool éthylique 64-17-5	VLEP-8h : 1900 mg/m³	574 mg/m³	30%
S6	Méthanol 67-56-1	VLEP-8h : 260 mg/m³	144 mg/m³	55%
S7	(2-Méthoxyméthyléthoxy)propanol 34590-94-8	VLEP-8h : 308 mg/m³	69 mg/m³	22%

+ Ajouter une substance Analyser ce mélange

← FIGURE 2 Copie d'écran de MiXie France présentant les substances sélectionnées, identifiées préalablement dans Seirich, et les indices d'exposition pour chaque substance (IE = concentration/VLEP).

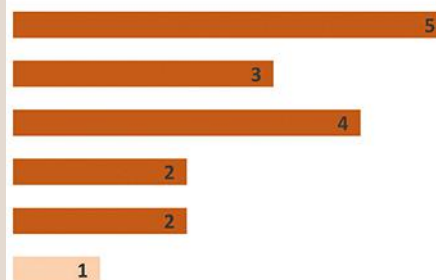
Analyse du mélange

Mode d'affichage des résultats : ☒ SYNTHÉTIQUE ☐ COMPLET

Classe d'effets toxiques	IAE	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Effets cancérogènes et/ou mutagènes	N.A.				5%			
Atteintes oculaires	157%	39%	20%	12%		30%	55%	
Atteintes du système nerveux central	125%	39%				30%	55%	
Atteintes des voies respiratoires supérieures	102%	39%	20%	12%		30%		
Atteintes hépatiques	62%	39%						22%
Atteintes cutanées	32%		20%	12%				
Atteintes des voies respiratoires inférieures	12%			12%				

← FIGURE 3 Copie d'écran du tableau de synthèse des classes d'effets toxicologiques activées pour chacune des substances saisies, présentes au poste de travail (N.A. = non applicable), et profil de polyexposition associé réalisé dans Excel (= nombre de substances activant chaque classe).

Profil de polyexposition



MiXie France : identification des potentiels effets sur la santé de plusieurs substances présentes à un poste de travail

Les substances préalablement identifiées sont sélectionnées par leur numéro CAS ou leur nom chimique; les concentrations atmosphériques peuvent être ajoutées si elles sont disponibles (Cf. Figure 2). MiXie France fournit alors une analyse de la situation de travail avec information sur la présence de substances possédant des propriétés particulières (substances CMR³, sensibilisantes, perturbateurs endocriniens, ototoxiques) et une analyse du mélange sous forme de tableau de synthèse (Cf. Figure 3). L'utilisateur peut alors facilement repérer les classes d'effets communes entre les substances et les potentielles situations à risque, correspondant aux classes d'effets pour lesquelles l'indice d'exposition à effets additionnels (IAE = ΣIE) est supérieur à 100 %.

Éléments à faire figurer dans le DUERP

Le tableau de synthèse fourni par MiXie France (Cf. Figure 3 - gauche) ou le profil de polyexposition chimique au poste de travail associé réalisé dans Excel (Cf. Figure 3 - droite) peuvent être intégrés au DUERP afin de prendre en compte ces effets combinés dans le cadre de l'évaluation des risques. Les employeurs peuvent alors les utiliser pour :

- repérer des situations de travail présentant des risques potentiels pour la santé du fait de la polyexposition chimique, qui seraient passés inaperçus avec une approche unitaire (mono-substance, concentration < VLEP);
- prioriser les actions de prévention à mener par poste à risque;
- sensibiliser les salariés au respect des mesures de prévention mises en place et
- adapter éventuellement le suivi médical. ●

1. Article R. 4412-6 du Code du travail.

2. Fiche de données de sécurité.

3. Cancérogènes, mutagènes, reprotoxiques.

POUR EN SAVOIR PLUS

- Dossier Web – Polyexpositions;
- Fiches HST : FI 6 – MiXie France; FI 26 – Seirich;
- Outils INRS : n° 45 – MiXie France; n° 58 – Seirich;
- Note scientifique NS 358 – Guide d'utilisation de MiXie France (mise à jour 2024).

Accessibles sur : <https://www.inrs.fr>

Conception-rédaction : Bénédicte La Rocca, INRS, département Toxicologie et biométrie; Florian Marc, INRS, département Expertise et conseil technique; Jennifer Shettle, INRS, département Études, veille et assistance documentaires.



HYGIÈNE & SÉCURITÉ DU TRAVAIL (HST)

publication éditée par
l'INRS, Institut national de
recherche et de sécurité pour
la prévention des accidents
du travail et des maladies
professionnelles

65, boulevard Richard-Lenoir
75011 Paris – France
Tél.: 01 40 44 30 00
Dépôt légal :
2^e trimestre 2026
n° 2511.0685
ISSN 0007-9952
[www.inrs.fr/publications/
hst/dans-ce-numero.html](http://www.inrs.fr/publications/hst/dans-ce-numero.html)

INRS service abonnements

Service Diffusion,
reprographie
et logistique (DRL)
Hygiène & sécurité du travail
Rue du Morvan, CS 60027
54519 Vandœuvre-
lès-Nancy CEDEX
Tél.: 03 83 50 20 08 /
03 83 50 98 61
abo.revues@inrs.fr

Photogravure

Keygraphic

Impression

Corlet Imprimeur
14110 Condé-sur-Noireau
France

L'autorisation de reproduire
totalement ou partiellement
des articles parus dans
Hygiène et sécurité du travail
(HST) doit être sollicitée
à l'avance et par écrit.
Toute reproduction, quel
qu'en soit le support
(à l'exception des copies
à usage interne), qui n'aurait
pas été précédée d'un accord
préalable, serait effectuée
en violation des droits
de l'éditeur.



**Retrouvez
tous les articles sur
www.hst.fr**