HYGIÈNE & SÉCURITÉ DU TRAVAIL

La revue technique de l'INRS

octobre • novembre • décembre 2023

N° 273

/ Notes techniques /

Exposition aux anesthésiants : mesures dans les établissements de soins vétérinaires

/ Étude de cas /

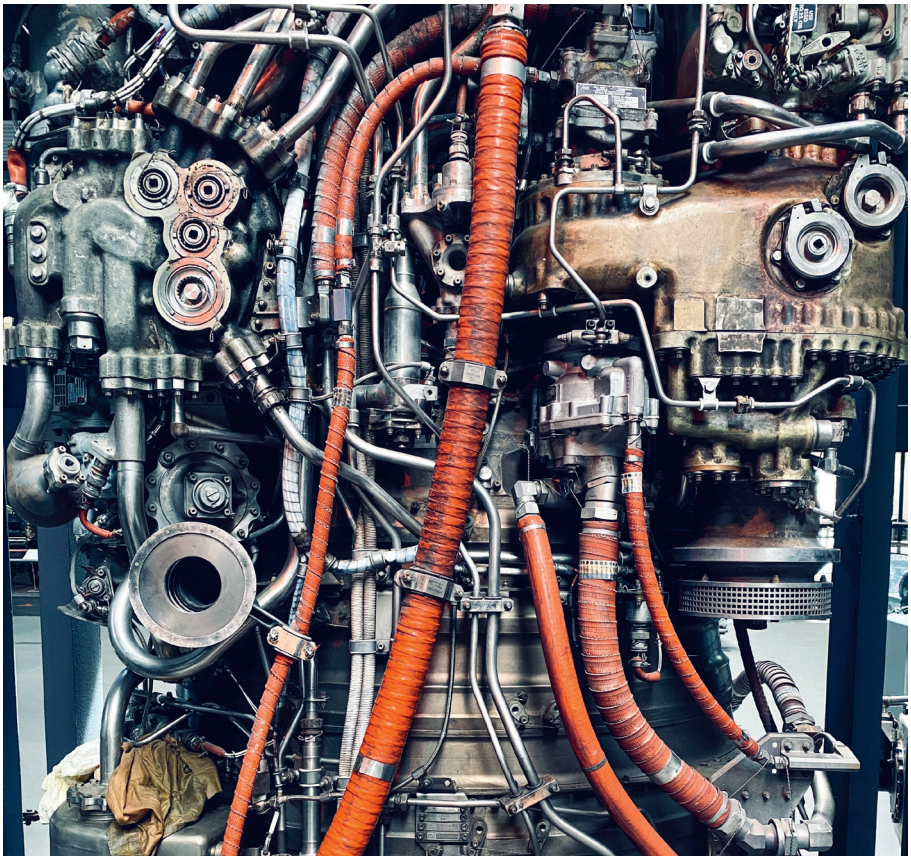
Amiante : fibres d'anthophyllite dans les papiers d'archives

/ Veille & prospective /

La surveillance numérique des salariés

/ Fiche HST /

L'outil d'évaluation des expositions au risque chimique par situation de travail



Dossier

Machines : des acteurs au service de la prévention

inrs

Institut National de Recherche et de Sécurité

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, chefs d'entreprise, élus CSE/CSSCT/CHSCT/RP, 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

HYGIÈNE & SÉCURITÉ DU TRAVAIL
E-mail rédaction : revue.hst@inrs.fr
Site Web : www.hst.fr

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION
Stéphane Pimbert
Directeur général de l'INRS

ÉQUIPE DE RÉDACTION
Antoine Bondéelle
Rédacteur en chef, INRS
Patricia Bernard
Rédactrice en chef adjointe, INRS
Aline Marcelin (INRS),
Taïna Grastilleur, Maud Foutieau
Corrections, secrétariat de rédaction
Amélie Lemaire (INRS),
Nathalie Florczak
Maquettes et infographies
Nadia Bouda
Iconographe, INRS
Sandrine Voulyzé
Chargée de fabrication, INRS
Nadège Marmignon
Assistante, INRS

COMITÉ ÉDITORIAL
Agnès Aublet-Cuvelier
Direction des Études et recherches, INRS
Patricia Bernard, Antoine Bondéelle
Équipe de rédaction, INRS
Patrick Laine
Chef du département Expertise et conseil technique, INRS
Louis Laurent
Directeur des Études et recherches, INRS
Jean-Pierre Leclerc
Chef du département Ingénierie des procédés, INRS
Fahima Lekhchine
Chef du département Information et communication, INRS
Jérôme Triolet
Direction des applications, INRS
Delphine Vaudoux
Responsable du pôle Publications périodiques, INRS

ONT PARTICIPÉ À CE NUMÉRO :
Alain Balsière, Pierre Bélingard, Antoine Bondéelle, Clémentine Borgeot, Lucas Burtin, Marie-Carmen Castello-Casteigbou, Jacques Chatillon, Jennifer Clerté, Caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif : Centre de mesures physiques/Laboratoire de toxicologie industrielle), Jean-André Deledda, Séverine Demasy, Xavier Dotal, Andrea Emili, Céline Eypert-Blaison, Nadiège Félicie, Audrey Humbert, Emmanuel Jouve, Pascal Lamy, Laurent Martinon, Gautier Mater, Sébastien Nicolas, Thomas Nivelet, Aurélie Périsse, Anita Roméro-Hariot, Benoît Pouyatos, Michaël Sarrey, Jean-François Sauvé, Barbara Savary, Lorenzo Timon, Thomas Venet, Franck Wohnsland ; les relecteurs internes de la revue, les pôles Information juridique et Traductions de l'INRS, et les photographes cités.

Photo de couverture : © Luca.Jns/unsplash

L'édito *de…*

JACQUES CHATILLON, chef du département Ingénierie des équipements de travail, INRS

© Hervé Boutet pour l'INRS/2017

La notion de machine regroupe tous les équipements de travail qui transforment de l'énergie – électrique, thermique, pneumatique, etc. – en mouvement. C'est donc une définition large, puisqu'elle inclut aussi bien les outils manuels (comme une perceuse), que les machines-outils (telle une fraiseuse) ou les véhicules de chantier (par exemple, un rouleau compresseur). Au travail, les machines sont omniprésentes, dans les ateliers, pour transformer de la matière, mais aussi pour convoyer ou transporter des produits ; sur les chantiers, pour construire des routes, des ouvrages d'art ou des bâtiments. Les risques professionnels liés à l'utilisation d'une machine doivent être évalués en mettant en lumière l'usage de la machine, et parfois le procédé. Ces risques sont variés : depuis l'émission de polluants chimiques, de poussières, de bruit ou de rayonnements, jusqu'aux risques mécaniques ou thermiques, pouvant occasionner des maladies (comme la surdité professionnelle) ou des accidents (tels les chocs, les coupures ou les brûlures).
Les statistiques montrent le poids important des machines dans l'accidentologie : environ 15 % des accidents avec arrêts supérieurs à 4 jours sont imputés aux machines. Les secteurs d'activité les plus impactés sont la métallurgie, l'industrie (bois, textile, papier, etc.) et la chimie, où les accidents du travail liés aux machines représentent plus de 20 % du total des accidents. Les principales blessures imputables aux machines sont, pour un cinquième, des contraintes physiques sur le système musculosquelettique (comme les lombalgies) et pour un autre cinquième, des coupures. Il est important de souligner qu'une part significative des accidents se produisent hors production, lors de situations particulières telles que la maintenance, le nettoyage, le réglage des machines : la prévention doit s'intéresser à toutes les phases de vie d'une machine. Cette prévention des risques implique de nombreux acteurs. Tout d'abord, un concepteur, un fabricant ou un importateur, qui doit mettre sur le marché des équipements répondant au règlement européen et aux normes adéquates.

« La prévention doit s'intéresser à toutes les phases de vie d'une machine. »

Les travaux des normalisateurs du réseau Prévention s'attachent depuis toujours à inclure la sécurité dès la conception dans les normes dites « produits ».
Les autorités (ministère et inspection du travail) et leurs délégataires, les organismes accrédités, veillent quant à eux à la conformité des machines vendues. Ensuite, l'entreprise utilisatrice joue évidemment un rôle clé dans la prévention, puisqu'elle est responsable de la santé et de la sécurité de ses salariés. Elle doit définir un cahier des charges correspondant à ses besoins, choisir une machine minimisant les risques professionnels et prévoir l'installation de l'équipement dans des locaux adéquats, pour l'utilisation quotidienne comme pour la maintenance. Aujourd'hui, l'entreprise fait parfois appel à un acteur intermédiaire, l'intégrateur, surtout quand elle a affaire à des « quasi machines » (comme des robots), nécessitant l'adaptation d'un outil particulier et d'un logiciel applicatif dédié pour fonctionner. L'entreprise utilisatrice peut s'appuyer sur des ressources internes (bureau des méthodes…) ou externes, auprès des préventeurs spécialisés des Carsat ou des experts des services de prévention et de santé au travail (SPST).
Le dossier « Machines », présenté dans ce numéro, permet de montrer cette richesse et cette diversité d'acteurs qui œuvrent pour que les machines soient utilisées en réduisant le plus possible, voire en supprimant, les risques professionnels.
Qu'on parle d'une machine qui existait au XIXe siècle comme d'une machine très récente, utilisant l'intelligence artificielle, les fondamentaux de la démarche de prévention sont suffisamment robustes pour amener les hommes et les femmes dans l'entreprise à utiliser les machines en sécurité.

SOMMAIRE

Savoirs & actualités

Décryptage
Intelligence artificielle dans une machine : quel impact sur son fonctionnement ?
P. 05

Actualité juridique
Charge de travail excessive et manquement de l'employeur à son obligation de sécurité
P. 12

Faute inexcusable de l'employeur et relaxe du chef d'homicide involontaire
P. 15

Focus normalisation
Le nouveau règlement sur les machines : ses conséquences pour les normes harmonisées
P. 16

Dossier
Machines : des acteurs au service de la prévention

- Réglementation « machines » : des prémices françaises au nouveau règlement européen
P. 20

- Regards croisés sur les atouts, limites et perspectives de la réglementation « machines »
P. 26

- Machines mobiles autonomes : apports indispensables de l'intégrateur et de l'utilisateur pour une intégration réussie
P. 32

- Robots mobiles autonomes (AMR) dans les usines et entrepôts logistiques : enjeux pour la prévention
P. 37

- Laminoirs des Landes : une démarche globale de mise en sécurité des équipements de production
P. 42

© Gaël Kerbaol/INRS/2018

Machines : des acteurs au service de la prévention.

Lire Dossier p. 18.

Études & solutions

Notes techniques

• Exposition aux anesthésiants volatils dans les établissements de soins vétérinaires : enjeux de prévention
P. 47

• Exposition aux anesthésiants volatils dans les établissements de soins vétérinaires : campagne de mesures en Île-de-France
P. 60

Étude de cas

• Amiante : présence de fibres d'anthophyllite dans des papiers d'archives
P. 74

Bases de données

• Portrait rétrospectif des expositions professionnelles dans le secteur de la fabrication de l'alimentation pour le bétail en France de 2013 à 2022
P. 82

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

Formation

Former aux risques liés aux machines : identifier les étapes clefs d'une démarche de prévention
P. 91

Agenda / Formations
P. 94

Congrès

Agenda / Congrès
P. 96

Sélection bibliographique

À lire, à voir
P. 98

Veille & prospective

Prospective

Surveillance numérique : tendances et conséquences en matière de santé et sécurité au travail
P. 101

à détacher

Les fiches HST

Comment utiliser l'outil d'évaluation des niveaux d'exposition aux substances chimiques par situation de travail ?

Savoirs & actualités

Décryptage
Intelligence artificielle dans une machine : quel impact sur son fonctionnement ?
P. 05

Actualité juridique
Charge de travail excessive et manquement de l'employeur à son obligation de sécurité
P. 12

Faute inexcusable de l'employeur et relaxe du chef d'homicide involontaire
P. 15

Focus normalisation
Le nouveau règlement sur les machines : ses conséquences pour les normes harmonisées
P. 16

Dossier
Machines : des acteurs au service de la prévention
P. 18

Décryptage

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE DANS UNE MACHINE : QUEL IMPACT SUR SON FONCTIONNEMENT ?

De nombreux domaines commencent à intégrer de l'intelligence artificielle (IA). Les systèmes d'IA rendent des services dans la vie quotidienne (à domicile, au travail), comme dans beaucoup de métiers. Ils améliorent désormais le fonctionnement des machines et ces dernières donnent aux IA la possibilité d'interagir avec le monde physique. Ce changement interpelle le préventeur sur la fiabilité de ces systèmes et sur les risques en matière de santé et de sécurité qu'ils pourraient représenter. Alimenté par la fiction et par la médiatisation de recherches en IA, ce questionnement devient prégnant. Qu'en est-il réellement ? Cet article propose d'apporter des éclairages sur la nature de l'IA, sur son implantation dans les machines et son impact sur leur fonctionnement.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MACHINERY: HOW DOES IT IMPACT MACHINE OPERATION? – ***Many fields have begun to integrate artificial intelligence (AI). AI systems perform services in everyday life (smartphones and other smart devices, etc.) and in many jobs. They now improve the operation of machines and these machines give AI the possibility to interact with the physical world. This change has alerted OSH practitioners about the reliability of these systems and the health and safety risks they may pose. Fuelled by fiction and media coverage of AI research, this topic has taken on great significance. What is really at stake though? This article sheds light on the nature of AI, its use in machines and its impact on their operation.***

MICHAËL SARREY
INRS, département Ingénierie des équipements de travail

Des machines autonomes

Il est tentant d'assimiler les machines munies d'une intelligence artificielle (IA) aux machines autonomes. En effet, la notion d'autonomie renvoie à la « *faculté d'agir librement, indépendamment* [1] ». Cependant, pour intuitive qu'elle soit, cette relation n'est ni directe, ni fréquente. Ainsi, deux questions complémentaires se posent.

Les machines dotées d'IA sont-elles autonomes ?

Le rapport technique ISO 29119-11 *(Cf. Pour en savoir plus)*, traitant du test des systèmes logiciels intégrant de l'IA, définit les systèmes autonomes comme étant « *capables de travailler sans intervention humaine pendant des périodes prolongées* ». Il n'est pas fait référence ici à la liberté d'action de la machine intégrant de tels systèmes, mais bien à sa capacité à travailler seule. Dès lors, de nombreuses machines automatiques, certaines très anciennes, dotées ou non d'IA, peuvent être qualifiées de machines autonomes.

Selon cette définition, une IA qui accroîtrait la robustesse de fonctionnement de la machine, comme la capacité à s'adapter à un environnement changeant, contribuerait à la rendre autonome en réduisant la fréquence des interventions humaines nécessaires à son ajustement. En revanche, si une IA apporte une capacité de prise →

ENCADRÉ 1

LES TECHNIQUES D'APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE

Apprentissage supervisé : Cette technique d'apprentissage se base sur un jeu d'exemples labellisés (c'est-à-dire, dont le résultat est identifié). Elle est principalement utilisée pour la classification.

Apprentissage non supervisé : Désigne une technique de mise en évidence de caractéristiques communes à plusieurs éléments d'un jeu de données non labellisées. Cette technique est utilisée notamment dans la recherche de motifs annonciateurs d'évènements (par exemple, pour de la maintenance prédictive).

Apprentissage par renforcement : Il s'agit d'une méthode d'apprentissage itérative où le programme reçoit une « récompense » (ou une « punition ») en fonction de l'évaluation de son action. En cherchant à maximiser ses récompenses, le programme optimisera son action après chaque itération.

de décision autonome à une machine, par exemple de s'arrêter pour préserver la sécurité d'un opérateur, la machine en question n'en deviendrait pas, pour autant, autonome. L'utilisation d'IA dans une machine n'entraîne pas nécessairement son autonomie. Est-ce réciproque ?

Les machines autonomes intègrent-elles de l'IA ?

Les AGV (en anglais : *automatic guided vehicles*) sont des chariots de transport de biens autonomes et guidés. Autonomes, parce qu'ils déclenchent leur mission sans ordre humain explicite (les missions sont appelées par les équipements de l'atelier ou par le système de gestion de production) et guidés, parce qu'ils suivent une piste préétablie. Les AGV sont des machines autonomes, mais aujourd'hui, en général, ces véhicules ne disposent pas d'IA dans leur système de commande.

Ainsi, pour les machines, la question de l'autonomie n'est pas nécessairement liée à l'implantation d'une IA dans leur système de commande.

Des machines apprenantes

Mais qu'est-ce que l'IA si elle ne permet pas de rendre les machines plus autonomes ? La question de la définition de l'IA reste aujourd'hui sans réponse unique.

Dans le cadre des machines, l'automatique a apporté d'énormes capacités aux machines ; l'autonomie (comme vu précédemment), la prise de décision logique, le séquencement de tâches complexes ou encore la perception de leur environnement. Cependant, pour complexes qu'elles soient, ces fonctions automatiques ont toutes en commun d'avoir été spécifiées, modélisées, implémentées et testées par des automaticiens humains. Ces fonctions permettent la conception de machines automatiques qu'on qualifiera de « conventionnelles ».

Durant la décennie 2010, l'apprentissage automatique s'est développé grâce à la technologie des réseaux de neurones artificiels et à l'accroissement de la puissance de calcul des ordinateurs. Cette technologie a donné aux programmes d'ordinateurs la capacité d'apprendre. Cet apprentissage est réalisé par des algorithmes, sur la base d'une multitude d'exemples et non pas par la mémorisation et l'application de règles préétablies.

Ainsi, une machine qui possède la faculté d'apprendre ses actions par l'observation et la synthèse d'exemples de tâches sera qualifiée de « *machine intégrant une IA* ». Il s'agit d'un réel changement de paradigme dans la manière de concevoir le système de commande d'une machine. Le programme de la machine n'est alors pas écrit, ou même décrit, par un automaticien, mais il est déduit de l'observation des exemples qui lui sont soumis par un algorithme d'apprentissage *(Cf. Encadré 1)*.

Les méthodes de programmation et leurs conséquences sur les machines

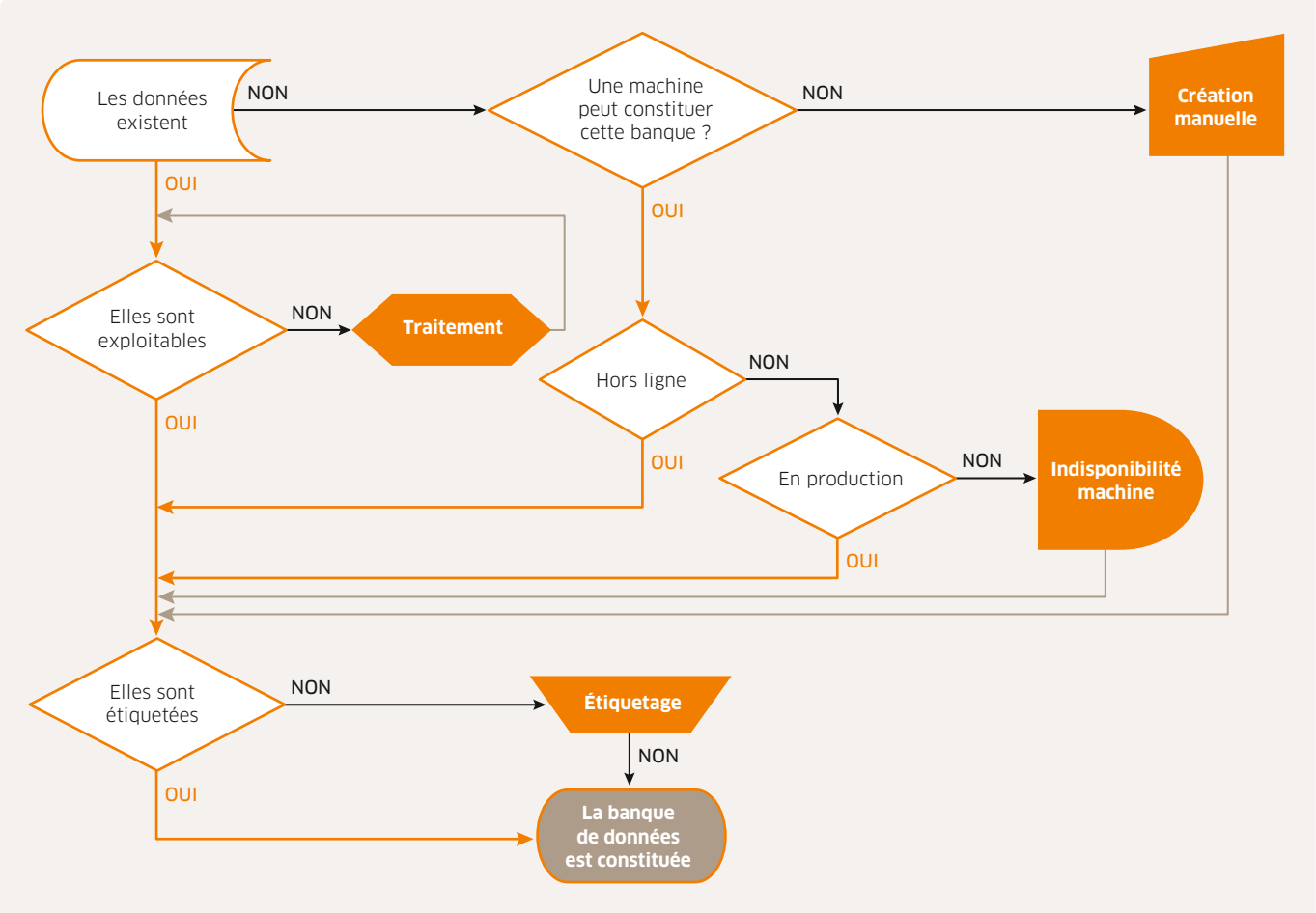
Deux voies permettent donc de programmer des machines automatiques : la voie analytique, où un automaticien spécifie et programme le système de commande, et celle pour laquelle le programme est – au moins partiellement – le produit d'un algorithme d'apprentissage automatique. Cette dernière voie peut répondre au nom d' « automatisme appris *(learned automation : LA)* ».

Dans le cas du LA, pour obtenir un programme de commande de la qualité requise par le cahier des charges, plusieurs critères doivent être pris en compte :

- l'adéquation de l'algorithme d'apprentissage avec les fonctions à réaliser ;
- la quantité d'exemples à fournir à l'algorithme ;
- la qualité de ces exemples (il peut y avoir des erreurs de labellisation ou une mauvaise représentativité des échantillons, etc.) ;
- et l'aptitude de l'algorithme d'apprentissage à fournir des indicateurs de ses propres performances.

Si l'évaluation de ces critères permet de répondre aux exigences des fonctions réalisées par la machine, le programme de commande aura un comportement tout à fait comparable à une machine conventionnelle. Son mode de programmation aura simplement fait appel à une IA ; un moteur d'inférence (ou partie du système qui réalise la prise de décision) déterministe exécutera son programme.

Cependant, trois aspects de cet apprentissage méritent une attention particulière : la banque de données, l'opacité du programme LA et l'apprentissage continu.



↑ FIGURE 1
Logigramme de constitution d'une banque de données.

La banque de données

Comme cela a déjà été évoqué, les algorithmes d'apprentissage requièrent des exemples pour construire leur logique. Dans le cas de l'apprentissage supervisé, ces exemples sont constitués d'une information d'entrée – il s'agit de la question posée au moteur d'inférence – et du résultat attendu, soit la réponse. Cette désignation du résultat attendu est appelée « labellisation » (ou encore « étiquetage »). L'ensemble des données d'entrées associées à leur label constitue le jeu de données labellisées.

Pour apprendre à résoudre un problème complexe, le système d'IA devra analyser de nombreux couples de données [question ; réponse]. Le nombre de couples de données pourra varier de plusieurs centaines à plusieurs centaines de milliers. Ainsi, la première difficulté est de constituer le jeu de données et de les labelliser. Généralement, la labellisation est effectuée par des opérateurs humains, ce qui constitue une tâche laborieuse. Elle peut être réalisée aisément pour des problèmes simples, mais elle peut également devenir titanesque quand des millions de données sont concernées. En outre, par construction, plus la tâche est complexe, plus le nombre d'exemples nécessaires est élevé et plus la labellisation d'une donnée est compliquée, car celle-ci demande davantage d'acuité aux opérateurs.

À titre d'exemple, l'utilisation d'une machine capable de pulvériser de l'herbicide sur les adventices tout en épargnant les cultures[2] illustre cette difficulté. La machine utilise une caméra dotée d'un algorithme d'apprentissage pour discriminer les types de plantes et pilote les buses de pulvérisation de l'herbicide. L'entraînement de cette IA nécessite plusieurs dizaines de milliers d'images de plantes, et leur labellisation de réelles compétences en agronomie.

En plus des contraintes de labellisation, la grande masse de données nécessaire à l'entraînement des systèmes d'IA présente une autre difficulté : celle de la méthode pour constituer une telle banque de données.

La *Figure 1* présente un logigramme des étapes nécessaires à la constitution d'une banque de données, ainsi que les contraintes (en orange) que cela implique.

Dans le cas où les données sont préexistantes, il est nécessaire de s'assurer de leur qualité et de leur représentativité du problème posé. Pour évaluer, voire améliorer ces données, un traitement

→

ENCADRÉ 2

EXEMPLE DE LABELLISATION APPLIQUÉ AU TRI DE MYRTILLES

Pour créer une installation de contrôle qualité automatique de myrtilles, plusieurs centaines de milliers d'exemples peuvent être nécessaires afin de distinguer toute la diversité des critères qualifiant l'état des fruits (présence ou absence de défauts). Sur une installation de tri manuel, une machine d'acquisition d'images sur la bande transporteuse des myrtilles qualifiées de « bonnes », et une autre sur celles qualifiées de « mauvaises », permettent de constituer automatiquement la banque d'images labellisées. Il s'agit ici d'une labellisation *a priori*, car la classe de la myrtille est définie par l'emplacement de la prise de vue (bande « myrtilles sans défaut » ou bande « myrtilles avec défaut »).

Voir par exemple : https://www.tomra.com/en/food/machines/kato-lucai

préalable peut s'avérer nécessaire. Ce traitement fait appel à des compétences particulières *(Data science)* encore peu répandues.

Si les données d'apprentissage ne sont pas disponibles, il faudra les « produire ». Pour ce faire, deux stratégies peuvent être mises en place :

- la production manuelle (cette organisation est incompatible avec des banques nécessitant d'énormes quantités de données) ;
- l'acquisition automatique de données, avec deux possibilités :
  - hors ligne : utilisation d'une machine spécifiquement dévolue à la construction de la banque de données ;
  - en ligne : une machine acquiert les données et les enregistre. Si cette acquisition est réalisable sans contrainte rédhibitoire pendant la production, elle n'engendrera pas d'indisponibilité de la machine.

Ce dernier mode – automatique, en ligne, en production – sera privilégié car il n'implique pas la réalisation de machine spécifique pour la construction de la banque de données, et pas d'arrêt de production. Ensuite, si les principes de production de données

Télé-opération d'un robot agile dans le cadre de l'étude INRS sur l'impact de l'IA dans les machines.

© INRS/2023

ne génèrent pas intrinsèquement de labellisation, il sera nécessaire de les labelliser. Parce qu'elle est laborieuse lorsqu'elle est réalisée *a posteriori,* cette tâche sera préférentiellement effectuée pendant l'acquisition des données (lorsque c'est possible).
De plus, les erreurs de labellisation peuvent avoir des conséquences importantes sur la qualité des résultats du LA. Parce qu'elle ne nécessite pas de traitement manuel sur les données, une procédure d'étiquetage *a priori* générera moins d'erreurs.

L'opacité du programme LA

Dès lors que la banque de données est constituée et que l'algorithme d'apprentissage est sélectionné, il convient de lancer l'entraînement du modèle qui consiste donc à faire « digérer » les données à l'algorithme. Cette procédure informatique, chronophage et mobilisatrice en ressources système, produit le modèle entraîné qui constituera le moteur du LA. Elle fournira également un score de performance du système qu'il est nécessaire de construire.
Toujours dans le cas d'un apprentissage supervisé pour résoudre un problème de classification *(Cf. Encadré 2* pour la classification de fruits), les indicateurs de performance sont construits à partir d'une matrice, appelée matrice de confusion *(Cf. Encadré 3)*.
Plusieurs indicateurs (ou métriques) peuvent être déduits de la matrice de confusion, comme la justesse (les 89 % de l'exemple cité en *Encadré 3*), la précision, la sensibilité, la spécificité, etc. Tous ces indicateurs permettent d'améliorer la lecture de la matrice de confusion, mais aucun n'apporte d'information sur la construction de chaque décision de l'IA (pourquoi 6 défauts de myrtilles n'ont-ils pas été observés ? Pourquoi 5 myrtilles ont-elles été considérées avec défaut, alors qu'elles n'en présentaient pas ?…).
Ce problème « *d'opacité de la prise de décision des systèmes LA* » est la conséquence de la multitude des paramètres (plusieurs centaines de milliers) réglés par l'algorithme d'apprentissage lors de l'entraînement. Même si ces valeurs sont toutes accessibles, la complexité engendrée par leur multiplicité rend impossible la relecture du cheminement d'une décision.
Ainsi, parce que les tests ne peuvent être exhaustifs (impossible de présenter au système toutes les myrtilles dans toutes les conditions d'observation) et parce qu'il est impossible de suivre le chemin qui a conduit à la décision prise par le système, les systèmes LA restent opaques et leur validation[3] s'avère à ce jour inatteignable.

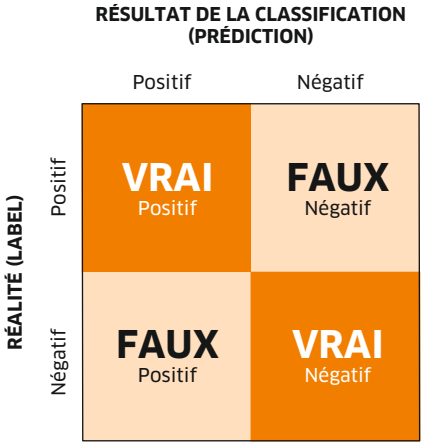
L'apprentissage continu

Dans le cadre de l'apprentissage supervisé, les systèmes LA sont programmés grâce à des

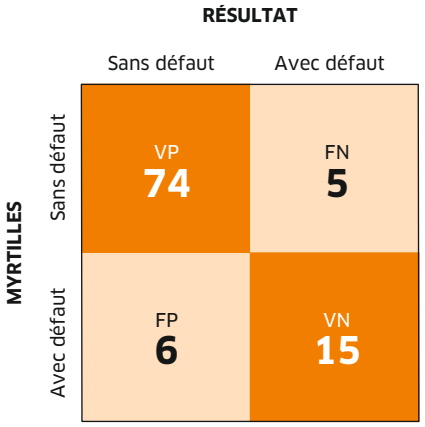
ENCADRÉ 3

LA MATRICE DE CONFUSION

Cette matrice est renseignée à partir d'un jeu de données labellisées qui n'ont pas été utilisées pour l'entraînement. Ces données sont présentées au système pour tests. Les résultats de ces tests permettent de renseigner, par dénombrement, cette matrice. Grâce au jeu de tests, elle est générée automatiquement par l'algorithme d'apprentissage.



Pour illustrer, prenons un jeu de tests comprenant 100 myrtilles dont 21 comportent un défaut.
Le système renvoie la matrice de confusion suivante :



Cette matrice montre donc que sur 100 myrtilles :
- 89 ont été bien évaluées (« vrais positifs et vrais négatifs ») ;
- 5 ont été perçues comme présentant des défauts alors qu'elles n'en ont pas en réalité (« faux négatifs ») ; et
- 6 ont des défauts avérés mais qui sont passés inaperçus (« faux positifs »).

Elle présente un taux de réussite au test global de 89 %.
Elle permet également de distinguer les types d'erreur :
- 5 myrtilles sans défaut iront rejoindre les déclassées (ce qui génère une perte de productivité) ;
- 6 myrtilles présentant des défauts seront vendues comme de qualité supérieure (ce qui génère une perte de qualité).

→

exemples de leur propre tâche. Ainsi, après leur mise en service et donc leur entraînement initial, ils seront en mesure d'observer les nombreux exemples qu'eux-mêmes produiront. Il paraîtrait donc naturel d'utiliser cette source de nouveaux exemples pour enrichir leur programme et ainsi les faire progresser. On pourrait appeler ce principe « l'apprentissage continu ».

Or, les résultats enregistrés par un système en service proviennent de lui-même, ils ne peuvent donc pas être considérés comme fiables. En effet, le jeu d'exemples utilisé pour l'entraînement doit être labellisé (le résultat attendu doit être attaché à l'observation). En d'autres termes, sans validation de chaque exemple par un tiers, le jeu de données autoproduit par le système ne peut le faire progresser.

Par contre, une procédure d'optimisation, supervisée par un opérateur humain et dans un mode spécifique est tout à fait envisageable. Pour reprendre l'exemple précédent, un opérateur corrigeant en sortie de machine les erreurs d'appréciation du système permettrait de labelliser les faux positifs et les faux négatifs pour constituer un nouveau jeu de données d'apprentissage.

Conclusion

Grâce à l'IA, une machine acquiert de nouvelles capacités, comme le classement d'objets naturels ou artificiels (cultures ou adventices, myrtilles, déchets, etc.) selon certaines caractéristiques. Ces facultés étaient inaccessibles aux machines dépourvues d'IA. Cependant, l'IA n'affecte pas directement le fonctionnement de la machine; par exemple, celle-ci ne prendra pas l'initiative de démarrer spontanément ou de partir sur des chemins qui lui sont inconnus. En somme, si les machines dotées d'IA ont des capacités supérieures à celles qui n'en ont pas, elles ne sont pas plus autonomes pour autant. L'IA, dans une machine, n'implique pas un comportement « intelligent » de celle-ci.

Les machines dont le système intègre de l'automatisme appris (LA) restent des machines, avec leurs énergies et leurs dangers. Cette particularité du système n'engendre pas de danger supplémentaire. Elle permet de créer des automatismes plus complexes, capables de traiter des informations plus diversifiées, comme des images d'objets naturels ou de milieux extérieurs ouverts. Cependant, la nature opaque de l'apprentissage automatique rend la validation des programmes extrêmement complexe, voire irréalisable. C'est la raison pour laquelle le LA ne peut jusqu'alors pas intégrer la chaîne logique d'une fonction dédiée à la sécurité d'une machine.

Pourtant, la réglementation européenne, dans le règlement « Machines », qui remplacera l'actuelle directive 2006/42/CE en janvier 2027[4], prévoit cette éventualité. Ce règlement prendra en compte les machines dont une fonction de sécurité utilisera du LA. De plus, une autre mention à l'apprentissage automatique est faite : il envisage des machines dont le comportement serait autoévolutif, c'est l'apprentissage continu. Il s'agirait de machines dont l'entraînement continuerait pendant leur exploitation.

La démarche d'évaluation et de réduction des risques reste applicable pour les machines intégrant l'automatisme appris dans leurs fonctions standards. En revanche, pour les fonctions de sécurité, même si la future réglementation l'envisage, l'inexplicabilité des algorithmes reste aujourd'hui un obstacle à la certification « CE » des machines. ●

1. Voir : https://dictionnaire.lerobert.com/definition/autonomie

2. Voir : https://carbonbee-agtech.fr/

3. Selon la norme NF EN 61508-4, la validation est la confirmation, par examen et apport de preuves tangibles, que les exigences particulières pour un usage spécifique prévu sont satisfaites.

4. Voir dans ce numéro : dossier « Machines », pp. 18-44. Accessible sur : https://www.inrs.fr/publications/hst/dossier.html

POUR EN SAVOIR +

• **ISO** – *Document ISO/IEC TR 29119-11 – Ingénierie du logiciel et des systèmes – Essais du logiciel – Partie 11 : lignes directrices relatives aux essais portant sur les systèmes dotés d'IA,* 2020. Accessible sur : https://www.iso.org/fr/standard/79016.html (document payant).

• **INRS** – *L'intelligence artificielle au service de la santé et de la sécurité au travail : enjeux et perspectives à l'horizon 2035. Synthèse.* Coll. Veille & prospective, 2022, PV 20. Accessible sur : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=PV%2020

• **INRS/EUROGIP** – *L'intelligence artificielle rencontre la santé et sécurité au travail.* In : Journée Euroshnet, Paris, 20 octobre 2022. Accessible sur : https://eurogip.fr/conference-euroshnet-2022-intelligence-artificielle-et-sst/ ; et https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=NO%2037

• **ISO** – *Document TR 22100-5 – Sécurité des machines – Relation avec l'ISO 12100 – Partie 5 : implications de l'intelligence artificielle pour l'apprentissage automatique,* 2021. Accessible sur : https://www.iso.org/fr/standard/80778.html (document payant).

Participez à la recherche

Risque machine

→ Quels usages numériques avec les machines industrielles et quelles pratiques de cybersécurité ?

Votre entreprise…

- Utilise des machines industrielles : machines-outils, installations automatisées, lignes d'assemblage, presses, machines d'emballage… Ces machines peuvent être connectées, reliées à des réseaux informatiques internes ou externes. En cas d'acte malveillant, vous risquez un arrêt de production, des dommages matériels, voire un accident du travail.
  L'INRS mène actuellement une étude pour aider les entreprises à prendre en compte le « risque cyber » en milieu industriel et son impact pour la santé et sécurité des travailleurs.

L'INRS a besoin de votre participation à cette étude

pour recueillir par questionnaire des informations sur les usages que vous faites du numérique avec vos machines, vos pratiques en matière de cybersécurité et votre perception sur le risque de cyberattaque et ses conséquences sur les machines et les travailleurs. Le recueil de ces informations aidera l'INRS à construire une méthode d'analyse de « risque cyber » pour les machines, à des fins de prévention des risques professionnels.

> Comment se déroulera l'étude ?

En fonction du profil professionnel du répondant (production et HSE, maintenance-travaux neufs ou informatique), un questionnaire au format électronique, adapté à chaque profil, sera à renseigner. Le questionnaire est prévu pour être spécifique à une machine.
Si plusieurs machines sont disponibles dans l'entreprise, un questionnaire pourra être rempli pour chaque machine.
Les questionnaires sont anonymes (entreprise et répondant non identifiés) et les réponses confidentielles.
Le temps de remplissage d'un questionnaire est estimé à 15 minutes environ.

Vous souhaitez participer ?

L'accès au questionnaire se fait en ligne sur un site sécurisé. Pour y accéder, scannez ce QR-code ou rendez-vous sur :

https://manager-enquetes.inrs.fr/SurveyServer/s/cpi/CyberSecuriteMachines/Machines.htm

Les retours des questionnaires sont attendus pour le
30 juin 2024 au plus tard.

Pour toute question, contacter Pascal Lamy, département Ingénierie des équipements de travail, 03 83 50 98 25 • pascal.lamy@inrs.fr

Actualité juridique

CHARGE DE TRAVAIL EXCESSIVE ET MANQUEMENT DE L'EMPLOYEUR À SON OBLIGATION DE SÉCURITÉ

Cour de cassation, chambre sociale, 13 avril 2023, n° 21-20.043.
Accessible sur : https://www.legifrance.gouv.fr.

L'employeur qui ne justifie pas avoir mis en œuvre des entretiens annuels permettant d'évoquer la charge de travail du salarié et son adéquation avec sa vie personnelle manque à son obligation de sécurité.

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

Les faits

Dans cette affaire, un salarié engagé en qualité de « responsable monde grands comptes » par une société à dimension internationale a été licencié. Contestant son licenciement, celui-ci a saisi la juridiction prud'homale de demandes relatives à l'exécution et à la rupture de son contrat de travail. Il faisait notamment valoir un manquement de l'employeur à son obligation de sécurité, en raison de sa charge de travail excessive *(Cf. Encadré)*, et réclamait à ce titre le paiement de dommages et intérêts.

Arguments de l'employeur

Au soutien de son argumentation, l'employeur indiquait pour sa part que la responsable managériale du salarié concerné avait effectivement adressé de nombreux mails pour lui demander d'accomplir des tâches. Or, les délais impartis lors des demandes initiales étaient raisonnables et, si les messages étaient adressés à des horaires tardifs ou lors des fins de semaine, ils correspondaient au rythme de travail de sa supérieure hiérarchique et n'appelaient pas de réponse immédiate.
De plus, lorsque le salarié s'était trouvé en période de congés lors de l'expédition du mail, il avait bénéficié d'un délai supplémentaire pour y répondre. Les réponses n'étaient demandées dans des délais plus courts que lorsque le délai initial n'avait pas été respecté. Enfin, à plusieurs reprises, la responsable avait été sollicitée directement par d'autres personnes qui lui avaient signalé une urgence ou une absence de réponse du salarié.

Décision de la cour d'appel

Pour la cour d'appel, le rythme de travail important de l'intéressé n'était donc pas démontré par les éléments versés aux débats. À deux reprises, la responsable avait indiqué que, s'il n'était pas en mesure d'assurer certaines tâches, il devait le signaler, lui proposant expressément de l'aide pour son activité. De plus, la fiche d'aptitude du médecin du travail, ainsi que l'attestation de suivi infirmier de la médecine du travail produites par l'employeur dans le cadre de ce contentieux, témoignaient du suivi de l'état de santé du salarié et indiquaient qu'à l'issue du dernier rendez-vous, aucune autre visite n'avait été organisée.
Au regard de ces éléments, la cour d'appel a rejeté la demande du salarié et constaté « *l'absence de manquement imputable à l'employeur* ». Pour cette même juridiction, « *l'employeur, tenu d'une obligation de sécurité envers les salariés, doit prendre les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé physique et mentale des travailleurs. Il ne méconnaît pas cette obligation légale s'il justifie avoir pris toutes les mesures prévues par les articles L. 4121-1 et L. 4121-2 du Code du travail* ».
C'est dans ces circonstances que le salarié a formé un pourvoi devant la Cour de cassation.

Décision de la Cour de cassation

Dans son arrêt rendu le 13 avril 2023, la Cour de cassation casse et annule l'arrêt rendu par la cour d'appel et juge que l'absence d'entretiens annuels pour évoquer la charge de travail du salarié et

son adéquation avec sa vie personnelle constituent un manquement à l'obligation de sécurité : « *En statuant ainsi, alors qu'elle avait constaté que, contrairement à ce qu'il soutenait, l'employeur ne justifiait pas avoir mis en œuvre des entretiens annuels au cours desquels étaient évoquées la charge de travail du salarié et son adéquation avec sa vie personnelle, le seul compte rendu d'entretien produit, en date du 26 avril 2013, dénommé "évaluation de la performance 2012", ne contenant aucune mention relative à la charge de travail, ce dont il résultait que l'employeur avait manqué à son obligation de sécurité, la cour d'appel, à qui il appartenait de vérifier si un préjudice en avait résulté, a violé le texte susvisé.* »
Cet arrêt est conforme à la jurisprudence constante en la matière. Comme le démontrent les arrêts de la Cour de cassation, une charge de travail excessive peut, suivant les situations, avoir différentes conséquences juridiques et, notamment :

- faire partie des éléments pris en compte pour caractériser une faute inexcusable de l'employeur ;
- justifier une prise d'acte de rupture du contrat par le salarié ;
- caractériser un harcèlement moral ;
- caractériser un manquement de l'employeur à son obligation de sécurité ;
- faire partie des éléments permettant de caractériser un risque grave justifiant une expertise du CSE.

Surcharge de travail et faute inexcusable de l'employeur

En cas d'accident du travail, une charge de travail excessive peut faire partie des éléments pris en compte pour caractériser une faute inexcusable de l'employeur. C'est ainsi que, dans un arrêt rendu en 2013, les magistrats ont pu estimer que le suicide d'un salarié était dû à la faute inexcusable de l'entreprise. Ils ont notamment mis en avant le fait que les supérieurs hiérarchiques, pourtant informés du profond désarroi de la victime, avaient tardé à réagir et n'avaient jamais réellement recherché à améliorer ses conditions de travail, ni contrôlé ses horaires de travail qui, selon les relevés de l'inspection du travail, avaient atteint une amplitude de 10 à 12 heures par jour et révélaient l'incapacité du salarié à assurer l'exécution de ses nouvelles attributions dans des conditions satisfaisantes respectant l'exigence d'un repos quotidien suffisant[1].

Surcharge de travail et rupture du contrat de travail aux torts de l'employeur

En dehors de tout accident de travail, une charge de travail excessive d'un salarié, compte tenu de son temps de travail, peut caractériser un manquement de l'employeur à son obligation de sécurité et justifier une prise d'acte de rupture du contrat par ce dernier. Dans une affaire similaire à celle précédemment commentée, bien qu'alerté à plusieurs reprises par le salarié sur sa surcharge de travail, l'augmentation de ses tâches et sur son état d'anxiété, l'employeur n'avait apporté aucune réponse à l'intéressé et n'avait pris aucune mesure de nature à améliorer ses conditions de travail[3].
Dans un autre arrêt, la Cour de cassation a considéré que l'employeur qui impose au salarié, en dépit de ses multiples plaintes, des horaires de travail importants ne lui permettant plus de disposer du repos légal hebdomadaire est de nature à compromettre sa santé. De tels manquements sont d'une gravité suffisante pour justifier la prise d'acte de la rupture du contrat aux torts de l'employeur par le salarié[4].

Surcharge de travail et harcèlement moral

Une charge de travail excessive ne permet pas de caractériser un harcèlement moral, mais peut être prise en considération par les juges comme élément permettant d'en reconnaître son existence. C'est ainsi que les magistrats ont notamment retenu comme éléments permettant de qualifier le harcèlement moral d'une salariée :

- l'accroissement de ses tâches imposé par l'employeur ;
- des dates de prise de congés, ainsi qu'un changement de bureau ne lui convenant pas ;
- la participation obligatoire à de nombreuses réunions à la demande de ses supérieurs ;
- de nombreuses sollicitations lui faisant perdre son temps.

Il a ainsi été démontré que l'ensemble de ces éléments a pu entraîner une altération de la santé de la salariée, susceptible de caractériser l'existence d'un harcèlement moral[5].

ENCADRÉ

DÉFINITIONS JURISPRUDENTIELLES[2]

Selon la Cour de cassation :

• la *charge de travail* est généralement définie comme la description de l'activité d'un salarié pendant une période donnée, en mettant en correspondance le temps donné pour effectuer une tâche, les moyens matériels, les connaissances et expériences de l'intéressé ;

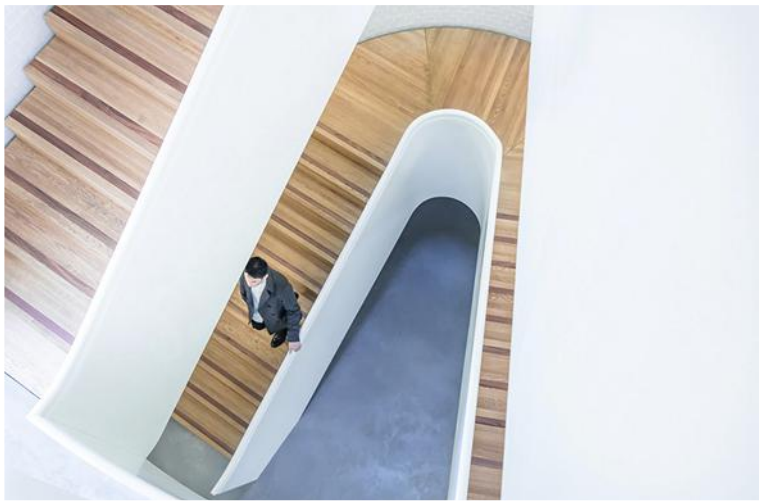
• la *surcharge de travail* est pour sa part définie comme correspondant à l'inadéquation d'une partie ou de l'ensemble des moyens dont dispose le salarié pour effectuer les tâches qui lui sont demandées, la surcharge aboutissant ou se manifestant par l'apparition de symptômes de souffrance au travail, de stress. La surcharge de travail peut également procéder d'une inadéquation du profil du salarié en cause par rapport aux exigences de son poste de travail ou d'une inadaptation de l'organisation du travail.

À noter : en cas de projet de réorganisation et de réduction des effectifs, l'employeur doit, poste par poste, évaluer en amont de son projet la charge de travail qui va être transférée aux salariés restants.

Dans une autre affaire, la Cour de cassation a retenu, pour qualifier l'existence d'un harcèlement moral, que « *les méthodes de gestion répétées sur une longue période mises en œuvre par l'employeur, au mépris des réelles difficultés signalées par la salariée pour faire face à sa charge de travail, avaient provoqué une altération de la santé physique et mentale de celle-ci* »[6].

Surcharge de travail et manquement de l'employeur à son obligation de sécurité

Selon la jurisprudence constante, les absences prolongées et répétées d'un salarié, résultant de son état de santé, peuvent dans certains cas constituer une cause réelle et sérieuse de licenciement si elles perturbent l'organisation et le bon fonctionnement de l'entreprise.



© Raphaël Koh

Toutefois, la Cour de cassation a notamment considéré, dans un arrêt de 2013, que lorsque l'absence prolongée du salarié pour cause de maladie résulte d'un manquement de l'employeur à son obligation de sécurité, ses conséquences sur le fonctionnement de l'entreprise ne peuvent pas être invoquées pour justifier un licenciement.

En l'espèce, la salariée était exposée à un stress permanent et prolongé, lié à sa surcharge de travail, conduisant à un épuisement professionnel de nature à entraîner une dégradation de son état de santé susceptible de caractériser un lien entre la maladie de la salariée et un manquement de l'employeur à son obligation de sécurité. Par conséquent, l'employeur ne pouvait se prévaloir de l'absence prolongée de la salariée pour justifier un licenciement[7].

Surcharge de travail et risque grave justifiant une expertise du Comité social et économique

La surcharge de travail peut également être prise en compte pour admettre l'existence d'un risque grave et justifier l'expertise décidée par le CSE. C'est ce qu'a pu considérer la Cour de cassation dans une affaire concernant le rachat d'une entreprise et la nécessité d'intégrer de nouveaux salariés[8].

Dans cette affaire, la défaillance des services support du siège (services réseau, informatique, RH, paye, facturation) avait obligé les salariés d'une direction régionale à se charger seuls de l'intégration des nouveaux arrivants sans les moyens nécessaires en personnel, ce qui avait généré une surcharge de travail à l'origine d'arrêts de travail pour épuisement professionnel.

Charge de travail des salariés en forfait jours ou en télétravail

Tel que le précise l'article L. 3121-64 du Code du travail, tout accord collectif autorisant la conclusion de conventions individuelles de forfait en jours sur l'année doit déterminer les modalités selon lesquelles :

- l'employeur assure l'évaluation et le suivi régulier de la charge de travail du salarié ;
- l'employeur et le salarié communiquent périodiquement sur la charge de travail du salarié, sur l'articulation entre son activité professionnelle et sa vie personnelle, sur sa rémunération ainsi que sur l'organisation du travail dans l'entreprise.

À défaut d'accord, et si rien n'est prévu, l'employeur doit s'assurer que la charge de travail du salarié est compatible avec le respect des temps de repos quotidiens et hebdomadaires, et organiser une fois par an un entretien avec le salarié pour évoquer sa charge de travail qui doit être raisonnable[9].

En cas de télétravail, l'accord collectif ou, à défaut, la charte élaborée par l'employeur doit préciser les modalités de contrôle du temps de travail ou de régulation de la charge de travail, ainsi que les plages horaires durant lesquelles l'employeur peut habituellement contacter le salarié en télétravail.

L'employeur doit par ailleurs organiser chaque année un entretien qui porte notamment sur les conditions d'activité du salarié et sa charge de travail[10]. ●

1. Cour de cassation, 2e chambre civile, 19 septembre 2013, n° 12-22.156.

2. Cour de cassation, chambre sociale, 5 mars 2015, n° 13-26.321.

3. Cour de cassation, chambre sociale, 7 juillet 2016, n° 15-10.546.

4. Cour de cassation, chambre sociale, 28 mai 2013, n° 12-12.862.

5. Cour de cassation, chambre sociale, 8 novembre 2011, n° 10-15.834.

6. Cour de cassation, chambre sociale, 21 décembre 2017, n° 16-13.343.

7. Cour de cassation, chambre sociale, 13 mars 2013, n° 11-22082.

8. Cour de cassation, chambre sociale, 25 septembre 2019, n° 18-14.110.

9. Article L. 3121-65 du Code du travail.

10. Articles L. 1222-9 et L. 1222-10 du Code du travail.

Actualité juridique

FAUTE INEXCUSABLE DE L'EMPLOYEUR ET RELAXE DU CHEF D'HOMICIDE INVOLONTAIRE

Cour de cassation (2e chambre civile) 13 avril 2023, pourvoi n° 21-20947. Accessible sur : https://www.legifrance.gouv.fr.

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

Un salarié est décédé d'une chute alors qu'il intervenait seul sur le chantier d'une maison en construction pour effectuer des travaux de finition sur la chaufferie. À la suite de l'accident, l'employeur de la victime et le maître d'œuvre de la construction ont été poursuivis du chef d'homicide involontaire. Ils ont été relaxés par la juridiction répressive.

Celle-ci a jugé que rien n'avait permis de déterminer les causes de la chute de la victime et qu'aucun manquement ou négligence fautif ne pouvaient être reprochés à son employeur. Le salarié était intervenu dans la maison afin d'y effectuer quelques finitions sur un système de chauffage installé depuis plusieurs mois, ce qui s'apparentait à une prestation de maintenance ou de service après-vente. Pour les juges répressifs, le chef d'entreprise s'était comporté comme un homme normalement diligent, en considérant que le chantier était terminé et que l'immeuble devait être nécessairement pourvu des protections collectives réglementaires contre les chutes de hauteur.

Les héritiers du salarié ont ensuite saisi la juridiction des affaires de sécurité sociale d'une demande tendant à faire reconnaître la faute inexcusable de l'employeur. Les juges du fond ont accueilli leur demande. Ils ont fixé au maximum la majoration des rentes des ayants droit et condamné l'employeur à verser différentes sommes, au titre de leur préjudice moral.

Pour caractériser l'existence d'une faute inexcusable, la cour d'appel a relevé en particulier que la victime avait fait une chute à travers la trémie non munie de garde-corps d'un escalier. Or, il s'avérait que l'employeur ne s'était pas assuré de l'existence des dispositifs de protection et n'avait pas vérifié les conditions dans lesquelles son salarié allait intervenir sur le chantier. Pour les juges, il aurait donc dû avoir conscience du danger auquel avait été exposé son salarié et n'avait pas pris les mesures nécessaires pour l'en préserver.

L'employeur a alors formé un pourvoi en cassation. Il invoquait en particulier une violation de l'article 1355 du Code civil, aux termes duquel un jugement rendu a, dès son prononcé, l'autorité de la chose jugée et tout nouveau recours portant sur la même cause, le même objet et opposant les mêmes parties est irrecevable. Or, en l'espèce, l'employeur faisait valoir que le même litige avait déjà été tranché par la juridiction pénale. Les juges répressifs avaient jugé qu'aucun manquement à son obligation de sécurité ne pouvait être reproché à l'employeur, et ils avaient même exclu tout lien de causalité entre les manquements reprochés au chef d'entreprise et la chute du salarié qui était survenue dans des circonstances restées indéterminées.

La Cour de cassation rejette le pourvoi et approuve le raisonnement de la cour d'appel, qui a conduit à la reconnaissance d'une faute inexcusable de l'employeur. Elle relève que la cour d'appel a bien constaté que la trémie de l'escalier à travers laquelle la victime était tombée était dépourvue de tout moyen de protection et de garde-corps, même si un doute subsistait sur les raisons pour lesquelles le salarié avait chuté d'un étage de la maison.

Toutefois, l'employeur ne s'était pas assuré que la maison dans laquelle le salarié allait intervenir n'était plus en chantier et n'avait pas vérifié les conditions de sécurité dans lesquelles le salarié allait mener sa mission. Pour la Cour de cassation, ces éléments, mis en évidence par la cour d'appel, caractérisent bien la conscience qu'aurait dû avoir l'employeur du danger auquel était exposé son salarié et le défaut de mise en œuvre des mesures nécessaires pour l'en préserver et, par conséquent, l'existence d'une faute inexcusable. ●

Focus normalisation

LE NOUVEAU RÈGLEMENT SUR LES MACHINES : SES CONSÉQUENCES POUR LES NORMES HARMONISÉES

Les normes ont une grande importance dans la construction mécanique, plus que dans tout autre secteur industriel ou presque. Le nouveau règlement européen sur les machines confronte les comités de normalisation à une mission de taille : vérifier que les normes sont conformes au nouveau cadre légal et, le cas échéant, prendre les mesures nécessaires pour les adapter.

FRANK WOHNSLAND
VDMA (Fédération allemande de la construction mécanique) – *Président du Forum sectoriel « Machinery » du CEN / Cenelec*

THE NEW MACHINERY REGULATION: ITS CONSEQUENCES FOR HARMONISED STANDARDS
– Standards are critical in mechanical construction, almost more so than in any other industrial sector. The new European machinery regulation presents a major challenge to standardisation committees: to check whether standards comply with the new legal framework, and if not, to take the necessary measures to adapt them.

Cet article est issu du bulletin d'information *KANBrief* n° 3/23 (consultable sur : www.kan.de/fr) de la *Kommission Arbeitsschutz und Normung* (KAN).
The English version of this article is accessible at www.kan.de/en.

Au fil des ans, le besoin élevé de sécurité des utilisateurs de machines – auquel s'ajoute la diversité des types de machines – a débouché sur le nombre impressionnant de plus de 800 normes harmonisées relevant de la directive européenne « machines »[1]. Leurs utilisateurs peuvent partir du principe que les solutions et mesures qu'elles contiennent sont propres à satisfaire aux exigences légales des règlements et directives pour lesquels elles ont été élaborées. Sur ces quelque 800 normes, une centaine, appelées « normes B » traite de certains aspects de sécurité ou de dispositifs de protection qui s'appliquent à une multitude de machines. Plus de 700 normes décrivent des exigences et solutions techniques pour des types concrets de machines (« normes C »). Au fil des ans, la symbiose entre la directive « Machines » et les normes harmonisées a engendré un système éprouvé et solidement établi, qui garantit pour les machines un niveau de sécurité élevé reconnu au niveau international.

La normalisation confrontée à une tâche gigantesque

Avec le nouveau règlement (UE) 2023/1230 sur les machines[2], publié le 29 juin 2023 au *Journal officiel de l'Union européenne (JOUE)*, la Commission européenne a ouvert un nouveau chapitre législatif. Le nouveau règlement, qui abroge la directive « Machines » 2006/42/CE encore valable, sera applicable à partir du 20 janvier 2027, et donc sans période de transition. Outre de nombreux ajustements de forme et de fond du texte juridique, des modifications substantielles ont été apportées à l'Annexe I de l'ancienne directive [2006/42], où sont décrites les exigences essentielles de sécurité et de santé. Dans le nouveau règlement, ces exigences se trouvent dans la nouvelle Annexe III. Concrétiser ces exigences est le principal objectif des normes harmonisées. Les modifications apportées soulèvent inévitablement les questions suivantes :

- quel est l'impact direct des exigences de sécurité et de santé nouvelles et modifiées sur le contenu des normes harmonisées actuelles ?
- les normes harmonisées relevant de la directive Machines peuvent-elles continuer à être utilisées sous le nouveau règlement, et conservent-elles leur présomption de conformité ?

La réponse à la première question n'est pas anodine, car les détails de la mise en œuvre pratique et normative des nouvelles exigences que sont la « *protection contre la corruption* », la « *fonction de*

supervision pour les machines mobiles autonomes », ou le fait d'éviter le « *risque de contact avec les lignes électriques aériennes sous tension* » font encore l'objet de discussions intensives.

Mais il suffit de jeter un regard sur les domaines d'application des normes pour constater qu'aucune catégorie de machines, ou presque, ne devrait être totalement épargnée par la création ou la modification notable des exigences de sécurité et de santé induites par le nouveau règlement. Cela signifie que les normes harmonisées devront toutes être contrôlées du point de vue de leur pertinence avec les nouvelles exigences et, le cas échéant, être adaptées, tant sur la forme que sur le fond, conformément aux règles de procédure de la Commission européenne (Annexe ZA sous forme de tableau, références datées). Or, cela impliquerait théoriquement une révision de la quasi totalité des 800 normes harmonisées, avec, pour chacune d'entre elles, les évaluations circonstanciées des consultants HAS[3]. Une tâche dont la réalisation semble totalement irréaliste durant les trois années qui restent jusqu'à la mise en œuvre définitive du nouveau règlement [2023/1230].

Un référencement restreint, solution transitoire possible

C'est pourquoi, selon l'état des discussions en août 2023, la Commission européenne prévoit, dans le cadre d'une action extraordinaire, de convertir en bloc, en tant que normes harmonisées relevant du nouveau règlement sur les machines, toutes les normes européennes (EN et EN ISO) recensées, à une date restant à déterminer située durant la première moitié de 2026, en tant que normes harmonisées sous la directive machines. Seule restriction : ces normes ne peuvent évidemment garantir une harmonisation que pour les exigences de sécurité et de santé qu'elles visaient déjà sous la directive Machines. Pour que cette restriction soit reconnaissable par les utilisateurs des normes dans les listes publiées au *JOUE*, il sera indispensable que les comités techniques (TC) responsables soumettent l'ensemble de leur portefeuille de normes à une vérification (mais pas nécessairement à une révision), afin d'identifier les différentes lacunes par rapport au nouveau règlement. Parallèlement, des travaux sont lancés par le CEN et le Cenelec[4] pour élaborer des solutions normatives répondant aux exigences de santé et sécurité nouvelles et/ou notablement modifiées, ce qui permettra de combler les lacunes identifiées. Un guide d'action est actuellement en cours de rédaction, avec le concours du forum sectoriel de coordination « *Machinery* » du CEN/Cenelec, afin d'aider les TC dans cette tâche très ambitieuse. Ce guide devrait être disponible au plus tard vers la fin de 2023.

Il est bien entendu déjà possible et conseillé de viser la conformité avec le nouveau règlement lors de révisions prévues ou de nouveaux projets de normalisation. On peut donc espérer que, d'ici le début de 2027, bon nombre de normes seront, de fait, déjà adaptées au nouveau règlement. Pour la majeure partie des normes harmonisées, ce ne sera toutefois possible qu'après le moment où celui-ci entrera en application.

Un calendrier plus précis des futures révisions de normes est attendu avec le nouveau mandat de normalisation de la Commission européenne pour le règlement sur les machines, mandat qui devrait être disponible l'année prochaine. Contrairement aux mandats précédents, il sera limité dans le temps (probablement, entre 5 et 10 ans). Il constitue la base juridique sur laquelle pourront être élaborées les normes harmonisées relevant du nouveau règlement. Un premier projet de ce mandat de normalisation a été publié fin juin. Les commentaires des parties prenantes seront discutés au sein des organes compétents de la Commission, probablement à l'automne [2023][5].

Et enfin, une autre mesure vise à faciliter, pour les utilisateurs des normes, le passage des normes harmonisées de la directive Machines au nouveau règlement sur les machines. Les normes publiées entre 2024 et la première moitié de 2026 seront dotées de deux annexes ZA – l'une pour la directive et l'autre pour le règlement – où pourront être identifées les sections de la norme couvrant telles ou telles dispositions légales. Ici aussi, les TC de normalisation concernés seront informés en temps utile.

Toutes les mesures décrites ci-dessus contribueront à ce que le passage des normes harmonisées de l'ancienne directive vers le nouveau règlement s'effectue le plus aisément possible. ●

1. Directive 2006/42/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 mai 2006 relative aux machines. Accessible sur : https://eur-lex.europa.eu/ ; voir aussi dans ce même n° : Dossier « Machines » (Cf. Pour en savoir plus).

2. Règlement (UE) 2023/1230 du Parlement européen et du Conseil du 14 juin 2023 sur les machines. Accessible sur : https://eur-lex.europa.eu/ ; voir aussi dans ce même n° : Dossier « Machines » (Cf. Pour en savoir plus).

3. Voir par exemple : https://eurogip.fr/normes-harmonisees-un-nouveau-contrat-pour-les-has-consultants/

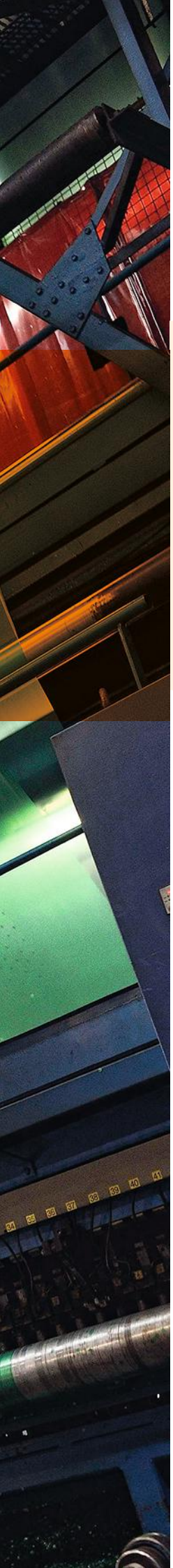
4. CEN : Comité européen de normalisation. Cenelec : Comité européen de normalisation pour l'électrotechnique.

5. Selon les informations disponibles au moment de la rédaction de l'article (ndlr).

POUR EN SAVOIR +

• Dossier : « Machines ». *Hygiène & sécurité du travail,* 2023, 273, DO 42, pp. 18-44. Accessible sur : https://www.inrs.fr/publications/hst/dossier.html

© Patrick Delapierre pour l'INRS / 2019



Dossier

MACHINES : DES ACTEURS AU SERVICE DE LA PRÉVENTION

❶ Réglementation « machines » : des prémices françaises au nouveau règlement européen
P. 20

❷ Regards croisés sur les atouts, limites et perspectives de la réglementation « machines »
P. 26

❸ Machines mobiles autonomes : apports indispensables de l'intégrateur et de l'utilisateur pour une intégration réussie
P. 32

❹ Robots mobiles autonomes (AMR) dans les usines et entrepôts logistiques : enjeux pour la prévention
P.37

❺ Laminoirs des Landes : une démarche globale de mise en sécurité des équipements de production
P.42

Les machines, du fait de leur diversité considérable et de leur présence dans la plupart des secteurs d'activité, sont souvent considérées comme des équipements pourvoyeurs de situations à risques. La prévention des risques liés aux machines, afin d'être complète et efficace, concerne chacun des acteurs impliqués :

- le législateur, en amont de la conception et de la fabrication des machines, par la promulgation de textes réglementaires ;
- le concepteur, par sa démarche d'évaluation des risques en vue de la conception de la machine ;
- l'intégrateur, par la prise en compte du travail réel pour leur implantation ;
- les préventeurs, par la diffusion de leurs savoirs et expériences ;
- et enfin l'utilisateur, par sa vigilance quotidienne lors de leur utilisation, et par le maintien en état de son outil de production.

Ce dossier illustre leurs rôles respectifs et leur importance dans la prévention des risques liés aux machines, aussi bien à travers de grandes réalisations, telles que la législation et la parution récente du nouveau règlement européen sur la conception des machines, que *via* des focus sur des exemples précis, comme l'intégration des machines mobiles autonomes.

MACHINERY: ACTORS IN THE SERVICE OF PREVENTION – *Machines, because of their great diversity and presence in all business sectors, are often recognised as a source of risk situations in companies. In order for prevention of such risks to be complete and effective, each actor operating within the realm of machines has a role to play: the legislator, the designer, the integrator, the OSH practitioners, and lastly, the users. This dossier illustrates the roles of these actors and their importance in the prevention of machine-related risks, through major achievements such as legislation and the recent publication of the new text governing machinery design, or by focusing on precise examples, such as the integration of autonomous mobile machinery.*

Dossier coordonné par : **Séverine DEMASY, INRS, département Expertise et conseil technique.**

RÉGLEMENTATION « MACHINES » : DES PRÉMICES FRANÇAISES AU NOUVEAU RÈGLEMENT EUROPÉEN

Alors qu'un nouveau règlement « machines » est paru au *Journal officiel de l'Union européenne* en juin 2023, cet article apporte un éclairage sur l'évolution des réglementations française, puis européenne relatives aux machines, depuis leurs premiers balbutiements jusqu'aux dernières modifications.

PIERRE BELINGARD
Eurogip

SÉVERINE DEMASY
INRS, département Expertise et conseil technique

THOMAS NIVELET
INRS, département Études, veille et assistance documentaire

Alors que le Règlement européen (UE) 2023/1230 est paru au *Journal officiel de l'Union européenne (JOUE)*[1] et que les machines *(Cf. Encadré)* intègrent de nouvelles fonctionnalités et technologies (intelligence artificielle, machines autonomes, mode collaboratif avec l'opérateur, etc.), remonter aux origines de la réglementation française liée au risque mécanique permet d'éclairer sur le chemin parcouru pour la protection de la santé et de la sécurité des travailleurs.
L'évolution des dispositions réglementaires dans la législation française accompagne l'histoire de l'industrialisation, depuis son développement lors des décennies 1850-1870.

Le développement de la protection collective par des solutions techniques : isolement ou éloignement

Dès 1893, une loi[2] impose des dispositions en matière d'hygiène et de sécurité des travailleurs dans les manufactures, fabriques, usines, chantiers et ateliers. Il est notamment prévu que « *dans tout établissement fonctionnant par des appareils mécaniques, les roues, les courroies, les engrenages ou tout autre organe pouvant offrir une cause de danger seront séparés des ouvriers, de telle manière que l'approche n'en soit possible que pour les besoins du service* ».
En 1912, la plupart des dispositions de la loi de 1893 sont reprises et codifiées dans le Code du travail « *Livre II – Titre II : Hygiène et sécurité des travailleurs*[3] ». Ainsi, l'article 66a est créé au sein du Code du travail. Il précise les mesures de prévention par éloignement. Il est notamment prévu que « *les pièces suivantes des machines à transmission : bielles et volants de moteur, roues, arbre de transmission, engrenages, cônes ou cylindres de friction, doivent être munies d'un dispositif protecteur ou séparées des ouvriers, à moins qu'elles ne soient hors de portée de la main* ».
Un an plus tard, les dispositions législatives sont complétées par des dispositions règlementaires[4] plus précises, de portée générale. Ces dispositions ne sont pas intégrées dans le Code du travail.
L'article 10 de ce décret, dans ses versions modifiées[5], intègre l'isolement des machines en prévoyant que « *les salles des machines génératrices et des machines motrices ne seront accessibles qu'aux ouvriers affectés à la conduite et à l'entretien de ces machines* ».
S'agissant de l'éloignement, les dispositions législatives du Code du travail sont précisées. Les pièces mobiles, câbles, certaines courroies et autres pièces mobiles des machines doivent être munies de dispositifs protecteurs. En complément, il est indiqué qu'il « *est interdit d'admettre des ouvriers ou des ouvrières à se tenir près des machines s'ils ne portent des vêtements ajustés et non flottants*[6] ».
Pour les machines-outils à instruments tranchants, tournant à grande vitesse (machines à scier, fraiser, hacher, etc.), la partie non travaillante des instruments tranchants doit être protégée. En complément, ces machines doivent être disposées, protégées ou utilisées de sorte que les ouvriers ne puissent, de leur poste de travail, toucher involontairement même la partie travaillante des instruments tranchants[7].
Au cours des décennies suivantes, les dispositions du décret de 1913 sont affinées et complétées, notamment en ce qui concerne l'arrêt des appareils[8], l'entretien et la réparation des machines[9] et l'information des travailleurs[10]. Dans le même temps, de nouveaux décrets intègrent des dispositions relatives à certaines machines dangereuses : presses,

© Mike Hindle

meules, dégauchisseuses[11] et scies[12]. Les précisions sur les mesures de sécurité applicables aux appareils de levage autres qu'ascenseurs et monte-charge ne sont publiées qu'en 1947, *via* un règlement spécial[13] (non codifié dans le Code du travail).

L'intégration de la prévention lors de la conception

Bientôt, la réglementation ne se contente plus d'isoler les zones dangereuses, d'éloigner les travailleurs des machines ou bien encore d'imposer la mise en œuvre d'obstacles entre le travailleur et le danger. En effet, rapidement, elle s'intéresse également aux mesures de prévention au stade de la conception de l'outillage ou de la machine.

En 1939, les dispositions législatives du Code du travail sont complétées[14] par l'intégration des articles 66c et 66d. Ces nouvelles dispositions interdisent de vendre ou de louer « *les machines ou parties de machines dangereuses pour les ouvriers et pour lesquelles il existe des dispositifs de protection d'une efficacité reconnue, sans que ces machines ou partie de machines soient munies d'un tel dispositif* ». Par ailleurs, elles offrent à l'acheteur d'une machine livrée sans dispositif de protection la possibilité d'agir en résolution de la vente[15] dans le délai d'un an à compter de la date de la livraison.

ENCADRÉ

« MACHINES » : DÉFINITIONS ET PRÉCISIONS

Tour à métaux, centrifugeuse, scie sauteuse, trancheur à jambon, bande transporteuse, chariot automoteur, engin de terrassement, grue à tour… : tous ces équipements de travail ont en commun de convertir l'énergie qu'ils utilisent, par le biais des mécanismes, pour agir sur la matière, la travailler et/ou la transporter. Ce sont des « machines ».

Plus précisément, la réglementation* définit une machine comme étant un équipement de travail dont au moins un de ces éléments est mobile, qui est équipé ou destiné à être équipé d'un système d'entraînement mû par une énergie autre que la force humaine employée directement, et qui a une application définie.

À cette définition au sens strict s'ajoutent d'autres définitions, donnant au terme « machines » un sens plus large, en incluant par exemple les appareils de levages mus manuellement ou non et leurs accessoires.

La directive « machines » 2006/42/CE et le règlement (UE) 2023/1230 incluent, en plus des machines au sens large, d'autres équipements de travail dans leur champ d'application : les « quasi-machines », les composants de sécurité, les équipements interchangeables, les dispositifs amovibles de transmission mécanique, etc.

** Cf. Article 2 de la directive 2006/42/CE transposée en droit français (Code du travail, articles R. 4311-4 et R. 4311-6).*

Ce n'est qu'en 1946 qu'un texte fixe la définition des machines ou des parties de machines dangereuses [16]. Il s'agit d'abord :

- « *des parties de machines comportant des organes de commande et de transmission (tels que : bielles, volants, roues, arbres, engrenages, cônes ou cylindres de friction, chaînes, cames, coulisseaux), existant en propre sur les machines de toute nature mues mécaniquement, exception faite des organes destinés à l'accouplement avec une autre machine ou à la réception de l'énergie mécanique ;*
- *des parties de machines comportant des pièces accessibles faisant saillie sur les parties en mouvement de ces machines, telles que : vis d'arrêt, boulons, clavettes, bossages, nervures* ».

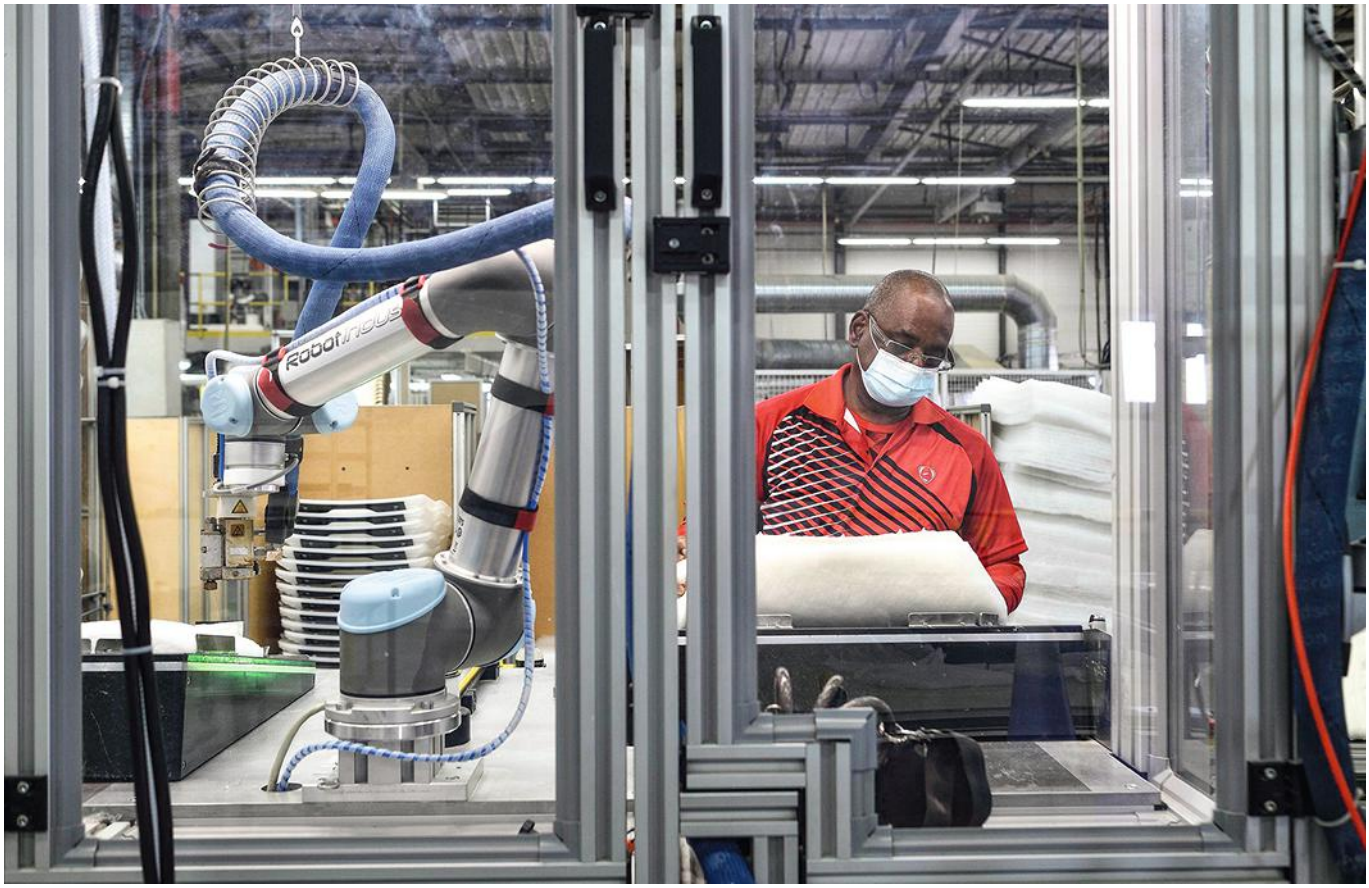
Pour ces machines, la règlementation prévoit que les dispositifs de protection doivent être « *construits et disposés de façon à empêcher les ouvriers d'entrer involontairement en contact avec ces parties* ». En cas d'impossibilité technique, le ministre [en charge] du Travail et de la Sécurité sociale peut alors accorder des dérogations par arrêté.

Il s'agit ensuite d'autres parties des machines dangereuses qui sont énumérées dans l'annexe du texte de 1946. Cette liste de machines comprend alors 11 items, tels que, par exemples :

- **item n° 1 :** les presses, laminoirs et pétrins utilisés dans les fabriques de pâtes alimentaires, boulangeries, biscuiteries, fabriques de conserves de viande, les machines à couper les biscottes, les machines à hacher ou découper la viande ;
- **item n° 2 :** les mélangeurs utilisés dans l'industrie du caoutchouc ou les mélangeurs et laminoirs utilisés dans l'industrie des matières plastiques ;
- **item n° 4 :** les presses à platine, presses à cylindres, presses lithographiques et offset, machines à imprimer rotatives ;
- **item n° 8 :** les scies circulaires, scies à ruban, dégauchisseuses, raboteuses, toupies, tenonneuses, machines combinées, machines spéciales utilisées en parqueterie, ponceuses.

En 1947, le texte de 1946 est modifié [17] afin, notamment, de compléter la liste des machines dangereuses. À titre d'exemple, au sein de l'item n° 8 déjà évoqué, sont ajoutés les mortaiseuses et les tours à reproduire.

L'enjeu pour les constructeurs, vendeurs ou loueurs réside alors dans le fait que l'efficacité de la protection soit effectivement reconnue par la Commission d'homologation des machines. À cette fin, ils sont tenus de mettre à disposition du ministre [en charge] du Travail et de la Sécurité sociale tous les éléments nécessaires et de procéder, ou de faire procéder, à tous les essais que la Commission juge nécessaires, pour qu'elle puisse se prononcer sur



Poste d'encollage équipé d'un robot collaboratif, dans une entreprise de fabrication de mobilier de bureau.

© Patrick Diapierre pour l'INRS / 2021

l'efficacité de la protection. À l'issue de ces essais, les avis de la Commission d'homologation doivent être approuvés par le ministre [en charge] du Travail et de la Sécurité sociale, et publiés au *JO*.
Pour les aider dans la conception et pour garantir un niveau de sécurité minimal aux travailleurs, le ministre [en charge] du Travail et de la Sécurité sociale, après avis de la Commission d'homologation, publie des principes de sécurité pour certaines machines. Ces textes ont pour objectif de fixer les prescriptions et protections à mettre en œuvre par les vendeurs ou loueurs.
Par exemple, pour les dégauchisseuses à porte-outils rotatif, un texte de 1947 prévoit[18], de façon non exhaustive, les exigences de sécurité suivantes :

- chaque partie de la table, sur toute sa largeur, doit être munie de chaque côté du porte-outils, et parallèlement à celui-ci, de lèvres en acier. Le réglage en hauteur des tables doit permettre de réduire au minimum l'écartement entre les lèvres et le porte-outils ;
- les protecteurs automatiques des couteaux doivent être munis d'un dispositif d'effacement et de rappel à l'abri de tout blocage occasionné par les sciures et les déchets.

De tels textes fixant les règles de sécurité lors de la conception existent alors pour diverses machines, comme : les raboteuses[19], les presses à cuire[20], les machines à cylindres[21], les scies circulaires[22], les machines à meuler[23] ou encore les mortaiseuses à chaînes[24].
Pour poursuivre sur l'exemple des dégauchisseuses, et sur la base de l'article 66c et des textes détaillés précédemment, le 24 mars 1949[25], le ministre en charge du Travail et de la Sécurité sociale a homologué, jusqu'au 1er mars 1951, sous le numéro 197-400-T349, le protecteur automatique à lames horizontales construit par une entreprise de la Nièvre pour les dégauchisseuses à porte-outils rotatif pour le travail du bois et des matières similaires. Dès lors, les vendeurs ou loueurs se prévalant de cette décision d'homologation étaient tenus de délivrer au preneur une attestation de conformité du protecteur vendu ou loué avec le modèle homologué, en se référant au numéro et à la date de l'homologation.

Le modèle d'attestation de conformité pour la dégauchisseuse était fixé par arrêté[26]. De manière générale, il existait un modèle d'attestation de conformité propre à chaque machine considérée dangereuse par la réglementation, comme pour les toupies à arbre vertical ou un dispositif protecteur de toupie[27] ou bien encore, pour les scies circulaires ou scies à ruban pour le travail du bois et des matières plastiques[28].

Les codifications modernes et leur transposition en droit européen

Le début de l'année 1973 marque un tournant dans la structuration des dispositions réglementaires. Il s'agit de la première grande recodification, afin de reprendre la structure du Code du travail et l'ordonnancement des dispositions, notamment afin de tenir compte du développement des différentes législations.
Les dispositions législatives relatives aux machines sont alors codifiées aux articles L. 233-1 à L. 233-7, et les articles 66a, 66b et 66c sont abrogés[29]. De la même façon, les dispositions réglementaires prévues dans le décret du 10 juillet 1913 sont abrogées et remplacées par une section « *Machines et appareils dangereux* », intégrée au Code du travail et qui regroupe les articles R. 233-2 à R. 233-13[30].
Parmi les évolutions majeures intervenues à la suite de cette recodification, figurent notamment, au début des années 1990, la transposition de la directive-cadre européenne en santé et sécurité au travail (89/391/CEE du Conseil du 12 juin 1989) et celle de la première directive dite « Machines » (89/392/CEE du 14 juin 1989[31]).
Le 1er mai 2008, le Code du travail est de nouveau recodifié[32], afin de tenir compte de l'essor législatif. Les dispositions relatives aux machines sont alors transférées aux articles L. 4311-1 à L. 4321-5 et R. 4311-1 à R. 4324-53 du Code du travail. En novembre de la même année[33], la directive n° 2006/42/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 mai 2006 est transposée dans le Code du travail.

Le nouveau règlement « machines et produits connexes »

En vigueur depuis le 29 décembre 2009, la directive 2006/42/CE réglemente la mise sur le marché des machines et produits associés. En 2016, des études d'impact sont réalisées et donnent lieu à un travail de révision qui a pour but d'intégrer les dispositions du « *nouveau cadre législatif* » mis en place par les Instances européennes en 2008.
De l'ensemble de ces travaux a émergé le nouveau « règlement machines ». Celui-ci a été publié le 29 juin 2023 au *Journal officiel de l'Union européenne ;* il porte le numéro (UE) 2023/1230[1] et sera entièrement applicable aux machines neuves mises à disposition à partir du 20 janvier 2027.
Il vise également à clarifier certains aspects clés pour la compréhension de la réglementation, et introduit de nouvelles notions renforçant l'imbrication des exigences de la réglementation machines avec les autres réglementations sectorielles.
Enfin, il intègre les enjeux liés aux nouvelles technologies, afin d'accompagner au mieux les différents acteurs (économiques et institutionnels)

→

dans la prise en compte des innovations et de la transition digitale.
Les principales modifications apportées à la réglementation machines concernent les obligations afférant aux différents opérateurs économiques : le fabricant du produit ou son mandataire, l'importateur, le distributeur et l'organisme notifié (ON) [34]. La notion de fabricant reste très proche de la définition qui lui était donnée dans la directive « machines ». Elle est cependant à comprendre au sens strict – à savoir le concepteur de la machine – là où la notion de fabricant était auparavant étendue à l'opérateur responsable de la mise sur le marché ou de la mise en service de la machine.

© Gaël Kerbaol / INRS / 2015

Chargement en carton d'une machine à fabriquer des boîtes dans une biscuiterie industrielle.

Les procédures d'évaluation de la conformité restent inchangées, à l'exception d'une portion des machines à potentiel de risques plus élevé (anciennement, annexe IV de la directive « machines »), et des machines contenant une intelligence artificielle (IA) assurant des fonctions de sécurité. Pour ces deux catégories de machines, le fabricant devra faire procéder à une évaluation par une tierce partie, *via* un organisme notifié (ON), quand bien même elles respecteraient les exigences d'une norme harmonisée.
Parmi les nouveautés du règlement « machines », des obligations supplémentaires incomberont au fabricant pour la prise en compte des nouvelles technologies :

- **L'intelligence artificielle (IA)** y apparaît sous la formulation de « *[…] au comportement ou à la logique totalement ou partiellement auto-évolutifs qui sont conçus pour fonctionner avec différents niveaux d'autonomie* », et fait écho à l'autre grand projet de règlement à venir qui lui est spécialement consacré. Si les deux règlementations restent liées, leur champ d'évaluation de la conformité reste bien différent. Dans le cadre de la règlementation machines, le fabricant devra s'assurer de la bonne intégration de l'IA, afin de ne pas compromettre la sécurité globale de la machine. On parle donc d'IA pouvant avoir à assurer des fonctions de sécurité, ou interagir avec de telles fonctions. De nouvelles exigences devront être prises en compte par le fabricant, notamment concernant le système de commande.
- La deuxième nouveauté liée aux nouvelles technologies concerne la **cybersécurité.** Une nouvelle exigence dédiée à la « *protection contre la corruption* » doit permettre la prise en compte de ce risque qui couvre aussi bien les influences extérieures mineures (erreur de paramétrage, mauvaise manipulation, etc.) que la cyberattaque.
- Enfin, ce nouveau règlement introduit le concept de « *machine mobile autonome* », définie comme une machine pour laquelle le déplacement est sans interaction permanente avec un opérateur.

Les notions d'importateur et de distributeur font leur entrée dans le règlement. Leurs obligations sont détaillées dans des articles dédiés et en font des acteurs responsables dans la mise à disposition sur le marché européen d'équipements conformes.
Outre que ces acteurs doivent s'assurer que les machines disposent du marquage CE [35], d'une déclaration UE de conformité ou d'instructions compréhensibles pour l'utilisateur final, ils sont aussi tenus d'arrêter toute mise à disposition sur le marché en cas de doute sur leur conformité.
De plus, un importateur ou un distributeur doit être considéré comme un fabricant au titre de la réglementation, dès lors qu'il réalise une modification substantielle sur la machine, ou qu'il appose son nom ou sa marque sur celle-ci. Il devra donc élaborer un dossier technique, et rédiger une déclaration de conformité à son nom. Les mêmes obligations s'appliquent lorsque la modification substantielle est réalisée par un utilisateur professionnel.

En ce qui concerne les organismes notifiés, leurs obligations restent similaires à ce qui était attendu dans la directive « machines ». On notera cependant que les procédures existantes d'évaluation de la conformité, à savoir l'examen CE de type et la conformité sur la base de l'assurance qualité complète, se voient complétées par le module de conformité sur la base de la vérification unitaire. Ce dernier est dédié à l'évaluation de machines uniques (non fabriquées en série).

Le champ de compétence des ON reste limité aux machines listées dans l'annexe I du règlement, elle-même subdivisée en deux parties :

- **la partie A,** incluant les machines qui ne peuvent être évaluées que par un ON ;
- **la partie B,** contenant la liste des machines pouvant être évaluées par un ON si elles ne répondent pas intégralement aux exigences de normes harmonisées.

Cette liste de machines peut être mise à jour par le législateur *via* une procédure interne dédiée, rendant le champ d'action des ON non figé.

Dans le domaine de la normalisation, le règlement confirme la présomption de conformité qu'apporte la norme harmonisée pour les machines, mais il l'encadre plus strictement. La Commission européenne a désormais la possibilité d'adopter des actes d'exécution[36], afin d'établir des spécifications techniques lorsque aucune norme harmonisée n'est disponible pour traiter de certaines obligations, que ce soit dû à un retard dans l'élaboration de la norme, au fait que la demande de normalisation n'ait pas été acceptée par le CEN/Cenelec[37], ou qu'une objection formelle ait conduit au retrait du statut d'harmonisation de tout ou partie de la norme.

Ce règlement « machines et produits connexes » sera entièrement applicable le 20 janvier 2027. Certaines dispositions, concernant notamment la normalisation, les organismes notifiés et les listes de machines à potentiel de risque plus élevé, deviennent progressivement applicables depuis juillet 2023.

1. Règlement (UE) 2023/1230 du Parlement européen et du Conseil du 14 juin 2023, abrogeant la directive 2006/42/CE et la directive 73/361/CEE. Journal officiel de l'Union européenne (JOUE) *n° L 165/1 du 29 juin 2023. Accessible sur : https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1230*

2. Loi du 12 juin 1893, modifiée par la loi du 11 juillet 1903, concernant l'hygiène et la sécurité des travailleurs dans les établissements industriels. Journal officiel (JO) *du 13 juin 1893, p. 2910.*

3. Loi du 26 novembre 1912 portant codification des lois ouvrières (livre II du Code du travail et de la prévoyance sociale). JO du 30 novembre 1912, pp. 10050-10056 ; et loi du 31 décembre 1912 modifiant certaines dispositions du livre II du Code du travail et de la prévoyance sociale relatives à l'hygiène et la sécurité des travailleurs. JO *des 2 et 3 janvier 1913, p. 93.*

4. Décret du 10 juillet 1913 portant règlement d'administration publique pour l'exécution des dispositions du Livre II du Code du travail en ce qui concerne les mesures générales de protection et de salubrité applicables à tous les établissements assujettis. JO *du 12 juillet 1913, pp. 6163-6165.*

5. L'article 10 a été modifié par le décret du 9 janvier 1934 modifiant le décret du 10 juillet 1913 portant règlement d'administration publique en ce qui concerne les mesures générales de protection et de salubrité applicables à tous les établissements assujettis. JO *du 17 janvier 1934, pp. 450-453 ; et le décret n° 51-1363 du 26 novembre 1951.* JO *du 28 novembre 1951, p. 11782.*

6. Cf. Article 16.

7. Cf. Article 12 modifié.

8. Cf. Articles 13 et 14 modifiés.

9. Cf. Article 15 modifié.

10. Article 16a issu du décret n° 65-261 du 1er avril 1965. Journal officiel (JO) *du 6 avril 1965, p. 2701.*

11 . Articles 12a, 12b et 12c issus du décret modifié n° 45-826 du 26 avril 1945. JO *du 27 avril 1945 p. 2397.*

12. Article 12d issu du décret n° 48-1253 du 5 août 1948. JO *du 8 août 1948, p. 7816.*

13. Décret n° 47-1592 du 23 août 1947. JO *du 26 août 1947, pp. 8481-8483.*

14. Loi du 24 juin 1939. JO *des 26-27 juin 1939, pp. 8062-8063.*

15. C'est-à-dire une annulation de la vente par un tribunal.

16. Décret n° 46-1245 modifié du 28 mai 1946. JO *du 29 mai 1946, p. 4685.*

17. Décret n° 47-1087 du 14 juin 1947. JO *du 18 juin 1947, pp. 5663-5664.*

18. Décision du 19 mai 1948. JO *du 27 mai 1948, pp. 5091-5092.*

19. Décision du 20 mai 1948. JO *du 27 mai 1948, p. 5092.*

20. Décision du 24 février 1950. JO *du 26 février 1950, pp. 2290-2291.*

21. Décision du 15 mars 1950. JO *du 18 mars 1950, p. 3075.*

22. Décision du 11 mai 1953. JO *du 10 juin 1953, pp. 5175-5177.*

23. Décision du 28 juin 1956. JO *du 8 juillet 1956, pp. 6366-6368.*

24. Décision du 24 juillet 1961. JO *du 2 août 1961, p. 7175.*

25. Décision du 24 mars 1949. JO *du 6 avril 1949, p. 3537.*

26. Arrêté du 2 août 1948. JO *des 30-31 août 1948, p. 8602.*

27. Arrêté du 29 mars 1949. JO *du 3 avril 1949, p. 3454.*

28. Arrêté du 19 avril 1948. JO *du 27 avril 1948, p. 4082.*

29. Loi n° 73-4 du 2 janvier 1973 relative au Code du travail. JO *du 3 janvier 1973, pp. 52-135.*

30. Décret n° 73-1048 du 15 novembre 1973. JO *du 21 novembre 1973, pp. 12396-12398 et CT1 à CT171.*

31. Loi n° 91-1414 du 31 décembre 1991. JO *du 7 janvier 1992.*

32. Ordonnance n° 2007-329 du 12 mars 2007. JO *du 13 mars 2007 ; loi n° 2008-67 du 21 janvier 2008.* JO *du 22 janvier 2008 ; et décret n° 2008-244 du 7 mars 2008.* JO *du 12 mars 2008.*

33. Décret 2008-1156 du 7 novembre 2008. JO *du 9 novembre 2008.*

34. Un organisme notifié est une organisation désignée par un État membre de l'UE (ou par d'autres pays dans le cadre d'accords spécifiques) pour évaluer la conformité de certains produits avant leur mise sur le marché.

35. Il s'agit bien de « marquage CE » (et non pas UE) tel qu'indiqué dans le règlement 2023/1230/UE.

36. C'est-à-dire : un acte non législatif qui établit des règles détaillées permettant la mise en œuvre uniforme d'actes juridiquement contraignants de l'Union européenne.

37. CEN : Comité européen de normalisation. Cenelec : Comité européen de normalisation pour l'électrotechnique.

REGARDS CROISÉS SUR LES ATOUTS, LIMITES ET PERSPECTIVES DE LA RÉGLEMENTATION « MACHINES »

La prévention des risques liés aux machines est définie dans le paysage législatif français par deux grandes catégories de textes : d'une part, les règles de conception s'adressant aux fabricants pour leur mise sur le marché ; et d'autre part, les règles d'utilisation concernant l'employeur et régissant leur utilisation. Ces textes donnent aux fabricants et aux employeurs l'objectif de garantir aux travailleurs la conformité et la sécurité des machines qu'ils utilisent ou qui font partie de leur environnement de travail. Trois grands types d'acteurs du monde de la sécurité et de la conformité des machines livrent leur vision des atouts, limites et leviers de ces réglementations.

SÉVERINE DEMASY
INRS, département Expertise et conseil technique

ANTOINE BONDÉELLE
INRS, département Information et communication

Les rôles et missions des acteurs interrogés

Les acteurs interviewés viennent du ministère en charge du Travail, d'une Caisse régionale d'assurance retraite et de santé au travail (Carsat, réseau Assurance maladie – Risques professionnels : AM-RP) ou des organismes d'inspection. Pour la Direction générale du travail (DGT) au ministère en charge du Travail, Isabelle Maillard est référente au bureau CT3 sur la prévention des risques liés à la conception des machines (directive « machines » notamment) et à l'utilisation des équipements de travail. Laure Ginesty est responsable ministérielle aux normes (RMN) adjointe du ministère du Travail, en charge, au sein du même bureau, du suivi des normes de procédures et des normes « produits » relevant du champ de compétence de la Direction générale du travail. « *Le bureau CT3, au sein de la Direction générale du travail, est en charge des équipements et des lieux de travail. Il suit tout particulièrement les questions liées à la réglementation, la surveillance du marché des machines et des équipements de protection individuelle (EPI) à usage professionnel, les évolutions et révisions des directives et règlements européens dans ces domaines. Pour la normalisation, cette activité s'exerce en coordination avec le réseau national de prévention* », précisent Isabelle Maillard et Laure Ginesty.

Xavier Dotal est contrôleur de sécurité à la Carsat d'Aquitaine, en charge des dossiers « équipements de travail » et « conception des lieux et situations de travail ». Il est le correspondant régional « équipements de travail » et participe à ce titre aux différents travaux nationaux du réseau AM-RP, comme la contribution à la rédaction de brochures INRS ou de commentaires sur les projets de normes, en lien avec la sécurité des équipements de travail. « *En tant que correspondant régional, j'apporte un soutien méthodologique aux collègues qui interviennent régulièrement auprès des entreprises, notamment sur les questions d'acquisition, d'installation et de mise en service de machines neuves, sur l'analyse des accidents du travail graves ou mortels et plus généralement, à l'occasion du constat d'un risque lors de l'utilisation des machines. Cela représente essentiellement un travail de pédagogie auprès des collègues et des entreprises, pour les aider à la compréhension de la réglementation machines et pour expliquer la notion d'absence de garanties de sécurité liée au principe d'autocertification. Concernant les questions techniques en phase de conception ou lors de modifications pour mise en sécurité, je m'en remets à mes connaissances acquises auprès de bureaux de contrôle et de concepteurs de composants de sécurité. Sur des sujets spécifiques ou complexes, je fais appel à l'INRS qui apporte un soutien d'expert* », indique Xavier Dotal.

Pour les organismes d'inspection, Alain Coquard, jeune retraité, a été spécialiste « levage » et « machines » ; il a démarré sa carrière dans ce domaine dès le début des années 1980, avec la prise en compte des textes réglementaires français précurseurs des directives « machines ». Il a suivi

le passage des textes français aux directives européennes en 1995 (première directive « machines » 89/392/CEE) et a poursuivi son expérience avec la dernière directive sur le sujet (2006/42/CE), en tant que référent technique Apave[1], puis représentant des organismes d'inspection pour la Chambre syndicale de la prévention et du contrôle technique (Syprev). Il est par ailleurs auditeur dans le domaine des machines pour le Comité français d'accréditation (Cofrac). « *Ces missions se sont articulées autour de plusieurs axes. Tout d'abord, les vérifications de l'état de conformité : ces prestations sont contractuelles, à la demande d'un utilisateur ou d'un fabricant, et permettent d'identifier la situation de la machine présentée au regard des dispositions réglementaires qui lui sont applicables. Avec le cas particulier des vérifications de l'état de conformité à la demande de l'Inspection du travail (Dreets) : ces prestations sont réalisées dans le cadre d'une accréditation, sur la base des dispositions d'un arrêté. Viennent ensuite les examens CE de type, réalisés pour le compte de fabricants dans le cadre d'une habilitation (notification) délivrée par le ministère chargé du Travail. Ces évaluations portaient sur des machines de moulage par injection ou compression de plastiques ou de caoutchouc, sur des élévateurs de personnes (dont la hauteur de chute est supérieure à 3 mètres) ou sur des véhicules de collecte des ordures ménagères. Enfin, les vérifications générales périodiques : ces prestations consistent à s'assurer du maintien en bon état de fonctionnement d'une machine. Mon rôle a évolué jusqu'à l'encadrement technique de ces activités, qui comprend notamment l'animation technique des intervenants, les relations interprofessionnelles, les relations avec les autorités (ministère chargé du Travail, Inspection du travail, etc.), ou la représentation au sein des groupes d'organismes notifiés, aux niveaux français et européen* », détaille Alain Coquard.

Les atouts des réglementations « conception machines » …

L'ensemble des acteurs s'accordent à dire que les textes portant sur la conception (la directive 2006/42/CE et, prochainement, le règlement 2023/1230/UE) explicitent une démarche permettant de prendre en compte tous les risques potentiellement présents sur une machine et traitent de manière exhaustive les mesures de prévention. Pour la DGT, « *la réglementation relative à la conception des machines repose sur un ensemble très complet de règles de prévention et d'exigences techniques de santé et de sécurité, qui s'imposent de manière harmonisée dans tous les États membres, et garantissent ainsi un même niveau de sécurité des machines. Le principe d'intégration de la sécurité à la conception des machines énonce plusieurs obligations fondamentales permettant d'encadrer la démarche de prévention du fabricant. Il s'agit principalement de l'évaluation des risques, qui doit être menée de manière itérative, et de la hiérarchie des mesures de prévention, qui privilégie la sécurité intrinsèque sur les autres moyens de prévention. Elle couvre de nombreux types de machines et de risques et s'articule avec d'autres réglementations, qui traitent de manière plus spécifique certains de ces risques* », signalent Isabelle Maillard et Laure Ginesty.

© Patrick Delapierre pour l'INRS / 2017

Usine de fabrication d'hélices : installation de matériaux à usiner dans une machine close de tournage / fraisage.

Du côté des Carsat, Xavier Dotal explique que « *la directive "Machines" 2006/42/CE et le règlement (UE) 2023/1230 sont des textes plutôt exhaustifs, qui prennent en compte l'ensemble des risques à "balayer", notamment au travers de leur annexe détaillant les exigences essentielles de santé et de sécurité (EESS). Par ailleurs, ces textes définissent une méthodologie d'analyse des risques claire et concise, associée à la procédure de mise sur le marché. En résumé, un mode d'emploi très complet !* »

Pour ce qui est des organismes d'inspection, Alain Coquard confirme que « *la directive "Machines", dans sa présentation actuelle[2], permet à partir d'un seul texte d'avoir une vision sur l'ensemble des dispositions applicables à une machine. Même si les exigences (EESS notamment) sont génériques, le passage en revue de l'ensemble du texte permet d'identifier les points de vigilance applicables à la machine fabriquée.* »

Un second atout non négligeable est que, selon Xavier Dotal, « *le texte intègre même la notion de "mauvais usage raisonnablement prévisible", qui permet de prendre en compte, dès la conception,*

→

ENCADRÉ

NORMES HARMONISÉES : RÔLES DE LA NORMALISATION DANS LA CONFORMITÉ ET LA SÉCURITÉ DES MACHINES*

Par Isabelle MAILLARD et Laure GINESTY,
Direction générale du travail, bureau CT 3

Les travaux de normalisation constituent un levier pour réduire les risques et améliorer la prévention pour l'avenir, en permettant de définir des règles de conception applicables à tous les opérateurs économiques qui s'engagent à les respecter. Plus précises et adaptées aux équipements concernés, ces règles complètent le corpus réglementaire.

Néanmoins, il ne faut pas omettre le fait que la normalisation est un point de jonction entre différents intérêts économiques, techniques et de sécurité, qui nécessitent une attention particulière afin de conserver et promouvoir des exigences fortes en matière de santé et de sécurité des travailleurs.

Pour le ministère en charge du Travail, le suivi des travaux de normalisation constitue un objectif du quatrième plan santé au travail (PST 4, 2021-2025) et du plan de prévention des accidents du travail graves et mortels (PATGM), dans la mesure où il concourt à éliminer les sources de dangers potentiels et donc à réduire le nombre d'accidents graves et mortels en lien avec l'utilisation quotidienne d'équipements dans les entreprises.

Ce suivi s'inscrit dans le cadre d'un programme pluriannuel défini par le ministère, revu tous les cinq ans, qui priorise les types de machines dont les groupes de travail de normalisation doivent être particulièrement suivis en lien avec les organismes nationaux de prévention. L'actuel programme couvre les années 2019-2024.

Les types de machines suivis prioritairement dans le cadre de ce programme sont préalablement définis selon les deux principaux critères suivants :

- le nombre de travailleurs exposés en France, que ce soit dans l'utilisation et la fabrication des machines concernées ;
- l'analyse des accidents du travail les plus graves et des constats des services de contrôle.

Voir aussi dans ce même numéro : Focus normalisation, pp. 16-17.

un usage anormal tel que celui dû à un comportement prévisible. [En résumé,] on doit anticiper le "travail réel" tel qu'il va se dérouler sur le terrain et non considérer uniquement le "travail prescrit". »

…Et leurs limites

Les quatre experts expliquent que les deux principaux écueils de la réglementation « conception machines » sont ses difficultés d'application par les fabricants, notamment en ce qui concerne l'analyse des risques ; et la « qualité des normes », issues d'un consensus entre les parties prenantes.

Selon Isabelle Maillard et Laure Ginesty (DGT), *« la première limite du cadre législatif tient au caractère général des exigences de santé et de sécurité, qui sont souvent perçues par les fabricants comme difficiles à mettre en œuvre. Elles sont parfois mal comprises ou méconnues des fabricants, qui utilisent plus volontiers les normes harmonisées pour la construction de leurs machines. Or, la qualité des normes, résultat d'un processus de négociation dans lequel les intérêts des opérateurs économiques sont représentés, est variable ; et il apparaît que certaines d'entre elles ne permettent pas toujours d'atteindre le niveau de conception adapté, en dépit de leur caractère "harmonisé" et la procédure de révision des normes est longue et lourde. »*

Pour Xavier Dotal, du point de vue des Carsat, le constat est assez sévère également : *« Quant aux constructeurs, ils ne connaissent souvent les textes officiels (et notamment la directive européenne "machines") que* via *la remise de la déclaration CE de conformité et l'apposition du marquage CE sur la machine. Le contenu méthodologique et technique n'est pas toujours bien connu et maîtrisé, en particulier la notion du "mauvais usage raisonnablement prévisible" et la démarche d'analyse des risques, ce qui se traduit, par exemple, par l'absence de justifications pour la fiabilité des circuits de commande. »*

Ce qu'Alain Coquard corrobore : *« L'analyse des risques* a priori *est plus difficile à mettre en œuvre par les fabricants produisant des machines en petite série ou à l'unité, pour lesquelles la seule réponse est souvent l'inventivité ou la réactivité. Dans ces conditions, la démarche d'analyse de risques n'est pas systématiquement conduite dans son intégralité, des solutions techniques déjà mises en œuvre dans d'autres contextes sont reproduites et le bureau d'études, focalisé sur le procédé, n'intègre pas au préalable les besoins en sécurité. »*

En outre, la qualité des normes est variable, du fait de leur mode d'élaboration. D'après Isabelle Maillard et Laure Ginesty, « […] *alors que la procédure de certification CE de type est celle qui garantit le meilleur niveau de conformité des machines, la réglementation prévoit que le fabricant a le choix de recourir à l'utilisation volontaire d'une norme harmonisée. Dans ce contexte, la conformité des machines aux exigences essentielles de santé et de sécurité (EESS) repose principalement sur la mise en œuvre d'une procédure d'auto-évaluation du fabricant et sur son engagement à respecter les spécifications normatives (qui sont d'application volontaire). Le marquage CE tient donc lieu de présomption formelle de la conformité des machines, sans garantie que cette conformité soit effective lors de la mise sur le marché des produits. La surveillance du marché, qui est réalisée par les États membres après la mise sur le marché des machines, mérite d'être développée pour opérer une régulation efficace du marché en ce qui concerne le niveau de sécurité des machines. La loi du 2 août 2021 pour renforcer la prévention*

en santé au travail[3] *a permis d'accroître les prérogatives des autorités françaises de surveillance du marché des équipements.* »

Un avis globalement partagé par Xavier Dotal : « *Il existe des documents, notamment les normes, qui ne sont pas obligatoires, rappelons-le, mais qui viennent compléter et détailler les aspects réglementaires pour des applications concrètes. L'utilisation des normes de "type A" (NF EN ISO 12100) et de "type B" (pour un appui technique plus détaillé) est plutôt recommandée et pertinente. Celle des normes de "type C" est en revanche beaucoup plus problématique*[4]*. En effet, comme dit précédemment, ces normes sont le résultat d'un processus de négociation dans lequel les intérêts des opérateurs économiques sont représentés. Leurs exigences, leur contenu, ne permettent pas toujours de satisfaire aux exigences essentielles de santé et sécurité de la directive "machines".* »

La procédure d'auto-certification[5] (déclaration du fabricant sur son respect de la directive), combinée à une surveillance du marché sous-dimensionnée, ne permet pas aux employeurs d'assurer la mise à disposition de machines conformes pour leurs salariés.

Les représentantes de la DGT explicitent ce point : « *La deuxième limite [de l'utilisation des normes harmonisées] tient à la faiblesse et au manque d'efficacité des moyens de régulation et de contrôle de l'action des fabricants. La logique commerciale et industrielle de certains opérateurs économiques, fabricants et importateurs, s'articule difficilement, sur certains sujets, avec l'objectif de prévention des risques. Ces opérateurs économiques peuvent être amenés à refuser les contraintes réglementaires relatives à la mise sur le marché des machines*[6]*. La procédure d'évaluation de la conformité des machines par tierce partie (organisme notifié) est avant tout perçue par ces opérateurs comme un coût commercial, plutôt que comme un moyen d'uniformiser le niveau de sécurité des machines sur le marché européen. Ainsi, contrairement à d'autres législations sectorielles, la procédure UE de type s'applique à très peu de catégories de machines, jugées comme les plus à risques et devant être soumises à cette régulation [du marché], au regard de la diversité et la quantité globale de machines qui sont mises sur le marché chaque année.* »

Alain Coquard complète : « *Son application [de la réglementation] repose largement sur la confiance en la démarche d'autocertification, lors de laquelle le fabricant déclare lui-même la conformité de sa machine avec l'application des procédures […] Par ailleurs, des machines sont produites dans des pays non membres de l'Union européenne, qui n'ont qu'une vision partielle de la directive "machines", à savoir l'obligation d'un marquage, et qui transposent les solutions locales avec un peu de "cosmétique". Compte tenu du volume de machines, et de leurs différentes typologies et des pratiques, une surveillance efficace du marché par les autorités est illusoire. Elle ne peut reposer que sur les utilisateurs qui, malheureusement, ont d'autres contraintes à intégrer : coûts, délai de réponse, personnalisation…* »

Les impacts des textes « utilisation machines »

Selon Alain Coquard, « *sur le plan de l'utilisation des machines, la directive 2009/104/CE* [concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé pour l'utilisation par les travailleurs au travail d'équipements de travail], *après transposition dans le droit de chacun des États membres de l'UE, constitue un minimum d'exigences communes, que chaque État membre peut élever. Les "habitudes" antérieures à ce socle commun ont souvent été maintenues dans le cadre législatif local, ce qui conduit à des approches différentes pour l'utilisation des équipements en service (vérifications, formations…). Si ces différences n'ont pas d'impact au quotidien dans chaque pays, elles apparaissent lorsqu'un équipement circule à l'intérieur de l'Union européenne, dans le cadre de chantiers, ou de mise à disposition avec ou sans personnel.* »

Xavier Dotal rappelle que « *du côté des utilisateurs, on peut déplorer une méconnaissance, souvent quasi totale, des principes mêmes de l'auto-certification. Pour bon nombre d'entre eux, si une machine bénéficie d'un marquage de conformité, c'est qu'elle est sûre ; et l'incompréhension s'installe suite à un accident, parfois grave ou mortel. Or, l'employeur a une obligation réglementaire de s'assurer que les machines qu'il met à disposition de ses salariés sont sûres et conformes. Les entreprises n'ont pas non plus conscience que toute modification apportée au cours de la vie d'une machine doit garantir un niveau de sécurité au moins équivalent à celui de l'état initial. Une démarche spécifique d'appréciation des risques et de traçabilité des modifications doit être mise en œuvre, comme rappelé dans le* Guide technique relatif aux opérations de modification des machines ou des ensembles de machines en service *de juillet 2019, complété par la brochure de l'INRS ED 6289 –* Amélioration des machines en service (Cf. Pour en savoir plus) ».

Les experts du ministère du Travail concluent à ce sujet que « *l'employeur a pour obligation de maintenir la machine en état de conformité dans la durée. Dans la pratique, les machines sont fréquemment modifiées au cours de leur utilisation pour des raisons de production, ce qui peut générer une dégradation du niveau de sécurité. Ce sujet, bien qu'il représente une difficulté particulière dans le domaine de la prévention, ne fait l'objet d'aucune règle spécifique dans la directive n° 2009/104/CE relative à l'utilisation des équipements de travail, hormis celle énonçant le principe même de maintien en état de conformité.*

→

Cette lacune sur le sujet devrait être partiellement comblée dans le règlement "machines"[7] qui devrait introduire la définition de "modification substantielle", et imposer, dans ce cas de figure, au modificateur de respecter l'ensemble des obligations du fabricant. »

Quels leviers pour une meilleure garantie de la conformité des machines à la réglementation ?

À cette question, plusieurs pistes, tant au niveau des concepteurs que des utilisateurs, sont évoquées.

Pour le réseau AM-RP, par la voix du contrôleur de la Carsat Aquitaine, un point essentiel, pour les concepteurs et les utilisateurs, concerne la formation et la sensibilisation : « *Les leviers d'action potentiels existent et sont nombreux, même s'ils demandent des investissements importants en matière de moyens (humains, financiers, etc.). Par exemple, assurer des formations qualifiantes auprès des fabricants ; pourquoi pas un jour, un label "Sécurité" qui serait décerné à ceux qui ont bien "compris" et appliqué la réglementation ? On peut aussi imaginer, dans le cadre des formations initiales (diplômes de l'enseignement supérieur, notamment), de renforcer ce socle de connaissances et de compétences. C'est déjà le cas sur d'autres sujets, dans de nombreux établissements* ».

Pour la DGT, la sensibilisation reste également une pierre angulaire de la prévention, et la normalisation devrait s'accompagner d'un retour d'expériences : « *Les machines sont à l'origine de très nombreux accidents du travail, dont les plus graves sont dus à des équipements qui ont régulièrement des défauts de conformité de conception pour origine. La normalisation devrait mieux prendre en compte les retours d'expérience des utilisateurs et les mauvais usages raisonnablement prévisibles. Les actions de surveillance du marché vont par ailleurs être renforcées et plus efficaces, grâce aux nouvelles prérogatives dévolues aux autorités en charge de cette surveillance,* selon Isabelle Maillard et Laure Ginesty. *Il est important que tous les acteurs de la prévention se mobilisent, notamment par des actions de sensibilisation auprès des utilisateurs, en particulier sur les points d'attention à retenir quant à la sécurité des machines au moment d'un achat, ou des impacts liés à la modification d'une machine, qui peut obérer le niveau de sécurité de cette dernière pour les travailleurs, avec des conséquences juridiques pour les employeurs.* »

Alain Coquard imagine également qu'une meilleure connaissance de ces textes par les utilisateurs rendrait le contrôle plus utile aux yeux des utilisateurs. Il note par ailleurs que : « *L'amélioration de la conformité passerait par une vérification systématique, avec ou sans l'intervention d'un organisme tiers, avant la mise sur le marché. Cependant, dans un marché soumis à la libre concurrence et au régime de l'auto-certification, cette option n'est pas réaliste. […] Concernant l'utilisation, il apparaît que les accidents, s'ils peuvent être associés à la "conformité" de la machine, dans le cas de non-respect de règles techniques, sont souvent dus à une inadéquation entre l'équipement et son utilisation, à des lacunes dans la formation des opérateurs ou à des modifications mal maîtrisées.* »

Quelles préconisations pour l'achat d'une machine ?

Quels seraient les principaux conseils à donner quant à l'achat d'un équipement de travail par une entreprise ? Pour l'ensemble des experts interrogés, la réussite du projet d'acquisition d'une machine passe par la définition du besoin de l'entreprise. Plus précisément, pour Alain Coquard, ancien référent technique dans un organisme d'inspection : « *Tout d'abord, il y a la définition du besoin : le principe de la réglementation est l'intégration de la conformité de la machine lors de sa conception. La bonne réalisation de cette étape par le fabricant nécessite la mise à sa disposition par l'utilisateur d'un cahier des charges détaillant ses attentes, en termes d'installation, de formation, d'exploitation et de maintenance. De cette analyse préalable découleront des choix techniques et des solutions pour répondre aux exigences essentielles de santé et de sécurité. Toute modification ultérieure peut altérer le niveau de sécurité ou compromettre les conditions d'exploitation attendues.* » Toujours selon Alain Coquard, « *il y a ensuite l'intégration d'un organisme tierce partie dans un projet d'acquisition ou de fabrication, qui permet d'obtenir des informations sur les solutions techniques retenues, au regard des objectifs attendus ou des contraintes engendrées. Cette collaboration peut se faire à chaque étape du projet.* »

La DGT conseille aux entreprises utilisatrices, en plus de la définition des besoins, d'être accompagnées par des personnes compétentes. Elle rappelle également l'existence d'une disposition réglementaire en cas de machines non conformes. « *Conformément à la réglementation du travail, l'employeur a l'obligation de mettre à disposition des travailleurs des machines conformes aux règles de conception mentionnées dans l'annexe I de la directive machines. L'élaboration d'un cahier des charges détaillé est une étape indispensable dans l'achat d'une machine. Ce document permet à l'entreprise de formaliser ses besoins et d'obtenir toutes les informations nécessaires relativement à l'évaluation des risques et à l'évaluation de la conformité qui ont été réalisées par le fabricant* », selon Laure Ginesty et Isabelle Maillard. « *L'employeur doit également disposer des ressources nécessaires pour procéder à sa propre évaluation des risques, en axant sa démarche sur l'usage et les conditions dans lesquelles il utilisera la machine dans son entreprise. Il peut s'appuyer sur le comité social et économique. Il est ainsi nécessaire qu'il dispose d'une connaissance suffisante de*

la réglementation et des normes applicables lors de l'acquisition d'une machine. Avant l'achat et la mise en service d'une nouvelle machine, l'employeur peut demander les conseils d'une personne ou d'un organisme technique compétent dans l'évaluation de la conformité des équipements de travail (bureaux techniques, organismes d'inspection, organismes de prévention). Conformément à l'article L. 4311-5 du Code du travail, il dispose d'un délai d'un an à partir de la livraison de la machine pour demander la résolution de la vente[8] *pour défaut de conformité. Il est donc important que le contrat commercial qu'il conclut avec le responsable de la mise sur le marché précise de manière détaillée les différentes étapes de la réception qui précèdent la mise en service, en particulier lorsque la période de mise en route est importante et nécessite d'effectuer des tests, des réglages ou des paramétrages. »*

Pour la Carsat, Xavier Dotal détaille : « *Il faut toujours partir du cahier des charges d'achat et d'acquisition de l'équipement de travail. C'est pourquoi, au niveau de l'ensemble du Réseau AM-RP, nous insistons tant sur l'importance de sa rédaction. Elle doit toujours se faire très en amont, en prenant en compte notamment : l'analyse des besoins ; l'ensemble des acteurs qui seront concernés par son utilisation (agents de production, mais aussi de maintenance, de nettoyage, etc.) ; et comprenant des compléments tels que le rappel des principales dispositions réglementaires, la nécessité pour le constructeur d'avoir réalisé une analyse des risques (si possible, en lien avec les futurs utilisateurs) ; et la nécessité du suivi et des vérifications des équipements de travail par un bureau de contrôle.* »

Conclusions et enjeux de prévention

Les réglementations « conception » (actuellement, la directive 2006/42/CE, jusqu'au début de l'année 2027) et « utilisation » (le Code du travail) se complètent et permettent, si elles sont appliquées intégralement par les fabricants de machines et les employeurs, de protéger les travailleurs face aux risques liés aux machines. Cependant, elles mériteraient d'être plus largement diffusées, expliquées, et leur application d'être mieux contrôlée.

Un point clé dans la mise à disposition des travailleurs d'une machine sûre est le dialogue entre l'employeur – utilisateur et le fabricant, *via* l'expression des besoins des utilisateurs (cahier des charges) et la réalisation de l'évaluation des risques de la machine par le fabricant.

Par ailleurs, les normes « sécurité machines » peuvent être un atout dans la prévention. Cependant, elles restent des textes de consensus entre les personnes qui les rédigent, majoritairement des opérateurs économiques (fabricants). Les utilisateurs gagneraient à être présents en réunions de normalisation. La combinaison de ces deux pistes d'amélioration pourrait conduire à une meilleure prévention du risque machines. ●

1. Apave (sigle historique : Association des propriétaires d'appareils à vapeur). Voir : www.apave.com

2. Au moment de l'entretien, le règlement (UE) 2023/1230 n'était pas encore voté au Parlement de l'UE.

3. Voir : Loi n° 2021-1018 du 2 août 2021 pour renforcer la prévention en santé au travail. Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr

4. Les normes européennes harmonisées ont pour but de fournir des données dont les professionnels ont besoin pour concevoir des machines conformes aux règles techniques de conception prévues par la réglementation (Annexe 1 de l'article R. 4312-1 du Code du travail). Ces normes ne sont pas d'application obligatoire, mais une machine construite conformément à ces normes bénéficiera d'une présomption de conformité à la réglementation. Ces normes sont régulièrement révisées : elles représentent l'état actuel de la technique. On distingue des normes dites horizontales (A, B1, B2) applicables à de nombreux types de machines, et des normes dites verticales (C) qui s'appliquent à un type de machine en particulier ou à un groupe de machines.

5. Procédure d'évaluation de la conformité pour la mise sur le marché de machines, basée sur une auto-évaluation par le fabricant. Il certifie alors lui-même qu'il a respecté les règles énoncées dans la réglementation en matière de conception.

6. Dans la pratique, il arrive que certains fabricants « vendent la sécurité en option », contrevenant alors de fait aux textes et documents officiels.

7. Le nouveau règlement européen (UE) 2023/1230 traite de la modification des machines une fois mises sur le marché ou en utilisation.
Cf. Article précédent pp. 20-25.

8. C'est-à-dire une annulation de la vente par un tribunal.
Cf. Article précédent pp. 20-25.

POUR EN SAVOIR

Publications de l'INRS

- Dossier Web – *Machines.* Accessible sur : https://www.inrs.fr/risques/machines/ce-qu-il-faut-retenir.html
- Fiche ED 54 – *Les machines neuves "CE".* Accessible sur : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%2054
- Brochure ED 6122 – *Sécurité des équipements de travail.* Accessible sur : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206122
- Brochure ED 6154 – *Conception des machines et ergonomie.* Accessible sur : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206154
- Brochure ED 6231 – *Réussir l'acquisition d'une machine ou d'un équipement de travail.* Accessible sur : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206231
- Brochure ED 6289 – *Guide pratique. Amélioration des machines en service.* Accessible sur : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206289
- Brochure ED 6310 – *Sécurité des machines. Principes de conception des systèmes de commande.* Accessible sur : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206310
- Brochure ED 6389 – *Évaluation des risques lors de la conception de machines.* Accessible sur : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206389

MACHINES MOBILES AUTONOMES : APPORTS INDISPENSABLES DE L'INTÉGRATEUR ET DE L'UTILISATEUR POUR UNE INTÉGRATION RÉUSSIE

Toute entreprise souhaitant acquérir une machine mobile autonome se trouve confrontée au choix de celle qui conviendra le mieux, parmi toutes celles disponibles sur le marché. Laquelle choisir ? Comment la mettre en œuvre ? Son intégration nécessite toujours une réflexion approfondie, du fait de son évolution dans des zones de travail parfois vastes et de la présence possible de personnes à proximité.

CLÉMENTINE BORGEOT
INRS, département Ingénierie des équipements de travail

ALAIN BALSIÈRE
Carsat Rhône-Alpes

Les machines mobiles autonomes[1] sont des machines capables de se déplacer dans leur environnement de travail, sans conducteur intervenant pour commander et contrôler leur déplacement en temps réel.
Jusqu'alors déployées dans l'industrie, ces machines sont de plus en plus présentes dans de nombreux autres secteurs et pour des applications variées : manutention de charges, accueil des personnes, nettoyage des sols, désinfection de locaux, transport de plateaux-repas, surveillance de périmètre, désherbage, évacuation de déchets… Les utilisateurs des secteurs récemment équipés sont souvent moins familiers avec l'utilisation de ces machines, pas toujours conscients des risques qu'elles génèrent et peu éclairés sur les réglementations applicables.

Machine mobile autonome : l'intégration, étape indispensable

L'acquisition d'une machine mobile autonome est souvent motivée par la volonté de pallier des difficultés de recrutement ou d'améliorer des conditions de travail (alléger le travail de nuit, diminuer la manipulation ou le port de charges, libérer du temps aux opérateurs) en confiant les tâches répétitives ou monotones à une machine.
On constate sur le terrain que de nombreux questionnements et incertitudes, liés à la méconnaissance de ces technologies, entraînent des difficultés dans leur mise en œuvre. Cette méconnaissance peut engendrer l'utilisation de machines qui présentent des risques pour les opérateurs travaillant avec la machine et pour les personnes évoluant à proximité. Ces risques (collision, écrasement…) ne sont pas toujours correctement identifiés ou suffisamment réduits. On remarque également une possible détérioration des conditions de travail induites par des perturbations dans l'organisation. Lorsque la machine mobile autonome prend en charge des tâches qui étaient maîtrisées par les opérateurs, de nouvelles contraintes peuvent apparaître, par exemple lorsque des opérateurs considéraient ces tâches comme des moments de récupération. Des contraintes apparaissent également en cas d'arrêt de la machine (détection d'obstacle, arrêts intempestifs…), nécessitant des interventions répétées, ou lorsque la machine est dans l'incapacité de réaliser certaines tâches prévues, alors prises en charge « en compensation » par les opérateurs. Ces contraintes induisent une implication permanente, et pas toujours prise en compte, des opérateurs qui doivent intervenir rapidement et réguler les différents aléas. Elles peuvent alors constituer des facteurs de risques (de fatigue, de tensions ou encore d'insatisfactions). Malgré les messages délivrés par certains fabri-

cants ou revendeurs, ces machines ne sont jamais « *plug-and-play* », c'est-à-dire qu'il ne suffit pas de les sortir de leur caisse de livraison et de les mettre en route pour qu'elles fonctionnent comme souhaité. L'acquisition d'une machine mobile autonome et sa mise en œuvre doivent être abordées comme un projet d'intégration *(Cf. Figure 1)*.
Il est primordial de :
- définir précisément le besoin ;
- vérifier que la machine est apte à réaliser les tâches attendues ;
- s'assurer de la compatibilité de la machine avec l'organisation du travail en place ou de l'ajuster si nécessaire ;
- s'assurer que les risques qu'elle génère sont identifiés et suffisamment réduits.

La réalisation de ces étapes nécessite l'implication d'un « intégrateur ». Selon les cas de figure, ce peut être le fabricant, une société d'ingénierie ou des ressources en interne chez l'utilisateur.
L'utilisateur est le pilier du projet. Ce dernier doit être participatif au sein de l'entreprise, afin de cerner au mieux les activités réelles et les enjeux associés. Utilisateur et intégrateur doivent travailler conjointement pour mener à bien cette démarche d'intégration, en apportant chacun leurs compétences et connaissances, dans un dialogue permanent.

L'apport de l'utilisateur

L'entreprise doit décrire son besoin, le résultat attendu (le souhaitable), afin d'étudier la capacité de réponse de la solution envisagée (le faisable). Le projet devra poser les conditions de convergence entre le souhaitable et le faisable. Il devra donc être à la fois :
- techniquement réalisable ;
- socialement acceptable ;
- et financièrement supportable.

Cette analyse du besoin, préalable au choix de la machine et réalisée par l'utilisateur, permet de poser les éléments de discussion avec l'intégrateur. Complétée par une analyse de l'activité et une analyse des flux des biens et des personnes, elle permet de définir des critères de choix, afin de comparer les solutions disponibles sur le marché, de retenir l'équipement le plus approprié, et de disposer de tous les éléments pour l'intégrer en sécurité aux activités de l'entreprise.

Définir le besoin

L'utilisateur élabore un cahier des charges[2].
Il y décrit, notamment :
- les tâches attendues de la machine mobile autonome ;
- la typologie des personnes présentes dans l'environnement de travail de la machine (personnel seulement, grand public, personnes fragiles, etc.) ;
- les tâches attendues des opérateurs intervenant sur la machine : lancer des missions, surveiller et résoudre des anomalies, mettre en charge la batterie, réaliser des opérations d'entretien, etc. ;
- les caractéristiques de l'environnement dans lequel la machine mobile autonome va évoluer ainsi que sa variabilité (par exemple, la présence aléatoire d'objets, la variation de la température ou la luminosité…) ;
- les interactions intentionnelles et non intentionnelles de la machine mobile autonome avec les personnes dans son environnement ;
- les interfaces informatiques ou physiques avec d'autres éléments (ordre de mission, commande d'ouverture de portes, système de charge batterie, stations météo…).

Alimentée par les échanges entre les différents acteurs, la version initiale du cahier des charges doit évoluer au fur et à mesure du projet.

Analyser l'activité

La réalisation d'une analyse de l'activité est une étape clé. L'utilisateur connaît les tâches réalisées au sein de son entreprise et l'organisation du travail qui y est mise en œuvre. Il peut, en se basant sur le retour d'expérience des opérateurs, analyser les situations qu'ils rencontrent au cours de leur travail. En complément de la compréhension de l'activité et de l'identification des contraintes qui y sont relatives, l'identification des aléas est un élément de réussite majeur. Un aléa peut être la

Vincent Nguyen pour l'INRS/2019

Transport de pièces sur un poste de travail par une machine mobile autonome (AGV).

variabilité du geste dans l'exécution d'une même tâche, la variabilité de l'environnement, la variabilité des matières ou objets produits ou transportés, les réactions face à ces aléas… Cela permet de vérifier dans quelle mesure une machine mobile autonome est apte à répondre aux situations identifiées. Pour une installation nouvelle, il est nécessaire de travailler sur les situations caractéristiques attendues en lien avec l'activité.

Étudier l'impact sur l'organisation du travail

Cette étape s'intéresse aux modifications des situations de travail engendrées par l'intégration d'une machine mobile autonome :

- Comment va-t-elle s'intégrer aux flux de l'entreprise ?
- Quel personnel va-t-elle concerner ?
- Comment va-t-elle s'intégrer dans les tâches des opérateurs ?
- Pour les installations existantes, comment va-t-elle modifier leurs repères ?
- Qu'est-ce que la machine permet d'améliorer ?
- Qu'est-ce qu'elle permet de préserver ?
- Qu'est-ce qu'elle risque de dégrader ?
- Etc.

L'implication des opérateurs dans les réflexions conduites avec l'intégrateur est un point clé du projet. Ceci permet de faire remonter les points qui leur paraissent délicats, et de statuer sur ce que ne pourra pas couvrir la machine (ajustement face aux aléas, gestion des dysfonctionnements, qualité attendue non atteignable).

Organiser le travail

Les réflexions sur ce sujet permettent de construire les nouvelles pratiques du collectif de travail : évolution des tâches, montée en compétences, réorganisation des flux et des espaces, etc. À la mise en service, l'utilisateur va fournir aux personnels concernés les instructions appropriées pour une utilisation correcte de la machine, élaborer ou mettre à jour les fiches de poste et s'assurer que les formations requises ont été réalisées (personnel de l'entreprise comme intérimaires). Une sensibilisation doit être mise en œuvre, à destination de toutes les personnes amenées à côtoyer l'environnement de travail de la machine, pour indiquer la présence de machines mobiles autonomes, ainsi que les points de vigilance à prendre en compte. Cette information peut être accompagnée par la diffusion d'une vidéo de sensibilisation, de la signalétique, etc.

Suivre dans le temps

Des évaluations doivent être réalisées régulièrement, afin de recueillir l'expérience des opérateurs et de s'assurer de la pertinence de la solution mise en œuvre :

- synchronisation entre les activités des opérateurs et de la machine ;
- retours sur les incidents éventuels ;
- gestion des dysfonctionnements ;
- etc.

Ces évaluations permettent de réaliser des ajustements qui maintiennent et enrichissent l'appropriation par les opérateurs.

L'apport de l'intégrateur

L'intégration d'une machine mobile autonome nécessite toujours des configurations, des tests, des aménagements de l'environnement, réalisés ou pilotés par l'intégrateur, qui dispose généralement d'une bonne connaissance des solutions techniques existantes et de leur mise en œuvre. Le rôle de l'intégrateur est cependant plus vaste, en particulier pour les technologies émergentes et encore peu déployées. Il est particulièrement important que l'intégrateur aide l'utilisateur à correctement formuler les besoins et à cadrer ses attentes dans la phase d'élaboration du cahier des charges. De même, l'intégrateur réalise une analyse des risques, primordiale pour définir les mesures de prévention à mettre en place et assurer un fonctionnement sûr de la machine *(Cf. Figure 1)*.

Vérifier l'adéquation

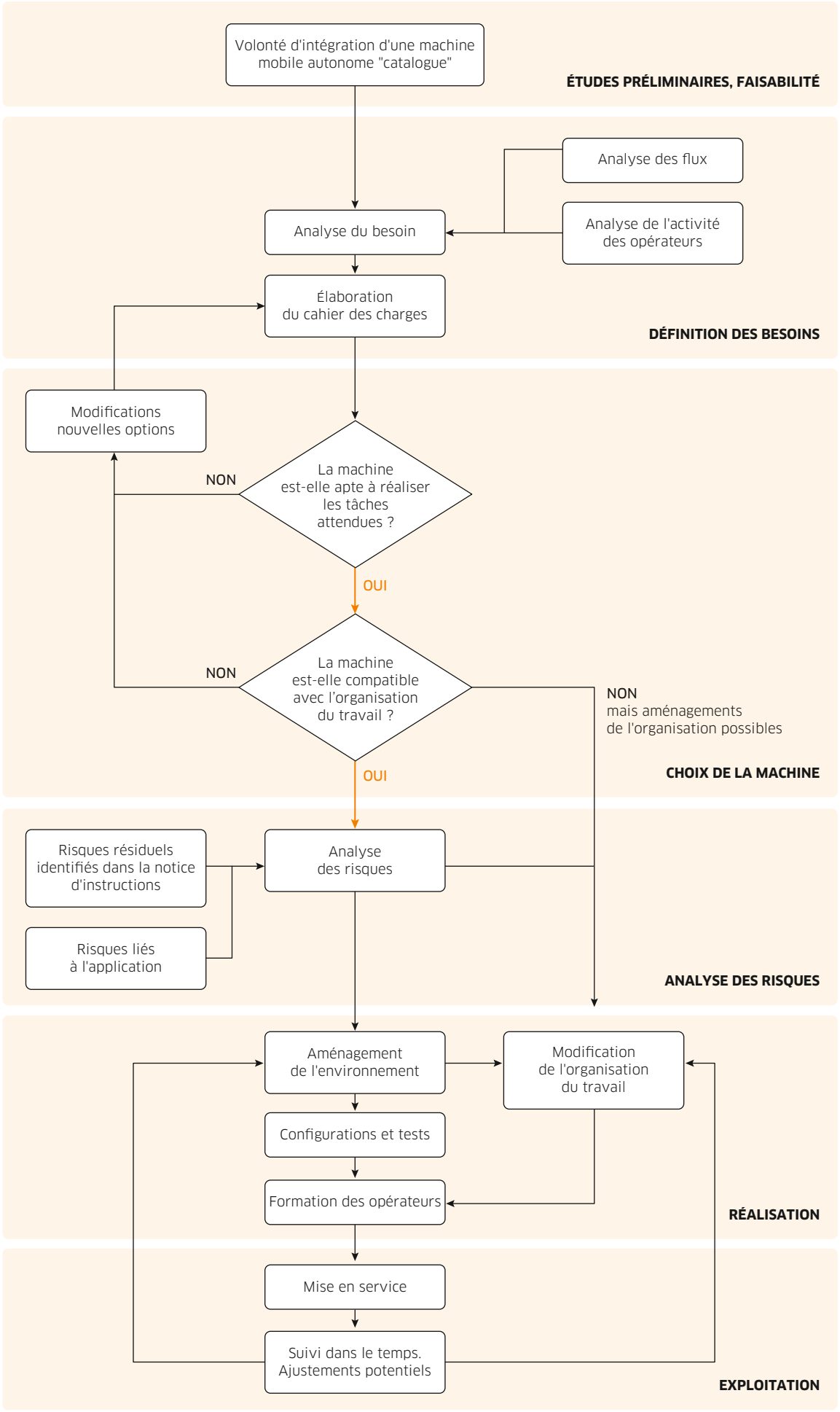
Il est nécessaire de confronter les informations présentes dans la notice d'instructions du fabricant avec l'application prévue :

- La machine dispose-t-elle des fonctions attendues ?
- Dispose-t-elle des sécurités requises (par exemple : un dispositif de détection de personnes, un dispositif de détection des escaliers) ?
- Les limites d'utilisation définies par le fabricant correspondent-elles à celles identifiées dans le cahier des charges de l'utilisateur ; par exemple, la typologie des personnes exposées (seulement le personnel, tout public), les caractéristiques du sol (état de surface, pentes admissibles…), les caractéristiques environnementales (humidité, plages de température, luminosité…) ?

Lors de cette étape, l'intégrateur doit s'assurer que la machine est conforme à la réglementation et aux normes en vigueur.

Analyser les risques engendrés par l'utilisation

Quelle que soit l'application, une machine mobile autonome peut générer des risques. Il est donc nécessaire de mettre en œuvre des mesures pour prévenir des accidents susceptibles de survenir : par exemple, le choc de la machine avec une personne qui croise sa trajectoire, la chute de la machine dans un escalier sur une personne, ou le contact d'une personne avec des éléments de tra-



← FIGURE 1
Représentation du processus d'intégration d'une machine mobile autonome « catalogue ».

autonome ou lame de binage d'un robot de désherbage, etc.). L'intégrateur doit donc s'interroger sur les risques générés par la machine :

- Quels sont les risques résiduels identifiés par le fabricant ?
- En existe-t-il d'autres liés à l'application ?
- Quelles sont les mesures de prévention à mettre en œuvre pour les réduire (par exemple : définir les horaires d'utilisation selon la fréquentation, limiter la présence d'objets sur les trajectoires de la machine…) ?

La formation d'un groupe de travail pluridisciplinaire utilisateur – intégrateur permet d'être le plus exhaustif possible dans l'identification des risques et d'assurer la compatibilité des mesures avec les différentes contraintes de production (qualité, productivité, ergonomie, maintenance, sécurité…).

Aménager l'environnement de travail de la machine

D'un point de vue fonctionnel : ce peut être l'installation de balises (exemples: QR codes, réflecteurs) pour que la machine puisse se localiser dans son environnement, l'installation du système de recharge de la batterie, l'atténuation de la luminosité extérieure pour éviter la saturation des capteurs optiques de la machine ; ou encore, la structuration de la zone de travail pour limiter l'encombrement et optimiser les temps de trajet. Des aménagements sont également nécessaires pour la réduction des risques. Ce peut être : mettre en place une signalétique (marquage au sol, pictogrammes…) ; déplacer des objets potentiellement non détectables, ou les rendre détectables ; installer des protecteurs fixes pour empêcher la machine d'accéder à certaines zones ; s'assurer de la détection de parties vitrées, etc. Les normes, bien que principalement destinées aux constructeurs, peuvent être d'une aide notable pour cette étape. En effet, elles contiennent parfois des recommandations relatives à l'intégration de la machine dans son environnement de travail, à l'instar de la norme NF EN ISO 3691-4[3], relative aux machines mobiles autonomes évoluant en milieu industriel ou logistique, qui détaille comment aménager l'environnement de travail.

Configurer et tester la machine

Selon le type de machine et selon l'application, la configuration peut être plus ou moins complexe : cartographier la zone de travail, « programmer » des missions, installer un poste de supervision, configurer des interfaces d'échange de données informatiques… Chaque fonctionnalité doit être testée avant la mise en service, les bugs ou erreurs rencontrées doivent être corrigés. Dans le cas où la machine est équipée d'un dispositif de détection des personnes, avant tout essai fonctionnel, il est recommandé de réaliser des tests de freinage dans les conditions les plus défavorables de l'activité (charge maximale, pente maximale, etc.), afin de vérifier les distances d'arrêt de la machine. La mise en œuvre d'une solution simple et fiabilisée est un objectif à privilégier : une machine régulièrement dysfonctionnelle engendre des actions imprévues de la part des opérateurs, qui peuvent être source d'aléas non maîtrisés (contournement de mesures de protection) ou d'augmentation du stress lié au besoin de régulation (tâches réalisées dans un laps de temps plus court, cumul de tâches « en retard »).

Proposer la formation adaptée

Les formations sont souvent proposées par l'intégrateur : il est le plus à même de construire un contenu basé sur l'usage attendu et défini avec l'utilisateur, sur son expérience d'intégration d'autres machines mobiles autonomes, et sur l'analyse des risques spécifique à l'application réalisée dans la démarche d'intégration.

Suivre la mise en service

Ce suivi permet d'accompagner les opérateurs dans la prise en main du système et d'assurer les ajustements nécessaires.

Conclusion

Le déploiement d'une machine mobile autonome sans une réelle démarche d'intégration se solde souvent par un échec. Cette démarche est primordiale pour mettre en œuvre une solution adaptée, sûre et acceptée par les opérateurs. La réussite de l'intégration repose sur le lien entre utilisateur et intégrateur à chaque étape du projet : les apports de chacun alimentent dialogue et discussions, au sein d'une démarche itérative. Une bonne compréhension de l'activité et du besoin, ainsi que l'attention portée à la mise en œuvre, contribuent fortement à la santé et à la sécurité des opérateurs et des personnes évoluant à proximité. Les machines mobiles autonomes n'étant pas des solutions « *plug-and-play* », l'approche « projet » requiert un ensemble de compétences, et l'utilisateur ne doit pas hésiter à se faire accompagner par une société tierce pouvant endosser le rôle d'intégrateur, lorsqu'il ne dispose pas des compétences en interne.

1. Une entreprise peut acquérir une ou plusieurs machines qui constituent alors une flotte. Cet article traite des risques liés à une seule machine, mais il est généralisable à une flotte de machines.

2. Voir : brochure ED 6231 (INRS) – Réussir l'acquisition d'une machine ou d'un équipement de travail. *Accessible sur : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206231*

3. Voir : NF EN ISO 3691-4:2023 (version révisée de la norme de 2020) – Chariots de manutention – Exigences de sécurité et vérification. Partie 4 : chariots sans conducteur et leurs systèmes. *Afnor, 2023. Accessible sur : www.boutique-afnor.org (document payant).*

ROBOTS MOBILES AUTONOMES (AMR) DANS LES USINES ET ENTREPÔTS LOGISTIQUES : ENJEUX POUR LA PRÉVENTION

Les avancées technologiques de ces dernières années ont permis l'essor de nouvelles applications d'automatisation des flux intralogistiques, touchant des entreprises de tailles variées (de la multinationale à la PME). Appartenant à la famille des machines mobiles autonomes, les AMR se déplacent librement, sans conducteur ni téléopérateur, pour assurer la manutention de charges telles que palettes, bacs, étagères, cartons, pièces d'assemblage, outillage… Les constructeurs, aux profils divers, sont de plus en plus nombreux, y compris sur le territoire français.
Du point de vue de la prévention, la mobilité de ces machines peut générer des risques. Quels référentiels utiliser ? Comment identifier et réduire ces risques ?

CLÉMENTINE BORGEOT
INRS, département Ingénierie des équipements de travail

Les AMR, nouvelle composante de l'automatisation

Les robots mobiles autonomes (en anglais *Automated Mobile Robots* : AMR) se sont développés lors de la dernière décennie, « boostés » par les avancées technologiques. En premier lieu, le développement des LiDAR[1] et des systèmes de vision par caméra a doté les AMR d'une perception en 2D/3D de leur environnement immédiat ; cette perception est utilisée pour créer la cartographie de la zone de travail et pour se localiser ; leur mise en œuvre est rapide et ne nécessite pas ou nécessite peu de modifications de l'infrastructure existante. Cette capacité de percevoir son environnement rend également l'AMR capable d'adapter sa trajectoire en temps réel, en fonction des obstacles présents dans sa zone de travail. Il peut donc potentiellement évoluer librement, dans une zone définie, en présence de piétons, d'objets et d'autres engins. Par ailleurs, la miniaturisation des composants, comme certains composants électroniques, ou l'apparition des batteries au lithium, plus compactes que les batteries au plomb, ont permis la conception de robots mobiles de petite taille. Ces nouvelles machines permettent de nouvelles applications d'automatisation des flux de charges de petites dimensions (par exemple : transport unitaire de cartons ou de bacs), venant compléter les flux automatisés par chariots sans conducteurs (en anglais, *Automated Guided Vehicles :* AGV), généralement utilisés pour des charges de plusieurs centaines de kilos).
Les AMR sont aussi utilisés pour le stockage des produits dans les entrepôts logistiques, souvent dans une enceinte close. Par ailleurs, ces AMR sont de plus en plus utilisés dans d'autres applications que la manutention de charges, comme par exemple, la réalisation d'inventaire ou la surveillance périmétrique.

Du côté des constructeurs, le panel est très varié. Des constructeurs de robots, d'AGV, de chariots élévateurs ou encore de machines spéciales, ont développé des AMR généralement dérivés de leurs produits historiques, mais on constate également la création de nombreuses start-up capables de développer ces machines mobiles, notamment sur le territoire français. Côté utilisateurs, les AMR s'installent dans les usines et les entrepôts logistiques, ainsi que dans les PME, auparavant peu concernées par la manutention automatisée. Le marché des AMR est en pleine croissance, stimulé par le développement des activités logistiques : selon un rapport d'*Interact Analysis* paru en 2022[2], le nombre d'AGV et d'AMR vendus a augmenté de 53 % entre 2021 et 2022, et le nombre d'AGV et d'AMR en service au niveau mondial devrait s'établir à 4 millions en 2027.

→

ENCADRÉ

LES PRINCIPAUX RISQUES GÉNÉRÉS PAR LA MOBILITÉ DES AMR :

1. Collision d'une personne par l'AMR.
2. Écrasement d'une personne entre l'AMR et un objet fixe (mur, poteau, machine…).
3. Chute de l'AMR sur une personne (renversement, chute de hauteur).
4. Chute d'une charge sur une personne (pendant le transport, ou pendant le transfert de la charge).
5. Choc ou écrasement indirect d'une personne, suite à une collision entre l'AMR et un obstacle.

Nouvelles technologies, nouvelles fonctionnalités, nouvelles applications… : de nouveaux risques ?

Les risques engendrés par la mobilité d'un AMR *(Cf. Encadré)* pour les personnes présentes à proximité (collision, choc, écrasement…) sont similaires à ceux générés par tout engin mobile. La gravité d'un dommage pourra différer selon la taille de l'AMR.

En complément des risques engendrés par la mobilité, d'autres risques sont à considérer, comme ceux engendrés par les batteries[3] ou encore les risques mécaniques engendrés par un système de manutention de la charge embarqué sur l'AMR (convoyeur, table élévatrice, etc.). Ils pourraient également générer d'autres contraintes liées à la transformation du travail des opérateurs, en charge de tâches complémentaires qui pourraient être physiquement ou mentalement exigeantes, constituant ainsi des facteurs de risques de troubles musculosquelettiques (TMS) ou psychosociaux (RPS).

Au-delà des risques qu'ils génèrent, les AMR peuvent avoir un apport bénéfique à la prévention des risques professionnels ; ils peuvent réduire le risque de TMS en déchargeant les opérateurs de tâches physiquement contraignantes, telles que la manipulation ou le déplacement de charges.

On constate sur le terrain que les différents acteurs ne disposent pas toujours des connaissances suffisantes en matière de prévention des risques professionnels liés à ces machines, notamment les utilisateurs peu familiarisés avec l'utilisation de machines. Par ailleurs, les AMR sont souvent présentés comme étant « sûrs » et « prêts à l'emploi », à l'instar des cobots[4]. C'est une erreur : quels que soient l'application et le modèle d'AMR, il est primordial de réaliser une analyse des risques spécifique à l'activité et à l'environnement dans lequel il est amené à se déplacer, en vue d'identifier les risques générés et de les réduire de manière adéquate, en s'appuyant sur les réglementations et les normes relatives à la conception et à l'utilisation d'équipements de travail.

Référentiels réglementaires et normatifs

D'un point de vue réglementaire, les AMR sont des machines et sont donc soumis à la directive « Machines » 2006/42/CE, remplacée à partir de 2027 par le règlement européen (UE) 2023/1230 *(Cf. Article pp. 20-25)*. Selon la directive de 2006, une machine doit être conçue pour une application définie dans un environnement défini. Il incombe donc au constructeur de bien définir les conditions et les limites d'utilisation de l'AMR et de les expliciter dans la notice d'instructions qu'il doit fournir avec sa machine. D'autre part, comme prévu dans la directive « Utilisation » 2009/104/CE[5], il incombe à l'utilisateur de s'assurer que chaque AMR qu'il acquiert est conforme avec la directive « Machines » 2006/42/CE, et qu'il est fourni avec une notice d'instructions et une déclaration CE de conformité. Il doit également évaluer les risques liés à son utilisation.

À ce jour, d'un point de vue normatif, les AMR sont considérés comme des AGV, à savoir des chariots de manutention sans conducteur, au sens de la norme internationale NF EN ISO 3691-4[6]. Cette norme s'adresse aux concepteurs, mais également aux intégrateurs[7] de ces machines, car l'environnement de travail de l'AMR présente un impact sur le choix des mesures techniques et organisationnelles à mettre en œuvre (par exemple, la vitesse d'un AMR doit être réduite lorsqu'il se trouve à moins de 500 mm d'un objet ; les zones classifiées comme dangereuses doivent être marquées au sol).

Il existe de nombreuses autres dénominations commerciales : LGV *(Laser Guided Vehicle)*, chariot autoguidé, robot mobile, AIV *(Automated Intelligent Vehicle)*, IGV *(Intelligent Guided Vehicle)* ou encore, plateforme mobile. Cependant, quelles que soient ces dénominations, ces machines dépendent toutes de la même norme, et l'approche pour l'analyse des risques est similaire.

Réussir l'intégration d'un AMR

La réussite de l'intégration d'un AMR repose sur une analyse approfondie de son environnement de travail et de l'aménagement de cet environnement, de façon à ce qu'il soit en adéquation avec celui retenu. Avant l'acquisition, l'utilisateur doit analyser son besoin et établir un cahier des charges[8], en portant une attention particulière à l'identification :

- des caractéristiques de l'environnement de travail : glissance et état de surface des sols, pentes, escaliers, portes, présence potentielle d'obstacles (par exemples, engins de manutention, palettes, cartons, dessertes mobiles, marchepieds), luminosité, température, etc. ;
- des personnes potentiellement présentes dans la zone de travail du ou des AMR (opérateurs, personnel de maintenance, de nettoyage, managers, visiteurs…), des tâches qu'elles vont réaliser et des

chemins qu'elles sont susceptibles d'emprunter ;
- des tâches à exécuter par l'AMR, de leur localisation (par exemple, prise de charge, dépose de charge, manipulation d'une pièce, recharge de la batterie), des chemins à emprunter pour les relier ;
- des interactions intentionnelles et non intentionnelles qui peuvent survenir entre les personnes et les AMR ;
- des caractéristiques des charges à transporter (pour chaque catégorie : type, dimensions, poids, matière, stabilité…) ;
- des interfaces avec d'autres équipements (convoyeurs, machines de production, portes sectionnelles…).

Lors du choix de l'AMR, l'intégrateur doit s'assurer que l'AMR est capable de réaliser les tâches prévues au cahier des charges et que les conditions d'utilisation définies par le concepteur correspondent bien au besoin exprimé. Il doit également répertorier et analyser les risques liés à l'utilisation en vue de les réduire. Pour les zones de travail de grande superficie ou constituées de plusieurs zones aux environnements différents, l'approche peut être effectuée par zone : qui y est présent ? Pour quoi faire ? Quelles tâches va exécuter l'AMR ? Quelles sont les caractéristiques de l'environnement de travail dans cette zone ? Quels risques peuvent en découler ? Comment les réduire… ?

Préalablement à la mise en service de l'AMR, l'utilisateur doit mettre en place les mesures de prévention définies par le concepteur dans les informations pour l'utilisation (organisation, moyens de protection supplémentaires, EPI, formations, etc.), ainsi que celles découlant de son analyse des risques.

Dans le cas où l'AMR est adapté par l'intégrateur pour répondre au besoin, dans la limite des modifications autorisées par le constructeur, les adaptations réalisées doivent être documentées. Cette documentation doit indiquer les risques éventuels générés par ces adaptations et les mesures mises en œuvre pour les réduire.

Les AMR sont parfois présentés comme une composante clé des systèmes de production dits « flexibles ». En cas de modification de l'AMR après sa mise en service, telle que l'ajout d'une fonctionnalité, la modification ou l'ajout d'une zone de travail ou encore la modification d'un élément dans son environnement de travail (machine, poste de travail…), l'analyse des risques doit être mise à jour en conséquence et, si besoin, entraîner la modification ou l'ajout de mesures de prévention.

Chargement de produits finis vers les postes d'expédition à l'aide d'un AMR.

© Grégoire Maisonneuve pour l'INRS/2020

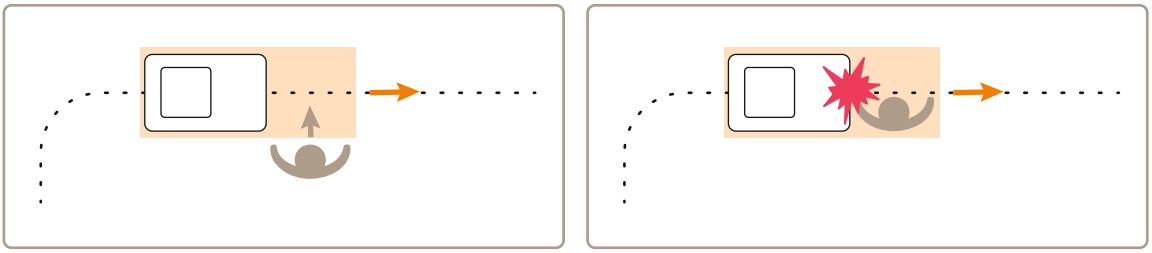


FIGURE 1 → Représentation du risque de collision directe entre un AMR et une personne entrant latéralement dans sa trajectoire.

FIGURE 2 → Représentation du risque d'écrasement d'une personne entre un AMR et un objet,

Des risques résiduels à considérer

Lorsqu'un AMR évolue en présence de personnes, il est généralement équipé de scrutateurs laser de sécurité conçus pour détecter la présence d'une personne sur sa trajectoire et ainsi éviter les risques de collision. Mais attention, ces scrutateurs ne couvrent pas 100 % des risques de choc ou d'écrasement. Les risques résiduels sont généralement couverts par des mesures organisationnelles (formation, marquages au sol, etc.) : il convient ainsi d'aménager l'environnement de travail pour supprimer au maximum les situations dangereuses. Une vigilance doit être apportée à la mise en œuvre de ces mesures ainsi qu'à leur maintien dans le temps, et plus particulièrement dans les situations suivantes :

- le champ de détection des scrutateurs de sécurité est un plan parallèle au sol, conçu pour détecter une personne (debout ou allongée). Ils ne détectent pas les objets pouvant se situer au-dessus ou en dessous de ce champ. La présence de scrutateurs ne couvre donc pas les risques de choc ou d'écrasement indirect, consécutifs à une collision de l'AMR avec un objet qui ensuite entre en collision avec une personne, comme par exemple si :
  - un AMR entre en collision avec les fourches levées d'un gerbeur qui entre en collision avec l'opérateur accompagnant ;
  - un AMR entre en collision avec une palette vide au sol, qui entre en collision avec une personne ;
  - un AMR entre en collision avec le panier déporté d'une nacelle, dans lequel un opérateur est présent ;
- certains AMR disposent de LiDAR ou de caméras qui permettent d'éviter les obstacles, mais ces technologies ne garantissent pas une détection des objets dans 100 % des cas. Il est donc conseillé de garder les zones dans lesquelles l'AMR peut se déplacer aussi libres d'obstacles que possible, et d'identifier ceux régulièrement présents dans la zone de travail qui pourraient ne pas être détectés par les scrutateurs. Si la collision avec un objet donné présente un risque important pour les personnes présentes à proximité, une réflexion doit être portée sur les possibilités de supprimer ce risque (déplacement, modification ou protection de l'objet par exemple) ;
- les champs de détection sont généralement dimensionnés pour empêcher le contact avec une personne immobile. Il y a donc un risque de collision quand une personne est en mouvement vers l'AMR ; ce risque est particulièrement élevé lorsque la personne entre dans la trajectoire de l'AMR par le côté *(Cf. Figure 1)* ;
- lorsque la distance séparant l'AMR d'un objet est inférieure à 500 mm, mais suffisante pour permettre la présence d'une personne, celle-ci est exposée à un risque d'écrasement *(Cf. Figure 2)*. Ce risque peut être prévenu au moyen de scrutateurs couvrant 500 mm de part et d'autre de l'AMR. Lorsque cela ne peut se faire, chaque zone où l'AMR peut être amené à s'approcher à moins de 500 mm d'un objet doit être considérée comme une zone dangereuse (par exemple un emplacement de prise/dépose d'une charge par la machine ou un emplacement de charge batterie). La norme NF EN ISO 3691-4[6] définit, pour différents cas détaillés dans son Annexe A, des mesures de prévention à mettre en œuvre, comme par exemple l'identification de la zone dangereuse par un marquage au sol, la réduction de la vitesse de l'AMR, et la présence d'un dégagement de 500 mm de large pour permettre à une personne qui se trouverait dans la zone dangereuse de s'échapper ;
- lors de certaines opérations, il s'avère nécessaire d'inhiber un ou plusieurs scrutateurs, si un objet

fixe se retrouve dans le champ de détection (par exemple, le pied d'un convoyeur) et empêche l'AMR de continuer son déplacement vers l'emplacement qu'il doit atteindre. Il convient alors d'évaluer si l'emplacement peut être aménagé pour conserver les scrutateurs actifs. En cas d'inhibition, la norme définit également des mesures de prévention, notamment une vitesse de l'AMR inférieure à 0,3 m/s ;

- lors de la création de la cartographie de la zone de travail, il est possible de définir des zones interdites à l'AMR. Cette interdiction est une « butée logicielle » : en cas de défaillance de localisation de l'AMR dans sa cartographie, l'AMR pourrait tout de même y accéder. En fonction des résultats de l'évaluation des risques, des mesures de prévention doivent être mises en œuvre. Par exemple, si l'AMR risque de chuter sur une personne en franchissant une ouverture (escalier, quai…), il est possible d'empêcher l'AMR d'y accéder en plaçant une barrière physique, ou encore en choisissant un AMR qui dispose d'une fonction de sécurité pour détecter les différences de niveau du sol.

Les « machines du futur »

On peut s'attendre, dans les années à venir, à la poursuite du développement des AMR dans les usines et dans les sites logistiques, notamment grâce à la fiabilisation et à la pérennisation des technologies apparues cette dernière décennie.

On peut également s'attendre à l'apparition de nouvelles technologies, amenant de meilleures performances, de nouvelles fonctionnalités et de nouvelles applications. L'intégration de l'intelligence artificielle pourrait par exemple faciliter la programmation de la gestion de flotte d'AMR, ou encore l'optimisation des trajectoires des AMR. Les applications en extérieur sont également amenées à se développer.

Ces nouvelles applications font émerger nombre de situations « résiduelles » dangereuses à prendre en compte, et d'importants défis restent à relever pour assurer la sécurité des travailleurs. Une démarche d'intégration réussie apparaît dans tous les cas comme la clé d'une utilisation en sécurité des AMR[9]. ●

© Fabrice Dimier pour l'INRS / 2018

1. LiDAR (Light Detection And Ranging) *: système qui utilise la lumière laser émise pour mesurer des distances.*

2. Voir : https://interactanalysis.com/insight/mobile-robot-shipments-grow-by-53-in-2022/

3. Voir : Produits d'information INRS sur les batteries au lithium : *https://www.inrs.fr/metiers/energie/utilisation-batteries-lithium.html*

4. Voir : dossier Web INRS Robots collaboratifs : *https://www.inrs.fr/risques/robots-collaboratifs/ce-qu-il-faut-retenir.html*

5. Directive 2009/104/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 septembre 2009 concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé pour l'utilisation par les travailleurs au travail d'équipements de travail. *Accessible sur : eur-lex.europa.eu*

6. Norme NF EN ISO 3691-4:2023 – Chariots de manutention – Exigences de sécurité et vérification. Partie 4 : chariots sans conducteur et leurs systèmes *Afnor.*

7. Dans ce document, le terme « intégrateur » fait référence à l'entité qui implante l'AMR dans son environnement de travail. Selon les cas de figure, ce peut être le constructeur, l'utilisateur, ou une société intermédiaire (revendeur, société d'ingénierie…).

8. Voir ED 6231 (INRS) – Réussir l'acquisition d'une machine ou d'un équipement de travail. *Accessible sur : www.inrs.fr*

9. Voir dans ce même dossier : l'article pp. 32-36.

LAMINOIRS DES LANDES : UNE DÉMARCHE GLOBALE DE MISE EN SÉCURITÉ DES ÉQUIPEMENTS DE PRODUCTION

L'entreprise Laminoirs des Landes, spécialiste de la production de tôles d'acier sur mesure, a lancé une démarche aussi complète que possible de mise en sécurité de l'ensemble de ses machines, postes et situations de travail sur sa chaîne de production.
Cet article décrit la démarche globale, menée avec la participation des salariés et l'appui technique et méthodologique de la Carsat Aquitaine.

SÉVERINE DEMASY
INRS, département Expertise et conseils techniques

ANTOINE BONDÉELLE
INRS, département Information et communication

XAVIER DOTAL, MARIE-CARMEN CASTELLO-CASTEIGBOU
Carsat Aquitaine

Située à Tarnos (Landes) sur un ancien site d'usine de production d'engrais, à proximité du port de Bayonne (Pyrénées-Atlantiques), l'unité de production des Laminoirs des Landes fabrique des tôles sur mesure à la demande de ses clients. L'installation de l'usine est assez récente, les principaux équipements datent de 2017 et la production a démarré en 2018. L'entreprise accueille actuellement un peu plus de 100 salariés, dont une vingtaine d'intérimaires, ainsi que les sous-traitants, complétant notamment les équipes de maintenance interne.

Le laminoir : une production très technique

Avant que ne démarre la production proprement dite, la matière première, des brames (blocs d'acier pouvant peser jusqu'à 30 tonnes et mesurant 2 mètres de large, 15 m de long et 30 cm d'épaisseur) arrivent par bateau aux Laminoirs des Landes, dont le site est sur les rives de l'Adour. Elles sont entreposées à l'entrée du site, puis sont choisies en fonction des commandes clients pour la première étape de transformation.

Cette première étape, l'oxycoupage par une machine nommée oxybrame, consiste en la découpe des brames mères en brames filles, aux dimensions calculées en fonction du produit fini demandé par le client, par un chalumeau produisant un jet d'oxygène pur, portant à une température d'environ 1 300 °C la pièce à découper [1].

Les brames filles obtenues sont ordonnancées en fonction de la commande du jour, puis déposées *via* un pont roulant sur le convoyeur alimentant le four. À la sortie de ce dernier, les brames atteignent une température de 1 200 °C. Elles sont ensuite convoyées vers la cage de laminage pour être travaillées à une température optimale de 1 000 °C qui est ajustée en fonction de la qualité et de l'épaisseur de la tôle finale souhaitée. La cage de laminage est l'une des plus grandes de France. Son moteur, agissant sur d'immenses arbres à cardan, permet l'action de quatre rouleaux (deux d'appui et deux de forme) avec une puissance de 6 000 chevaux [2].

Le lamineur, technicien pilote du laminoir, grâce à son expérience et à sa connaissance de la matière, façonne les brames par des entrées successives dans la cage de laminage pour former ce qui va devenir la tôle. Le processus dure environ 6 minutes par tôle. La formation des lamineurs est entièrement prise en charge en interne. Pendant un an, chaque lamineur est formé par un tuteur expérimenté. Il lui faudra encore quelques années supplémentaires pour acquérir tout le savoir-faire nécessaire à ce poste très technique et central de la production. Le lamineur sera autonome au bout de cinq années environ.

Ensuite intervient la planeuse, machine servant à redresser la tôle après ses passages successifs entre les cylindres de laminage.

Une fois la tôle laminée aux dimensions et à la qualité voulue, elle est transférée par convoyeur au poste de mesurage. Longueur et largeur sont mesurées automatiquement mais l'épaisseur nécessite l'intervention manuelle d'un opérateur. Il dispose pour ce faire d'outils spécifiques et d'équipements de protection individuelle adaptés à sa situation de travail : la température des tôles d'acier s'élève encore à plusieurs centaines de degrés et leur rayonnement est intense.

Juste avant l'opération de découpe par la cisaille, un robot, intégré à la ligne en 2020, permet d'apposer un marquage sur les tôles.
La cisaille découpe ensuite la tête et la queue de la tôle, pour des raisons de qualité, puis le reste en tronçons selon les dimensions de la commande.
Les tôles « produit fini » en sortie de la cisaille sont évacuées vers une « table » de refroidissement avant d'être manutentionnées pour rejoindre la zone de stockage, prêtes pour y être stockées avant transport vers leur destinataire.

Le risque lié aux machines

La taille et la puissance des machines de production, des énergies utilisées, ainsi que tous les moyens de manutention (chariots, palans, ponts roulants, etc.) gravitant dans les espaces de travail, autour de la ligne de production, en font un lieu où les risques d'origine mécanique liés aux machines sont prépondérants (mais pas uniques). En effet, les salariés sont également exposés à de multiples dangers et soumis de ce fait à de nombreux risques, tels que brûlures cutanées, lésions oculaires, chutes de plain-pied ou de hauteur, heurts par des charges en mouvement…
Suite à un accident du travail grave dans la zone de prise de cotes manuelle, en mars 2021, la Carsat est intervenue pour inciter l'entreprise à mettre en place une organisation permettant dans un premier temps d'assurer l'analyse des accidents du travail. Face au constat de risques et à l'ampleur des sujets révélés par l'arbre des causes réalisé à cette occasion, notamment pour les risques liés aux machines, la Carsat a estimé nécessaire de sensibiliser et de former des salariés référents, constituant un groupe de travail pluridisciplinaire, aux notions de base sur la réglementation des équipements de travail et à la démarche de « sécurisation » des machines en service.
Pour aider le groupe de travail à déterminer, cibler et prioriser les actions à mener, un diagnostic exhaustif des risques liés aux machines et installations apparaissait comme une étape primordiale. Avec l'aide du spécialiste de la Carsat Aquitaine sur les questions liées aux équipements de travail, l'entreprise a défini ses besoins de prestation de diagnostic sécurité machines du site. Le groupe de travail a alors pu élaborer un cahier des charges pour ce diagnostic de grande ampleur.
L'organisme d'inspection choisi a délivré ses premières constatations et souligné les points essentiels sur les mises en sécurité et en conformité en commençant par le début de la ligne (oxycoupage et four).
Parallèlement, une prestation de mise en sécurité de la zone où a eu lieu le premier accident, en fin de ligne, a été confiée à un fournisseur de solutions techniques et d'automatisme de sécurité. Bien que ces diagnostics, longs et complexes, soient toujours en cours, ils permettent cependant à l'entreprise d'élaborer un plan d'action et de mettre en œuvre une première série de mesures de prévention techniques ou organisationnelles :

- sécurisation des accès aux postes de travail se situant de part et d'autre de la ligne de laminage par la mise en place de passerelles protégées contre le risque thermique (chaleur intense) et les rayonnements optiques (infrarouge notamment) ;
- automatisation de tâches à forts risques, comme le marquage des tôles laminées après découpe. Auparavant, l'opérateur de contrôle, à l'aide d'une craie montée sur tige, inscrivait sur les tôles en sortie de laminage des références, numéros de lots et autres indications nécessaires à la suite de la production. Cette tâche, réalisée sur des tôles dont la température s'élève à environ 700 °C, était exécutée directement sur le convoyeur menant à l'étape de découpe. En plus des risques de brûlure, des risques de happement, d'écrasement, de chocs et d'entraînement existaient. C'est maintenant un robot qui effectue le marquage des tôles avant découpe ;
- protection contre l'exposition aux rayonnements infrarouges. Dans la cabine de commande du laminoir, un film de protection contre le rayonnement infrarouge a été apposé sur le vitrage, au niveau du poste du conducteur de laminage, pour tester le type de filtre à utiliser ensuite sur l'ensemble de la cabine. Les brames à laminer sortent à près de 1 200 °C du four. À la suite de leur passage entre les cylindres de laminage et leur mise en forme, elles sont encore très rayonnantes et présentent des risques, tant du point de vue thermique qu'optique. Le doublage du vitrage de la cabine par un écran filtre optique permet de contrôler visuellement l'état de la barre à laminer en limitant les risques de lésions oculaires de l'opérateur.

ENCADRÉ

ÉCLAIRAGE, BUREAUX ET CIRCULATION

En complément du dossier « sécurité machines » en cours avec l'entreprise, la Carsat Aquitaine a sollicité le Centre inter-régional de mesures physiques (CIMP) de Limoges pour réaliser des mesures portant sur l'éclairement des situations de travail. Suite aux résultats, de nouvelles lampes (Led) ont été installées, permettant aux salariés de travailler sous un éclairage adapté à la nature des tâches à réaliser, sur et autour de la ligne de laminage.

Parmi les nombreux projets en développement pour prévenir les risques autres que ceux liés aux machines, l'entreprise envisage un nouvel espace de bureaux, ainsi que la modification du plan de circulations internes et des accès, en particulier autour des espaces d'entreposage et d'enlèvement pour expédition des tôles terminées.

© Xavier Dotal / Carsat Aquitaine / 2023

Protection de la vision par un filtre aux postes de travail dans la cabine de commande du laminoir.

Une autre série de postes de travail particulièrement exposés aux risques mécaniques et à ceux liés aux manutentions a été également identifiée. Il s'agit des postes des opérateurs repsonsables de la maintenance des équipements de travail, qui sont soit salariés de l'entreprise, soit sous-traitants. Les statistiques européennes montrent que les salariés de maintenance sont davantage victimes d'accidents graves que les autres : entre 15 et 20 % de l'ensemble des accidents du travail, et 10 à 15 % des accidents mortels survenus en Europe en 2006, étaient liés à ce type d'opérations[3]. Les salariés de maintenance du site bénéficient désormais de formations systématiques à la sécurité, notamment avant les prises de poste. L'usine est en cours de transformation, et des modifications considérables sont en cours de réalisation : de nombreuses zones sont améliorées « en continu », telles que les zones de maintenance des machines qui ont été agrandies, pour une meilleure accessibilité des moyens de manutention.

La détermination des solutions de sécurisation et la réalisation de ces travaux d'amélioration de la sécurité constituant une charge de travail considérable pour les équipes déjà en place, la direction de l'entreprise a ouvert un poste d'ingénieur méthode « sécurité machines ». En poste depuis un peu plus d'un an, il est en charge de la modification de l'outil de production. Forte de cette embauche, la direction a également agrandi l'équipe chargée de la prévention par le recrutement d'une responsable HSE, en mai dernier.

Les différents diagnostics et accompagnements ont mis en évidence d'autres situations de travail où des risques existent encore. Elles font l'objet d'un plan d'action à moyen terme. Certaines sécurisations sont en phase de réflexion, de recherche de solutions, d'autres sont en attente de réalisation.

Par exemple, l'agrandissement du bâtiment va permettre la modification de la première machine de production du process et le réaménagement du poste de travail correspondant : celui de l'oxybrame. Il présente des risques de happement, d'entraînement et d'écrasement au niveau des éléments mobiles de transmission du convoyeur des brames. Ce poste de travail se situant actuellement à l'extérieur du bâtiment, il expose de plus les salariés aux intempéries.

Après les travaux, les salariés seront protégés des risques liés à l'atteinte des éléments mobiles de transmissions par des protecteurs physiques (panneaux grillagés), complétés de dispositifs sensibles (*bumpers*) montés sur la cabine mobile. Le toit du bâtiment aura été prolongé pour couvrir la machine.

Un grand nombre de modifications, de mesures et de recherche de solutions ont ainsi été mises en place pour l'ensemble des travailleurs du site. D'autres sont encore en discussion, telles que la sécurisation des zones de transfert des tôles laminées et celle des postes de stockage et de chargement des tôles finies. « *C'est la volonté de progrès partagée par tous qui nous pousse à continuer l'amélioration de nos process, en intégrant pleinement la prévention* », conclut le responsable ressources humaines du site. ●

1. Voir par exemple : Le procédé d'oxycoupage pour la découpe industrielle. *Accessible sur : https://fr.airliquide.com/solutions/decoupe-industrielle/procede-doxycoupage-pour-la-decoupe-industrielle*

2. Un cheval-vapeur (noté ch : ancienne unité de puissance, non retenue dans le Système international) représente 735,5 W ; 6 000 ch valent donc 4 413 kW.

3. Source : Agence européenne pour la santé et la sécurité au travail (EU-Osha), 2010.

Participez à la recherche

Nuisances sonores

→ Étude de la vitesse de récupération de la fatigue auditive à la suite d'une exposition professionnelle au bruit

Votre entreprise…

- A une activité susceptible d'exposer les salariés à des niveaux de bruits supérieurs à 80dB(A) pendant au moins deux heures par jour.

L'INRS a besoin de vous pour évaluer la vitesse de récupération de la fatigue auditive après une exposition sonore au poste de travail. Cette caractérisation sera menée en réalisant des mesures d'exposition sonore et des mesures auditives chez des travailleurs volontaires.

> Quels sont les objectifs de cette étude ?

L'INRS a récemment mis en évidence qu'une exposition sonore professionnelle comprise entre 80 et 87dB(A) engendrait de la fatigue auditive, c'est-à-dire une diminution temporaire des performances auditives. Jugée bénigne car en apparence réversible, cette fatigue auditive répétée tout au long d'une carrière peut provoquer à terme des troubles auditifs graves, comme une surdité ou des acouphènes.

L'objectif de cette étude est de caractériser la vitesse de récupération de la fatigue auditive en situation réelle, afin d'élaborer des recommandations permettant de lutter contre son accumulation et prévenir le risque auditif à plus long terme.

> Comment se déroulera l'étude ?

Cette étude s'inscrit dans un protocole de recherche validé par le Comité de protection des personnes Ouest III. La contribution des salariés sera basée sur le volontariat. Les volontaires participeront, après information sur le déroulement de l'étude, à une phase d'inclusion (15 à 20 minutes), au cours de laquelle ils donneront par écrit leur consentement libre et éclairé puis rempliront un questionnaire, avec l'assistance d'un représentant de l'INRS.

Des mesures auditives seront ensuite réalisées : une première avant la prise de poste (20 minutes), puis quatre mesures pendant les deux heures suivant la fin de l'exposition sonore (10 minutes par mesure).

Pendant la période de récupération, les volontaires ne devront pas être exposés à du bruit. L'exposition sonore individuelle sera précisément mesurée grâce à un exposimètre.

Chaque volontaire recevra ses propres résultats. Les résultats anonymisés, leur analyse et, le cas échéant, des conseils de prévention adaptés à la situation feront l'objet d'un rapport qui sera remis à l'entreprise. À sa demande, une réunion de restitution des éléments du rapport pourra être organisée.

Vous souhaitez participer ?

Contactez Thomas Venet, 03 83 50 85 08
ou Benoit Pouyatos, 03 83 50 21 02
thomas.venet@inrs.fr ou benoit.pouyatos@inrs.fr
INRS, Rue du Morvan, CS 60027,
54519 Vandœuvre-lès-Nancy Cedex

Scannez ce QR-code pour obtenir la lettre d'information complète du protocole de l'étude.

Études & solutions

Notes techniques

Exposition aux anesthésiants volatils dans les établissements de soins vétérinaires : enjeux de prévention
P. 47

Exposition aux anesthésiants volatils dans les établissements de soins vétérinaires : campagne de mesures en Île-de-France
P. 60

Étude de cas

Amiante : présence de fibres d'anthophyllite dans des papiers d'archives
P. 74

Base de données

Portrait rétrospectif des expositions professionnelles dans le secteur de la fabrication de l'alimentation pour le bétail en France de 2013 à 2022
P. 82

Notes techniques

EXPOSITION AUX ANESTHÉSIANTS VOLATILS DANS LES ÉTABLISSEMENTS DE SOINS VÉTÉRINAIRES : ENJEUX DE PRÉVENTION

Dans le cadre du programme national « Risques chimiques Pros » déployé durant la période 2019-2023 sous l'égide de la Caisse nationale d'assurance maladie (Cnam), le Laboratoire de toxicologie industrielle et le Centre de mesures et de contrôles physiques de la Caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif) ont conduit une étude destinée à caractériser l'exposition aux anesthésiants volatils des professionnels des établissements de soins vétérinaires, dans une perspective d'amélioration des pratiques de prévention.
Cet article décrit le secteur et les risques associés à l'utilisation des anesthésiants volatils, ainsi que les principales mesures de prévention à mettre en œuvre.

CENTRE DE MESURES ET CONTRÔLES PHYSIQUES, LABORATOIRE DE TOXICOLOGIE INDUSTRIELLE, CRAMIF*

**Remerciements pour leurs contributions à : Catherine ROY, docteur vétérinaire, expert en prévention des risques professionnels physiques, chimiques et biologiques ; Luca ZILBERSTEIN, docteur vétérinaire, responsable anesthésie en centre hospitalier vétérinaire.*

Cadre et objectifs de l'étude

Les anesthésiants volatils sont mis en œuvre lors de tout acte diagnostique ou chirurgical nécessitant une contention prolongée et durable des animaux. Dans certaines conditions de mise en œuvre, une exposition à ces substances peut générer des effets sur la santé des professionnels exposés. Dans le cadre du programme national « Risques chimiques Pros » déployé durant la période 2019-2023 sous l'égide de la Caisse nationale d'assurance maladie (Cnam), le Laboratoire de toxicologie industrielle et le Centre de mesures et de contrôles physiques de la Caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif) ont conduit une étude destinée à caractériser et réduire l'exposition aux anesthésiants volatils des professionnels des établissements de soins vétérinaires.
L'étude avait pour objectifs d'acquérir des connaissances sur les matériels et les pratiques d'anesthésie mis en œuvre et d'estimer le niveau d'exposition des professionnels, afin de définir des mesures de prévention adaptées et, notamment, la caractérisation des dispositifs de captage des émissions d'anesthésiants volatils résiduels et de ventilation générale utilisés dans les locaux de travail. La campagne de mesures et ses résultats sont publiés dans ce même numéro *(Cf. article pp. 60-72)*.

Description des établissements de soins vétérinaires : locaux et activités

Les établissements de soins vétérinaires sont classés dans l'arrêté du 13 mars 2015 [1], selon quatre appellations autorisées : les cabinets vétérinaires, les cliniques vétérinaires, les centres hospitaliers vétérinaires et les centres de vétérinaires spécialistes. Ces établissements doivent répondre à des exigences minimales concernant les locaux, les matériels, les modules d'activité (chirurgie générale, soins intensifs, service de garde, hospitalisation, imagerie médicale, reproduction des équidés, etc.), le personnel et les horaires d'ouverture. Ces établissements comportent :

- des locaux à pollution spécifique dans lesquels des vapeurs anesthésiantes sont émises par l'utilisation d'un appareil d'anesthésie (salle de préparation ou d'anesthésie) ou expirées par un animal après une anesthésie (locaux utilisés comme salle de réveil) ;
- des locaux à pollution spécifique dans lesquels des anesthésiants volatils peuvent provenir d'un autre local par transfert (salles de consultation, d'imagerie, chatterie, chenil, local de stockage de déchets, buanderie, accueil, salle d'attente…) ;
- des locaux à pollution non spécifique ou locaux sanitaires.

→

RÉSUMÉ

Dans les établissements de soins vétérinaires, les praticiens utilisent l'isoflurane, voire ponctuellement le sévoflurane, agents volatils halogénés, lors de la réalisation d'anesthésies. L'exposition à ces substances peut conduire à des effets aigus ou chroniques pour le personnel. Différents circuits d'anesthésie peuvent être utilisés, avec ou sans réinhalation par l'animal des gaz expirés. Bien qu'il n'existe pas de valeur limite réglementaire en France, il est nécessaire de limiter l'exposition des professionnels aux anesthésiants volatils au niveau le plus bas techniquement possible, conformément aux principes généraux de prévention. La démarche de prévention consiste à limiter les émissions et ventiler mécaniquement les postes de travail où les vapeurs anesthésiantes sont émises, en captant les polluants au plus près de la source, au fur et à mesure de leur production. L'air vicié doit être rejeté à l'extérieur du bâtiment après filtration, sans possibilité de réintroduction dans les locaux. La ventilation générale complémentaire permet de diluer la pollution résiduelle.

EXPOSURE TO INHALATIONAL ANAESTHETICS IN VETERINARY CARE FACILITIES: PREVENTION CHALLENGES

In veterinary care facilities, practitioners use isoflurane or sometimes sevoflurane, halogenated volatile gases, during administration of anaesthetics. Exposure to these substances can lead to acute or chronic effects for staff. Different anaesthesia circuits can be used, with or without re-inhalation by the animal of the gas exhaled. Although there is no regulatory limit value in France, it is necessary to limit professionals' exposure to inhalational anaesthetics to the lowest level technically possible, in compliance with the general principles of prevention. The prevention approach consists in limiting emissions and mechanically ventilating the workstations where vapours are emitted, by capturing the pollutants as close as possible to the source as they are produced. The contaminated air must be expelled outside the building after filtration, without the possibility of being re-introduced back inside. Additional general ventilation serves to dilute the residual pollution.

© Cramif

L'anesthésie volatile en établissement de soins vétérinaires

Principes de mise en œuvre

Les vétérinaires peuvent être amenés à réaliser des anesthésies lors de la contention chimique d'un animal à visée diagnostique, exploratoire, thérapeutique ou chirurgicale. L'anesthésie d'un animal est réalisée lors d'interventions telles que le détartrage et l'extraction dentaire, la stérilisation, l'ablation de tumeur, la désinfection de plaie, la chirurgie articulaire, osseuse ou gynéco-obstétrique ou lors d'actes moins invasifs, tels qu'une prise de sang ou une radiographie. Une anesthésie peut être également nécessaire lors d'une intervention sur un animal douloureux ou peu coopératif.
Plusieurs techniques d'anesthésie locale ou générale peuvent être mises en œuvre, dont certaines nécessitent l'utilisation de vapeurs anesthésiantes.
Ces anesthésies dites volatiles sont aujourd'hui réalisées lors d'une majorité d'interventions chirurgicales, du fait de leur flexibilité et sécurité d'usage. L'étude a porté plus particulièrement sur ce type d'anesthésie, source d'exposition professionnelle pour le personnel vétérinaire.

Différentes phases de l'anesthésie volatile

Quatre phases sont généralement réalisées en anesthésie :

- une phase de prémédication/tranquillisation, pour calmer et manipuler sans stress l'animal et, ainsi, le préparer à recevoir les soins adaptés ;
- une phase d'induction, afin d'atteindre le niveau d'anesthésie souhaité (inconscience). L'induction peut être techniquement produite par des agents anesthésiants injectables ou volatils, en fonction des exigences et des difficultés rencontrées. L'induction volatile est plus particulièrement utilisée dans le cas des nouveaux animaux de compagnie (NAC) [1], compte tenu des difficultés d'approche anatomique et de manipulation. L'induction gazeuse volatile s'effectue à l'aide d'un masque (qui doit être adapté à la morphologie de l'animal) ou d'une chambre à induction ;
- une phase d'entretien, durant laquelle le mélange gazeux (vapeurs anesthésiantes et oxygène) est administré par l'intermédiaire d'une sonde d'intubation trachéale, ou à l'aide d'un masque lorsque les interventions sont de courte durée ou l'intubation impossible (par exemple, pour les animaux de petite taille) ;
- une phase de réveil, pendant laquelle l'animal expire les anesthésiants administrés et reprend conscience. Le volume de vapeurs anesthésiantes expiré est d'autant plus important que le poids de l'animal est conséquent.

Administration de l'anesthésiant volatil

Les appareils d'anesthésie mis en œuvre sont généralement constitués :

- d'une source d'oxygène sous pression ;
- d'un réducteur de pression, permettant d'adapter la pression du gaz délivrée par le réservoir à celle acceptée par les circuits de l'appareil d'anesthésie (normalement inférieure à 1 bar) ;
- d'un débitmètre, permettant d'adapter le débit de gaz porteur aux nécessités de fonctionnement du système respiratoire ;
- d'un vaporisateur, contenant l'anesthésiant sous forme liquide et le délivrant sous forme vapeur ;
- d'une valve *by-pass* (optionnelle), permettant de contourner rapidement le vaporisateur et d'atteindre directement le système respiratoire avec l'oxygène.

L'appareil d'anesthésie est relié au système d'assistance respiratoire, nommé communément « circuit d'anesthésie ».

Différents types de circuits d'anesthésie volatile peuvent être utilisés, en fonction de l'équipement dont dispose l'établissement vétérinaire, du type d'animal anesthésié et notamment de son volume respiratoire, des nécessités techniques (ventilation artificielle ou non) et de la durée de la procédure :

- avec réinhalation des vapeurs anesthésiantes (réutilisation d'une partie des gaz expirés une fois le dioxyde de carbone éliminé, au moyen d'une cartouche de chaux sodée) ;
- ou sans réinhalation de ces vapeurs (renouvellement de la totalité des gaz expirés).

Les circuits sans réinhalation des vapeurs anesthésiantes nécessitent une consommation plus élevée d'oxygène et de vapeurs anesthésiantes.

➜ Les circuits d'anesthésie sans réinhalation des vapeurs anesthésiantes

Les circuits sans réinhalation des vapeurs anesthésiantes peuvent être utilisés en circuit ouvert (masque ou chambre à induction) ou en circuit semi-ouvert. Ces types de circuits qui ne permettent pas le piégeage du dioxyde de carbone peuvent être utilisés chez les animaux de faible poids (masse corporelle inférieure à 8 kg), car ils présentent une résistance au passage de l'air très limitée (condition optimale et indispensable pour des petits animaux sans assistance respiratoire externe). La connexion au système respiratoire peut être réalisée de deux façons :

→

ENCADRÉ

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE ET PRINCIPES DE VENTILATION

L'article L. 4121-1 du Code du travail impose à l'employeur de prendre les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé des travailleurs.
En ce qui concerne l'ambiance des lieux de travail, et plus particulièrement l'aération et l'assainissement, des dispositions particulières sont définies à l'intention de l'employeur et du maître d'ouvrage, qui mettent à disposition les bâtiments pour l'exercice de l'activité prévue. Leurs objectifs principaux concernent, d'une part, la maîtrise des risques pour la santé en limitant l'exposition aux polluants et, d'autre part, le confort des professionnels par le renouvellement suffisant de l'air (réduction des odeurs désagréables et des phénomènes de condensation) et le maintien d'une température acceptable.
La réglementation distingue les locaux à pollution non spécifique, dont la pollution est liée uniquement à la présence humaine (locaux tertiaires principalement), des locaux à pollution spécifique, dans lesquels des polluants sont émis.
Pour les locaux à pollution non spécifique, l'aération est assurée par une ventilation générale qui peut être naturelle (au moyen d'un ouvrant sur l'extérieur) ou mécanique (assurée par un ventilateur).
Dans les locaux à pollution spécifique, l'article R. 4222-12 du Code du travail [2] impose la suppression des émissions sous forme de gaz, vapeurs, aérosols de particules solides ou liquides, de substances insalubres, gênantes ou dangereuses pour la santé des travailleurs. À défaut, elles doivent être captées au fur et à mesure de leur production, au plus près de leur source d'émission et aussi efficacement que possible.
Quant aux locaux sanitaires, bien qu'ils soient considérés comme des locaux à pollution spécifique, la réglementation définit un traitement particulier et impose des débits d'introduction d'air neuf spécifiques.

© Cramif

↑ FIGURE 1
Masque utilisé pour l'anesthésie d'un animal.

- à l'aide d'un masque *(Cf. Figure 1).* Le masque est généralement utilisé dans le cas où il est impossible d'intuber l'animal, en raison principalement de sa petite taille et de la conformation anatomique de ses voies respiratoires supérieures. Même dans le cas où le masque est bien adapté à la tête de l'animal, des fuites de vapeurs anesthésiantes peuvent se produire à l'interface entre le masque et celle-ci, compte tenu de la difficulté à réaliser une étanchéité parfaite (présence de poils notamment) ;
- ou bien à l'aide d'une sonde trachéale *(Cf. Figure 2).* Dans ce cas, l'étanchéité du système est effectuée par un ballonnet gonflé pour épouser la conformation de la trachée et pour en assurer la voie exclusive.

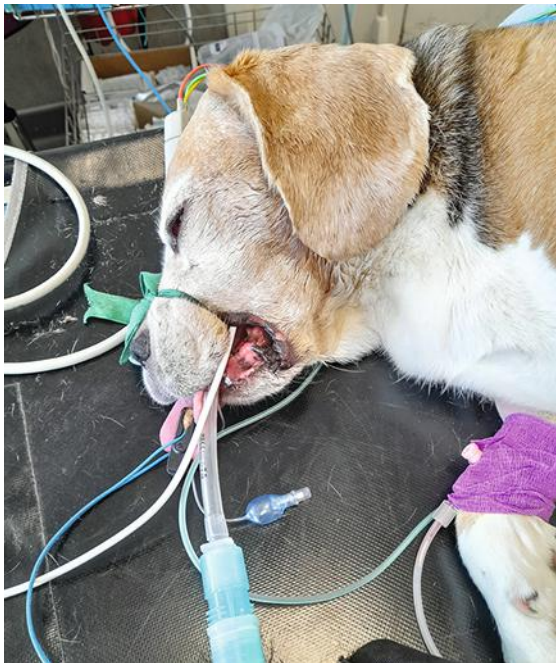
L'observation des pratiques montre que le mélange gazeux expiré par l'animal est généralement évacué dans le local après avoir été filtré sur une cartouche de charbon actif, ou transporté directement *via* un tuyau d'évacuation vers l'extérieur du local.

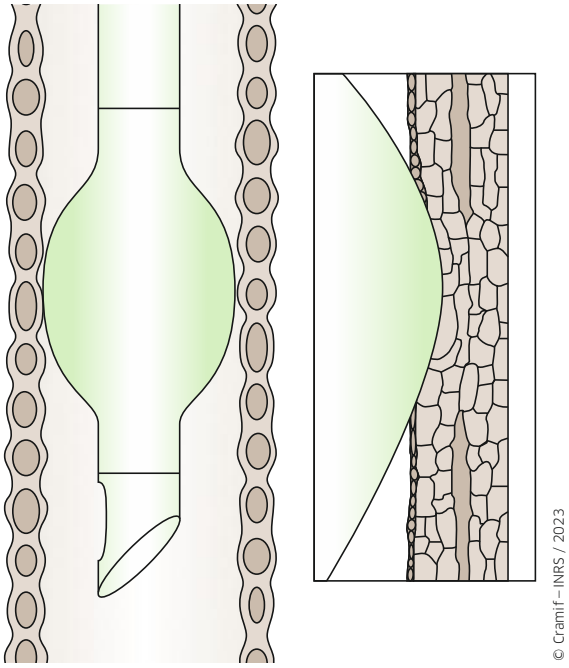
➜ Les circuits d'anesthésie avec réinhalation des vapeurs anesthésiantes

L'utilisation d'un circuit avec réinhalation de vapeurs anesthésiantes permet de réduire considérablement la consommation en anesthésiant (environ 1/8 de celle nécessaire aux systèmes respiratoires de Bain[2] *[Cf. Figure 3]* ou « système de type T[3] » *[Cf. Figure 4]),* ainsi que les évacuations de rejet. L'utilisation de ce type de circuit doté d'un dispositif de filtration permettant de piéger le dioxyde de carbone (chaux sodée) nécessite que la force respiratoire de l'animal soit suffisante, ou que celui-ci bénéficie d'une aide à la ventilation, ce qui est en général réservé aux animaux de plus de 8 kg.

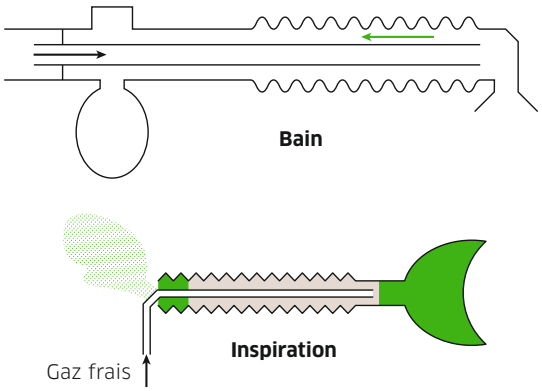
Une grande partie des vapeurs traitées est réintroduite dans le mélange administré à l'animal. L'autre partie, comme pour les circuits sans réinhalation, est évacuée dans le local d'anesthésie après avoir été filtrée sur une cartouche de charbon actif ou transportée directement *via* un tuyau d'évacuation à l'extérieur du local.

Les circuits avec réinhalation des vapeurs anesthésiantes peuvent être utilisés en circuit semi-fermé ou en circuit fermé, qui diffèrent par la quantité d'anesthésiant administrée et évacuée. Dans le cas du système fermé, la quasi totalité des gaz administrés est consommée par l'animal. L'utilisation de ce circuit nécessite de disposer d'un anesthésiste


© Cramif

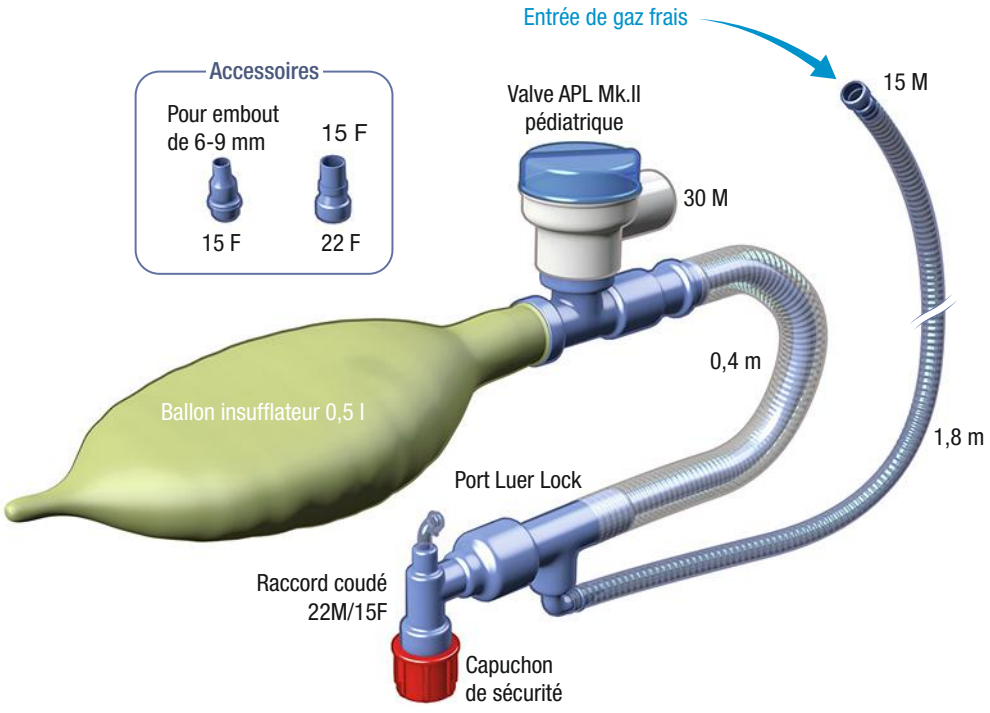

© Cramif – INRS / 2023

↑ FIGURE 2 Sonde trachéale avec ballonnet d'étanchéité.



↑ **FIGURE 3** Circuit non recirculant de Bain.

© Cramif



© Jean-André Deledda pour l'INRS / 2023

← **FIGURE 4** Circuit de type T (dit « T-Piece »).

dédié, car il est difficile à mettre en œuvre et son utilisation manque de souplesse.

Un anesthésiant volatil : L'isoflurane

Propriétés physicochimiques, toxicologie

L'anesthésiant utilisé est généralement l'isoflurane, en raison de son coût et de la sécurité de son utilisation vis-à-vis de l'animal (notamment ses faibles effets secondaires sur les systèmes cardiovasculaire et respiratoire), de l'absence de métabolites toxiques formés et de la rapidité du réveil. Ponctuellement, pour certains animaux, l'utilisation de sévoflurane [4] est privilégiée.

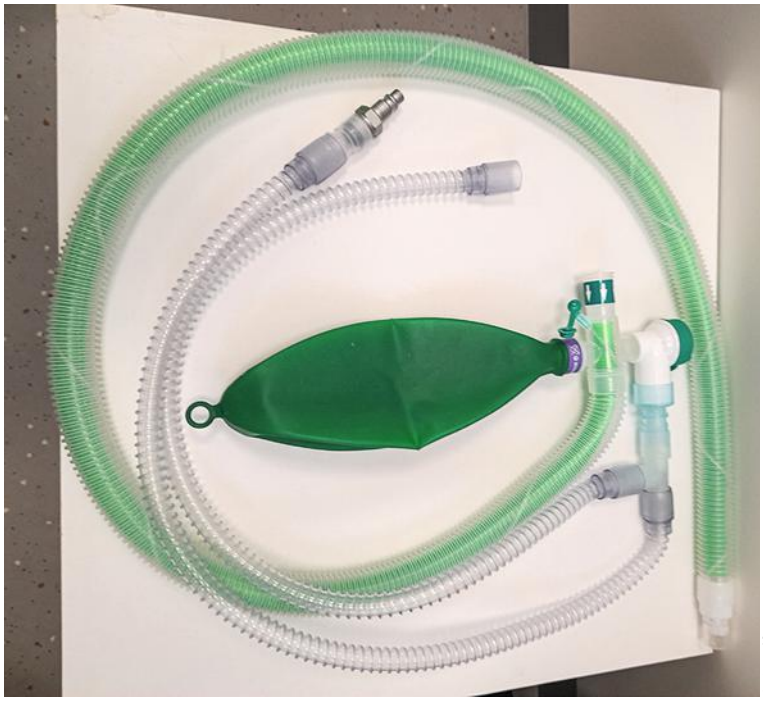
L'isoflurane (formule brute $C_3H_2ClF_5O$; numéro CAS n° 26675-46-7) est un agent anesthésiant de la famille des éthers halogénés, incolore, très volatil, avec une odeur âcre et légèrement piquante. Il est principalement utilisé en médecine vétérinaire, en association avec l'oxygène. Il est très peu métabolisé par l'organisme. Il est expiré à environ 95 % par l'animal anesthésié. Compte tenu de sa volatilité, la principale voie d'exposition est la voie respiratoire. Sous sa forme liquide, il est irritant et corrosif au contact de la peau et des muqueuses.

Des effets anesthésiques peuvent être observés chez les praticiens, en cas d'exposition à une concentration importante d'anesthésiant, provoquée par une fuite au niveau de l'appareil d'anesthésie gazeuse, un renversement sous forme liquide lors du remplissage de la cuve avec la bouteille d'isoflurane, le dégonflement du ballonnet de la sonde trachéale, ou encore de certaines pratiques telles que le repositionnement de l'animal en cours d'intervention, avec une déconnexion temporaire des tuyaux reliés à la sonde trachéale.

→

© Cramif

↑ **FIGURE 5** Vue d'une vanne de réglage verrouillable et de la connexion.


© Cramif

↑ **FIGURE 6** Vue d'un exemple de tubulure additionnelle.

L'exposition à des concentrations plus faibles d'isoflurane, de manière prolongée ou chronique, peut entraîner des effets neuropsychologiques se manifestant par des troubles de l'humeur, une perte d'appétit, de la fatigue et des céphalées, ainsi que des effets centraux psychomoteurs se caractérisant par des troubles de la mémoire, de l'attention et de l'exécution motrice. La toxicité hépatique et les effets sur la reproduction sont encore discutés, compte tenu de la difficulté à déterminer, à partir des études existantes, un lien direct avec l'exposition aux anesthésiants dans un contexte de polyexposition souvent associée (posture debout prolongée, stress, rayonnements ionisants…).

Valeurs limites d'exposition professionnelle

Il n'existe actuellement pas de valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) réglementaire contraignante ou indicative en France concernant l'isoflurane et le sévoflurane (n°CAS : 28523-86-6). La circulaire de la Direction générale de la santé (circulaire DGS/3A/667bis du 10 octobre 1985) [3] relative à la distribution des gaz à usage médical et à la création d'une commission locale de surveillance de cette distribution stipule que « *les salles où sont réalisées des anesthésies (y compris l'induction et le réveil) doivent être équipées de dispositifs assurant l'évacuation des gaz et vapeurs anesthésiants. Ces dispositifs doivent permettre durant la phase d'entretien de l'anesthésie, d'abaisser à proximité du malade et du personnel, les concentrations à moins de 2 ppm pour les gaz halogénés dont l'isoflurane et le sévoflurane* ».

Le Niosh *(National Institute for Occupationnal Safety and Health, États-Unis)* recommande une concentration inférieure à 2 ppm (15 mg/m^3) dans l'air ambiant pour garantir la santé du personnel en présence de gaz et de substances volatiles anesthésiants sur une période de 60 minutes [4].

Des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP-8h) ont été fixées par certains pays (base de données Gestis [5]). Elles varient entre 15 mg/m^3 (2 ppm) [Norvège, Canada (Ontario), Allemagne *(Deutsche Forschungsgemeinschaft)*] et 383 mg/m^3 (50 ppm) [Espagne, Royaume-Uni]. La Finlande, la Suisse, l'Autriche et la Suède ont retenu une VLEP-8h égale à 77 mg/m^3 (10 ppm).

Des VLEP pour des expositions de courte durée sont également proposées par certains pays. La Suisse a retenu la concentration de 20 ppm sur une durée de quatre fois 30 minutes par période de travail.

Mesures de prévention

Les mesures de prévention formulées ci-après sont issues des constats effectués lors de la campagne de mesures présentée dans un second article *(Cf. p. 60)*.

Pour réduire le risque lié à l'inhalation de gaz et de vapeurs anesthésiants, la démarche de prévention consiste à limiter les émissions et ventiler mécaniquement les postes de travail où les gaz et vapeurs

anesthésiantes sont émises, en captant les polluants au plus près de la source, au fur et à mesure de leur production. L'air vicié doit être rejeté à l'extérieur du bâtiment après filtration, sans possibilité de réintroduction dans les locaux.
Une ventilation générale complémentaire permet de diluer la pollution résiduelle, mais elle ne peut pas, à elle seule, protéger efficacement les professionnels contre les risques liés à l'inhalation des polluants.

Capter efficacement les gaz et vapeurs anesthésiants au point d'émission

Les dispositifs de captage à la source sont les moyens les plus efficaces pour réduire la diffusion d'anesthésiants volatils dans les locaux.
L'utilisation de masques à induction à double enveloppe aspirante, permettant le captage actif des gaz et vapeurs non inhalés ou exhalés, a fait l'objet d'un travail expérimental [6]. Lorsque ces équipements seront disponibles et leur efficacité sera démontrée, il conviendra de disposer de masques de différentes tailles adaptées à l'anatomie des animaux, afin d'obtenir les meilleurs ajustements possible.
Dans les cas le nécessitant, l'utilisation d'une chambre à induction ventilée avec un rejet vers l'extérieur peut être envisagée. Cette chambre doit être équipée d'un raccord pour l'admission de l'anesthésiant volatil et d'un raccord pour son évacuation. Ce dispositif étanche doit être équipé d'un système de sécurité actif, qui entraîne une fermeture automatique de l'alimentation en produit anesthésiant et le déclenchement simultané de l'aspiration à l'ouverture du couvercle. Le volume de la chambre doit être adapté pour optimiser le temps de vidange. Si possible, disposer la cuve devant un dispositif de captage localisé.
Les tuyaux d'exsufflation des dispositifs de captage localisé doivent être raccordés à un système d'extraction avec rejet à l'extérieur du bâtiment, à distance des ouvrants et des prises d'air neuf, sans possibilité de réintroduction dans les locaux.
Une solution complémentaire consiste à installer dans le local où est mis en œuvre l'anesthésiant volatil un dosseret aspirant au plus proche de la tête de l'animal, afin de capter les gaz et vapeurs anesthésiants exhalés. Ce type de dispositif permet de générer un flux d'air horizontal et d'éloigner les polluants des voies respiratoires du personnel. La mise en place d'écrans latéraux et d'une casquette mobiles, en partie haute du dosseret aspirant, permet de canaliser les flux d'air dans la zone d'émission des polluants et de limiter les débits de ventilation requis pour obtenir un captage efficace des polluants.
D'autres solutions peuvent également être envisagées, telles qu'une table aspirante, en particulier pour les nouveaux animaux de compagnie (NAC) et les petits animaux, en veillant à choisir un équipement dont les fentes d'aspiration sont disposées sur les côtés et ne sont pas obturées par les champs opératoires.
Dans tous les cas, le débit de ventilation doit être dimensionné de manière à obtenir une vitesse d'air égale à 0,5 m/s au point d'émission des polluants le plus éloigné du plan d'aspiration.
Ces dispositifs de captage localisés doivent être raccordés à un réseau d'extraction, dont les règles de conception sont précisées ci-dessous *(Cf. Paragraphe « Assainir l'air des locaux des établissements de soins vétérinaires »).*

Mettre en œuvre un système de récupération et d'évacuation active des anesthésiants volatils

Il existe plusieurs possibilités pour évacuer les gaz et vapeurs expirés captés à la source à l'extérieur du bâtiment. Toutefois, la solution recommandée consiste à mettre en œuvre un système d'évacuation qui utilise une pression négative induite mécaniquement par un extracteur, une turbine ou par effet Venturi pour rejeter les gaz et vapeurs exhalés à l'extérieur des locaux. C'est le moyen de captage le plus efficace. Ce système comporte :

- des prises murales en nombre suffisant, en fonction de l'activité ;
- au niveau de chaque prise murale, une vanne de réglage verrouillable, afin de régler le débit d'aspiration à une valeur appropriée en tenant compte des pertes de charges cumulées entre la prise et le ventilateur ;
- une interface de connexion entre la prise murale du circuit d'évacuation des gaz et vapeurs anesthésiants et la machine d'anesthésie, qui doit permettre de garantir l'absence de dépression nuisible à l'animal, tout en garantissant l'absence de pollution du local par les gaz expirés par l'animal :
  - certaines machines d'anesthésie peuvent être associées à une interface spécifique qui permet une régulation du débit d'anesthésiant volatil extrait à une valeur appropriée aux besoins de l'animal en cours d'anesthésie ;
  - à défaut, une tubulure d'entrée d'air additionnelle peut être connectée sur une pièce de jonction en T sur la tubulure d'extraction, connectée au patient *(Cf. Figures 5 et 6).* La longueur, et donc le volume, de cette tubulure additionnelle doit être adaptée pour ne pas augmenter significativement la perte de charge, tout en permettant de contenir le volume gazeux qui serait émis en surpression dans le circuit par l'insufflation forcée du patient par le praticien (utilisation du ballon), afin d'éviter l'émission de ce volume gazeux dans le local. Le diamètre de cette tubulure additionnelle doit également être adapté pour éviter les nuisances sonores associées à une vitesse d'air trop élevée.

Il est nécessaire de veiller au bon fonctionnement des prises murales à l'aide d'un ballon. L'air extrait doit être rejeté à l'extérieur, à distance des ouvrants et des prises d'air neuf, sans possibilité de réintroduction dans les locaux.

→

Assainir l'air des locaux des établissements de soins vétérinaires

En complément du captage localisé des anesthésiants volatils, il est nécessaire de disposer d'une ventilation générale, afin de diluer la pollution résiduelle et de l'abaisser au niveau le plus bas possible. La ventilation générale est également utile pour limiter l'aérocontamination de la salle de chirurgie et favoriser le confort thermique de l'équipe soignante.

➞ Salles de chirurgie, salles de préparation et salles de réveil

Il est nécessaire d'installer une ventilation générale mécanisée en complément des dispositifs de captage à la source. Le débit à mettre en œuvre doit permettre d'assurer un taux minimal de renouvellement de 15 volumes par heure.
Dans le cas spécifique des locaux à risque infectieux, il est possible de s'inspirer de la norme NF S 90-351 relative à la ventilation générale en milieu hospitalier [7]. Dans ce cas, il est nécessaire de limiter la vitesse d'introduction d'air neuf à une valeur inférieure ou égale à 0,4 m/s pour un diffuseur situé à 2,5 m de hauteur.

➞ Autres locaux à pollution spécifique

Dans les salles de consultation, d'imagerie, chatteries, chenils, etc., il est recommandé de mettre en œuvre un débit d'extraction suffisant pour renouveler au minimum cinq fois par heure le volume d'air, sans être inférieur à 92 m³/h par occupant [9]. Si des animaux anesthésiés en phase de réveil sont présents, ce local doit être traité comme une salle de réveil.
En cas de présence d'animaux la nuit, une ventilation permanente est conseillée.

Dans les locaux techniques tels que ceux destinés au stockage des déchets et des animaux morts à risque chimique ou infectieux, ou au lavage du linge souillé, il est recommandé de mettre en œuvre un débit d'extraction suffisant pour renouveler entre 5 et 10 fois par heure le volume d'air.
Dans les salles d'attente et les locaux d'accueil, le débit d'introduction d'air doit être au moins de 34 m³/h/occupant [9].

➞ Locaux sanitaires et locaux à pollution non spécifique

Le changement de tenue vestimentaire et la prise des repas ou des collations doivent être réalisés dans des locaux dédiés et ventilés. Dans les locaux sanitaires, les prescriptions du Code du travail sont rappelées dans le *Tableau 1*. Dans les salles d'eau, il est préférable de mettre en œuvre une ventilation mécanique générale par extraction, en conservant le débit indiqué dans le *Tableau 1*.
Dans les locaux à pollution non spécifique, une ventilation générale par introduction d'air à un débit de 34 m³/h/occupant sans activité physique (position assise par exemple) ou 92 m³/h/occupant en cas d'activité physique modérée est recommandée [9].

➞ Conception et réception des installations de ventilation générale

Un guide publié par l'INRS [10] indique les principes de conception des installations de ventilation :

- la vitesse d'air dans les conduits de ventilation doit être adaptée à la nature des polluants. Pour extraire des gaz ou des vapeurs, la vitesse d'air doit être suffisante pour transporter les polluants, mais suffisamment faible pour éviter les nuisances sonores. Le diamètre des conduits doit être adapté en fonction des besoins en débit pour maintenir une vitesse de transport inférieure à 7 m/s ;
- l'air vicié doit être rejeté à l'extérieur des locaux après une éventuelle filtration, sans possibilité de réintroduction dans les locaux ;
- pour assurer un fonctionnement satisfaisant de l'installation de ventilation, il est nécessaire de prévoir *a minima* une grille d'entrée d'air statique dans les portes ou cloisons des locaux afin de

TABLEAU 1 ➞ Prescriptions du Code du travail pour la ventilation des locaux sanitaires [8].

DÉSIGNATION DES LOCAUX	DÉBIT MINIMAL D'AIR INTRODUIT (EN MÈTRES CUBES PAR HEURE ET PAR LOCAL)
Cabinet d'aisances isolé *	30
Salle de bains ou de douches isolée *	45
Salle de bains ou de douches communes avec un cabinet d'aisances	60
Bains, douches et cabinets d'aisances groupés	30 + 15 N **
Lavabos groupés	10 + 5N **

** Pour un cabinet d'aisances, une salle de bains ou de douches avec ou sans cabinet d'aisances, le débit minimal d'air introduit peut être limité à 15 m³/h si ce local n'est pas à usage collectif.*

*** Nombre d'équipements dans le local.*

© Gaël Kerbaol/INRS/2019

compenser l'air extrait. Idéalement, afin d'éviter tout transfert de pollution vers des locaux attenants, ces grilles sont positionnées sur des parois donnant sur l'extérieur ;

- pour limiter les pertes de charge sur les réseaux de ventilation, il est conseillé d'utiliser des conduits à surface interne lisse, des coudes à grand rayon de courbure, des raccords à 45°, des conduits à variation progressive de diamètre, etc. ;
- le niveau sonore des installations de ventilation doit faire l'objet d'une attention particulière. Elles ne doivent pas augmenter de plus de 2 dB(A) le niveau sonore ambiant mesuré aux postes de travail, sauf si elles n'engendrent pas un niveau supérieur à 50 dB(A). Il convient donc de choisir les ventilateurs les moins bruyants et de les installer à l'extérieur des locaux de travail, d'assurer leur découplage vibratoire en les plaçant sur des plots anti-vibratiles et en les équipant de manchettes souples, de les encoffrer si nécessaire. Le niveau sonore de l'installation de ventilation seule en fonctionnement ne doit pas dépasser 60 dB(A) ;
- l'efficacité des installations de ventilation devra être vérifiée par des tests fumigènes et des mesures aérauliques afin de s'assurer qu'elles fonctionnent conformément au cahier des charges. Ces résultats constitueront les valeurs de référence des installations. Ils pourront être comparés à des résultats de mesures ultérieurs, afin de détecter une éventuelle dérive des performances aérauliques ;
- les professionnels doivent être informés de tout défaut de l'installation de ventilation par une alarme. L'installateur doit fournir les documents techniques relatifs à chaque installation de ventilation (plans, référence de matériel, position des points de mesure, etc.) et à son utilisation (mode opératoire, consignes à suivre en cas de dysfonctionnement, entretiens à réaliser pour maintenir les performances de l'installation, etc.). Il convient de rassembler tous les documents relatifs aux installations de ventilation dans un dossier d'installation [11]. Ce dossier, tenu à jour après chaque intervention (maintenance préventive ou curative, mesurage des performances aérauliques, modification du réseau, etc.), facilitera le suivi et la maintenance des installations pendant toute la durée de leur fonctionnement.

Un focus bibliographique *(Cf. Pages suivantes)* rappelle les principales études réalisées auprès de cliniques vétérinaires, ainsi que les conclusions de leurs auteurs.

Un article à suivre traite de la campagne de mesures et des résultats obtenus auprès de vingt établissements de soins vétérinaires en Île-de-France *(Cf. pp. 60-72)* [12].

Appliquer les pratiques d'anesthésie gazeuse volatile les moins polluantes

Dans la mesure du possible et en fonction du poids de l'animal, il est nécessaire de travailler à bas débit

→

d'anesthésiant volatil et de privilégier l'utilisation de circuits d'anesthésie fonctionnant avec réinhalation des gaz expirés et pourvus de systèmes d'évacuation des anesthésiants volatils à l'extérieur du bâtiment[5]. Il convient de :

- choisir une cuve raccordable à un dispositif de transvasement sécurisé pour éviter les fuites et les débordements. Proscrire les cuves avec détrompeur à percolation non sécurisé et non étanche ;
- limiter le nombre de remplissages de la cuve en cours d'intervention, en adaptant la quantité d'isoflurane ou de sevoflurane au poids des animaux et aux procédures mises en œuvre ;
- remplir la cuve de l'évaporateur en dehors des périodes de forte occupation du local, afin de limiter le nombre de personnes exposées ;
- faire vérifier l'étanchéité et le fonctionnement de la cuve une fois par an ou à chaque dysfonctionnement suspecté ;
- vérifier avant chaque utilisation les appareils d'anesthésie afin de détecter et éliminer toute source de fuite ;
- démarrer l'administration de l'anesthésiant volatil après avoir vérifié le bon ajustement du masque ou l'étanchéité du ballonnet de la sonde trachéale ;
- interrompre l'administration de l'anesthésiant volatil lors de toute déconnexion de la sonde trachéale ou du masque en cours d'intervention, et quelques minutes avant leur retrait. Obturer l'extrémité de la tubulure déconnectée du circuit d'anesthésie ;
- mettre en place un programme de maintenance préventive et de vérification périodique par des personnes compétentes des appareils d'anesthésie et des équipements qui leur sont raccordés : sondes trachéales, raccords, embouts, robinetterie, tuyaux, joints, etc. Consigner les modalités et les résultats des vérifications dans un document de suivi ;
- stocker les filtres à charbon actif usagés dans des contenants hermétiques, dans un local correctement ventilé. Les modalités d'évacuation des déchets devront être définies et consignées dans un document facilement consultable ;
- mettre à disposition des professionnels des appareils de protection respiratoire isolants ou équipés d'une cartouche filtrante spécifiquement adaptée[6], à utiliser en cas d'incident (mauvaise connexion, débordement) ou d'épandage accidentel de liquide. ●

1. Les NAC comprennent les lapins, autres rongeurs, singes et reptiles (tortues, serpents, lézards, etc.).

2. Le système de Bain est un dispositif coaxial, dans lequel l'arrivée de gaz frais est effectuée par un tuyau disposé dans le tuyau principal.

3. Dans le système de type T, le débit de gaz frais est très supérieur à la ventilation de l'animal, afin d'éviter la réinhalation de gaz carbonique.

4. Le sévoflurane est un anesthésiant volatil alternatif, qui est généralement moins utilisé que l'isoflurane notamment en raison de son coût plus élevé, mais dont l'impact environnemental semble moins important que celui de l'isoflurane.

5. En cas d'utilisation d'un système avec rejet des gaz expirés dans le local après filtration par une cartouche de charbon actif, noter la date de début d'utilisation du filtre ainsi que le poids de la cartouche avant et après utilisation. Lorsque le poids limite maximal indiqué sur la boîte du filtre est atteint, remplacer la cartouche.

6. Certains fournisseurs proposent des cartouches filtrantes qu'ils indiquent comme adaptées au piégeage des vapeurs anesthésiantes. Le réseau Assurance maladie – Risques professionnels préconise plutôt l'utilisation d'un appareil respiratoire isolant.

BIBLIOGRAPHIE

[1] ARRÊTÉ DU 13 MARS 2015 RELATIF AUX CATÉGORIES D'ÉTABLISSEMENTS DE SOINS VÉTÉRINAIRES. *Journal officiel* du 25 mars 2015. Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr.

[2] ARTICLE R. 4222-12 DU CODE DU TRAVAIL. Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr.

[3] CIRCULAIRE DE LA DIRECTION GÉNÉRALE DE LA SANTÉ *n°DGS/3A/667 bis du 10 octobre 1985, relative à la distribution des gaz à usage médical et à la création d'une commission locale de surveillance de cette distribution.* Accessible sur : http://www.hosmat.fr/hosmat/bonnes-pratiques/gaz-medical/circulaire-10-10-1985.pdf

[4] NIOSH – *Exposure limits – Isoflurane.* Accessible sur : https://www.osha.gov/chemicaldata/850

[5] BASE DE DONNÉES GESTIS – *Valeurs limites – Isoflurane.* Accessible sur : https://limitvalue.ifa.dguv.de/

[6] FRIEMBICHLER S. *ET AL.* – A scavenging double mask to reduce workplace contamination during mask induction of inhalation anesthesia in dogs. *Acta Vet Scand,* 2011, 53, 1. Accessible sur : https://doi.org/10.1186/1751-0147-53-1

[7] NORME NF S 90-351 – *Établissements de santé – Zones à environnement maîtrisé – Exigences relatives à la maîtrise de la contamination aéroportée.* Afnor, avril 2013.

[8] INRS – *Aération et assainissement*. 2019, coll. Aide-mémoire juridiques, TJ 5. Accessible sur : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=TJ%205

[9] GUICHARD R., GÉRARDIN F. – Améliorer la ventilation des locaux, pendant et après la pandémie de Covid-19. *Hygiène & sécurité du travail,* 2021, 264, Note technique NT 92, pp. 53-61. Accessible sur : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=NT%2092

[10] INRS – *Principes généraux de ventilation.* 2022, ED 695, coll. Guides pratiques de ventilation. Accessible sur : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20695

[11] INRS – *Le dossier d'installation de ventilation.* 2023, ED 6008, coll. Guides pratiques de ventilation. Accessible sur : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206008.

[12] CRAMIF – Exposition aux anesthésiants volatils dans les établissements de soin vétérinaires : campagne de mesures en Île-de-France. *Hygiène & sécurité du travail,* 2023, 273, Note technique NT 112, pp. 60-72. Accessible sur : https://www.inrs.fr/publications/hst/notes-techniques.html

FOCUS SUR…

Synthèse des principales études sur l'exposition à l'isoflurane

Korczynski rapporte en 1999 les résultats d'une étude réalisée au Canada, dans neuf cliniques vétérinaires pour animaux de compagnie et une clinique équine, afin de mesurer l'exposition du personnel, notamment à l'isoflurane [1-f].
Les animaux sont tous intubés préalablement. Afin de vérifier que la sonde trachéale est correctement en place, une mesure en temps réel est réalisée au niveau des voies respiratoires de l'animal jusqu'à la stabilisation du signal. Toutes les cliniques vétérinaires disposent d'un dispositif de piégeage des gaz anesthésiants passif. Deux cliniques ont installé deux ventilateurs de brassage au plafond.
Deux types de circuits d'administration des gaz anesthésiants sont utilisés : avec réinhalation de gaz anesthésiant (semi-fermé) et sans réinhalation de gaz anesthésiant (ouvert). La plupart des machines d'anesthésie sont anciennes. Deux cliniques utilisent une chambre à induction, qui présente des fuites au niveau du couvercle. Des pics d'exposition importants sont mesurés lors de l'ouverture de ces chambres.
Les concentrations moyennes mesurées au niveau des voies respiratoires des vétérinaires varient entre 1,3 ppm et 13 ppm et, dans le cas des auxiliaires spécialisés vétérinaires (ASV), entre 1 ppm et 9 ppm. Les pics d'exposition sont principalement mesurés lors de l'extubation. L'exposition à l'isoflurane est réduite lors de l'utilisation d'un circuit de récupération des gaz exhalés passif, couplé à l'utilisation d'une sonde trachéale, et si l'animal est de petite taille.
L'auteur recommande : de vérifier les dispositifs d'anesthésie et les circuits de récupération des gaz exhalés avant leur utilisation ; d'éviter les longueurs excessives de tuyaux, de remplacer la chaux sodée régulièrement ; et de réaliser une maintenance annuelle du matériel par une personne compétente.

Nesbitt *et al.* rapportent en 2013 les résultats d'une étude réalisée aux États-Unis lors de l'anesthésie de rats. L'induction est réalisée dans une chambre à induction et l'anesthésie maintenue à l'aide d'un cône au niveau du museau [2-f].
La chambre à induction est munie d'un couvercle coulissant et une extraction est réalisée dans sa partie haute. Lorsque le couvercle est ouvert, le dispositif d'extraction crée une pression négative au-dessus de la chambre, afin de limiter la contamination de l'air ambiant. Dans certains cas, les gaz extraits sont adsorbés par une cartouche de charbon actif. Des concentrations importantes d'isoflurane sont mesurées en temps réel :
- à proximité du cône ;
- au niveau du site d'incision ;
- au-dessus de la chambre à induction ;
- au niveau des voies respiratoires du chirurgien ;
- en ambiance de travail.

Les concentrations mesurées lors de deux prélèvements effectués pendant 8 heures sont également précisées :
- pour le chirurgien : 5,3 ppm et 9,9 ppm sans utilisation du dispositif de captage associé aux émissions de la chambe d'induction ;
- pour l'ASV : 1,9 ppm dans les deux cas sans utilisation du dispositif de captage associé aux émissions de la chambe à induction ;
- < 0,1 ppm après captage pour le chirurgien et l'ASV.

Les auteurs préconisent le rejet à l'extérieur des émissions issues de la chambre à induction.
L'utilisation du dispositif de captage des émissions issues de la chambre à induction réduit significativement l'exposition du chirurgien (de 10,2 ppm à 1,4 ppm) et les concentrations mesurées en ambiance de travail (de 1,1 ppm à 0,2 ppm).
L'introduction de dispositifs d'extraction au niveau du museau du rat et de la chambre à induction permet d'atteindre des niveaux d'exposition inférieurs à 2 ppm.

Fay, lors d'une étude réalisée aux États-Unis en 2018, compare l'exposition du personnel (chirurgiens, anesthésistes, ASV) à l'isoflurane durant l'anesthésie de différents animaux (veau, chien, chat, macaque, cochon, souris, rat) suivant différentes méthodes d'administration [3-f]. L'étude met en évidence que l'exposition ne dépend pas uniquement du contrôle du gaz anesthésiant résiduel, mais également de la méthode utilisée pour l'anesthésie. On constate que 18 % du personnel contrôlé présente un niveau d'exposition supérieur à 2 ppm : 78 % d'entre eux utilisent le masque et la chambre à induction connectés à une cartouche de charbon actif ; 22 % utilisent l'intubation avec un dispositif d'extraction actif. L'auteur indique que :
- l'utilisation d'un dispositif de captage à la source permet de limiter l'exposition du personnel, quelle que soit la procédure d'anesthésie (masque ou chambre à induction) ;
- l'exposition du personnel est relativement maîtrisée lorsque les animaux sont intubés, indépendamment du dispositif d'extraction ou de filtration des gaz ;
- l'utilisation du masque et de la chambre à induction connectés à une cartouche de charbon actif conduit à une exposition plus importante.

→

Newcomer *et al.* rapportent en 2019 les résultats obtenus lors de la mise en œuvre d'un programme de surveillance de l'exposition aux gaz anesthésiants de 2012 à 2014, lors d'interventions sur des animaux (souris, rats, porcs, primates) ou des humains, aux États-Unis [4-f]. Des concentrations importantes d'isoflurane sont mesurées :

- lors de la réalisation de prélèvements à l'aide de badges passifs au niveau des voies respiratoires du personnel, supérieures à celles mesurées en temps réel en ambiance de travail à proximité de l'appareil d'anesthésie ;
- lors d'interventions réalisées en l'absence de dispositif de captage ou en circuit ouvert avec filtre à charbon actif, par rapport à celles réalisées avec un dispositif d'extraction par aspiration ;
- lors d'interventions effectuées sur des rongeurs, par rapport à celles mesurées sur des patients de masse corporelle plus importante en raison de l'utilisation d'une chambre à induction pour les rongeurs.

Les principales causes d'exposition sont la présence de fuites au niveau de la machine d'anesthésie et du masque et les gaz exhalés par le patient. Les auteurs recommandent de :

- privilégier l'utilisation d'un système d'extraction actif ;
- veiller à ne pas dépasser la capacité d'adsorption du filtre à charbon actif ;
- réaliser des mesures en temps réel et des prélèvements à l'aide de badges passifs pour réaliser une surveillance de l'exposition ;
- former le personnel à l'utilisation du matériel d'anesthésie et réaliser sa maintenance.

Drielle *et al.* étudient en 2021 l'exposition de chirurgiens et d'anesthésistes à l'isoflurane lors d'interventions chirurgicales, réalisées majoritairement en circuit semi-fermé avec les portes de la salle d'opération ouvertes, sur des chiens et quelques chats intubés après induction intraveineuse [5-f].
Les résultats mettent en évidence une augmentation de la concentration en isoflurane graduellement au niveau des voies respiratoires du personnel et de l'animal, ainsi qu'en ambiance de travail du côté opposé à la machine d'anesthésie. Rapidement, les concentrations moyennes mesurées sont toutes supérieures à 2 ppm et atteignent 15 ppm après 2 heures, au niveau des voies respiratoires des chirurgiens et des anesthésistes.
Des fuites et des concentrations résiduelles d'isoflurane sont mesurées, y compris en circuit semi-fermé. Les machines d'anesthésie les plus anciennes présentent plus de fuites. D'autres sources de contamination sont repérées : remplissage des vaporisateurs, utilisation de sonde trachéale sans ballonnet d'étanchéité, débits élevés (> 3 L/min) et ventilation insuffisante.

Sauvé et Mater réalisent en 2022 un panorama des niveaux d'exposition aux contaminants chimiques dans le secteur vétérinaire en France entre 2011 et 2020, à partir des données issues de la base Colchic [6-f]. La médiane des concentrations d'isoflurane mesurées au niveau des voies respiratoires des vétérinaires est égale à 17,4 mg/m^3 et celle mesurée au niveau des voies respiratoires des personnels administratifs à 14,5 mg/m^3. Sur l'ensemble des mesures réalisées, la moitié dépasse la valeur de 15 mg/m^3. Il est à noter que la majorité des mesures ont été effectuées dans des locaux disposant d'une ventilation générale et mécanique (44 mesures sur 72) et 12 mesures en présence d'un dispositif de captage localisé.

BIBLIOGRAPHIE *(Focus)*

[1-f] KORCZYNSKI R.E. –
Anesthesis gas exposure in veterinary clinics. *Applied occupational and environmental hygiene,* 1999, 14, pp. 384-390.

[2-f] NESBITT J.C., KRAGESCHMIDT D.A., BLANCO M.C. –
A novel approach to scavenging anesthetic gases in rodent surgery. *Journal of occupational and environnemental hygiene,* 2013, 10, pp. D125-D131.

[3-f] FAY J. –
A case report of personal exposures to isoflurane during animal anesthesia procedures. *Journal of occupational and environmental hygiene,* 2018, 15 (2), pp. 99-104.

[4-f] NEWCOMER D., CHOPRA I. –
Evaluation of waste anesthetic gas surveillance program and isoflurane exposures during animal and human surgery. *Journal of occupational and environmental hygiene,* 2019, 16 (8), pp. 544-556.

[5-f] DRIELLE B.S. *ET AL.* –
Measurement of anesthetic pollution in veterinary operating rooms for small animals. Isoflurane pollution in a university veterinary hospital. *Brazilian journal of anesthesiology,* 2021, 71 (5), pp. 517-522.

[6-f] SAUVÉ J.F., MATER G. –
Panorama des niveaux d'exposition aux contaminants chimiques dans le secteur vétérinaire entre 2011 et 2020. *Hygiène & sécurité du travail,* 2022, 266, pp. 74-79. Accessible sur : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=BD%2014

176 Octobre Novembre Décembre 2023

RÉFÉRENCES EN SANTÉ AU TRAVAIL

ACTUALITÉS

INFOS À RETENIR

→ Bilan 2022 des expositions professionnelles aux rayonnements ionisants en France

→ Étude des relations complexes entre conditions de télétravail et survenue de lombalgie tenant compte de la symptomatologie dépressive

NOUVEAUTÉS DE L'INRS

→ Affiches, brochures, dépliants, documents et outils en ligne...

PARTICIPEZ À LA RECHERCHE

→ Étude de la vitesse de récupération de la fatigue auditive à la suite d'une exposition professionnelle au bruit

→ Usages numériques avec les machines industrielles et pratiques de cybersécurité

CONNAISSANCES ET RÉFÉRENCES

GRAND ANGLE

→ Trouble déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité chez le sujet adulte : répercussions professionnelles

VU DU TERRAIN

→ Allergie professionnelle en élevage d'insectes : importance de la pluridisciplinarité dans la mise en œuvre de la prévention

→ Évaluation de l'exposition professionnelle au chrome VI. Approche intégrant biomarqueurs, mesures atmosphériques et cutanées

PRATIQUES ET MÉTIERS

→ Le travail en 2040, modalités de pilotage et enjeux de santé et sécurité

→ Avis motivé du médecin du travail : un élément clé dans la démarche de reconnaissance des maladies professionnelles

SUIVI POUR VOUS

→ 36es Journées nationales de santé au travail dans le BTP. Marseille, 1er-2 juin 2023

→ Perturbateurs endocriniens : état des connaissances et enjeux pour la prévention en santé au travail. Journée thématique de l'ADEREST. Paris, 9 juin 2023

→ Quel bilan paraclinique en santé au travail, pour quelles expositions ? Les EFR. Le Covid long. Journée scientifique de la SFST. 6 octobre 2023, en distanciel

OUTILS REPÈRES

VOS QUESTIONS/NOS RÉPONSES

→ Exposition aux rayonnements ionisants : quels accès aux données dosimétriques ?

→ Virus H5N1 transmis par des goélands : quel risque de contamination ?

ALLERGOLOGIE PROFESSIONNELLE

→ Asthme professionnel induit par les irritants

TABLEAUX DES MALADIES PROFESSIONNELLES : COMMENTAIRES

→ Décret n° 2023-946 du 14 octobre 2023 révisant et complétant les tableaux de maladies professionnelles annexés au livre IV du Code de la Sécurité sociale

À VOTRE SERVICE

AGENDA 2024

Retrouvez la revue et abonnez-vous gratuitement sur :

www.rst-sante-travail.fr

Notes techniques

EXPOSITION AUX ANESTHÉSIANTS VOLATILS DANS LES ÉTABLISSEMENTS DE SOINS VÉTÉRINAIRES : CAMPAGNE DE MESURES EN ÎLE-DE-FRANCE

Le Laboratoire de toxicologie industrielle et le Centre de mesures et de contrôles physiques de la Caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif) ont conduit une étude destinée à caractériser et réduire l'exposition aux anesthésiants volatils des professionnels des établissements de soins vétérinaires. Cet article décrit une campagne de mesures réalisée auprès de vingt établissements de soins vétérinaires.

CENTRE DE MESURES ET CONTRÔLES PHYSIQUES, LABORATOIRE DE TOXICOLOGIE INDUSTRIELLE, CRAMIF*

**Remerciements pour leurs contributions à : Catherine ROY, docteur vétérinaire, expert en prévention des risques professionnels physiques, chimiques et biologiques ; Luca ZILBERSTEIN, docteur vétérinaire, responsable anesthésie en centre hospitalier vétérinaire.*

Cadre et objectifs de l'étude

Dans le cadre du programme national « Risques chimiques Pros » déployé durant la période 2019-2023 sous l'égide de la Caisse nationale d'assurance maladie (Cnam), le Laboratoire de toxicologie industrielle et le Centre de mesures et de contrôles physiques de la Caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif) ont conduit une étude destinée à caractériser l'exposition aux anesthésiants volatils des professionnels des établissements de soins vétérinaires [1].

Ces travaux, qui s'appuient en particulier sur des observations et des mesures *in situ,* ont porté sur des établissements représentatifs de ce secteur d'activité en Île-de-France. Les mesures ont été réalisées de 2019 à 2022 par la Cramif, dans vingt établissements de soins vétérinaires répartis sur toute l'Île-de-France, dont trois centres hospitaliers vétérinaires.

Les actes diagnostiques ou chirurgicaux nécessitent une contention prolongée des animaux et l'utilisation d'anesthésiants. Dans certaines conditions de mise en œuvre, une exposition à ces substances volatiles peut générer des effets sur la santé des professionnels exposés. Cette étude avait pour objectifs d'acquérir des connaissances sur les matériels et les pratiques d'anesthésie mis en œuvre, de caractériser les dispositifs de captage des émissions d'anesthésiants volatils résiduels et de ventilation générale utilisés dans les locaux de travail et, enfin, d'estimer le niveau d'exposition des professionnels, afin de définir des mesures de prévention adaptées.

Protocoles de mesurage

Stratégie de prélèvement atmosphérique des anesthésiants ciblés

Afin d'estimer l'exposition des professionnels aux anesthésiants volatils, des prélèvements atmosphériques d'isoflurane ou de sévoflurane ont été réalisés au niveau des voies respiratoires des vétérinaires et des auxiliaires spécialisés vétérinaires (ASV) pendant la durée des interventions réalisées et pendant des événements particuliers de plus courte durée, ainsi qu'en ambiance de travail à hauteur des voies respiratoires dans la salle d'opération, la salle de préparation, la salle de réveil (chenil et chatterie) et l'accueil des établissements. Les mesures recueillies lors de cette étude ont été enregistrées dans la base de données Colchic de l'INRS[1].

En complément, des mesures en temps réel de gaz anesthésiant ont été réalisées en ambiance de travail, à l'aide d'un appareil à détection photoacoustique, et complétées par des enregistrements vidéo, afin d'identifier les tâches exposantes.

Méthodes de prélèvement et d'analyse

Les prélèvements atmosphériques sont réalisés à l'aide d'un tube de charbon actif (SKC Anasorb NSC), comprenant deux plages (100 et 50 mg), relié à une pompe régulée (Gilian LFS 113 Sensidyne).

Le tube de charbon actif est ensuite désorbé au sulfure de carbone. Le désorbat est analysé par chromatographie en phase gazeuse, avec détection par ionisation de flamme (GC-FID Agilent 7890B).

RÉSUMÉ

Des prélèvements atmosphériques et des mesures en temps réel de vapeurs anesthésiantes ont été effectués dans des locaux d'établissements de soins vétérinaires : accueil, salles d'opération, de préparation et de réveil, chenil/chatterie, au niveau des voies respiratoires des professionnels ainsi qu'en ambiance de travail. Afin de caractériser le sens de circulation de l'air et l'efficacité de la ventilation mécanisée, des tests avec des fumigènes et des mesures aérauliques ont également été effectués.
Les résultats mettent en évidence une exposition importante des professionnels à l'isoflurane et au sévoflurane dans les blocs opératoires et les salles de préparation. Des dispositifs de ventilation générale sont présents, mais sont rarement conformes aux recommandations formulées, quelle que soit la finalité du local, et il est régulièrement constaté des installations de ventilation générale altérées, voire inopérantes.

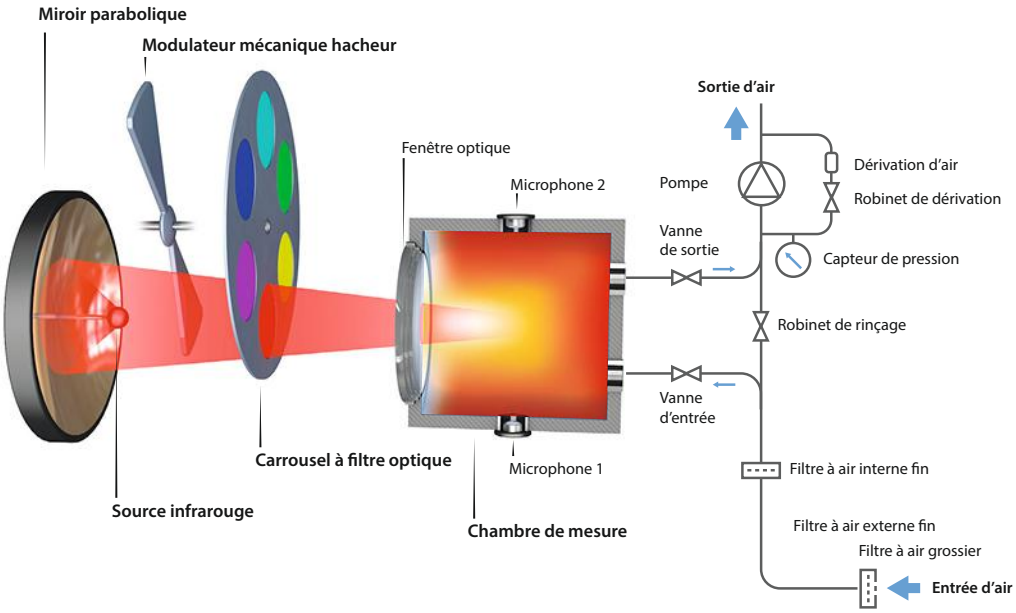
EXPOSURE TO INHALATIONAL ANAESTHETICS IN VETERINARY CARE FACILITIES: MEASUREMENT CAMPAIGN IN ILE-DE-FRANCE

Air sampling and real-time measurement of anaesthetic vapours were performed in veterinary care facilities: in the reception area, operating rooms, prep and recovery rooms, kennels and catteries, the respiratory tract of staff and in the work atmosphere. To characterise the direction of air flow and the effectiveness of the mechanical ventilation, smoke tests were done and air flow measurements were also taken. The results highlight staff's major exposure to isoflurane and sevoflurane in the operating and prep rooms. General ventilation systems are present, but rarely comply with recommendations, regardless of the purpose of the room, and many of the general ventilation installations were faulty or not in operation.

Le principe de l'appareil (Innova 1412), permettant de réaliser des mesures en temps réel, repose sur une méthode d'analyse infrarouge couplée à une détection photoacoustique. Des filtres appropriés sont installés sur la platine de l'appareil afin de mesurer sélectivement la concentration des différents gaz anesthésiants *(Cf. Figure 1)*.

Méthodes de caractérisation et d'évaluation des installations de ventilation

Les installations de ventilation des locaux visités sont évaluées au moyen de tests fumigènes et de mesures aérauliques.
Le sens de circulation de l'air et l'efficacité de la ventilation mécanisée sont contrôlés par visualisation



© Jean-André Deledda pour l'INRS / 2023

← FIGURE 1
Principe de fonctionnement de l'appareil de mesure en temps réel (Innova 1412).

FIGURE 2 →
Type de circuit utilisé en salle d'opération lors de la réalisation des anesthésies.

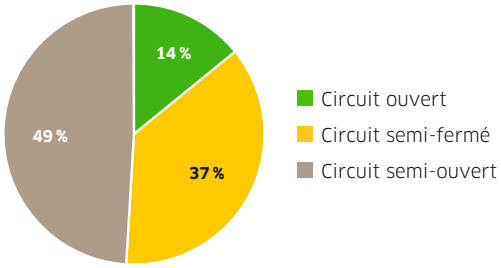
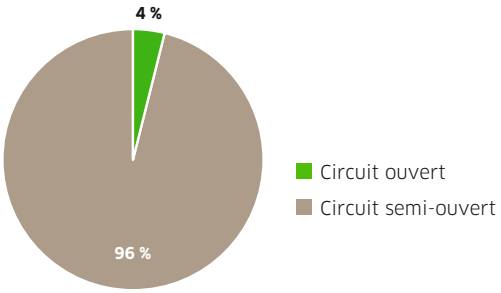


FIGURE 3 →
Type de circuit utilisé en salle de préparation lors de la réalisation des anesthésies.



des flux d'air à l'aide d'un appareil générateur de fumées Tiny CX.
Les mesures aérauliques sont réalisées dans les locaux où les gaz anesthésiants sont utilisés ou susceptibles d'être exhalés et disposant d'un système de ventilation mécanisée : accueil, salles d'opération, de préparation et de réveil, chenil/chatterie, salle d'imagerie, etc. Les mesures de vitesse d'air sont effectuées avec un anémomètre TSI Velocicalc n° 9565P (incertitude relative de mesure : ± 2,5 à 3 % de la valeur de la vitesse d'air). Elles sont effectuées dans le plan d'ouverture des bouches de ventilation, car les conduits ne sont pas suffisamment accessibles. Les mesures sont réalisées dans les conditions habituelles de travail.
La moyenne des vitesses d'air mesurées dans le plan d'ouverture des bouches de ventilation générale permet d'estimer un débit d'extraction ou d'introduction d'air.

Les paramètres suivants sont relevés pour chacun des 124 locaux étudiés dans les 20 établissements de soins vétérinaires :
- dimensions géométriques ;
- présence ou non d'ouvrants sur l'extérieur (ce qui implique ou non une possibilité de ventilation naturelle) ;
- en cas de ventilation mécanique, le mode de ventilation :
  - par extraction,
  - par introduction mécanique d'air neuf,
  - par extraction et introduction mécaniques d'air neuf,
  - le cas échéant, réglage du potentiomètre du système de ventilation ;
- présence ou non d'appareils d'anesthésie gazeuse ;
- présence ou non d'un dispositif de rejet des gaz exhalés relié à l'extérieur de façon statique (tuyau vers l'extérieur) ou dynamique (par exemple système d'évacuation active des gaz).

Résultats de la campagne de mesures

Les mesures d'exposition réalisées au cours de l'étude ont été effectuées lors d'interventions sur des animaux de compagnie et des nouveaux animaux de compagnie (NAC)[2].
Les interventions réalisées sous anesthésie gazeuse volatile sur des chats sont essentiellement des stérilisations, des détartrages et des extractions de dents, mais il a également été réalisé une otectomie, une chirurgie digestive, une réduction de fracture du tibia et un retrait de hernie.
Pour ce qui concerne les interventions sur des chiens, il s'agit également d'ovariectomies, de castrations ainsi que de détartrages et d'extractions de dents, mais les vétérinaires et ASV ont également effectué de la dermatologie et de la désinfection de plaies, l'extraction de verrues, le retrait de masses, l'orthopédie de ligaments croisés, une splénectomie et une énucléation. Dans le cas des NAC, les interventions réalisées concernent uniquement la castration de lapins.
Dans 19 établissements sur 20, l'anesthésiant utilisé est l'isoflurane. Le sévoflurane a été mis en œuvre dans une seule clinique vétérinaire, lors de castrations de lapins.
Au total, 43 anesthésies ont été effectuées dans des salles d'opération, et 27 dans des salles de préparation où sont effectués essentiellement des détartrages, des extractions de dents ou des prises de sang.
La majorité de ces interventions est réalisée en circuit semi-ouvert, que ce soit dans les salles d'opération (49 %) ou les salles de préparation (96 %) *(Cf. Figures 2 et 3)*.
Dans les salles d'opération, 37 % des interventions sont réalisées en circuit semi-fermé et 14 % en circuit ouvert (castration de lapins, réalisation de prise de sang, implantation de puce électronique sur chat).
Dans les salles de préparation, 4 % des interventions sont réalisées en circuit ouvert.

Résultats des mesures d'expositions au gaz anesthésiant

→ Accueil

Les niveaux d'exposition à l'isoflurane mesurés à l'accueil des établissements de soins vétérinaires sont globalement faibles *(Cf. Tableau 1)*, avec une concentration médiane égale à 0,145 ppm. Il est cependant mesuré des concentrations pouvant dépasser la valeur de référence de 2 ppm, dans le cas où l'accueil n'est pas parfaitement isolé de la salle d'opération ou de préparation.

TYPE DE PRÉLÈVEMENT	NOMBRE DE MESURES	DURÉE DE PRÉLÈVEMENT MOYENNE (min)	CONCENTRATIONS ANESTHÉSIANTS (ppm)		
			Maximum	Moyenne	Médiane
HVR – Ambiance de travail	20	303	2,1	0,51	0,145

HVR : à hauteur des voies respiratoires.

←TABLEAU 1
Concentrations d'anesthésiants volatils mesurées à l'accueil des différents établissements.

TYPE DE PRÉLÈVEMENT	NOMBRE DE MESURES	DURÉE DE PRÉLÈVEMENT MOYENNE (min)	CONCENTRATIONS ANESTHÉSIANTS (ppm)		
			Maximum	Moyenne	Médiane
NVR – Assistants vétérinaires spécialisés	15	181	17,4	5	2,15
NVR – Vétérinaires	30	119	17,4	4,1	5
HVR – Ambiance de travail	20	317	14	3,7	1,7

NVR : au niveau des voies respiratoires. HVR : à hauteur des voies respiratoires.

←TABLEAU 2
Concentrations d'anesthésiants volatils mesurées dans les salles d'opération.

➜ Salles d'opération

Les mesures effectuées au niveau des voies respiratoires des vétérinaires et ASV réalisant des interventions chirurgicales dans les salles d'opération mettent en évidence une exposition importante du personnel aux vapeurs anesthésiantes. La concentration médiane mesurée au niveau des voies respiratoires des vétérinaires atteint 5 ppm et celle des ASV 2,15 ppm *(Cf. Tableau 2)*.

À titre d'exemple, une concentration moyenne de sévoflurane égale à 14,8 ppm est mesurée au niveau des voies respiratoires du vétérinaire pendant 244 minutes lors de l'utilisation d'une chambre à induction, puis d'un masque pour l'anesthésie de lapins. Les pics de concentration les plus importants, égaux à 20 ppm et 49 ppm, sont mesurés en temps réel lors de la fixation et du retrait du masque sur la tête du lapin.

Les concentrations supérieures à 2 ppm sont principalement mesurées lorsque la salle d'opération n'est pas ou est peu ventilée, en présence d'un dispositif d'anesthésie défectueux (notamment fuite au niveau du tuyau d'alimentation) ou lors de l'utilisation d'une cartouche de charbon actif saturée. En effet, il a été très souvent observé que les cartouches de charbon actif n'étaient pas pesées. Après vérification, le poids maximal préconisé par le fabricant était dépassé. Dans ces conditions, le gaz anesthésiant n'étant plus piégé par la cartouche, il est rejeté directement dans l'atmosphère de la salle d'opération.

Le remplissage de la cuve en anesthésiant au cours de l'intervention est également une source d'exposition importante, en particulier lorsqu'il est effectué sans dispositif de transfert sécurisé. Ceci peut conduire à des pics de concentration pouvant atteindre 20 ppm sur une durée de quelques minutes. Les concentrations mesurées en ambiance de travail corroborent celles mesurées au niveau des voies respiratoires des vétérinaires et des ASV, avec des niveaux également importants.

➜ Salles de préparation

Les tâches réalisées sous anesthésiant volatil dans les salles de préparation sont principalement des détartrages ou des extractions de dents et ponctuellement des prises de sang. Celles-ci sont généralement effectuées en circuit semi-ouvert avec intubation trachéale. Dans la majorité des cas, les cartouches de charbon actif utilisées sont saturées, conduisant ainsi au rejet important d'anesthésiant volatil dans l'atmosphère du local.

Une concentration en ambiance de travail atteignant 8 ppm d'isoflurane pendant 218 minutes est par exemple mesurée *(Cf. Tableau 3)* lors de l'utilisation de vapeurs anesthésiantes.

Des concentrations très importantes (17,8 ppm) sont mesurées lors de la déconnexion du tuyau relié à la sonde trachéale au cours de l'intervention sans arrêt préalable du débit d'isoflurane. Il est également observé une pollution à l'isoflurane de la salle de préparation par l'activité de la salle d'opération attenante, insuffisamment ventilée et dont la porte est restée ouverte.

Des débits d'anesthésiant très variables (0,5 % à 1 % ; pouvant aller jusqu'à 3,5 % à 4 %) peuvent être utilisés pour les détartrages de dents sur des chats ou chiens, induisant potentiellement un relargage important dans le local lors de l'utilisation des concentrations les plus élevées.

➜ Salles de réveil

Les salles de réveil sont également des lieux où une pollution importante en isoflurane peut être mesurée (5,4 ppm), comme l'illustre le *Tableau 4.*

→

TABLEAU 3 → Concentrations d'anesthésiants volatils mesurées dans les salles de préparation.

TYPE DE PRÉLÈVEMENT	NOMBRE DE MESURES	DURÉE DE PRÉLÈVEMENT MOYENNE (min)	CONCENTRATIONS ANESTHÉSIANTS (ppm)		
			Maximum	Moyenne	Médiane
HVR – Ambiance de travail	16	313	8	2,3	1,1

HVR : à hauteur des voies respiratoires.

TABLEAU 4 → Concentrations d'anesthésiants volatils mesurées dans les salles de réveil.

TYPE DE PRÉLÈVEMENT	NOMBRE DE MESURES	DURÉE DE PRÉLÈVEMENT MOYENNE (min)	CONCENTRATIONS ANESTHÉSIANTS (ppm)		
			Maximum	Moyenne	Médiane
HVR – Ambiance de travail	23	284	5,4	1,4	0,9

HVR : à hauteur des voies respiratoires.

Les concentrations en vapeurs anesthésiantes sont d'autant plus élevées que le poids des animaux présents est important et le débit de ventilation faible dans le local.

© Cramif

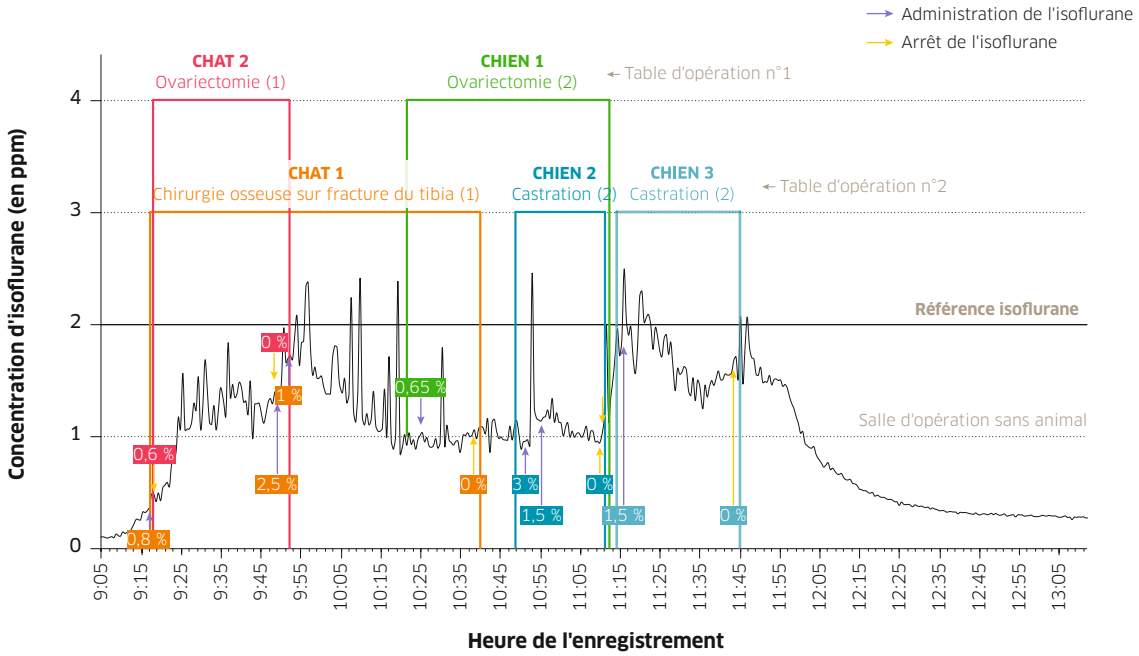
Résultats des mesures en temps réel

Les mesures en temps réel ont permis d'identifier différentes situations pouvant conduire à des expositions des professionnels aux vapeurs anesthésiantes. À titre d'exemple, les mesures en temps réel enregistrées *(Cf. Figure 4)* dans un établissement où sont réalisées cinq interventions en circuit semi-ouvert et semi-fermé (disposant d'une ventilation générale avec rejet des gaz à l'extérieur du bâtiment) mettent en évidence une exposition des professionnels à une concentration globalement inférieure à 2 ppm tout au long des interventions.

A contrario, les mesures en temps réel enregistrées dans un établissement où sont effectuées deux interventions en circuit ouvert (administration d'anesthésiant volatil au masque) et semi-ouvert (administration d'anesthésiant volatil à l'aide d'une sonde trachéale et rejet des vapeurs anesthésiantes à l'extérieur du bâtiment avec des raccords défectueux), en l'absence de ventilation générale dans la salle d'opération *(Cf. Figure 5),* mettent en évidence une exposition croissante du personnel au cours des différentes interventions. La concentration maximale d'isoflurane mesurée atteint 15,8 ppm préalablement à l'arrêt de l'administration de l'anesthésiant. La concentration d'isoflurane reste supérieure à 2 ppm dans la salle d'opération pendant plusieurs heures après la fin de l'administration de l'anesthésiant, entraînant une exposition également importante du personnel lors du nettoyage de la salle d'opération et du matériel.

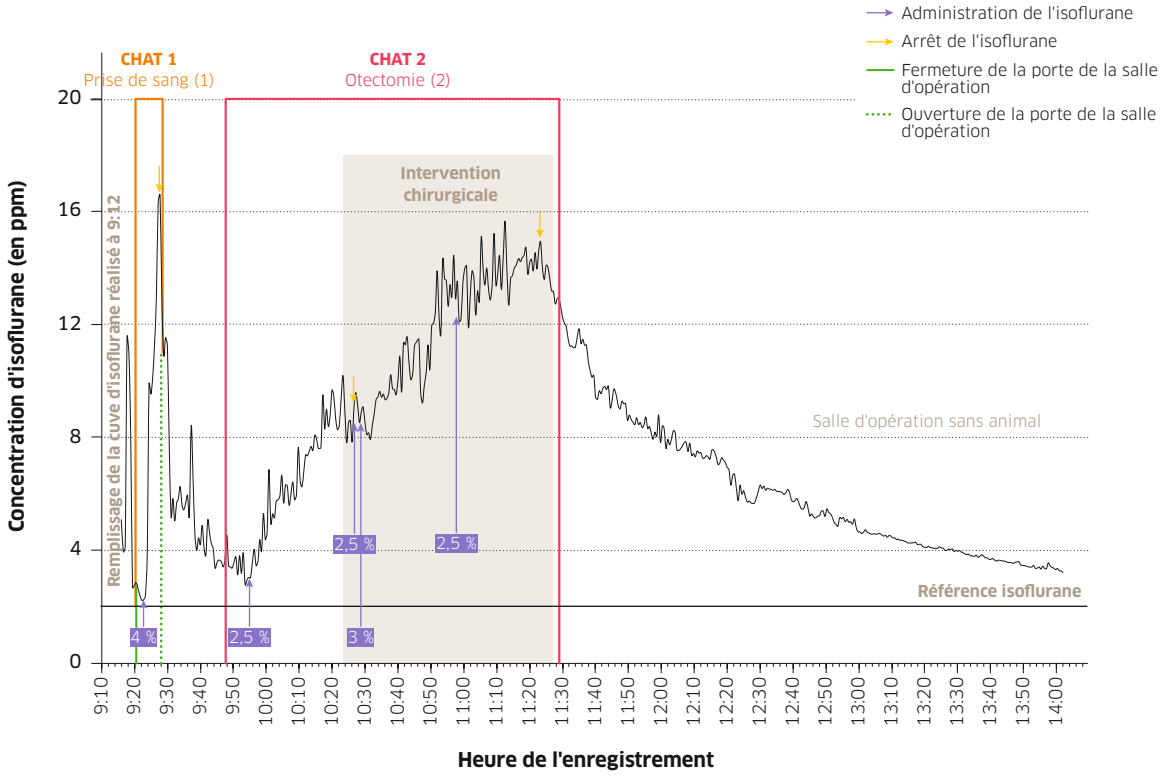
Les mesures en temps réel enregistrées dans un établissement disposant d'une ventilation générale mécanique commandée manuellement à l'aide d'un variateur à deux vitesses permettent de confirmer l'intérêt de la ventilation générale pour la réduction de l'exposition des professionnels aux vapeurs anesthésiantes *(Cf. Figure 6)*.

En l'absence de ventilation générale, il est en effet mesuré une exposition croissante à l'isoflurane atteignant 16,4 ppm lors de l'énucléation d'un bouledogue. La mise en fonctionnement de la ventilation



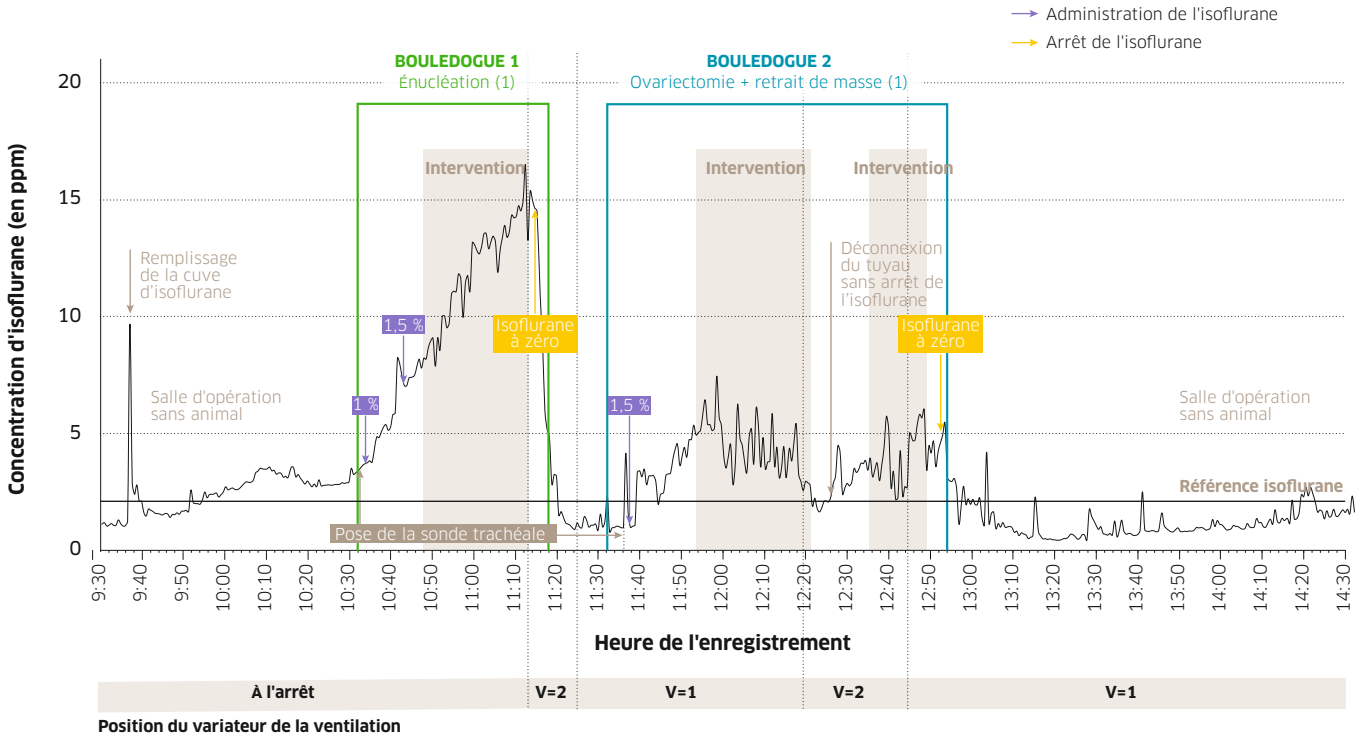
(1) Circuit **sans réinhalation** des vapeurs anesthésiantes et rejet à l'extérieur de la salle d'opération.
(2) Circuit **avec réinhalation** des vapeurs anesthésiantes et rejet à l'extérieur de la salle d'opération.

↑ **FIGURE 4** Mesures en temps réel enregistrées dans une salle d'opération disposant d'une ventilation générale.



(1) Circuit ouvert - administration au masque et rejet à l'intérieur de la salle d'opération.
(2) Circuit **sans réinhalation** des vapeurs anesthésiantes (sonde trachéale) et rejet à l'extérieur de la salle d'opération avec raccords défectueux.

↑ **FIGURE 5** Mesures en temps réel enregistrées dans une salle d'opération en l'absence de ventilation générale.



(1) Circuit **sans réinhalation** des vapeurs anesthésiantes ; cartouche de charbon actif et rejet à l'intérieur de la salle d'opération.

↑ **FIGURE 6** Mesures en temps réel enregistrées dans une salle d'opération disposant d'une ventilation mécanique générale munie d'un variateur à deux vitesses.

en position maximale permet de faire chuter rapidement le niveau d'exposition pour atteindre une concentration égale à 1 ppm 10 minutes après l'arrêt de l'administration de l'isoflurane.
Il est mesuré, lors des interventions sur le deuxième chien, avec mise en fonctionnement de la ventilation générale mécanique en position intermédiaire, un niveau d'exposition des professionnels stable en moyenne égal à 4 ppm.
Le maintien de la ventilation en position intermédiaire à la fin des interventions permet d'atteindre très rapidement une concentration moyenne égale à 0,8 ppm.

Résultats des mesures aérauliques

Les 124 locaux caractérisés se répartissent comme suit :

- 55 salles d'opération ou de préparation, dans lesquelles est utilisé du gaz anesthésiant ;
- 6 salles de réveil, concernées par l'exhalation des animaux après anesthésie ;
- 63 salles (locaux d'accueil, locaux techniques, vestiaires, chenils, etc.), dans lesquelles un transfert de pollution provenant de l'utilisation d'anesthésiant volatil dans d'autres locaux est possible.

Parmi ces caractérisations, 109 concernent des cliniques vétérinaires et 15 des centres hospitaliers.

➜ Salles d'opération ou de préparation

La *Figure 7* illustre la répartition des types de ventilation dans les salles d'opération ou de préparation étudiées.
Les observations montrent que 22 % de ces salles ne sont pas ventilées mécaniquement et que la ventilation n'est pas effective dans 6 % supplémentaires.
Parmi les 55 salles caractérisées, seules 43 sont pourvues d'un dispositif de ventilation mécanique générale. La ventilation mécanique installée se fait majoritairement par extraction d'air.

Dans 9 % des cas, les salles sont pourvues d'une ventilation par soufflage d'air uniquement. Cette configuration augmente les risques de transfert des polluants dans les locaux attenants.
Par ailleurs, dans 6 % des cas, la visite des locaux a permis de signaler aux salariés que le dispositif de ventilation (extraction ou soufflage) était hors service.
L'ensemble des données ayant permis de caractériser la ventilation dans les locaux pourvus d'un dispositif de ventilation mécanique est rassemblé dans le *Tableau 5 (Cf. Annexe pp. 70-72).*
Ce tableau met en évidence les éléments suivants :

- les débits estimés sont compris entre 0 et 935 m^3/h ;
- les locaux pour lesquels le débit d'air extrait est compensé par une introduction d'air neuf par soufflage mécanique sont observés dans deux centres hospitaliers (sept locaux) et dans deux cliniques vétérinaires (deux locaux) ;

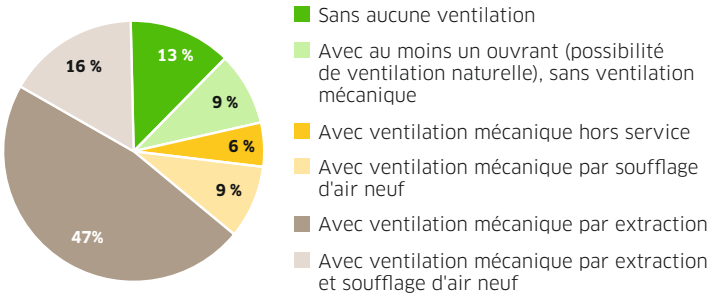
- les quatre cas rencontrés avec un rejet des gaz exhalés à l'extérieur par un conduit dynamique concernent des salles d'opération et de préparation dans un centre hospitalier ;
- quatre situations de rejet des gaz à l'extérieur par un conduit statique sont observées, dans une même clinique vétérinaire. Dans un cas, le point de rejet est implanté sous un ouvrant, et dans un autre cas dans un faux plafond. Ces deux situations augmentent le risque de réintroduction d'air vicié dans les locaux ;
- dans cette même clinique vétérinaire, deux locaux comportent un système de ventilation hors service. Un troisième cas de ventilation hors service est observé dans une autre clinique vétérinaire.

➞ Salles de réveil

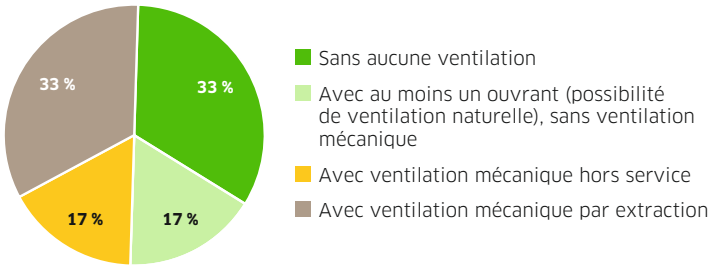
Les chenils utilisés pour le réveil des animaux ont été considérés comme des salles de réveil. Parmi les six salles de réveil étudiées, trois sont pourvues d'un dispositif de ventilation générale mécanique ; celui-ci est hors service dans l'une des trois (dysfonctionnement mis en évidence à l'occasion de l'étude). L'autre moitié des salles est dépourvue de toute ventilation mécanique *(Cf. Figure 8)*.
Aucun cas de ventilation par soufflage n'est observé dans ce type de locaux. L'ensemble des données ayant permis de caractériser la ventilation dans les trois salles de réveil ventilées mécaniquement est rassemblé dans le *Tableau 6 (Cf. Annexe pp. 70-72)*.

➞ Autres locaux à pollution spécifique

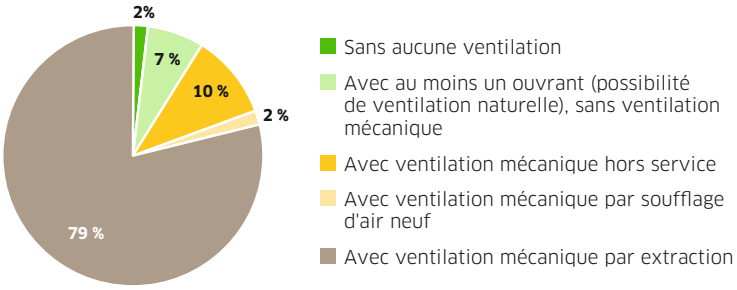
Parmi les 57 autres locaux à pollution spécifique (dépourvus d'appareil d'anesthésie et non utilisés pour le réveil des animaux) étudiés, à savoir les chenils, salles de consultation, locaux d'accueil, salles d'attente et locaux techniques (laverie et locaux de stockage), 52 sont pourvus d'un dispositif de ventilation générale mécanique *(Cf. Figure 9)*.
L'un de ces locaux est dépourvu de toute possibilité de ventilation (ni ouvrant, ni ventilation générale mécanique). Dans 10 % des cas, le système de ventilation mécanique est hors service. Ceci a été mis en évidence et signalé aux professionnels lors de la visite des cinq chenils et du couloir concernés, qui sont répartis dans quatre cliniques vétérinaires différentes. L'un des locaux observés est ventilé par soufflage mécanique uniquement.
L'ensemble des données ayant permis de caractériser la ventilation dans les 52 locaux à pollution spécifique pourvus d'un dispositif de ventilation mécanique est rassemblé dans le *Tableau 7 (Cf. Annexe pp. 70-72)*. La ventilation des sept derniers locaux figurant sur ce tableau n'a pas été caractérisée, en raison de l'activité de soins en cours.
Les débits de ventilation estimés sont compris entre 0 m^3/h et 525 m^3/h. Ces locaux sont souvent attenants à des locaux à pollution spécifique, comme les salles d'opération. Le dysfonctionnement du système



↑ **FIGURE 7** Répartition des types de ventilation dans les 55 salles d'opération ou de préparation étudiées.



↑ **FIGURE 8** Répartition des types de ventilation dans les salles de réveil étudiées.



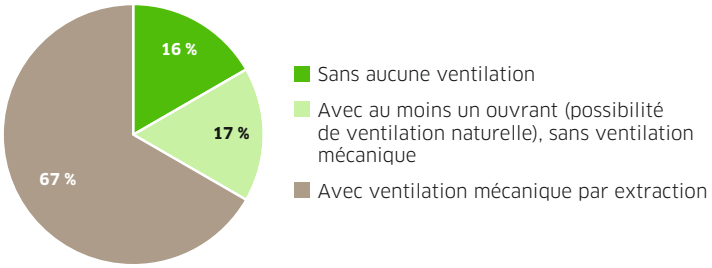
↑ **FIGURE 9** Répartition des types de ventilation dans les 57 autres locaux à pollution spécifique étudiés.

de ventilation dans certains de ces locaux n'avait pas été identifié par les établissements concernés et a été mis en évidence à l'occasion de cette étude.

➞ Autres locaux à pollution non spécifique et locaux sanitaires

Parmi les six autres locaux à pollution non spécifique (réfectoires, vestiaires) et locaux sanitaires

→



↑ **FIGURE 10** Répartition des types de ventilation dans les six autres locaux à pollution non spécifique et locaux sanitaires étudiés. L'un des locaux visités est dépourvu de ventilation.

étudiés, quatre sont pourvus d'un dispositif de ventilation générale mécanique *(Cf. Figure 10)*.
L'ensemble des données ayant permis de caractériser la ventilation dans les quatre autres locaux à pollution non spécifique ventilés mécaniquement est rassemblé dans le *Tableau 8 (Cf. Annexe pp. 70-72)*.Les débits de ventilation estimés sont compris entre 10 m³/h et 60 m³/h. Ces quatre locaux sont ventilés par extraction.

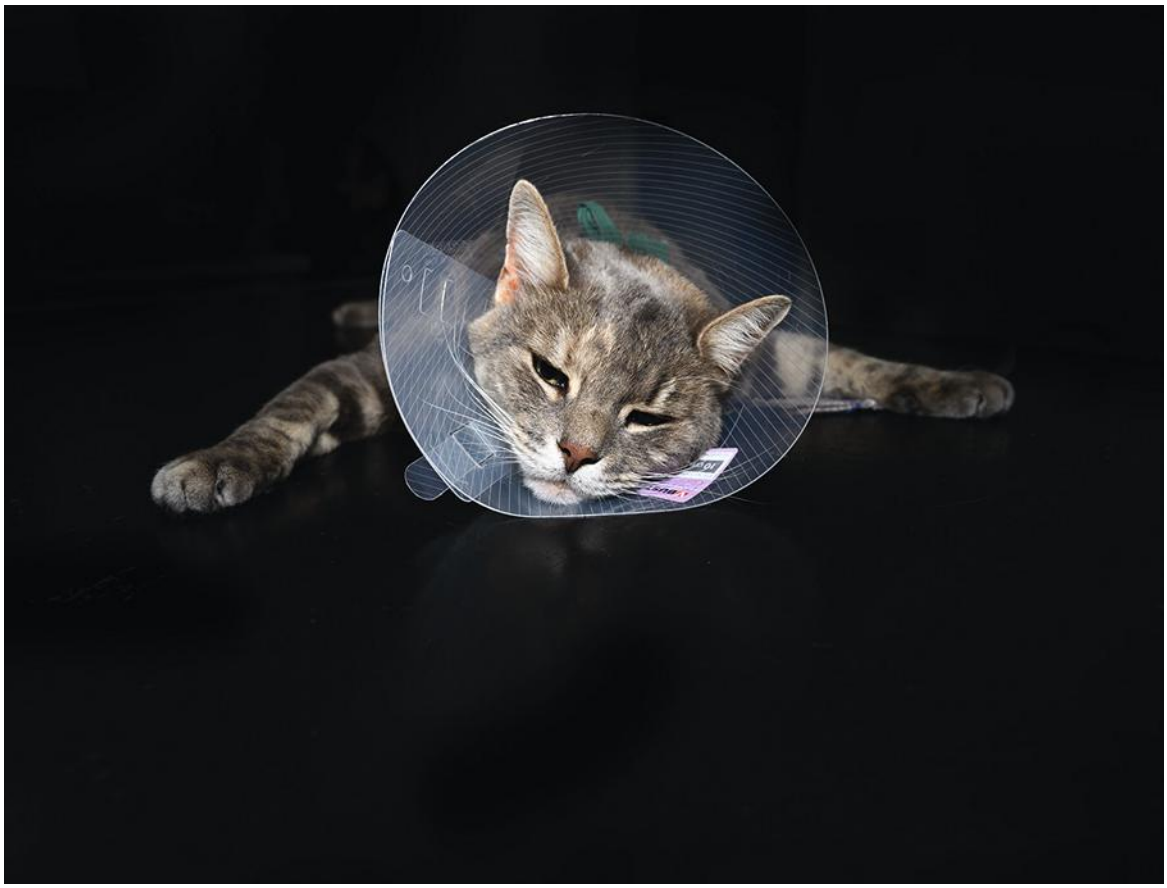
➜ Autres constats

Il est à noter que de nombreuses bouches de ventilation sont encrassées. Aucun dossier d'installation de ventilation n'a pu être présenté lors des interventions.

Bilan au regard des recommandations concernant la ventilation générale [1-5]

Au cours de cette étude, les dispositifs de captage localisé et de ventilation générale ont été observés et évalués. Aucun dispositif spécifique de captage à la source n'était présent dans les établissements visités. Seuls certains établissements étaient équipés d'un système d'extraction des gaz et vapeurs d'anesthésie exhalés vers l'extérieur. Concernant la ventilation générale, qui doit être utilisée en complément du captage à la source et du rejet vers l'extérieur, les recommandations décrites dans la Note technique [1] sont rarement respectées, quel que soit le type de local :

- les salles d'opération, de préparation et de réveil : sur les 61 locaux étudiés, seuls trois sont conformes aux recommandations et permettent d'assurer un débit suffisant pour atteindre le taux de renouvellement d'air recommandé de 15 volumes par heure ;
- les autres locaux à pollution spécifique (les chenils, salles de consultation, accueil et salles d'attente qui reçoivent les animaux en attente de soins ou éventuellement d'une intervention chirurgicale et tout autre local technique) : sur les 57 locaux étudiés, seuls sept sont conformes aux recommandations ;
- les locaux sanitaires et à pollution non spécifique (vestiaires et salles de pause) : sur les



© Gaël Kerbaol/INRS/2019

six locaux étudiés, aucun n'est conforme aux recommandations.

Conclusions de l'étude

Les prélèvements atmosphériques et les mesures en temps réel réalisés mettent en évidence une exposition importante des vétérinaires et des ASV à l'isoflurane et au sévoflurane lors de la réalisation d'interventions sous anesthésie volatile dans les blocs opératoires ou salles de préparation.

Les circuits d'administration des anesthésiants volatils mis en œuvre sont majoritairement des circuits sans réinhalation de gaz et vapeurs anesthésiants avec des filtres à charbon actif très souvent saturés. Des sources d'exposition importantes ont pu être mesurées, notamment lors du remplissage de la cuve d'anesthésiant au cours de l'intervention, lors de l'utilisation de chambre à induction ou lors de l'utilisation de tuyaux d'évacuation des anesthésiants volatils endommagés.

Des concentrations importantes d'anesthésiant volatil ont également été mesurées ponctuellement dans des locaux dépourvus d'appareil d'anesthésie, suite à des transferts de pollution (par exemple, à l'accueil des établissements) ou au relargage des gaz exhalés par les animaux lors de leur réveil (par exemple : chenil) en présence d'un taux de renouvellement d'air insuffisant.

Des dispositifs de ventilation générale sont observés et évalués, mais ils sont rarement conformes aux recommandations formulées, quelle que soit la finalité du local.

Au-delà des dispositifs inefficaces ou non adaptés à la prévention des risques liés aux anesthésiants volatils, il est régulièrement constaté des installations de ventilation générale altérées, voire inopérantes.

La documentation réglementaire (dossier d'installation) est inexistante. Les procédures d'entretien et la nécessité de vérifications périodiques réglementaires annuelles ne sont pas connues et ne sont ni réalisées, ni tracées au sein des établissements étudiés.

Ces constats reflètent ainsi un manque d'information, de maîtrise et de suivi des installations de ventilation et des dispositifs de captage à la source pouvant être associés.

De manière plus générale, l'ensemble des constats évoqués traduisent une méconnaissance de la réglementation applicable notamment lors de la conception des bâtiments, des risques induits ainsi que des moyens pour les prévenir, au sein de la profession.

Il apparaît également un besoin de formation des professionnels, tant initiale que lors de l'acquisition d'un appareil d'anesthésie. Dans ce but, des actions de sensibilisation et des webinaires ont été organisés par la Cramif auprès des professionnels concernés. ●

1. Voir : https://www.inrs.fr/publications/hst/bases-de-donnees.html

2. Les NAC comprennent les lapins, autres rongeurs, singes et reptiles (tortues, serpents, lézards, etc.).

© Cramif

BIBLIOGRAPHIE

[1] CRAMIF – Exposition aux anesthésiants volatils dans les établissements de soins vétérinaires : enjeux de prévention. *Hygiène & sécurité du travail,* 2023, 273, Note technique NT 111, pp. 47-58. Accessible sur : https://www.inrs.fr/publications/hst/notes-techniques.html

[2] GUICHARD R., GÉRARDIN F. – Améliorer la ventilation des locaux, pendant et après la pandémie de Covid-19. *Hygiène & sécurité du travail,* 2021, 264, Note technique NT 92, pp. 53-61. Accessible sur : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=NT%2092

[3] INRS – *Aération et assainissement.* 2019, TJ 5, coll. Aide-mémoire juridiques. Accessible sur : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=TJ%205

[4] INRS – *Principes généraux de ventilation.* 2022, ED 695 coll. Guides pratiques de ventilation. Accessible sur : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20695

[5] INRS – *Le dossier d'installation de ventilation.* 2023, ED 6008, coll. Guides pratiques de ventilation. Accessible sur : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206008

ANNEXE

RÉF. DU LOCAL	TYPE D'ÉTABLISSEMENT [1]	VOLUME (m^3)	VENTILATION GÉNÉRALE			REJET DES GAZ EXHALÉS		
			POSSIBILITÉ DE VENTILATION NATURELLE [2]	TYPE DE VENTILATION MÉCANIQUE	DÉBIT ESTIMÉ (m^3/h)	DANS LE LOCAL [3]	EXT. DES LOCAUX, STATIQUE [4]	EXT. DES LOCAUX, DYNAMIQUE [5]
10-03	Clin. vét.	19,0	Non	Extraction	20	Oui	-	-
14-01	Clin. vét.	19,0	Non	Extraction	50	Oui	-	-
4-06	Clin. vét.	20,0	Non	Extraction	150	Non	Tuyau	-
2-10	Clin. vét.	21,3	Non	Extraction	150	Oui	-	-
10-01	Clin. vét.	23,5	Non	Extraction	15	Oui	-	-
6-06	Clin. vét.	24,0	Non	Extraction	40	Oui	-	-
2-01	Clin. vét.	24,1	Non	Extraction	45	Oui	-	-
2-02	Clin. vét.	24,1	Non	Extraction	40	Oui	-	-
11-05	Clin. vét.	25,0	Non	Soufflage	85	Oui	-	-
17-02	Clin. vét.	26,8	Non	Extraction	25	Oui	-	-
18-04	Clin. vét.	28,0	Non	Extraction/soufflage	40	Oui	-	-
3-03	Clin. vét.	29,0	Non	Extraction	10	Oui	-	-
12-01	Clin. vét.	29,0	Non	Extraction	125	Oui	-	-
7-02	Clin. vét.	29,1	Non	Extraction	< 5	Oui	-	-
16-01	Clin. vét.	29,2	Non	Extraction	460	Oui	-	-
4-04	Clin. vét.	30,0	Oui	Soufflage	120	Oui	-	-
4-05	Clin. vét.	31,0	Oui	*	0	Non	Tuyau	-
2-09	Clin. vét.	32,5	Oui	Extraction	135	Oui	-	-
12-02	Clin. vét.	33,0	Non	Extraction	105	Oui	-	-
4-02	Clin. vét.	34,0	Non	Soufflage	935	Non	Tuyau	-
20-03	Centre hosp.	35,0	Non	Extraction/soufflage	210	Oui	-	-
1-01	Clin. vét.	35,0	Oui	Extraction	185	Oui	-	-
19-01	Centre hosp.	37,0	Oui	Extraction	60	Non	-	Oui
6-02	Clin. vét.	37,0	Non	Extraction	45	Oui	-	-
16-02	Clin. vét.	40,9	Non	Extraction	170	Oui	-	-
18-03	Clin. vét.	42,0	Non	Extraction	30	Oui	-	-
20-02	Centre hosp.	42,0	Non	Extraction/soufflage	420	Oui	-	-
4-03	Clin. vét.	43,0	Oui	*	0	Oui	-	-
10-02	Clin. vét.	45,0	Non	Extraction	15	Oui	-	-
11-06	Clin. vét.	53,0	Oui	Extraction/soufflage	270	Oui	-	-
20-01	Centre hosp.	54,0	Non	Extraction/soufflage	160	Oui	-	-
1-02	Clin. vét.	56,0	Oui	Extraction	85	Oui	-	-
4-01	Clin. vét.	60,0	Oui	Soufflage	125	Non	Tuyau	-
2-11	Clin. vét.	62,7	Non	Extraction	295	Oui	-	-
15-02	Centre hosp.	71,0	Non	Extraction/soufflage	360	Non	-	Oui
15-03	Centre hosp.	80,0	Non	Extraction/soufflage	450	Non	-	Oui
13-01	Clin. vét.	80,0	Oui	Extraction	35	Oui	-	-
12-03	Clin. vét.	80,0	Non	Extraction	155	Oui	-	-
19-02	Centre hosp.	100,5	Oui	Extraction	35	Oui	-	-
11-01	Clin. vét.	105,0	Non	Soufflage	130	Oui	-	-
15-01	Centre hosp.	135,0	Non	Extraction/soufflage	810	Non	-	Oui
20-04	Centre hosp.	209,0	Non	Extraction/soufflage	145	Oui	-	-
5-04	Clin. vét.	Non mesuré	Non	*	0	Non	-	-

↑ **TABLEAU 5** Description des 43 salles d'opération ou de préparation ventilées mécaniquement.

RÉFÉRENCE DU POINT DE MESURE	TYPE D'ÉTABLISSEMENT	VOLUME (m^3)	VENTILATION GÉNÉRALE		DÉBIT ESTIMÉ (m^3/h)
			POSSIBILITÉ DE VENTILATION NATURELLE [2]	TYPE DE VENTILATION MÉCANIQUE	
16-03	Clinique vétérinaire	25	Non	Extraction	340
17-03	Clinique vétérinaire	25	Non	Extraction	44
1-03	Clinique vétérinaire	30	Oui	*	0

↑ **TABLEAU 6** Description des trois salles de réveil ventilées mécaniquement.

TABLEAU 7 *Voir page suivante.*

RÉFÉRENCE DU POINT DE MESURE	TYPE D'ÉTABLISSEMENT	TYPE DE LOCAL	VOLUME (m^3)	PRÉSENCE D'UN OUVRANT SUR L'EXTÉRIEUR (possibilité de ventilation naturelle)	MODE DE VENTILATION MÉCANIQUE DU LOCAL (par soufflage ou extraction)	DÉBIT ESTIMÉ (m^3/h)
2-07	Clinique vétérinaire	Vestiaire	12,3	Non	Extraction	30
6-12	Clinique vétérinaire	Salle de pause	19,0	Non	Extraction	10
2-08	Clinique vétérinaire	Salle de pause	24,1	Oui	Extraction	45
10-07	Clinique vétérinaire	Salle de pause	30,0	Non	Extraction	60

↑ **TABLEAU 8** Description des quatre autres locaux à pollution non spécifique et des locaux sanitaires ventilés mécaniquement.

NOTES DE TABLEAUX

1. Clin. vét. = clinique vétérinaire ; Centre hosp. = centre hospitalier.
2. Présence d'au moins un ouvrant sur l'extérieur.
3. Après piégeage sur cartouche de charbon actif.
4. À l'extérieur des locaux, par conduit statique.
5. À l'extérieur des locaux, par conduit dynamique.
** Système de ventilation hors service ; son fonctionnement initial par extraction ou par soufflage n'a pas pu être déterminé.*

→

RÉFÉRENCE DU POINT DE MESURE	TYPE D'ÉTABLISSEMENT [1]	TYPE DE LOCAL	VOLUME (m^3)	VENTILATION GÉNÉRALE		DÉBIT ESTIMÉ (m^3/h)
				POSSIBILITÉ DE VENTILATION NATURELLE [2]	TYPE DE VENTILATION MÉCANIQUE DU LOCAL	
6-11	Clinique vét.	Déchets	7,0	Non	Extraction	10
19-03	Centre hosp.	Chenil	9,6	Non	Extraction	80
19-04	Centre hosp.	Stockage	10,2	Non	Extraction	70
2-11	Clin. vét.	Chenil	11,4	Oui	Extraction	35
6-09	Clin. vét.	Déchets	13,0	Non	Extraction	10
17-04	Clin. vét.	Lingerie	13,8	Non	Extraction	15
6-10	Clin. vét.	Laverie	14,0	Non	Extraction	10
7-04	Clin. vét.	Chenil	14,2	Oui	Extraction	20
19-05	Centre hosp.	Accueil	15,3	Non	Extraction	80
2-05	Clin. vét.	Chenil	15,3	Non	Extraction	40
2-04	Clin. vét.	Chenil	16,5	Non	Extraction	50
2-13	Clin. vét.	Chenil	19,4	Oui	Extraction	15
11-04	Clin. vét.	Chenil	20,0	Non	Extraction	80
19-06	Centre hosp.	Consultation	20,4	Non	Extraction	20
19-07	Centre hosp.	Consultation	20,4	Non	Extraction	15
11-03	Clin. vét.	Chenil	23,0	Non	Extraction	125
5-01	Clin. vét.	Consultation	23,0	Non	Extraction	35
5-03	Clin. vét.	Consultation	23,0	Oui	Extraction	65
2-06	Clin. vét.	Chenil	23,3	Non	Extraction	40
13-02	Clin. vét.	Chenil	25,0	Oui	Extraction	60
17-05	Clin. vét.	Couloir	27,1	Non	*	0
3-05	Clin. vét.	Chenil	28,0	Non	Extraction	20
6-04	Clin. vét.	Consultation	30,0	Non	Extraction	15
10-05	Clin. vét.	Consultation	30,0	Non	Extraction	15
11-07	Clin. vét.	Consultation	30,0	Oui	Extraction	45
3-06	Clin. vét.	Chenil	32,0	Non	Extraction	60
10-04	Clin. vét.	Consultation	33,0	Non	Extraction	65
11-02	Clin. vét.	Chenil	34,0	Non	Extraction	235
6-05	Clin. vét.	Consultation	36,0	Non	Extraction	15
4-08	Clin. vét.	Chenil	37,0	Oui	*	0
18-02	Clin. vét.	Consultation	37,0	Oui	Extraction	40
7-03	Clin. vét.	Chenil	39,4	Oui	Extraction	5
2-12	Clin. vét.	Chenil	40,0	Oui	Extraction	20
13-03	Clin. vét.	Chenil	40,0	Oui	*	0
18-01	Clin. vét.	Consultation	42,0	Oui	Extraction	30
12-05	Clin. vét.	Chenil	43,0	Oui	Extraction	140
10-06	Clin. vét.	Accueil	44,0	Oui	Extraction	75
19-08	Centre hosp.	Accueil	50,4	Non	Extraction	35
12-04	Clin. vét.	Chenil	55,0	Non	Extraction	460
4-07	Clin. vét.	Chenil	106,0	Non	Extraction	525
6-07	Clin. vét.	Accueil	137,0	Non	Extraction	40
5-02	Clin. vét.	Consultation	Non mesuré	Oui	Extraction	5
5-05	Clin. vét.	Chenil	Non mesuré	Non	*	0
5-06	Clin. vét.	Chenil	Non mesuré	Non	*	0
5-07	Clin. vét.	Chenil	Non mesuré	Non	*	0
5-08	Clin. vét.	Chenil	Non mesuré	Non	Soufflage	Non mesuré
5-09	Clin. vét.	Accueil	Non mesuré	Non	Extraction	Non mesuré
5-10	Clin. vét.	Accueil	Non mesuré	Non	Extraction	Non mesuré
11-08	Clin. vét.	Consultation	Non mesuré	Oui	Extraction	Non mesuré
11-09	Clin. vét.	Consultation	Non mesuré	Oui	Extraction	Non mesuré
11-10	Clin. vét.	Consultation	Non mesuré	Oui	Extraction	Non mesuré
11-11	Clin. vét.	Consultation	Non mesuré	Oui	Extraction	Non mesuré

↑ **TABLEAU 7** Description des 52 autres locaux à pollution spécifique ventilés mécaniquement.

Découvrez nos nouvelles affiches sur les risques liés aux nuisances sonores

Pour en savoir plus :
www.inrs.fr/affiches-bruit

inrs
Institut National de Recherche et de Sécurité

Étude de cas

AMIANTE : PRÉSENCE DE FIBRES D'ANTHOPHYLLITE DANS DES PAPIERS D'ARCHIVES

ANITA ROMERO-HARIOT
INRS, département Expertise et conseil technique

CÉLINE EYPERT-BLAISON
INRS, département Métrologie des polluants

LAURENT MARTINON
Ville de Paris, Laboratoire Amiante, fibres et particules (LAFP)

→ LA PROBLÉMATIQUE : En complément de la surveillance de l'état de conservation des matériaux amiantés dans les immeubles bâtis, prévue par le Code de la santé publique, les Archives de France ont mis en place un protocole prenant en compte le risque d'importation d'une contamination lors du versement de fonds[1] provenant de locaux comportant des matériaux et produits contenant de l'amiante [1]. Il prévoit notamment :

- des prélèvements d'air dans l'ensemble des magasins *(Cf. Figure 1)* ;
- la réalisation de tests surfaciques par essuyage des boîtes ou des documents contenus dans les boîtes, quand celles-ci ne sont pas les conditionnements d'origine ;
- en cas de résultat positif des tests surfaciques, la réalisation de mesures dans l'air lors de la manipulation des papiers dans un local dédié et confiné. Cette opération est confiée à une entreprise certifiée pour le traitement de l'amiante.

La présence d'amiante dans l'air lors du test de manipulation entraîne alors la décontamination des archives et du local par une entreprise certifiée, et l'enregistrement des expositions du personnel concerné. Il convient de préciser qu'avant son interdiction, l'amiante utilisé dans les matériaux de construction en France était majoritairement du chrysotile (95 %), de la crocidolite et de l'amosite.

Ainsi, lorsque des prélèvements surfaciques effectués par le Laboratoire amiante, fibres et particules de la ville de Paris (LAFP) ont mis en évidence des fibres d'anthophyllite – amiante (notée « A-A ») pour deux séries de documents, alors que les prélèvements d'air dans les magasins correspondants étaient négatifs, les Archives de Paris ont demandé l'appui de l'INRS pour déterminer l'origine de la contamination par cette variété d'amiante.

→ LA RÉPONSE DE L'INRS :

Le dossier technique amiante (DTA) des Archives de Paris mentionnant, dans certains matériaux en place dans les bâtiments, exclusivement du chrysotile, par ailleurs non présents dans les magasins, les recherches se sont rapidement concentrées sur le caractère endogène possible de la contamination des papiers concernés et de leurs boîtes. Deux séries de documents ont été ciblées. La première série correspondait à des calepins de propriétés bâties datant de la période 1852-1900, la seconde série était constituée de dossiers de voirie et d'autorisations d'urbanisme durant la période 1820-1925. Le choix s'est arrêté sur ces séries, car :

- de l'A-A avait été détectée sur certains de ces documents lors des tests surfaciques analysés par le LAFP ;
- ces documents faisaient partie des séries ayant fait l'objet des tests de manipulation par une entreprise certifiée, intégrant les mesures prévues par le Code du travail (mesures des expositions individuelles[2] et mesures d'ambiance[3] dans la zone de manipulation) ;
- les mesures individuelles réalisées dans l'air de la zone respiratoire de l'opérateur ont révélé des concentrations allant de moins de 2,96 fibres par litres (f/L) à 6,03 f/L ;
- les mesures de l'air ambiant lors de la manipulation d'archives ont révélé des concentrations allant de moins de 0,94 f/L à 10,07 f/L, soit jusqu'à deux fois supérieures au seuil d'action défini dans le Code de la santé publique ;
- ces archives représentaient les documents parmi les plus consultés par le public (entre 5 % et 10 % des documents communiqués, sur un total de 250 articles par jour), *a fortiori* les plus manipulés par le personnel.

L'investigation s'est déroulée en trois étapes. La première étape a permis la validation croisée des méthodes du LAFP et de l'INRS pour l'analyse des papiers de la première série et la circonscription des années concernées par la présence d'A-A. La deuxième étape a porté sur la seconde série, en réalisant l'échantillonnage des papiers et en vérifiant les années concernées par la présence d'A-A. La troisième étape a consisté à rechercher des informations sur les gisements d'anthophyllite et sur son utilisation dans l'industrie papetière à partir de la deuxième moitié du XIXe siècle *(Cf. Encadré 1 et Annexe sur : www.hst.fr)*.

© INRS/2019

↑ FIGURE 1 Exemple de magasin avec travées d'archives.
Les documents et plans contenus dans des pochettes en papier sont insérés dans les boîtes en celloderme.

ENCADRÉ 1

COMPOSITION DES PAPIERS DE LA SECONDE MOITIÉ DU XIXE SIÈCLE *(Cf. ANNEXE DE L'ÉTUDE*)*

Les papiers utilisés durant la période 1850-1900 étaient principalement composés :
- de fibres végétales (issues du bois et/ou de textiles) ;
- d'une charge minérale ou d'un mélange de charges minérales (kaolin, talc, carbonate de calcium et, de façon beaucoup plus anecdotique pour des usages très spécifiques, amiante chrysotile) ;
- d'une colle d'origine animale (gélatine) ou végétale (alun-colophane), permettant de rendre le papier hydrophobe et apte à recevoir l'encre d'écriture ou d'imprimerie.

**Pour en savoir plus sur la composition des papiers, se référer à l'annexe de cet article disponible sur le site INRS. Accessible sur : https://www.inrs.fr/publications/hst/etude-de-cas.html*

→

Première étape : validation de la méthode d'analyse des papiers sur la première série

Le LAFP a été chargé de l'échantillonnage de la première série. Les documents de la période antérieure à 1901 ont été ciblés : 50 échantillons ont été prélevés par découpage de carrés de 10 × 10 cm dans le papier, après essuyage avec une lingette. Chaque échantillon de papier a été fractionné en deux pour répartir la tâche de façon égale entre les deux laboratoires. Le LAFP a également analysé les lingettes d'essuyage. En outre, lors de la préparation des papiers, le LAFP a pelé cinq fois les surfaces recto et verso avec du ruban adhésif, afin d'assurer l'analyse du cœur du papier exclusivement, l'objectif étant de retirer les fibres papetières et les poussières superficielles, de manière à exclure la possibilité d'une contamination externe. L'INRS a analysé ses échantillons sans pelage préalable.

La validation de la méthode a été réalisée par comparaison des résultats des 10 premiers échantillons de papier de l'année 1900, analysés en double selon la méthode de préparation propre à chaque laboratoire. Après validation, les 40 échantillons restants ont été répartis entre les deux laboratoires, chacun analysant 20 échantillons.

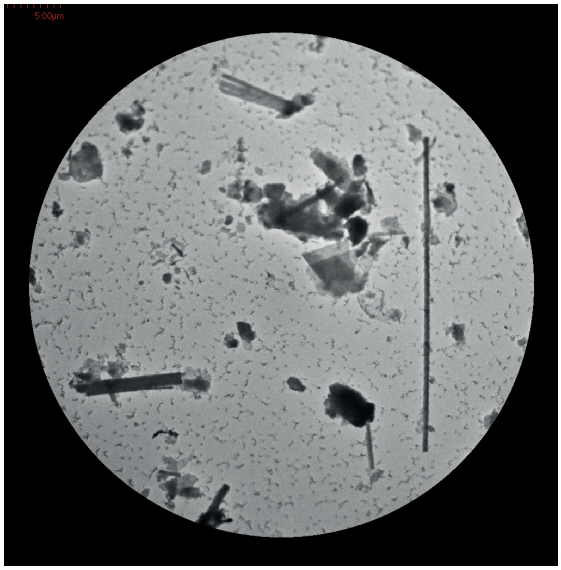
Les deux laboratoires ont effectué l'analyse par microscopie électronique à transmission analytique (Meta), conformément à la norme NF X 43-050 (1996). Pour conclure à un résultat positif, le LAFP et l'INRS appliquent des règles différentes :
- LAFP : un minimum de 8 fibres d'amiante devaient être dénombrées sur 10 ouvertures de grille (analyse des papiers) et sur 20 ouvertures de grille (analyse des lingettes d'essuyage) ;
- INRS : un minimum de 3 fibres d'amiante devaient être dénombrées sur 20 ouvertures de grilles (analyse des papiers).

Il résulte que 100 % des 10 échantillons analysés en double pour valider les méthodes de l'INRS et

© Ula Kuzma

	NOMBRE D'ÉCHANTILLONS	POURCENTAGE D'ÉCHANTILLONS AVEC PRÉSENCE D'ANTHOPHYLLITE – AMIANTE
Validation de la méthode : Analyse en double des échantillons de l'année 1900 LAFP : papiers + lingettes INRS : papiers	10	LAFP : 100 % (papier) 100 % (lingettes) INRS : 100 % (papier)
Analyse des échantillons de papier de l'année 1900	7 9	LAFP : 100 % INRS : 100 %
Analyse des échantillons de papier des autres années (années 1852, 1862 et 1876)	13 11	LAFP : 0 % INRS : 0 %

↑ TABLEAU 1 Pourcentage d'échantillons contenant des fibres d'anthophyllite-amiante (A-A) selon les années de fabrication du papier dans la première série analysée.



↑ FIGURE 2 Fibre d'anthophyllite-amiante observable au META *(grossissement MET : x 3 000).*

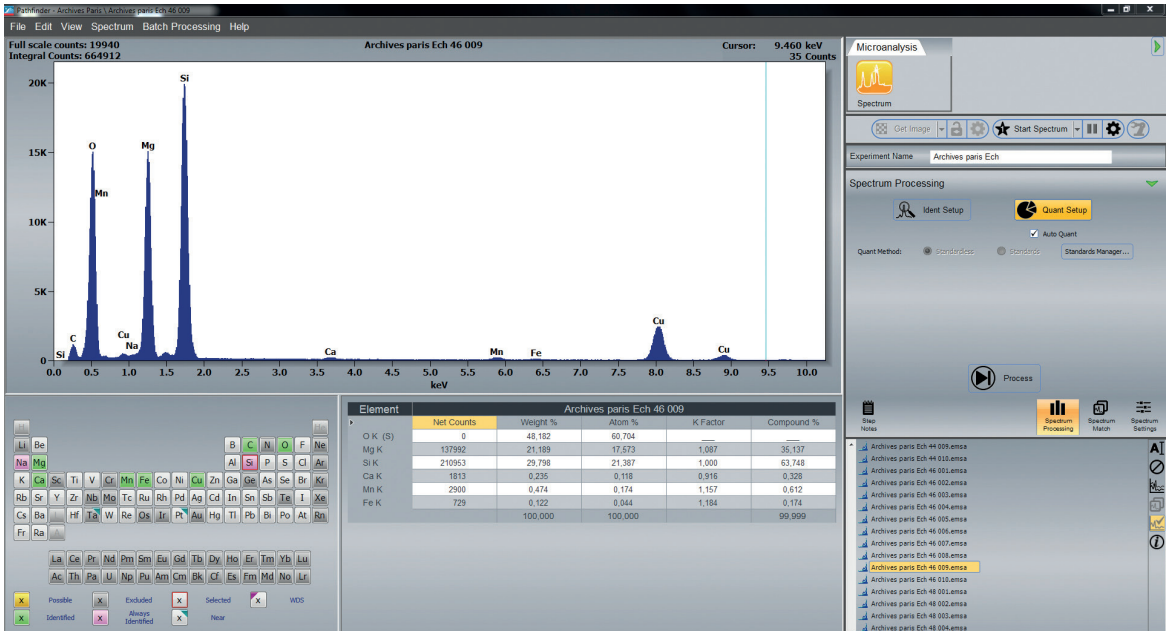
du LAFP contenaient de l'anthophyllite-amiante (A-A ; *Cf. Tableau 1, Figures 2 et 3)*. Les 10 lingettes d'essuyage correspondantes analysées par le LAFP contenaient également toutes de l'A-A.

100 % des échantillons de l'année 1900 contenaient des fibres d'A-A. L'INRS ayant adopté une méthode de comptage plus sensible, il a également systématiquement détecté de la trémolite-amiante à l'état de traces dans ces papiers. Aucun papier des années 1852, 1862 et 1876 ne contenait d'A-A. Il convient de préciser qu'il s'agit de fibres d'A-A pauvres en fer *(Cf. Figure 3)*.

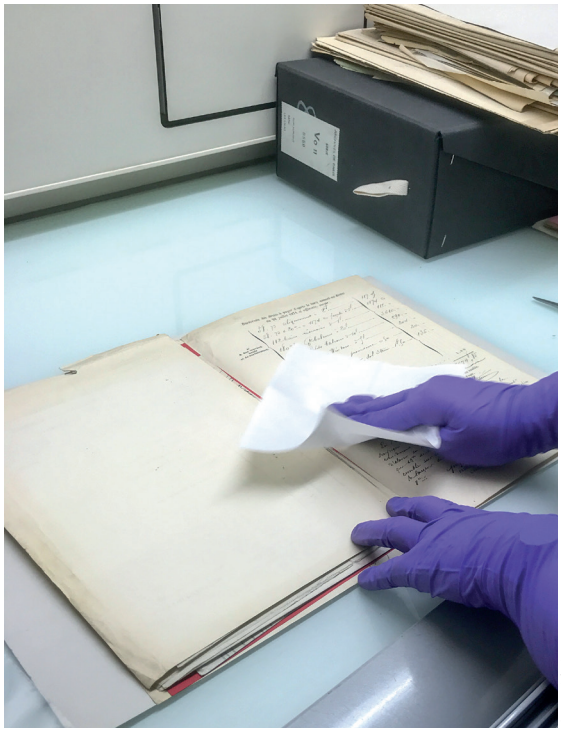
Cette première étape a permis de conclure que la présence d'A-A était inhérente à la composition du papier. Elle a également permis de circonscrire la suite des recherches aux papiers de l'année 1900.

Deuxième étape : analyse de la seconde série

Le service d'archives a sélectionné 22 boîtes, réparties dans deux magasins et plusieurs travées,



↑ FIGURE 3 Spectre d'analyse chimique élémentaire d'une fibre composée de silicium, magnésium, fer et traces de calcium et magnésium : composition chimique caractéristique d'une fibre d'anthophyllite – amiante.
La formule structurale schématique théorique d'une fibre d'anthophyllite-amiante s'écrit : $(Mg,Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$


© INRS/2019

↑ **FIGURE 4** Essuyage d'un document à la lingette effectué sous sorbonne.

en ciblant celles qui regroupaient des documents de l'année 1900 ou avoisinant. En outre, deux boîtes en celloderme, une pour chacune des deux séries, ont été ajoutées, afin d'en analyser le carton. Le matériel a été transféré au LAFP, où 39 documents ont été prélevés dans 20 de ces boîtes, puis essuyés à la lingette et échantillonnés, sous enceinte ventilée *(Cf. Figure 4)*. Les deux boîtes en celloderme ont également été échantillonnées. L'INRS et le LAFP ont récupéré respectivement 20 et 19 échantillons de papier pour analyse, et un échantillon de chaque boîte. La préparation du papier a été réalisée dans les deux laboratoires selon le protocole du LAFP, c'est-à-dire avec une étape de pelage préalable permettant d'ôter la surface du papier pour récupérer le cœur exclusivement. Les rubans adhésifs ont été conservés pour une éventuelle recherche ultérieure. L'analyse a ensuite été réalisée par chaque laboratoire selon sa méthode propre, avec les mêmes règles de comptage que celles décrites dans la première étape pour conclure à un résultat positif. Les résultats sont présentés dans le *Tableau 2 (Cf. Encadré 2)*. Contrairement à la première série analysée, les échantillons des imprimés papiers de 1900 ne contiennent pas tous de l'A-A ; seuls six d'entre eux (24 %) sont positifs. Parmi les autres années, les papiers analysés des années 1902 et 1904 ne contiennent pas d'amiante, trois papiers de 1899 se sont révélés positifs, ainsi qu'un échantillon de 1901. Des traces d'A-A ont été trouvées dans un échantillon supplémentaire de 1901, mais il n'a pas été comptabilisé « positif » car moins de trois fibres ont été dénombrées. Tous les échantillons positifs analysés par l'INRS contenaient également des traces de trémolite – amiante. Aucun échantillon de boîte ne contenait de fibres d'amiante.

ANNÉE IDENTIFIÉE SUR LE DOCUMENT	NOMBRE D'ÉCHANTILLONS ANALYSÉS	POURCENTAGE D'ÉCHANTILLONS POSITIFS « ANTHOPHYLLITE -AMIANTE »
1899	5	60 %
1900	25	24 %
1901	7	14 %
1902	1	0 %
1904	1	0 %
Boîtes celloderme	2	0 %

↑ **TABLEAU 2** Résultats de la seconde série de mesures.

Conclusions

Les analyses réalisées par les deux laboratoires ont mis en évidence la présence de fibres d'A-A dans le cœur d'échantillons datant des années 1899, 1900 et 1901 dans les deux séries d'archives *(Cf. Annexe)*. L'ajout d'amiante a pu être intentionnel, mais il pourrait également s'agir d'une contamination de la pâte à papier par le procédé de fabrication ou lors de l'ajout de charges minérales contenant de l'A-A. L'amiante de ces documents d'archive ne provient pas d'une contamination extérieure.

Sur la provenance de l'A-A, les recherches menées permettent à ce stade de formuler uniquement des hypothèses. Le papier utilisé et les charges minérales (dont, éventuellement, amiante) ayant servi à sa fabrication pourraient provenir d'Italie, avec qui la France avait conclu un accord commercial dans le cadre d'un traité franco-italien, mais également de Finlande qui était alors grosse exportatrice de l'anthophyllite exploité dans ses mines, et gros producteur de bois (potentiellement contaminé ; *cf. Annexe)*.

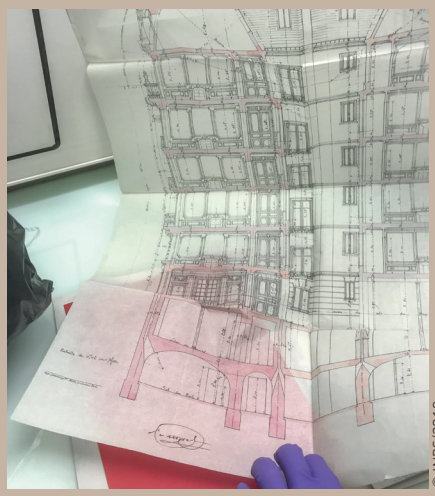
Les recherches documentaires effectuées ont néanmoins permis de confirmer l'utilisation d'amiante dans les procédés de fabrication du papier dès la seconde moitié du XIXe siècle en France, qu'il soit utilisé comme charge minérale dans la pâte à papier ou en amont, lors du traitement des bois pour en retirer les résines. Les charges d'amiante introduites pouvaient aller jusqu'à 20 % dans la pâte [2]. Certains talcs utilisés pour le couchage du papier pouvaient également être contaminés par les variétés de trémolite – amiante et d'A-A. Un arrêté [3] et une circulaire [4] spécifiques au suivi environnemental de l'industrie papetière, activité classée, attestent également de l'utilisation de l'amiante en France au cours du XXe siècle.

→

ENCADRÉ 2

NATURE DES DOCUMENTS ÉCHANTILLONNÉS

Les documents sont conditionnés dans des boîtes en celloderme. Chaque dossier contient plusieurs documents : une ou plusieurs chemises en papier (généralement de couleur), des feuilles de papier (documents de type permis de construire, par exemple) et parfois un calque (plan d'architecte) *(Cf. Figure 5)*. Après l'essuyage des documents, il y avait entre deux et quatre échantillons par dossier en comptabilisant la lingette d'essuyage. Les analyses ont néanmoins porté en priorité sur les papiers en choisissant de découper un morceau, « sans valeur » administrative ou historique dans le document.



© INRS/2019

FIGURE 5 →
Plan d'architecte sur calque (vers 1900).

Par ailleurs, les machines pouvaient être équipées de feutres sécheurs fabriqués à base d'amiante pour résister aux étapes de séchage, ou de calandres ou rouleaux constitués d'amiante, et contribuer à une contamination des papiers.

Quelles que soient la nature et l'origine des fibres d'amiante susceptibles d'avoir été utilisées dans la fabrication des papiers, leur manipulation entraîne la mise en suspension dans l'air de fibres pouvant être inhalées, et des mesures doivent être mises en œuvre pour prévenir l'exposition des travailleurs et du public consultant les documents. La solution préconisée est le repérage des collections contaminées par les services d'archives, puis leur numérisation dans les conditions exposées ci-après.

Mesures de prévention préconisées

Les mesures de prévention à mettre en œuvre concernent la sécurisation de l'archivage et les conditions de remise des documents à la consultation du public.

Sécurisation de l'archivage

Comme le prescrit le *vademecum Amiante* [1], les séries contaminées doivent être exclues de toute manipulation et de toute consultation par le public. L'accès aux magasins dans lesquels elles sont conservées doit être limité aux seules personnes autorisées.

Dans tous les cas, le personnel intervenant pour réaliser le déplacement des boîtes de documents contaminés de la « série 1900 » devra être formé en sous-section 4, « *Interventions sur des matériaux, des équipements, des matériels ou des articles susceptibles de provoquer l'émission de fibres d'amiante* » tel que défini au point 2° de l'article R. 4412-94 du Code du travail et selon les dispositions de l'arrêté du 23 février 2012 [5]. Ce personnel devra bénéficier d'un suivi individuel renforcé de son état de santé et une traçabilité de ses expositions devra être formalisée. L'intervention sera décrite dans un mode opératoire. L'estimation du niveau d'empoussièrement du processus mis en œuvre pourra être basée sur la valeur la plus élevée mesurée lors des essais réalisés par le LAFP en situation de manipulation des papiers[4].

Ce type d'opération est généralement confié à une entreprise extérieure dont le personnel remplit les conditions précitées.

Une boîte pouvant contenir des documents de plusieurs années, il appartiendra au service des archives de décider s'il souhaite :

- cas n° 1 : isoler les années pour lesquelles il a été montré que le papier contenait de l'A-A, ce qui entraîne l'ouverture des boîtes et la manipulation des documents ;
- cas n° 2 : placer tout le contenu des boîtes contenant des documents correspondant aux années pour lesquelles il a été montré que le papier contenait de l'A-A dans le magasin dédié où les boîtes resteront fermées.

Dans le cas n° 1, il conviendra de vérifier l'absence de contamination par contact des documents des années autres que celles correspondant à des documents contenant de l'A-A. Un test d'essuyage par lingette pourrait alors être envisagé sous réserve de la validation d'un protocole d'essuyage et d'échantillonnage harmonisé. Les résultats issus de ces prélèvements devront toutefois être interprétés avec la plus grande réserve dans la mesure où il n'existe ni méthode normalisée ni référence réglementaire pour ces tests [6].

Ceux-ci pourraient contribuer à remettre la première série plus rapidement à la consultation (hors année 1900). Toutefois, lors de la manipulation de ces archives, il sera préconisé de porter en continu les

protections respiratoires dans la limite des durées fixées dans le Code du travail : 2 h 30 maximum pour les vacations et 6 h maximum par jour [7].
Le personnel qui réalisera ces interventions devra *a minima* porter les EPI suivants :
• combinaison de type 5 à usage unique ;
• gants étanches à usage unique ;
• surchausses à usage unique ;
• protections respiratoires :
– cas n° 1 : masque complet avec filtre ou cartouches P3 (maximum une heure de port à température ambiante), et de préférence un demi-masque à ventilation assistée de type TM2P ou masque complet à ventilation assistée de type TM3P délivrant un débit d'air de 160 L/min (pour le confort respiratoire de l'opérateur).
– cas n° 2 : demi masque FFP3 à usage unique. Ce masque sera à porter uniquement en cas de situation accidentelle, par exemple lors de la chute d'une boîte et de déversement de son contenu. Son port est limité à une durée de 15 minutes par jour [8].

Une procédure d'habillage et de déshabillage devra être mise en œuvre. La durée de port des protections respiratoires requiert l'avis du médecin du travail.
Le cheminement vers le magasin dédié sera signalisé et la coactivité devra être supprimée pendant l'intervention. Il devra être protégé à l'aide de films plastiques au sol et, selon l'exiguïté des passages, sur les côtés (pour protéger les boîtes et les allées non concernées par le transfert). Une autre possibilité serait de conditionner les boîtes d'archives dans des contenants étanches dans le magasin puis d'installer un sas de décontamination en sortie pour les décontaminer. La surveillance de l'exposition lors du transfert portera *a minima* :
• sur le personnel intervenant, en vue de vérifier le non dépassement de la VLEP ainsi que celui du niveau d'empoussièrement estimé ;
• sur des mesures environnementales, dans le local où seront retirées les boîtes incriminées, simultanément dans le couloir de transfert, et en limite de zone d'intervention.

Le mode opératoire précisera les modalités de gestion des déchets contaminés ou susceptibles de l'être par des fibres d'amiante (EPI et films plastique notamment).

Remise à la consultation du public

La mise à disposition des archives contaminées est à exclure en l'état, à moins de mettre en place un dispositif permettant leur consultation sans risque d'exposition pour le personnel et le public les consultant. Pour cela, les Archives de Paris ont décidé de dématérialiser les documents en procédant à leur numérisation. La numérisation nécessite cependant l'utilisation d'un appareil dédié pour cette activité. L'opération sera confiée à une entreprise extérieure dont le personnel est formé en sous-section 4, selon son propre mode opératoire.
En cas d'intervention de maintenance sur l'appareil, la personne devra également intervenir dans le champ de la sous-section 4.
Quant à la consultation des documents originaux, celle-ci serait possible à titre exceptionnel, mais uniquement dans les conditions suivantes :
• en mettant en place un dispositif sous boîte à gants transparente, ventilée et raccordée à un dispositif de filtration à très haute efficacité. L'introduction des cartons dans la boîte à gants serait réalisée par du personnel formé en sous-section 4 ;
• ou en équipant le magasin dédié où sont entreposées les boîtes contenant les archives contaminées avec un dispositif de caméra, permettant au public de consulter les archives « à distance » depuis une autre salle, sans manipuler les documents. La manipulation dans le magasin serait alors effectuée par une personne formée en sous-section 4.

Conclusion générale et perspectives

Le choix des Archives de Paris s'est porté sur la recherche d'une solution de numérisation des calepins des propriétés bâties. Cette numérisation sera réalisée dans le cadre d'un marché dont le cahier des charges est en cours d'élaboration. La numérisation des dossiers de permis de construire et de voirie n'est pas envisageable à ce stade, car ils contiennent des plans très fragiles qui ne peuvent pas être numérisés en l'état.
En complément de ces recherches, le service d'archives a mené, avec le soutien du Service interministériel des archives de France (Siaf), le LAFP, le Centre de recherche sur les collections (CRC) et le laboratoire de la Bibliothèque nationale de France (BnF), des investigations complémentaires qui avaient deux objectifs :
• rechercher un marqueur de l'amiante aisément reconnaissable par des méthodes analytiques non destructives (spectrométrie Infrarouge, fluorescence X) ;
• vérifier le caractère intentionnel ou non de l'ajout d'anthophyllite – amiante dans les papiers incriminés, en prenant comme hypothèse qu'un papier délibérément amianté devrait avoir une composition fibreuse et minérale différentes (concentration et nature des fibres) de celles d'un papier commun.

Les recherches ont porté sur la nature et les procédés d'obtention des fibres papetières et les charges minérales, mais aussi sur la typologie documentaire et toute autre caractéristique pouvant renseigner sur l'origine et l'usage des documents (imprimeur, service administratif, date, papetier, etc.). Les méthodes physicochimiques non destructives mises en œuvre dans le cadre de ces explorations n'ont pas permis de discriminer les papiers contenant de l'amiante

→

POUR EN SAVOIR

• Brochure INRS ED 4704 – *Amiante. S'informer pour agir.* Accessible sur : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%204704

de ceux qui en sont exempts, la méthode de référence la plus sûre pour l'identification de l'amiante demeurant la Meta [9]. Il apparaît par ailleurs que, hormis la présence d'amiante, les papiers amiantés ont les mêmes caractéristiques chimiques et organoleptiques que les papiers non amiantés[5] ; et que les imprimeurs ont utilisé les uns et les autres de manière indifférenciée, y compris sur une même année. Cela tend à supposer une contamination accidentelle des papiers concernés, probablement par une pollution des minéraux utilisés, et à exclure une utilisation intentionnelle de l'anthophyllite – amiante (A-A) dans la fabrication de ces papiers. Des recherches historiques sur la provenance des papiers amiantés et leurs fournisseurs de matières premières devraient être poursuivies par le Siaf pour avoir une meilleure visibilité des types de papiers ayant pu être fabriqués avec de l'A-A et des services concernés par leur gestion (bibliothèques, services d'archives, administrations…). Enfin, en l'état des recherches, les mesures de prévention formulées dans cette étude de cas peuvent servir de base pour adapter les modes opératoires d'intervention et de consultation des archives selon les contraintes organisationnelles des différents services, la fréquence et l'intensité de la consultation des papiers contenant de l'amiante. ●

1. Le « versement de fonds » correspond au terme utilisé par les archivistes lors de la réception de lots, d'objets ou de documents à archiver, qui peuvent aussi provenir d'un autre centre d'archives (déménagement d'archives par exemple).

2. Code du travail : prélèvements individuels réalisés selon la norme NF X 43-269 (2017) – Qualité de l'air – Air des lieux de travail – Prélèvement sur filtre à membrane pour la détermination de la concentration en nombre de fibres par les techniques de microscopie : MOCP, MEBA et META. *Comptage par MOCP et analyses réalisées selon la norme* NF X 43-050 (1996) – Qualité de l'air – Détermination de la concentration en fibres d'amiante par microscopie électronique à transmission – Méthode indirecte. *Afnor. Accessibles sur : www.boutique-afnor.org . La norme NF X 43-050 (1996) a été depuis l'étude, mise à jour dans une nouvelle version (2021).*

3. Code du travail et Code de la santé publique : prélèvements d'ambiance analysés et réalisés selon la norme NF X 43-050 (1996).

4. Dans le cadre de cette étude, c'est le niveau d'empoussièrement mesuré sur opérateur qui a été pris en compte (sans calcul pour la vérification du respect de la VLEP).

5. Les propriétés mécaniques des papiers (par exemple : résistance à la déchirure) n'ont pas été investiguées dans le cadre de cette étude.

Remerciements

Les auteurs remercient, pour avoir partagé les informations sur leurs recherches des origines possibles de la contamination des papiers à l'anthophyllite – amiante : les Archives de Paris (Guillaume Nahon, Anne-Cécile Tizon-Germe), le Service interministériel des Archives de France (Siaf) du ministère chargé de la Culture (Thi-Phuong Nguyen), le Laboratoire scientifique et technique de la Bibliothèque nationale de France (BnF : Stéphane Bouvet, Valentin Rottier) et le Centre de recherche sur les collections (CRC : Véronique Rouchon, Oulfa Belhadj).

BIBLIOGRAPHIE

[1] **Vademecum Amiante** du 9 juin 2017 de la *Direction générale des patrimoines, en application de la circulaire du 5 août 2015 relative aux préconisations pour la prise en compte du risque d'exposition à l'amiante dans les services d'archives.* Accessible sur : https://francearchives.gouv.fr/file/067847bfbd8ac699a69f0af88d23bbde74d3768c/vademecum_amiante_19juin2017.pdf

[2] ***Le Moniteur de la papeterie française et de l'industrie du papier***, 15 avril 1926, vol. 57, n° 8 (Source : gallica.bnf.fr/BNF).

[3] **Arrêté du 31 août 1989** *relatif aux industries fabriquant des produits à base d'amiante.* Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr

[4] **Circulaire DPP/SEI/CL/CBG n° 559 du 10 février 1984** *relative aux installations classées pour la protection de l'environnement. Instruction technique relative aux activités de fabrication de produits contenant de l'amiante tels que papiers, cartons, filtres, textiles, produits moulés isolants, feuilles et joints…* Accessible sur : https://aida.ineris.fr/reglementation/circulaire-dppseiclcbg-ndeg-559-100284-relative-installations-classees-protection

[5] **Arrêté du 23 février 2012** *définissant les modalités de la formation des travailleurs à la prévention des risques liés à l'amiante, modifié.* Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr

[6] **Question n° 47 du QR Métrologie (2020)** *de la Direction générale du travail,* p. 37. Accessible sur : https://travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/qr_metrologie_amiante_dgt_edition_2020.pdf

[7] **Article R. 4412-119 du Code du travail.** Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr

[8] **Arrêté du 7 mars 2013** *relatif au choix, à l'entretien et à la vérification des équipements de protection individuelle utilisés lors d'opérations comportant un risque d'exposition à l'amiante, modifié ;* Instruction n° DGT/CT2/2015/238 du 16 octobre 2015 *concernant l'application du décret du 29 juin 2015 relatif aux risques d'exposition à l'amiante.* Accessibles sur : www.legifrance.gouv.fr

[9] **Arrêté du 1er octobre 2019** *relatif aux modalités de réalisation des analyses de matériaux et produits susceptibles de contenir de l'amiante, aux conditions de compétences du personnel et d'accréditation des organismes procédant à ces analyses, modifié.* Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr

Préventeurs, formateurs,
consultez le catalogue
Formations 2024 – Santé et sécurité au travail
sur www.inrs.fr

Retrouvez toutes les informations sur
www.inrs.fr/services/formation

inrs
Institut National de Recherche et de Sécurité

© INRS 2023 - EI 4100 - Éva Minem - AGENCEZEBRA.COM

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 DANS LE SECTEUR DE LA FABRICATION DE L'ALIMENTATION POUR LE BÉTAIL EN FRANCE DE 2013 À 2022

BARBARA SAVARY,
GAUTIER MATER
INRS, département Métrologie des polluants

EMMANUEL JOUVE
Carsat Bretagne

SÉBASTIEN NICOLAS
Laboratoire interrégional de chimie de l'Ouest (Lico), Carsat Pays de la Loire

Cet article dresse le portait des expositions professionnelles dans le secteur de la fabrication d'aliments pour le bétail. Il présente un bilan des substances retrouvées et des niveaux d'exposition rencontrés dans ce secteur.

Contexte

Le secteur de l'alimentation pour le bétail est encadré par un ensemble de textes réglementaires, couvrant notamment l'hygiène des établissements, la mise sur le marché et l'étiquetage des aliments. Leur fabrication nécessite l'emploi de nombreux ingrédients, répartis dans 14 familles *(Cf. Tableau 1)* et en deux grandes catégories [1] :

- les matières premières représentant près de 99 % de l'aliment. Elles sont d'origine minérale, végétale et animale ;
- les additifs, en faible quantité entre 0,2 et 1 % [2], sont de types technologiques (conservateurs, liants…), sensoriels (colorants, composés sensoriels…), nutritionnels (vitamines, oligo-éléments…), zootechniques et antiparasitaires [3-4].

Le processus de fabrication de l'alimentation pour le bétail s'organise en plusieurs étapes. Pour faciliter leur dosage et leur homogénéisation dans les aliments complets, les additifs sont tout d'abord mélangés entre eux et avec des matières minérales ou végétales pour constituer des pré-mélanges (ou prémix) concentrés. Ces derniers sont ensuite dilués avec des matières premières végétales

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.

FAMILLE D'INGRÉDIENTS	EXEMPLES DE COMPOSÉS POUR CHAQUE FAMILLE
Céréales	Blé, orge, sorgho
Racines et tubercules secs	
Co-produits de transformation	Sons fins, farines basses de blé tendre, drêches de maïs, mélasse, co-produits de l'industrie agro-alimentaire
Matières grasses	Huiles de soja ou de colza, matières grasses d'origine animale
Produits déshydratés	Luzerne déshydratée, pulpes de betteraves ou d'agrumes déshydratées
Graines protéagineuses ou oléoprotéagineuses	Pois, fèves, graines de soja ou de lin
Tourteaux	Colza, lin
Protéines animales transformées	Farines d'insectes
Produits laitiers	Poudres de lactosérums
Produits azotés divers	Sels d'ammonium, levures
Minéraux, sels minéraux	Phosphates, carbonates de calcium, magnésie
Additifs et pré-mélanges	Liants anti-mottants, conservateurs, additifs sensoriels, vitamines, oligo-éléments (sélénium, zinc, manganèse, cobalt, cuivre…), acides aminés
Pré-mélanges médicamenteux	
Matières premières diverses	Foins, pailles

← TABLEAU 1
Liste des familles d'ingrédients utilisés dans la fabrication d'aliments pour le bétail [1].

ou minérales pour former des aliments complémentaires moins concentrés en additifs, à base de phosphore, de calcium ou de magnésium et d'oligo-éléments. Ces aliments se présentent sous forme de semoulettes, de granulés, de poudres, de blocs à lécher lorsqu'ils sont compactés, ou encore sous forme liquide lorsqu'ils sont fabriqués à base de mélasse et de coproduits de l'industrie agroalimentaire, riches en sucres et en matières azotées solubles. Ensuite, pour obtenir une ration journalière d'aliment complet pour le bétail, l'aliment complémentaire est mélangé avec des matières premières d'origine végétale ou animale [5].

La majorité des ingrédients mis en œuvre se présente sous forme pulvérulente. Ils peuvent être à l'origine, lors de leur manipulation, d'expositions professionnelles aux poussières, susceptibles d'occasionner une surcharge pulmonaire. Vincent et Savary [6] ont d'ailleurs fait ressortir une exposition moyenne sur 8 heures de 7,45 mg/m^3 en poussières inhalables dans ce secteur entre les années 1993 et 2004, avec des disparités entre les différents postes de travail étudiés : conduite et surveillance de lignes d'ensachage (8,12 mg/m^3) ; chargement et déchargement de silos (4,89 mg/m^3) ; conduite et surveillance de mélangeurs (10,23 mg/m^3). Baser *et al.* [7] ont également mis en évidence un lien étroit entre l'exposition aux poussières alvéolaires dans le secteur de la fabrication de l'alimentation animale et une diminution de la fonction respiratoire ou la présence de pathologies respiratoires. Par ailleurs, les poussières des farines entrant dans la composition de l'alimentation pour le bétail présentent un caractère irritant et peuvent provoquer asthme, rhinite allergique, conjonctivite et dermatose de type allergique. Ces pathologies sont reconnues au titre des tableaux des maladies professionnelles n^{os}65 et 66 du régime général de la Sécurité sociale (TMP-RG) et n^{o}45 du régime agricole (TMP-RA) [8].

La composition des poussières présentes dans ce secteur est variable en fonction de l'étape du processus de production. Parmi les composés utilisés, certains présentent des dangers pour la santé humaine induisant des pathologies pouvant être reconnues maladies professionnelles par la Sécurité sociale [9] :

- **Les composés du cobalt,** présents dans les oligo-éléments, sont classés par le Centre international de recherche sur le cancer (Circ) dans le groupe 2B (cancérogène possible pour l'homme). Au niveau européen, ils sont classés C1B (cancérogène supposé), M2 (mutagène possible) et R1B (toxique pour la reproduction humaine supposé). Leur caractère allergisant est à l'origine de pathologies cutanées et respiratoires qui peuvent être reconnues en maladies professionnelles (MP) au titre du tableau TMP-RG n^{o}70 [8].
- **Le sélénium et ses sels,** pour lesquels une exposition peut provoquer des affections des voies respiratoires, des œdèmes pulmonaires, des irritations de la peau, des brûlures cutanées et oculaires ainsi que des conjonctivites. Ces pathologies pouvent être reconnues comme maladies professionnelles au titre du tableau TMP-RG n^{o}75 [8].

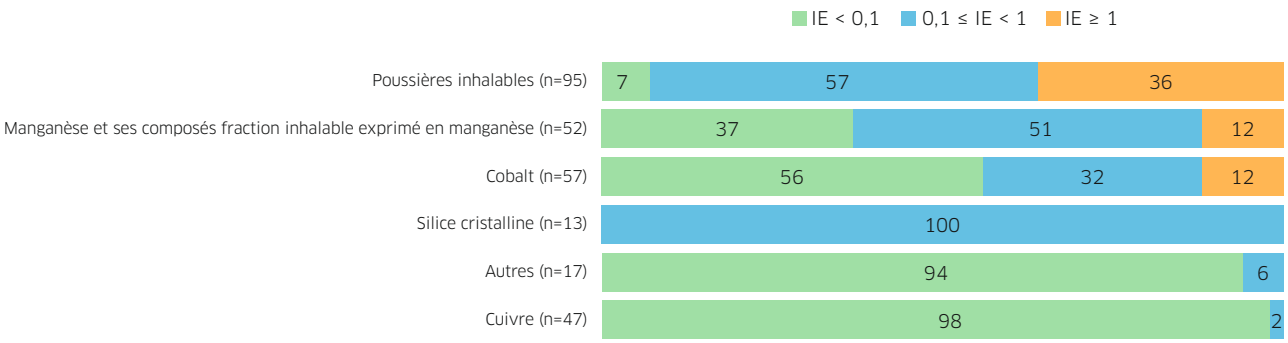
→

- **Le formaldéhyde,** utilisé comme agent conservateur en nutrition animale, est classé C1B (cancérogène supposé) et M2 (mutagène possible) par l'Europe, et dans le groupe 1 (cancérogène avéré pour l'homme) par le Circ. Il est à l'origine de pathologies dont certaines sont reconnues en tant que maladies professionnelles au titre des tableaux TMP-RG n° 43 et TMP-RA n° 28 [8]. Il s'agit de dermatites de contact d'irritation ou allergiques, d'asthme et de carcinome du nasopharynx.
- **Des vitamines,** avec, comme conséquences possibles des expositions, des hypervitaminoses et avec des effets toxiques spécifiques selon la nature des agents en cause. À titre d'exemple, la vitamine A a un effet tératogène à forte dose [10].

↓ TABLEAU 2
Statistiques descriptives des expositions aux substances chimiques et microbiologiques.

SUBSTANCE CHIMIQUE OU AGENT MICROBIOLOGIQUE	NB DE MESURES	% < LQ	MOYENNE	MIN	MÉDIANE	95E CENTILE	MAX	% > VLEP-8H OU VG	VLEP-8H OU VG
Poussières inhalables (mg/m³)	95	0 %	5,03	0,11	2,83	19,3	41,7	36 %	4 (1)
Zinc (mg/m³)	58	5 %	0,14	< 0,01	0,04	0,58	1,57	–	–
Cobalt (µg/m³)	57	58 %	2,22	< 0,03	< 0,2	8,64	60	12 %	2,5 (2)
Manganèse et ses composés ; fraction inhalable exprimée en manganèse (mg/m³)	52	6 %	0,09	< 0,01	0,03	0,29	0,86	12%	0,2
Cuivre (µg/m³)	47	23 %	8,28	< 0,15	2	20	170	0 %	1000
Sélénium (µg/m³)	41	81 %	1,64	< 0,05	< 1	8	12	–	–
Fer (mg/m³)	22	0 %	0,05	< 0,01	0,03	0,13	0,28	–	–
Silice cristalline (indice d'exposition à la)	13	0 %	0,21	0,15	0,18	0,36	0,49	0 %	1
Poussières alvéolaires (mg/m³)	13	0 %	0,31	0,1	0,25	0,73	1,03	8 %	0,9 (1)
Magnésium (mg/m³)	12	42 %	0,09	< 0,01	0,03	0,39	0,5	–	–
Aluminium pulvérulent (mg/m³)	9	0 %	–	0,01	–	–	0,42	–	5
Formaldéhyde (mg/m³)	4	0 %	–	–	–	–	–	–	0,37
Manganèse et ses composés ; fraction alvéolaire exprimée en manganèse (mg/m³)	3	0 %	–	–	–	–	–	–	0,05
Sulfates particulaires solubles (mg/m³)	2	50 %	–	–	–	–	–	–	2
Sulfates gazeux (mg/m³)	2	50 %	–	–	–	–	–	–	2
Titane (mg/m³)	1	0 %	–	–	–	–	–	–	–
Chrome (mg/m³)	1	0 %	–	–	–	–	–	–	2
Endotoxines (UE/m³)	21	0 %	444	26	164	742	4936	43 % / 5 %	200 / 1000
Bactéries cultivables à 25 °C (UFC/m³)	15	0 %	149681	5850	39500	642100	$1{,}13\times10^6$	27 % / 7 %	10^5 / 10^6
Moisissures cultivables à 25 °C (UFC/m³)	15	0 %	1709	310	1490	3617	6690	0 % / 0 %	10^5 / 10^6
4-Déoxinivalénol (ng/m³)	9	100 %	–	< 3	–	–	< 3	–	–
Aflatoxines totales (Aflatoxines G1, G2, B1 et B2) (ng/m³)	9	100 %	–	< 0,01	–	–	< 0,01	–	–
Fumonisine B1 (ng/m³)	9	100 %	–	< 3	–	–	< 3	–	–
HT2 toxine (ng/m³)	9	100 %	–	< 7,5	–	–	< 7,5	–	–
Ochratoxine A (ng/m³)	9	100 %	–	< 0,01	–	–	< 0,01	–	–
T2 toxine (ng/m³)	9	100 %	–	< 7,5	–	–	< 7,5	–	–
Zéaralénone (ng/m³)	9	78 %	–	< 0,5	–	–	7,94	–	–

(1) Concentration moyenne en poussières à ne pas dépasser (décret n°2021-1763 du 23 décembre 2021 portant modification des concentrations moyennes en poussières totales et alvéolaires dans les locaux à pollution spécifique) [19]. (2) VLEP-8h recommandée par l'Anses en 2014 [20].



↑ FIGURE 1
Distribution des niveaux d'exposition aux différentes substances chimiques (possédant une VLEP-8h) entre 2013 et 2022.

- **Des endotoxines,** pour lesquelles il a été montré que l'exposition pouvait induire une diminution du volume expiratoire mesuré chez les salariés du secteur de la nutrition animale [11].
- **Des mycotoxines,** produites par les moisissures présentes dans les céréales, reconnues comme toxiques : les aflatoxines sont cancérogènes, mutagènes, toxiques pour le foie et pour le système immunitaire ; l'ochratoxine A est toxique pour le rein, cancérogène et mutagène ; la fumonisine B1 est toxique pour le système nerveux, le foie, le système immunitaire et cancérogène ; la zéaralénone est oestrogénique et présente des effets délétères sur la fertilité et la reproduction [12].

Avec plus de 20 millions de tonnes d'aliments composés[1] produites en 2021, la France est le troisième producteur en Europe, après l'Espagne et l'Allemagne [13]. La Bretagne est la première région productrice avec 36,8 % du tonnage français, devant les Pays de la Loire (18,3 %) et la Nouvelle-Aquitaine (13,1 %). En 2022, 157 000 tonnes de prémix *(Cf. Tableau 1)* ont été fabriquées en France, auxquelles s'ajoutent 322 000 tonnes d'aliments minéraux, 74 000 tonnes d'aliments liquides et 40 000 tonnes de blocs à lécher. Le secteur de la fabrication d'aliments pour animaux de la ferme (NAF 1091Z) regroupait 320 établissements en 2021 et employait 7 787 salariés en 2019 [14-15].

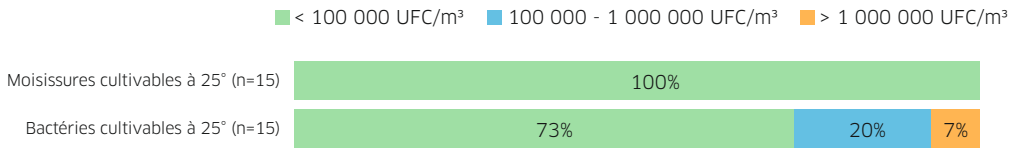
Mesures concernées

Cet article dresse un portrait des expositions professionnelles aux différentes substances chimiques et agents biologiques mesurées lors de la fabrication d'aliments pour le bétail (NAF 1091Z) enregistrées dans la base Colchic de l'INRS entre 2013 et 2022. Les mesures prises en compte pour l'exploitation des données ont été réalisées à l'aide de prélèvements individuels (prélèvement dans la zone respiratoire des travailleurs) sur une durée comprise entre 60 et 600 minutes.

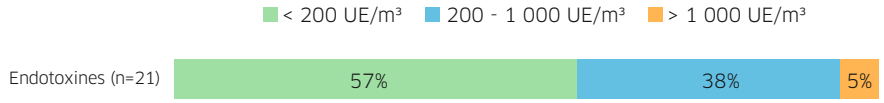
Le *Tableau 2* reprend les descripteurs statistiques des données exploitées, ainsi que le pourcentage de dépassement de la valeur limite d'exposition professionnelle sur 8 heures (VLEP-8h) de la substance considérée, si elle existe, ou des valeurs guides (VG) proposées par l'INRS pour les bactéries et les moisissures cultivables à 25 °C et les endotoxines [16-17]. Le nombre minimal de mesures pour calculer les indicateurs statistiques est fixé à 10. Lorsque le nombre de mesures se situe entre 5 et 9 ou que le pourcentage de valeurs inférieures à la limite de quantification est égal à 100 %, seules les valeurs minimales et maximales sont fournies. Si le nombre de mesures est inférieur à 5, aucune information statistique n'est indiquée dans le tableau. La *Figure 1* propose les niveaux

→

© Fabrice Dimier pour l'INRS/2019



↑FIGURE 2 Distribution des niveaux d'exposition aux bactéries et aux moisissures cultivables à 25 °C entre 2013 et 2022, en comparaison avec leurs valeurs guides.



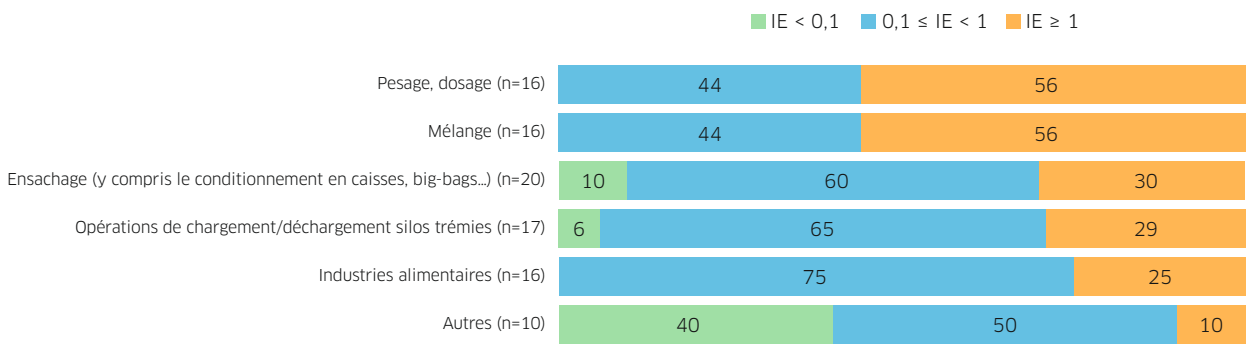
↑FIGURE 3 Distribution des niveaux d'exposition aux endotoxines entre 2013 et 2022, en comparaison avec leurs valeurs guides.

d'exposition aux substances chimiques possédant une VLEP-8h ainsi que le nombre de mesures (n) et la distribution des niveaux d'exposition (notés IE = rapport concentration/VLEP-8h). Les IE sont classés en trois catégories : inférieur à 0,1 (correspondant à 10 % de la VLEP-8h) en vert, compris entre 0,1 et 1 en bleu, et supérieur à 1 (indiquant un dépassement de la VLEP-8h) en orange. Sur le même principe, les *Figures 2 et 3* représentent la répartition des concentrations en bactéries et moisissures cultivables à 25 °C et celle des endotoxines en fonction de leurs VG. Les concentrations sont classées en trois catégories : inférieures à la VG minimale, en vert (VG_{min} = 10^5 UFC/m³ *[UFC : unités formant colonies]* pour les bactéries et moisissures et VG_{min} = 200 UE/m³ pour les endotoxines *[UE : unités d'endotoxines]*), supérieures à la VG maximale, en orange (VG_{max} = 10^6 UFC/m³ pour les bactéries et moisissures et VG_{max} = 1 000 UE/m³ pour les endotoxines) et, entre la VG_{min} et la VG_{max}, en bleu. La *Figure 4* propose les niveaux d'exposition aux poussières inhalables par tâche ainsi que le nombre de mesures (n) et la distribution des niveaux d'exposition (notés IE = rapport concentration/concentration moyenne à ne pas dépasser). Les valeurs dont la concentration était inférieure à la limite de quantification (LQ) ont été remplacées par LQ/2.

État des lieux des données dans Colchic

Pour le secteur de la fabrication d'aliments pour les animaux de ferme (NAF 1091Z), 460 mesures de substances chimiques et 144 mesures d'agents microbiologiques ont été enregistrées dans la base de données Colchic entre 2013 et 2022. Les prélèvements et analyses des substances chimiques et d'agents microbiologiques ont été réalisés selon les méthodes référencées dans les fiches MétroPol de l'INRS [18].

Le *Tableau 2* liste les différentes substances chimiques et agents microbiologiques mesurés dans le secteur de la fabrication d'aliments pour le bétail. Au total, 17 substances chimiques et 10 agents microbiologiques ont été mesurés au cours de cette période. Les poussières inhalables sont les plus mesurées, 36 % de ces mesures dépassent la concentration moyenne à ne pas dépasser de 4 mg/m³, en vigueur depuis le 1er juillet 2023 [19]. Le cobalt, le manganèse et les poussières alvéolaires présentent également des dépassements de la VLEP-8h ou de la concentration moyenne à ne pas dépasser. Seulement 5 %



↑FIGURE 4 Distribution des niveaux d'exposition aux poussières inhalables par tâche *(concentration moyenne à ne pas dépasser = 4 mg/m³).*

des mesures d'exposition aux poussières inhalables sont inférieures à 10 % de la concentration moyenne à ne pas dépasser et aucune mesure de poussières alvéolaires ne respecte les 10 % de la concentration moyenne à ne pas dépasser égale à 0,9 mg/m³. Les niveaux d'exposition à la silice, dont l'indice d'exposition est calculé conformément à l'article R. 4412-149 du Code du travail, correspondent à des IE compris entre 0,1 et 1 *(Cf. Figure 1)*. L'ensemble des mesures de moisissures cultivables à 25 °C sont inférieures à la VG_{min} de 10^5 UFC/m³, alors que 20 % des mesures de bactéries cultivables à 25 °C sont comprises entre 10^5 et 10^6 UFC/m³ et 7 % sont supérieures à la VG_{max} de 10^6 UFC/m³ *(Cf. Figure 2)*. Les mesures d'exposition aux endotoxines sont, pour 38 % d'entre elles, comprises entre 200 et 1 000 UE/m³ et 5 % sont supérieures à la VG_{max} de 1 000 UE/m³ *(Cf. Figure 3)*.

Les niveaux d'exposition aux poussières inhalables varient en fonction de la tâche : le dosage et la surveillance des mélangeurs sont des tâches exposantes, avec une moyenne des expositions égale à 6,1 mg/m³ et 7,3 mg/m³ respectivement, et 56 % des valeurs supérieures à la concentration moyenne à ne pas dépasser, de 4 mg/m³ [19]. L'ensachage est également une tâche exposante, avec une moyenne égale à 4,6 mg/m³ et 30 % de dépassement, particulièrement lorsqu'il est réalisé manuellement. Les expositions lors des opérations de chargement et déchargement des silos et des trémies, avec une moyenne de 3,1 mg/m³, dépassent pour 29 % d'entre elles la concentration moyenne à ne pas dépasser, de 4 mg/m³ *(Cf. Figure 4)*. Dans les établissements ayant fait l'objet de mesures, les procédés sont des procédés ouverts pour 71 % des situations évaluées. Près de 76 % des mesures ont été réalisées sur des procédés équipés d'un captage localisé inducteur ou enveloppant. Dans la moitié des situations de travail pour lesquelles les expositions étaient supérieures à 10 % de la concentration moyenne à ne pas dépasser de 4 mg/m³, les travailleurs ne portaient pas de protection respiratoire appropriée.
Des co-expositions ont été identifiées :

- la présence simultanée de poussières inhalables, de silice cristalline (poussières alvéolaires contenant du quartz et de la cristobalite), de manganèse et de cuivre peut engendrer une augmentation des effets sur les voies respiratoires inférieures ;
- des effets cancérogènes sont également à noter avec la présence de silice cristalline ;
- l'exposition aux poussières alvéolaires et inhalables en présence de cuivre peut exacerber les atteintes oculaires ou les effets sur les voies respiratoires supérieures.

© Fabrice Dimier pour l'INRS/2019

Discussion – Conclusion

La fabrication d'aliments pour le bétail met en œuvre de nombreuses substances présentant pour certaines des dangers pour la santé humaine [9]. Si l'introduction des matières premières est automatisée, les dosages et l'incorporation des additifs sont des procédés essentiellement manuels. L'exposition des salariés aux substances chimiques et aux agents microbiologiques peut être importante lors de ces opérations. Les niveaux d'exposition à la fraction inhalable des poussières de 2013 à 2022 ne sont que légèrement inférieurs à ceux mesurés entre 1994 et 2003 [6], ce qui met en lumière le fait que les moyens de prévention n'ont pas suffisamment progressé entre ces deux périodes.

Les ateliers de fabrication d'aliments pour bétail utilisant des produits sous forme de poudre sont considérés comme des locaux à pollution spécifique. Le dosage manuel, l'ensachage manuel, le nettoyage,

→

© Fabrice Dimier pour l'INRS/2020

particulièrement exposants à des matières pulvérulentes dangereuses (additifs purs, pré-mélanges avec des additifs concentrés, aliments complémentaires…). Pour prévenir le risque chimique, l'employeur doit appliquer les principes généraux de prévention [21]. La présence de composés CMR renforce l'impériosité de ces principes, en application du Code du travail (art. R. 4412-59 à R. 4412-93). La première étape est de substituer la substance par une autre substance, préparation ou procédé qui n'est pas ou moins dangereux pour la santé des travailleurs. Si la substitution n'est pas possible, il faut veiller à atteindre les niveaux d'exposition les plus faibles possible. Il s'agit de privilégier le dosage automatique des matières stockées en silos ou micro silos (utilisation de plateformes de microdosage), de limiter le nombre de salariés exposés et de les éloigner de la source d'émission, de confiner les installations et de mettre en place des moyens de protection collective. Ce sont notamment des dispositifs de captage localisé et de nettoyage par aspiration, raccordés à des dépoussiéreurs dont le rejet s'effectue à l'extérieur, de manière à éviter le recyclage de l'air filtré (par exemple : versesac avec un système de pesée intégré raccordé à une aspiration, dosserets aspirants pour les pesées manuelles, encoffrement et mise en dépression des lignes d'ensachage, ou utilisation pour le nettoyage d'une centrale haute dépression avec plusieurs points de raccordement). Ces mesures permettent de limiter la remise en suspension des particules dans les atmosphères de travail. Parmi les bonnes pratiques, l'usage du balai ou de la soufflette est à proscrire. En complément, les postes de dosage doivent être aménagés de sorte à limiter les expositions aux poudres lors de l'ouverture et de la fermeture des contenants, lors du dosage et lors du nettoyage des postes de pesées [22-23].

L'employeur doit informer les salariés sur les risques et les former à leur prévention. Des mesures d'exposition doivent être réalisées dans le cadre du contrôle périodique pour les substances CMR classées 1A et 1B et les substances dangereuses si le risque évalué est non faible [24].

Dans ces établissements, le risque chimique n'est pas le seul présent. Les opérateurs manipulent des contenants de plusieurs dizaines de kilogrammes, de manière répétée dans la journée, ce qui peut être à l'origine de troubles musculosquelettiques (TMS). Les mélanges se font très souvent par gravité,

les opérateurs se déplacent sur plusieurs niveaux et dans des zones encombrées par des sacs et des palettes ; ils peuvent être contraints de monter sur des équipements pour les nettoyer, accroissant le risque de chutes (de plain-pied et de hauteur) et de heurts.

L'empoussièrement élevé, le stockage de produits pulvérulents en silos et la présence de dépoussiéreurs occasionnent un risque incendie-explosion lié à la présence de poussières d'origine végétale combustibles. Les broyeurs et les mélangeurs sont source d'un niveau sonore dépassant 80 dB(A), susceptible d'induire des lésions auditives chez les opérateurs [23].

Le risque « machine » est également présent, notamment au niveau des couseuses de sacs où il existe un risque d'entraînement. Les armoires électriques sont souvent ouvertes et en libre accès, induisant un risque électrique. L'ensemble de ces facteurs de risques pour la santé et sécurité des opérateurs doit être considéré, à des fins de prévention. ●

1. Aliments composés : aliments complets ou complémentaires, mélange d'au moins deux matières premières pour aliments des animaux, comprenant ou non des additifs pour l'alimentation animale [référentiel de certification Nutrition animale]. Accessible sur : https://www.oqualim.com/fr/certifications/programme-de-certification

BIBLIOGRAPHIE

[1] AGRESTE – *Chiffres et données n°8 – les matières premières de l'alimentation animale.* Août 2022. Accessible sur : https://agreste.agriculture.gouv.fr/

[2] NATUR ADD – *Tightening of dust emission standards in the feed industry,* 2023.

[3] RÈGLEMENT (CE) 767/2009 *du Parlement européen et du Conseil du 13 juillet 2009 concernant la mise sur le marché et l'utilisation des aliments pour animaux, modifiant le règlement (CE) 1831/2003 du Parlement européen et du Conseil et abrogeant la directive 79/373/CEE du Conseil, la directive 80/511/CEE de la Commission, les directives 82/471/CEE, 83/228/CEE, 93/74/CEE, 93/113/CE et 96/25/CE du Conseil, ainsi que la décision 2004/217/CE de la Commission.* Accessible sur : https://eur-lex.europa.eu/

[4] RÈGLEMENT (CE) 1831/2003 *du Parlement européen et du Conseil du 22 septembre 2003 relatif aux additifs destinés à l'alimentation des animaux.* Accessible sur : https://eur-lex.europa.eu/

[5] OQUALIM – *Guide des bonnes pratiques d'hygiène de la nutrition animale,* 2020.

[6] VINCENT R., SAVARY B. – Caractérisation des risques chimiques dans l'industrie de fabrication des pré-mélanges alimentaires pour le bétail. *Archives des maladies professionnelles,* 2005, 66 (1), pp. 18-25.

[7] BASER S., *ET AL.* – Respiratory effects of chronic animal feed dust exposure. *Journal of occupational health,* 2003, 45, pp. 324-330.

[8] INRS – *Tableaux des maladies professionnelles.* Accessible sur : https://www.inrs.fr/publications/bdd/mp.html

[9] ASSURANCE MALADIE – INRS – *Fiche d'aide au repérage n°18 – Agroalimentaire – Fabrication d'aliments pour le bétail.* Mise à jour 03/07/2008. Accessible sur : www.inrs.fr

[10] GUILLONNEAU M., JACQZ-AIGRAIN E. – Les effets tératogènes de la vitamine A et de ses dérivés. *Archives pédiatriques,* 1997, 4, pp. 867-874.

[11] POST W., HEEDERICK D., HOUBA R. – Decline in lung function related to exposure and selection processes among workers in the grain processing and animal feed industry. *Occupational and environmental medicine,* 1998, 55, pp. 349-355.

[12] CARON V., DEMANGE V., BOURGKARD E. – Exposition professionnelle aux mycotoxines : effets sur la santé. *Références en santé au travail,* 2021, TP 48. Accessible sur : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=TP%2048

[13] LA COOPÉRATION AGRICOLE – *Chiffres clés 2022.* Accessible sur : https://www.lacooperationagricole.coop/ressources/chiffres-cles-2022

[14] INSEE – *Élaboration des statistiques annuelles d'entreprises – fiches sectorielles 2020 – Fiche secteur 109 – Fabrication d'aliments pour animaux.* Accessible sur : https://www.insee.fr/fr/statistiques/6799620?sommaire=6799850#titre-bloc-4

[15] CNAM – *Part de chacun des 9 CTN dans le code NAF (année 2019). Effectifs salariés 2019.* Accessible sur : https://assurance-maladie.ameli.fr/sites/default/files/2019_part-ctn-dans-naf_at-mp.pdf

[16] DAVID C., EMILI A., ALONSO L. *ET AL.* – Valeurs guides bactéries et moisissures cultivables : interprétation des résultats de métrologie des bioaérosols. *Hygiène & sécurité du travail,* 2023, NT 109. Accessible sur : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=NT%20109

[17] BALTY I., BERTRAND N., DAVID C. *ET AL.* – Valeurs guides endotoxines – Interprétation des résultats de métrologie des bioaérosols. *Hygiène & sécurité du travail,* 2015, NT 25. Accessible sur : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=NT%2025

[18] INRS – Base de données MétroPol. Accessible sur : https://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol.html

[19] DÉCRET N° 2021-1763 *du 23 décembre 2021 portant modification des concentrations moyennes en poussières totales et alvéolaires dans les locaux à pollution spécifique.* Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr

[20] ANSES – *Valeurs limites d'exposition en milieu professionnel – Évaluation des effets sur la santé et des méthodes de mesures des niveaux d'exposition sur le lieu de travail pour le cobalt et ses composés à l'exception du cobalt associé au carbure de tungstène.* 2014, 120 p.

[21] INRS – *Risques chimiques/réglementation.* Dossier web INRS. Accessible sur : https://www.inrs.fr/risques/chimiques/reglementation.html

[22] INRS – ED 6441 (Guide pratique de ventilation) – *Mise en œuvre des matériaux pulvérulents,* 2021. Accessible sur : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206441

[23] CARSAT BRETAGNE – *Nutrition Animale. Améliorer les conditions de travail aux postes de dosage,* 2021, 7 p.

[24] DÉCRET N° 2009-1570 *du 15 décembre 2009 relatif au contrôle du risque chimique.* Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr

Agenda & services

Formation
Former aux risques liés aux machines : identifier les étapes clefs d'une démarche de prévention
P. 91

Agenda / Formations
P. 94

Congrès
Agenda / Congrès
P. 96

Sélection bibliographique
À lire, à voir
P. 98

Formation

FORMER AUX RISQUES LIÉS AUX MACHINES : IDENTIFIER LES ÉTAPES CLEFS D'UNE DÉMARCHE DE PRÉVENTION

Depuis 2022, l'INRS propose une formation sur la prévention des risques liés aux machines. Destinée aux préventeurs, aux fonctionnels « sécurité et santé au travail » en entreprise et aux acteurs des services de prévention et de santé au travail, elle vise à apporter à ces publics des connaissances de base en vue de guider la démarche d'évaluation et de prévention des risques liés aux machines.

TRAINING IN MACHINE-RELATED HAZARDS: IDENTIFYING KEY STEPS IN A PREVENTION APPROACH — ***Since 2022, INRS has offered training in the prevention of risks related to machines. Intended for OSH practitioners, safety and health operatives in companies, and professionals in prevention and occupational health services, it aims to provide these audiences with basic knowledge to guide the approach for assessing and preventing risks related to machines.***

AURÉLIE PÉRISSE
INRS, département Formation

L'utilisation généralisée des machines dans de nombreux secteurs industriels a considérablement amélioré l'efficacité de la production et la qualité des produits. Cependant, cette omniprésence s'accompagne également de risques d'accidents. Alors que la réglementation prend en compte de longue date les risques liés aux machines, de nombreux travailleurs sont victimes d'accidents chaque année. En 2016, la Cnam recensait plus de 55 000 accidents du travail avec arrêt de plus de quatre jours liés aux machines, soit environ 10 % de l'ensemble des accidents. La même année, les machines étaient à l'origine d'une vingtaine de décès, de 4 000 incapacités permanentes et de 3 millions de jours d'arrêt de travail. Les principaux secteurs touchés sont la métallurgie, le BTP, les activités de services et l'agroalimentaire. Ces chiffres, témoins d'une sinistralité très importante, démontrent qu'il reste des efforts considérables à fournir en matière de prévention.

Les préventeurs : acteurs clefs de la démarche

Dans cette perspective, l'INRS propose depuis 2022 aux intervenants en prévention des risques professionnels, aux acteurs des services de prévention et de santé au travail ainsi qu'aux fonctionnels « sécurité et santé au travail » des entreprises, une formation intitulée « *Identifier les étapes clefs d'une démarche de prévention des risques liés aux machines* » (réf. INRS JJ1606), dont l'objectif principal est l'actualisation des connaissances de base centrées sur l'utilisation de machines.

« *Les préventeurs sont des acteurs clefs, en ce sens qu'ils accompagnent au quotidien l'employeur dans la démarche d'évaluation et de prévention des risques, et leur montée en compétences sur le risque machine est crucial* », explique Mimoun Mjallad, expert d'assistance conseil spécialisé dans les machines et équipements de travail à l'INRS, qui a eu en charge l'animation de la première session organisée à l'INRS Paris en novembre 2022. « *Ils ont généralement une faible connaissance de ce sujet, qui souvent, pour eux, relève de spécialistes des machines comme les fabricants, les concepteurs ou les organismes d'inspection* », précise-t-il.

Aussi, le stage, d'une durée de 14 heures, vise trois objectifs principaux :

- identifier les différentes étapes du cycle de vie d'une machine ;
- appréhender l'approche réglementaire en matière de santé et sécurité applicable aux machines,

encadrée par des dispositions issues des directives européennes ;
- contribuer à la mise en œuvre des étapes clefs de la démarche de prévention des risques liés aux machines.

Cette formation s'appuie sur les différentes étapes du cycle de vie d'une machine, de l'acquisition à la cession, en passant par l'installation, les modifications post-installation et l'utilisation.

L'intervenant aborde tout au long de la formation les principes qui guident la démarche de prévention autour du cycle de vie des machines. Car si le fabricant est tenu d'intégrer la sécurité dès la conception, l'employeur doit quant à lui s'assurer qu'il acquiert, utilise et maintient une machine sûre et conforme.

Le cycle de vie de la machine au cœur de la démarche de prévention

Le préventeur est invité à utiliser une méthode visant à identifier, en cinq phases, quelles mesures de prévention doivent être mises en œuvre à chaque étape du cycle de vie de la machine.

Les trois premières étapes jalonnant cette démarche sont, dans l'ordre :
- le choix de la machine, en lien avec l'analyse d'un besoin et l'expression qui en est faite à travers un cahier des charges ;
- la réception de la machine et son installation, en lien avec le cahier des charges et la conformité avant mise en service ;
- l'utilisation de la machine, de sa mise en service à son utilisation courante, en incluant sa maintenance et son maintien en l'état, notamment en termes de conformité et de sécurité.

Les deux dernières étapes, quant à elles, concernent la modification et la cession de la machine.

« *À l'issue de la formation, le stagiaire n'est pas forcément en capacité de déterminer seul les mesures à mettre en place, mais il peut guider l'entreprise dans sa démarche* », signale Mimoun Mjallad.

Une démarche articulée autour de la réglementation et de la normalisation

Ce stage vise avant tout à une bonne appropriation des enjeux et étapes clefs de la démarche, qui s'articule autour des dispositions réglementaires issues de directives européennes. La formation consacre donc une large part à la réglementation et à la normalisation applicables à la conformité et sécurité des machines.

« *Pour aborder l'ensemble de ces aspects, les intervenants mettent en œuvre des modalités pédagogiques mêlant apport de connaissances, cas pratiques, travail en sous-groupe et quiz* », indique Danièle Blasiard, chargée de projet formation à l'INRS.

La première session a permis de former 13 stagiaires occupant des postes de responsable HSE, ingénieur prévention, directeur QSE dans des

© Lorenzo Timon pour l'INRS/2023

secteurs de l'industrie, de la pharmacie, du BTP ou encore dans des collectivités. L'évaluation du stage met en évidence que les stagiaires sont ressortis satisfaits (30 % des réponses) voire très satisfaits (70 %) de la formation qu'ils ont suivie. La majorité d'entre eux déclare se sentir mieux armés pour accompagner leur entreprise dans une démarche de prévention en lien avec le risque « machine ».

« *Je me sens désormais capable de répondre aux questions des responsables qui possèdent des machines et d'accompagner un organisme d'inspection si besoin* », précise l'un des participants. Plus de la moitié d'entre eux ont ainsi pu envisager une application immédiate dès leur retour en entreprise et tous estiment être en mesure de transférer les éléments qu'ils ont acquis au cours de la formation dans leur situation de travail.

Suite au succès rencontré lors de cette première édition, l'INRS a souhaité pérenniser cette action de formation et l'intègre, depuis 2023, dans son offre à l'attention des entreprises. La prochaine session est prévue en juin 2024.

EN SAVOIR PLUS

- Pour tout renseignement sur les dates, le contenu et le programme de cette formation d'une durée de 14 heures, en présentiel à l'INRS, consulter le site Internet de l'Institut : www.inrs.fr (code du stage : JJ1606).
- Le programme complet et les modalités d'inscription sont détaillés sur la page dédiée au stage : https://www.inrs.fr/services/formation/doc/stages.html?refINRS=JJ1606_2024
- Le catalogue de l'offre de formation 2024 de l'INRS est accessible sur : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%201472

Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles • 65 bd Richard-Lenoir 75011 Paris • www.inrs.fr • Conception graphique : Éva Minem • © INRS 2023 • **AD 904**

Découvrez notre offre d'information sur le harcèlement sexuel et les agissements sexistes

Pour en savoir plus :
www.inrs.fr/stop-harcelement

Institut National de Recherche et de Sécurité

AGENDA / FORMATIONS

Évaluer et prévenir les risques liés aux agents chimiques (C@1503)

Sessions : du 26/02/2024 au 16/05/2024

→ PUBLIC
Ingénieurs, techniciens, fonctionnels « 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'actions 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'actions.

→ RENSEIGNEMENTS PRATIQUES
Durée : 32 heures
Lieu : à distance et à Paris
Responsable pédagogique : Gaëlle Avon
Secrétariat, renseignements, inscriptions :
INRS, département Formation
65, boulevard Richard-Lenoir
75011 Paris
E-mail : secretariat.forp@inrs.fr
Coût : 727 € nets (exonération de TVA).

Prévenir les risques liés aux pratiques addictives en milieu professionnel (RU1101)

Une session : du 12/03/2024 au 13/03/2024

→ PUBLIC
Préventeurs en entreprise, responsables de ressources humaines, membres d'une instance représentative du personnel (commission santé, sécurité et conditions de travail, représentants de proximité et délégués du personnel).

→ OBJECTIFS
Proposer une démarche de prévention des risques professionnels intégrant les pratiques addictives.
Objectifs pédagogiques :
- intégrer les notions nécessaires à la compréhension des pratiques addictives et leurs effets en milieu professionnel ;
- construire une démarche de prévention collective des risques professionnels liés aux pratiques addictives.

→ CONTENU
- généralités sur les pratiques addictives en milieu professionnel ;
- démarche de prévention collective : rôles et missions des acteurs internes à l'entreprise (instances représentatives du personnel, service de prévention et de santé au travail), ressources externes, actions de prévention, gestion des situations d'urgence ;
- contexte réglementaire.

→ RENSEIGNEMENTS PRATIQUES
Durée : deux jours
Lieu : à distance
Responsable pédagogique : Vinciane Saint-Paul
Secrétariat, renseignements, inscriptions :
INRS, département Formation
1, rue Morvan, CS 60027
54519 Vandœuvre-lès-Nancy Cedex
E-mail : secretariat.forl@inrs.fr
Coût : 616 € nets (exonération de TVA).

Participer à une démarche de prévention des risques psychosociaux (N12002)

Une session : du 11/03/2024 début d'après-midi au 14/03/2024 à midi

→ PUBLIC

Préventeurs d'entreprise, responsables des ressources humaines appelés à participer à une action de prévention des risques psychosociaux, membres d'une instance représentative du personnel (commission santé, sécurité et conditions de travail, représentants de proximité et délégués du personnel…), médecins du travail, intervenants en prévention des risques professionnels (IPRP), personnels infirmiers, ingénieurs-conseils et contrôleurs de sécurité des services Prévention des Carsat, Cramif et CGSS.

→ OBJECTIFS

Participer aux choix méthodologiques d'outils, en fonction de son rôle dans la prévention des risques professionnels pour intégrer la prévention des risques psychosociaux (RPS) à la prévention des autres risques professionnels.

Objectifs pédagogiques :

- décrire les causes, effets, conséquences des RPS sur la santé ;
- identifier le cadre réglementaire de la prévention des RPS ;
- préciser les démarches et outils de la prévention des RPS.

→ CONTENU

- causes, effets, atteintes à la santé liés aux RPS ;
- cadre réglementaire et jurisprudentiel (Codes du travail et de la Sécurité sociale) de la prévention des RPS en cas de projet, de réalisation du document unique d'évaluation des risques (DUER), d'alerte ou d'accident du travail, maladie professionnelle, maladie à caractère professionnel (AT/MP/MCP) ;
- organisation du travail de prévention des RPS en cas de projet, de réalisation du DUER, d'alerte ou d'atteinte à la santé ou d'AT/MP ;
- outils en cas de projet, de réalisation du DUER, d'alerte ou d'atteinte à la santé ou d'AT/MP.

→ RENSEIGNEMENTS PRATIQUES

Durée : trois jours
Lieu : Vandœuvre-lès-Nancy
Responsable pédagogique : Marc Benoît
Secrétariat, renseignements, inscriptions :
INRS, département Formation
1, rue Morvan, CS 60027
54519 Vandœuvre-lès-Nancy Cedex
E-mail : secretariat.forl@inrs.fr
Coût : 924 € nets (exonération de TVA).

Évaluer et prévenir les risques liés aux ambiances thermiques (JA0501)

Une session : du 25/03/2024 début d'après-midi au 29/03/2024 à midi

→ PUBLIC

Intervenants en prévention des risques professionnels, fonctionnels « sécurité et santé au travail » en entreprise, et acteurs des services de prévention et de santé au travail (médecins, infirmiers et intervenants en prévention des risques professionnels).

→ OBJECTIFS

Accompagner les entreprises dans leur démarche de prévention des risques liés aux ambiances thermiques.

Objectifs pédagogiques :

- évaluer les risques liés aux ambiances thermiques ;
- identifier les techniques de mesurage des différents paramètres et d'analyse des situations de travail exposantes ;
- Identifier des mesures de prévention adaptées.

→ CONTENU

- mécanismes de transfert et effets sur l'homme et sa santé ;
- métrologie pour caractériser les ambiances thermiques ;
- analyse des situations de travail exposantes ;
- mesures de prévention et équipements de protection disponibles ;
- démarches d'intervention en entreprise.

→ RENSEIGNEMENTS PRATIQUES

Durée : quatre jours
Lieu : Vandœuvre-lès-Nancy
Responsable pédagogique : Danièle Blasiard
Secrétariat, renseignements, inscriptions :
INRS, département Formation
65, boulevard Richard-Lenoir
75011 Paris
E-mail : secretariat.forp@inrs.fr
Coût : 1 232 € nets (exonération de TVA).

POUR EN SAVOIR +

- *Retrouvez toute l'offre de formation de l'INRS sur :* www.inrs.fr/services/formation.html

AGENDA/CONGRÈS

16 JANVIER 2024, 11 H

Webinaire INRS – Bruit au travail : bien choisir ses équipements de protection individuelle

Lorsque les mesures de réduction du bruit à la source et de protection collective ne permettent pas de réduire suffisamment l'exposition des salariés au bruit, le recours à des protecteurs individuels contre le bruit doit être envisagé. L'objectif de ce webinaire est de donner les clés pour choisir des protecteurs auditifs adaptés à la situation de travail et au salarié.

Inscriptions :
https://attendee.gotowebinar.com/register/1992594285379756 38

DU 31 JANVIER AU 2 FÉVRIER 2024, PARIS

Salon Secours Expo

Depuis 2015, le Salon Secours Expo rassemble les spécialistes du secours, des soins d'urgence et de la prévention. Cette édition se tiendra à Paris, au parc des expositions de la Porte de Versailles.
Le salon sera rythmé par des démonstrations techniques et des ateliers thématiques.
Les conférences et les tables rondes permettront de partager les connaissances, les savoir-faire et les expériences de nombreux acteurs, dont l'INRS.

Renseignements - Inscriptions :
https://www.secours-expo.com/

6 FÉVRIER 2024, 11 H

Webinaire INRS – Bruit au travail : zoom sur deux outils d'aide au choix des EPI contre le bruit

Le bruit au travail expose les salariés à des pertes auditives souvent irréversibles. Quand les mesures de protection collectives sont insuffisantes, l'employeur a l'obligation de mettre à disposition des salariés des protecteurs individuels contre le bruit (PICB). Après un premier webinaire consacré au choix des PICB, ce deuxième volet, plus expert, présentera deux outils : *Estimation de la protection réelle des PICB* (outil n° 22 de l'INRS) et Confort des bouchons d'oreille, pour aider à choisir les PICB les plus adaptés.

4 AU 7 JUIN 2024, MONTPELLIER

37e Congrès national de médecine et santé au travail

Ce Congrès, qui se tient tous les deux ans, constitue l'occasion de réunir en un seul lieu les acteurs des services de prévention et de santé au travail. Pour cette nouvelle édition, huit thèmes ont déjà été retenus :

- expositions agricoles : de l'évaluation des risques à la prévention ;
- santé au travail dans les métiers de services à la personne ;
- travailleurs saisonniers ;
- pathologies psychiatriques et maintien dans l'emploi ;
- médecine du travail et parcours de soin ;
- pluridisciplinarité en santé au travail en 2024 ;
- risque cardiovasculaire et travail ;
- apports de la santé au travail à la santé publique.

Renseignements - Inscriptions :
https://www.medecine-sante-travail.com/

12 ET 13 JUIN 2024, FINLANDE

Conférence SIAS 2024 – Sécurité des systèmes industriels automatisés

La Conférence internationale sur la sécurité des systèmes industriels automatisés se tiendra les 12 et 13 juin 2024 à Tampere (Finlande). Elle portera notamment sur les interactions hommes-machines et sur la prévention des accidents liés aux opérations de maintenance. L'appel à communications est ouvert jusqu'à décembre 2023.

Renseignements - Inscriptions :
https://www.automaatioseura.fi/sias2024/

13 ET 14 JUIN 2024, POLOGNE

8e conférence Euroshnet

La 8e Conférence européenne Euroshnet sur la normalisation, les essais et la certification dans le domaine de la sécurité et de la santé au travail aura lieu à Cracovie en Pologne. Elle aura pour thème : *World in transition – Europe in adaptation – OSH under pressure.* Les politiques et les législations européennes sont en constante évolution. Les experts réunis lors de cette conférence européenne répondront à la question de l'impact de ces changements sur la sécurité et la santé au travail et, en particulier, sur leurs instruments de prévention : normalisation, essais et certification.

Renseignements – Inscriptions :
https://www.euroshnet.eu/conference-2024

POUR EN SAVOIR

- *L'agenda complet des rencontres recensées par l'INRS est accessible sur :* www.inrs.fr/footer/agenda.html

EVREST

22 MARS 2024, PARIS

Journée d'échanges du réseau Evrest

Cette troisième Journée nationale du réseau Evrest (évolutions et relations en santé au travail) propose des échanges sur la dimension sectorielle de la prévention. Le programme comporte des exemples d'études dans trois métiers (restauration, viande et transports), un examen synthétique des évolutions dans les secteurs économiques, ainsi qu'une table ronde avec des acteurs institutionnels et des experts.

Renseignements - Inscriptions :
http://evrest.istnf.fr/

© Fabrice Dimier pour l'INRS/2023

Sélection bibliographique

À LIRE, À VOIR

Les publications de l'INRS sont consultables et téléchargeables sur : www.inrs.fr/Rubriques « *Publications et outils/Brochures et dépliants* » *ou* « *Affiches et autocollants* » (papier/Web) et « *Vidéos* ».

Harcèlement sexuel et agissements sexistes au travail. En parler peut tout changer

INRS, 2023, dépliant, affiches, infographies *(nouveautés).*

Sensibiliser sur le harcèlement sexuel et les agissements sexistes est un enjeu pour toutes les entreprises.
Pour les accompagner dans leurs actions de prévention, l'INRS propose de nouveaux outils :

- **ED 6520 :** Harcèlement sexuel et agissements sexistes au travail. Que faire ?
- **AD 900 :** STOP ! Harcèlement sexuel agissements sexistes au travail (femme)
- **AD 901 :** STOP ! Harcèlement sexuel agissements sexistes au travail (homme)
- **AD 902 :** STOP ! Harcèlement sexuel. En parler peut tout changer
- **AD 903 :** Harcèlement sexuel au travail. En parler peut tout changer
- **AD 904 :** STOP ! Harcèlement sexuel agissements sexistes au travail (groupe)
- **AZ 905 :** Qui solliciter si je suis victime ou témoin de harcèlement sexuel ou d'agissements sexistes au travail ?
- **AA 906 :** Violences sexuelles et comportements sexistes au travail. De quoi parle-t-on ?

Les protections auditives. Guide de choix

INRS, 2023, coll. Moyens de prévention, brochure ED 6510 *(nouveauté).*

Lorsque les mesures de prévention collective ne suffisent pas pour préserver la santé et la sécurité des salariés exposés au bruit, le port de protecteurs individuels contre le bruit (PICB) représente une alternative incontournable. Ce guide présente les différents types de PICB, les critères de choix à prendre en compte, le cadre réglementaire ainsi que les actions à réaliser tout au long du cycle de vie du PICB.

Services funéraires. Prévenir les risques professionnels

INRS, 2023, dossier Web *(Web uniquement ; nouveauté).*

Les activités des services funéraires exposent les salariés à des risques professionnels de diverses natures : expositions à des produits dangereux, port de charges, chutes, charge émotionnelle importante en raison de la confrontation régulière avec la mort…
Des ressources sont à disposition pour mieux comprendre ces risques, mieux les prévenir et réaliser le document unique d'évaluation de risques.

Services funéraires. Santé au travail : passez à l'action !

INRS, 2023, coll. TPE-PME, dépliant ED 6519 *(nouveauté).*

Ce dépliant de sensibilisation, destiné aux TPE-PME, présente les principaux risques professionnels liés au secteur des services funéraires et donne les chiffres-clés en matière d'accidents du travail et de maladies professionnelles. Il rappelle également les principales situations à l'origine d'accidents du travail et les solutions de prévention incontournables.

Outil d'évaluation des risques professionnels – Services funéraires

INRS, 2023, outil 123 *(Web uniquement ; nouveauté).*

Élaboré par l'INRS et l'Assurance Maladie – Risques professionnels, cet outil permet aux entreprises de services funéraires 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 semaine de 4 jours. Enjeux pour la santé et la sécurité au travail

INRS, 2023, coll. Décryptage, fiche ED 8003 *(nouveauté).*

Ce décryptage vise à présenter les enjeux en santé et sécurité au travail de la « semaine de quatre jours ». Il en décrit l'étendue des modalités possibles, les conséquences économiques, et surtout les points de vigilance pour la santé et la sécurité au travail. Enfin, il propose quelques repères en prévention, rappelant l'importance de bien mesurer les conséquences et de mettre en œuvre des mesures de prévention pour en limiter les risques.

Les équipements de protection individuelle du pied et du bas de la jambe. Choix et utilisation

INRS, 2023, coll. Moyens de prévention, brochure ED 6509 *(nouveauté).*

Cette brochure s'adresse à toute personne devant procéder au choix et à la mise à disposition de protecteurs individuels des pieds et du bas de la jambe (chaussures, bottes…) dans une situation professionnelle.

Amiante. Opérations en terrain amiantifère. Points de vigilance en prévention

INRS, 2023, coll. Démarche de prévention, brochure ED 6517 *(nouveauté).*

Ce document est destiné à sensibiliser les professionnels intervenant sur des terrains naturellement amiantifères aux risques liés à l'inhalation de fibres d'amiante.

Bennage en sécurité

INRS, 2023, dépliant ED 6516 *(nouveauté).*

Les opérations de bennage sont à l'origine de nombreux accidents du travail. Ce dépliant détaille les points du véhicule à vérifier et propose des recommandations pour charger et manœuvrer en sécurité.

Veille & prospective

Prospective
Surveillance numérique : tendances et conséquences en matière de santé et sécurité au travail
P. 101

Prospective

SURVEILLANCE NUMÉRIQUE : TENDANCES ET CONSÉQUENCES EN MATIÈRE DE SANTÉ ET SÉCURITÉ AU TRAVAIL

La surveillance du salarié par son employeur n'est pas nouvelle. Elle est induite dès lors qu'il existe une relation de subordination entre les deux parties, et constitue un des moyens de contrôle que possède l'employeur. Elle lui permet de vérifier que les conditions de réalisation du travail sont bien respectées. Elle est également légitimée par des questions de sécurité et par le fait que l'employeur est légalement responsable de la santé et de la sécurité des salariés et dispose, de ce fait, d'un droit de regard. Cependant, elle peut aussi influer de façon délétère sur le travail, lorsqu'il en est fait un usage excessif. Par ailleurs, depuis 2020, avec la crise de la Covid-19, le développement du télétravail et l'essor de nouvelles technologies, cette surveillance a changé de dimension et de nature. Il s'agit ici de préciser ce que l'on entend par surveillance numérique, d'estimer la réalité de son déploiement en France, les opportunités qu'elle peut présenter, ses possibles dérives et les risques qu'elle peut entraîner. Le cadre réglementaire qui permet d'en limiter l'usage est évoqué, ainsi que les mesures recommandées par l'INRS et ses homologues pour prévenir les risques professionnels qui peuvent en découler.

DIGITAL SURVEILLANCE: TRENDS AND OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH CONSEQUENCES – Surveillance of employees by their employers is nothing new. It can occur once there is a subordinate relationship between two parties, and is a means of control for the employer. It allows them to check for compliance with the terms governing the implementation of work. It is also justified for security reasons and because the employer is legally responsible for the health and safety of their employees, and as such, has a right to monitor. However, it can also have a negative influence on work, when it is done excessively. Moreover, since 2020 with the Covid-19 crisis, the development of teleworking and the boom in new technology, the dimension and nature of this surveillance has changed. Here, the notion of digital surveillance is specified, as well as the way in which it is deployed in France, and the opportunities and possible drawbacks along with the risks it may cause are discussed. The legal framework which makes it possible to limit its use is addressed, as well as the measures recommended by INRS and its counterparts to prevent any resulting occupational risks.

JENNIFER CLERTÉ
INRS, mission Veille et prospective

NADIÈGE FÉLICIE
INRS, département Études, veille et assistance documentaires

Surveillance numérique : de quoi parle-t-on ?

Si la surveillance existe dans le travail dès lors qu'il existe un lien de subordination[1], sa pratique a connu diverses étapes, liées principalement aux évolutions technologiques. C'est ce que rappelle Hubert Bouchet, commissaire à la Commission nationale de l'informatique et des libertés (Cnil) et spécialiste du monde du travail, au titre du Conseil économique et social, en 2009[2]. Ainsi, au cours de la période industrielle, la surveillance était circonscrite au lieu de travail et s'opérait principalement par le biais de vigiles contrôlant la présence effective des ouvriers et de contremaîtres ou de cadres surveillant la bonne réalisation →

des activités et leur rendement. Rapidement, la surveillance de la présence sur site a été automatisée grâce aux « pointeuses ». Au-delà de leur fonction de contrôle, ces équipements ont aussi permis aux services de ressources humaines de mieux gérer les plannings et à ceux de la comptabilité d'établir plus facilement les fiches de paye. Les systèmes de vidéosurveillance, apparus dans les entreprises à partir des années 1980, constituent la troisième phase de cette évolution.

La quatrième phase a été amorcée avec le développement des technologies de l'information et de la communication (TIC) et d'Internet. Les outils informatiques permettent désormais aux employeurs de surveiller le flux d'informations émis par leurs salariés. Cette nouvelle étape, appelée « cybersurveillance » ou « surveillance numérique », a conduit à un changement de nature et de dimension de la faculté de surveiller de l'employeur. Celle-ci ne s'opère plus systématiquement par le biais d'un individu, elle ne connaît plus non plus de limite claire dans l'espace ou le temps ; elle peut s'étendre au-delà du site de l'entreprise et des horaires de travail. On parle souvent dans la littérature d'une surveillance dite « panoptique », c'est-à-dire un système de surveillance en continu des individus, qui permet d'observer l'intégralité de leurs faits et gestes sans être vu. Celle-ci peut s'opérer par le biais des équipements de travail (logiciels, boîtes mail, visioconférences, machines…) ou des environnements de travail, *via* des caméras, des capteurs…, sans que le travailleur n'en ait toujours conscience. Son caractère potentiellement intrusif (au-delà de la vie professionnelle) et systématique (tout au long des journées de travail) pose la question de ses limites. La question de l'identité numérique d'un travailleur et de son activité sur les réseaux sociaux, dont les frontières privées/professionnelles sont souvent floues, constitue également une question difficile à trancher.

Enfin, avec le développement des technologies d'intelligence artificielle (IA), une nouvelle phase semble se profiler, où la surveillance pourrait prendre une dimension encore plus problématique, du fait du caractère prédictif auquel pourraient prétendre certains systèmes[3].

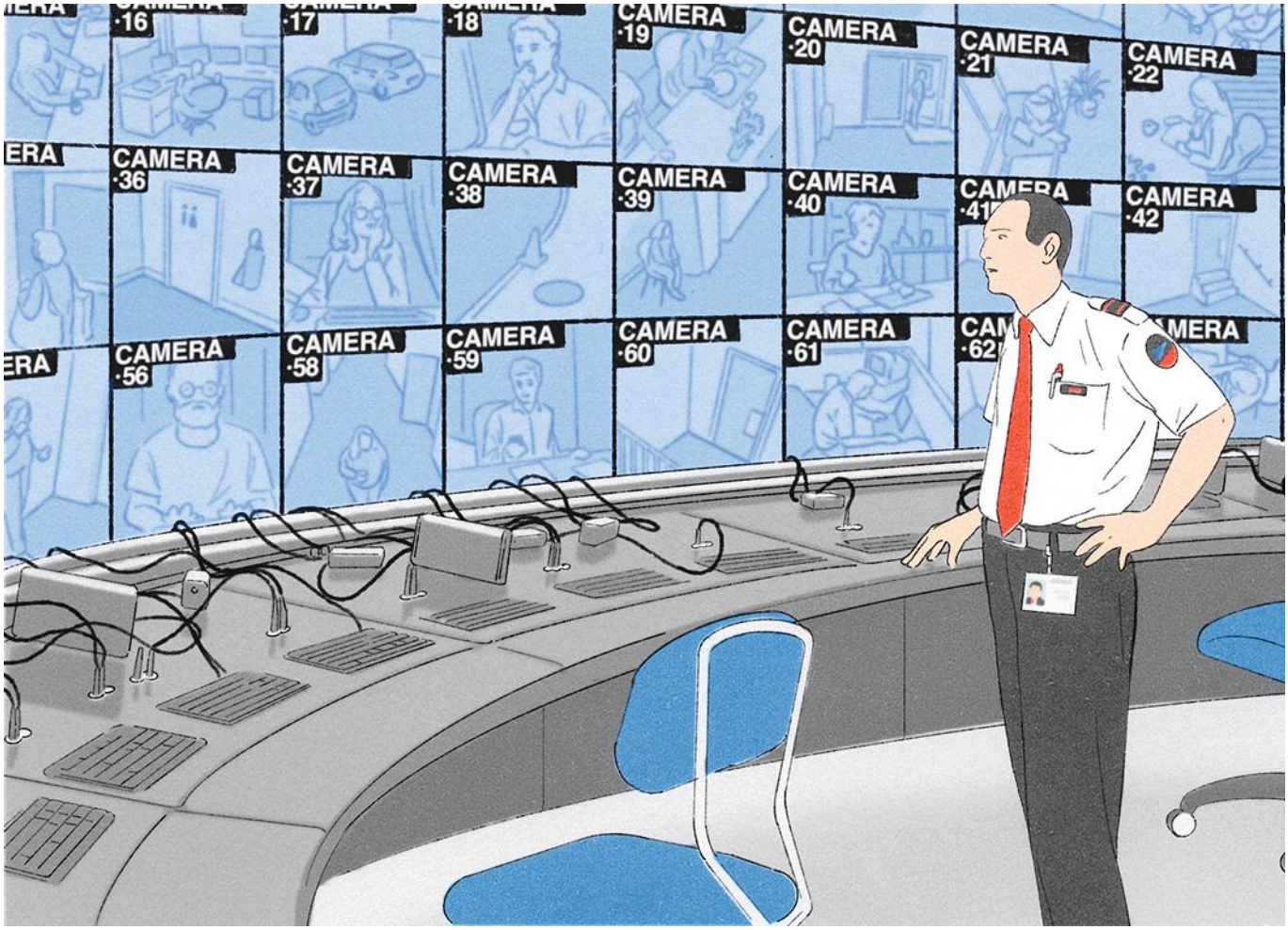
Une tendance accrue depuis la crise sanitaire

Au-delà des aspects technologiques qui ont permis ces évolutions, la surveillance au travail a été amplifiée en même temps qu'elle a changé de nature, à l'occasion de la pandémie de Covid-19. Dans les secteurs de la santé ou de la restauration, la nécessité de limiter les expositions au virus a, d'une part, conduit à l'adoption de mesures de surveillance des salariés empiétant sur le domaine de la vie privée (prise de température, extension du certificat de vaccination à de nombreux secteurs). L'instauration du télétravail obligatoire pour toutes les activités qui le permettaient a, d'autre part, amené une partie des managers, déstabilisés par ces nouvelles modalités de travail à distance, à recourir à des technologies de « *tracking* » permettant de suivre la présence effective et l'activité de leurs collaborateurs. De nombreux articles ont ainsi rapporté les excès de certains chefs d'équipe obligeant leurs collaborateurs à garder leur caméra allumée toute la journée, ou espionnant leur activité grâce à des logiciels illégaux en France[4]. Outre-Atlantique, un rapport canadien de l'initiative *Cybersecure Policy Exchange* et de la *Ryerson University* a été publié en août 2021 sur le sujet[5]. Revue de la littérature à l'appui, ce rapport établit que le recours à la surveillance est justifié de différentes façons : pour des raisons de responsabilité ou de gestion des risques, pour assurer la protection de la confidentialité ou enfin pour améliorer la productivité en influant sur le rendement économique des travailleurs. C'est cette dernière tendance qui s'est accentuée. Ainsi en 2019, 66 % des entreprises américaines ont déclaré surveiller l'usage d'Internet par leurs salariés et 45 % suivaient le temps actif sur clavier.

Si la loi française protège relativement bien les salariés, en exigeant notamment que le recours à des outils de surveillance soit soumis à l'avis des comités sociaux et économiques (CSE), certaines fonctionnalités d'outils numériques risquent tout de même d'être détournées de leur finalité initiale, de façon à permettre la surveillance du salarié à son insu. L'enquête Conditions de travail de 2019 montre ainsi que 35 % des salariés déclarent avoir un rythme de travail imposé par un contrôle informatisé[6]. Le rapport annuel de la Cnil pour l'année 2021 relève pour sa part une forte hausse des plaintes concernant les cas de surveillance abusive de salariés, impliquant dans 83 % des cas l'usage de dispositifs de vidéosurveillance (*via* des caméras dans l'entreprise, mais aussi *via* les webcams des ordinateurs du personnel). Ces plaintes concernent plus particulièrement des petites et moyennes entreprises, qui ne disposent pas en interne d'experts en matière juridique pouvant les alerter sur le caractère illégal de ce type de surveillance.[7]

De l'ambivalence du recours à la surveillance numérique

Si le plus souvent, l'idée même de surveillance par le biais de la technologie est associée à l'idée d'intrusion et de suspicion, certaines études se sont attachées à montrer qu'elle pouvait s'avérer au contraire utile aux managers dans l'exercice de leur fonction, à partir du moment où elle était perçue comme légitime par les salariés.



© Lucas Burtin pour l'INRS/2023

C'est le cas d'une étude conduite à l'EM Lyon en 2017[8] qui montre que les outils numériques constituent des outils « disciplinants » pour les salariés qui ont été informés de leur mise en place, limitant par exemple le temps passé sur Internet à des fins personnelles durant le temps de travail. Cet effet disciplinant peut cependant s'accompagner d'un effet d'éviction[9] lorsque ces outils sont perçus comme un signal de méfiance à l'égard des salariés de la part du management. L'étude conclut que l'équilibre entre ces deux effets réside dans la perception de leur légitimité par les salariés.

Cette légitimité repose sur deux éléments principaux :

- **Une communication transparente sur la finalité de la surveillance,** qui ne devrait pas cacher une fin moins acceptable pour les salariés : le malaise que peut susciter ce type de surveillance émane en effet principalement du fait qu'elle s'opère souvent par le biais d'un usage détourné de certains outils. C'est ce que souligne un rapport du Conseil national du numérique (CNNum[10]) au sujet des outils de communication instantanée tels que Slack, plateforme de communication collaborative qui, au-delà de faciliter la communication à distance des salariés, permettent à leur manager de surveiller de façon permanente leur présence à leur poste. Ce type de surveillance et l'injonction supposée d'une réponse immédiate peut représenter pour les salariés une cause de stress et d'anxiété.

  La finalité de cette surveillance peut cependant aussi être fondée sur l'intérêt même du travailleur. Elle peut notamment être utilisée à des fins de prévention. La géolocalisation peut par exemple être utile, afin de conseiller le parcours de circulation le plus sûr aux salariés en déplacement, ou détecter le fait qu'ils sont au volant pour transférer certains appels téléphoniques directement sur leur messagerie.

  Dans le cadre de ses travaux de prospective sur les usages de l'IA en prévention[11], l'INRS a ainsi montré l'intérêt que pourraient constituer à l'avenir les technologies d'IA pour surveiller les environnements de travail présentant des dangers ou surveiller les travailleurs isolés, afin de prévenir la survenue d'accidents ou de suivre leur état de santé.
- **Son caractère raisonné :** il est par ailleurs important que cette surveillance s'inscrive

→

dans un espace de temps et de lieu défini. Le caractère systématique, permanent ou inopiné de la surveillance dite « panoptique », que permettent les outils numériques, peut en effet induire un niveau de stress élevé, comme l'a montré une étude conduite par l'INRS au sujet des téléopérateurs de centres d'appels, concernant la relation entre facteurs organisationnels et contraintes psychosociales[12]. Cette étude soulignait en particulier les effets délétères des systèmes de double écoute, permettant aux superviseurs d'écouter en temps réel et d'enregistrer les conversations des opérateurs. Cette pratique a pour finalité de s'assurer que les employés utilisent bien les éléments d'un discours normalisé et que leurs interactions avec les clients sont conformes au standard préconisé. Cependant, elle se trouve également associée à une faible latitude décisionnelle qui, combinée à une forte exigence psychologique, induit un niveau de stress chronique élevé, mis en cause dans le développement de diverses pathologies (manifestations anxiodépressives, TMS, syndromes métaboliques), et constitue une source d'absentéisme.

© Annie Spratt

Ce type de surveillance pose encore davantage question dans le cas de travailleurs indépendants qui, par définition, n'ont pas de lien de subordination avec leurs donneurs d'ordres. Sophie Bernard, chercheuse et professeure de sociologie à l'université Paris – Dauphine, montre ainsi dans son ouvrage *#UberUsés*[13] comment le système des plateformes s'inscrit directement dans ce modèle de « surveillance panoptique » ; par exemple, les chauffeurs Uber sont soumis en permanence à un contrôle du système algorithmique qui fixe leurs objectifs et évaluent leurs performances, sans que celui-ci soit transparent pour eux.

De nouvelles évolutions en cours

Les nouvelles technologies d'IA et leurs capacités prédictives laissent par ailleurs entrevoir de nouvelles applications possibles en matière de surveillance, qui pourraient créer de nouvelles problématiques dans le domaine professionnel. Valerio De Stefano et Antonio Aloisi, professeurs de droit (universités de York et de Madrid), rapportent par exemple dans leur ouvrage *Your boss is an algorithm*[14] comment une IA développée par IBM permet de prédire à 95 % le risque de démission de salariés. Du fait des dérives possibles dans l'usage de ces nouveaux outils, les auteurs appellent de leurs vœux une plus grande implication des travailleurs dans la mise en œuvre des systèmes de management algorithmique, et souhaitent que les instances représentatives du personnel se saisissent de la question de la transformation digitale en cours.

Quel cadre juridique ?

Étant donné que ces évolutions technologiques donnent accès aux employeurs à de nouveaux outils de surveillance et de contrôle des salariés, la réglementation et la jurisprudence ont évolué pour préserver un cadre juridique protecteur des droits et des libertés. Parallèlement, la Cnil joue un rôle indispensable de régulation sur ces questions.

La surveillance numérique des salariés : un pouvoir limité de l'employeur

De manière générale, l'employeur peut surveiller et contrôler l'activité de ses salariés. Sous certaines conditions, les comportements du salarié considérés comme fautifs peuvent même faire l'objet d'une sanction disciplinaire. Mais, si ces prérogatives de l'employeur sont reconnues en vertu du lien de subordination, leur mise en œuvre reste très encadrée, notamment pour protéger les libertés individuelles des salariés. Ce cadre juridique, prévu initialement pour des techniques « classiques » de surveillance, trouve à s'appliquer

également en matière de surveillance numérique, y compris avec les outils les plus récents. Le système de surveillance que l'employeur envisage de mettre en place doit être justifié par la nature de la tâche à accomplir et proportionné au but recherché par l'employeur. Il s'agit d'un principe général gouvernant les relations individuelles de travail : « *Nul ne peut apporter aux droits des personnes et aux libertés individuelles et collectives de restrictions qui ne seraient pas justifiées par la nature de la tâche à accomplir ni proportionnées au but recherché.* » *(Cf. Article L. 1121-1 du Code du travail).* Par exemple, le salarié a le droit au respect de sa vie privée. Ce droit fondamental, d'abord affirmé par la Déclaration universelle des droits de l'homme, adoptée par l'Organisation des Nations unies le 10 décembre 1948 (article 12), a été consacré au niveau européen par la Convention européenne de sauvegarde des droits de l'homme et des libertés fondamentales de 1950, qui prévoit que « *Toute personne a droit au respect de sa vie privée et familiale, de son domicile et de sa correspondance* » *(article 8, §1).* En 1970, le législateur français a modifié l'article 9 du Code civil, qui prévoit depuis que « *chacun a droit au respect de sa vie privée* », et précise quels sont les pouvoirs du juge pour faire cesser toute atteinte. La jurisprudence, en particulier l'arrêt Nikon de 2001[15], est venue préciser que le droit au respect de l'intimité de la vie privée du salarié s'applique même au temps et au lieu du travail.

Récemment, le recours massif au télétravail, qu'il soit contraint (isolement lié à la pandémie) ou choisi (organisation mise en place dans l'entreprise), a pu soulever de nouvelles questions en matière de surveillance numérique. En effet, beaucoup d'entreprises n'ont pas adapté leurs méthodes d'encadrement des salariés et d'évaluation de leur travail à ce mode d'organisation, mais les règles préexistantes permettent de sanctionner les abus. Par exemple, si les caméras sont utilisées depuis longtemps pour des questions de sécurité et pour contrôler, dans la mesure du raisonnable, l'activité des salariés, des situations relativement nouvelles de surveillance permanente des salariés en télétravail au moyen de webcams ont pu être constatées. La Cnil rappelle notamment qu'il est excessif de la part de l'employeur d'exiger que le salarié soit connecté en visioconférence pendant toute la durée du travail, afin de s'assurer qu'il est bien à son poste de travail, car il s'agit d'un dispositif de surveillance permanente qui ne peut être mis en œuvre. Cette position est équivalente à celle adoptée pour les caméras utilisées sur site[16]. De même, le partage d'écran en permanence et/ou l'utilisation de logiciels permettant d'enregistrer toutes les frappes effectuées sur le clavier de l'ordinateur, appelés « *keyloggers* », sont considérés comme des procédés invasifs de surveillance permanente et disproportionnés au regard du but recherché. Enfin, le fait d'obliger un télétravailleur à effectuer très régulièrement des actions (clics sur une application, photos, etc.) pour prouver qu'il est bien derrière son écran ne semble pas non plus compatible avec les principes applicables en matière de surveillance des salariés[17].

Non seulement le pouvoir de contrôle de l'employeur est limité, mais il doit également être exercé en respectant son obligation de loyauté.

Les obligations de l'employeur qui met en place un dispositif de surveillance numérique des salariés

L'employeur est tenu d'informer les salariés du projet de mise en œuvre de dispositifs de surveillance de leur activité : « *Aucune information concernant personnellement un salarié ne peut être collectée par un dispositif qui n'a pas été porté préalablement à sa connaissance* » *(Cf. Article L. 1222-4 du Code du travail).*

Le cadre juridique français est fixé par deux textes : la loi dite Informatique et Libertés[18] venue réglementer le traitement des données personnelles en 1978, et le Règlement général sur la protection des données (RGPD) entré en application en 2018[19]. Si, auparavant, les dispositifs de traitement de surveillance de l'activité des salariés devaient faire l'objet de formalités préalables auprès de la Cnil, aujourd'hui l'employeur doit les porter au registre des traitements, et effectuer une analyse d'impact à la protection des données (AIPD) en cas de risque élevé pour les droits et libertés des personnes concernées par la collecte des données. Concrètement, les traitements ayant pour finalité de surveiller de manière constante l'activité des salariés sont prohibés, sauf s'ils sont justifiés et proportionnés, auquel cas ils doivent faire l'objet d'une AIPD.

En tant que responsable du traitement des données personnelles, l'employeur se voit imposer par la réglementation européenne une obligation de transparence qui implique notamment de fournir un certain nombre d'informations au salarié concerné *(Cf. Articles 12 à 14 du RGPD).*

De même, il doit informer et consulter le CSE sur la mise en œuvre des moyens de contrôle de l'activité des salariés (*Cf. Article L. 2312-37 du Code du travail).*

Comme toute personne concernée par la collecte de ses données personnelles, le salarié bénéficie d'un droit d'accès aux données qui le concernent[20], c'est-à-dire qu'il peut demander à son employeur si de telles données sont traitées et en obtenir la communication, afin de vérifier leur exactitude et de pouvoir, si nécessaire, les faire rectifier, voire supprimer dans certains cas *(articles 15 à 17 du RGPD).*

→

Ce « droit à l'oubli » peut par exemple être exercé lorsque les données personnelles ont fait l'objet d'un traitement illicite ou si la personne concernée met en œuvre son droit d'opposition. Celui-ci permet au salarié de s'opposer, à tout moment, à ce que ses données personnelles apparaissant dans un fichier non obligatoire soient utilisées pour un objet précis, pour des raisons tenant à sa situation particulière. L'employeur ne traitera plus les données concernées, sauf s'il « *démontre qu'il existe des motifs légitimes et impérieux pour le traitement qui prévalent sur les intérêts et les droits et libertés de la personne concernée, ou pour la constatation, l'exercice ou la défense de droits en justice* » *(Cf. Article 21 du RGPD*[21]*).*

Les évolutions juridiques liées aux usages de l'IA

En 2021, une proposition de règlement dite « *AI Act* » a été présentée par la Commission européenne ; elle vise à établir des règles harmonisées concernant les usages de l'IA[22]. Il s'agit de la première tentative, au niveau mondial, d'encadrement de l'IA par une institution politique. Dans l'exposé des motifs, la Commission souligne que « *l'intelligence artificielle recouvre un large champ de technologies en évolution rapide et peut procurer de nombreux avantages économiques et sociétaux dans l'ensemble des secteurs économiques et des activités sociales. […] Cela étant, les éléments et techniques qui rendent possibles les bénéfices socio-économiques de l'IA peuvent aussi être à l'origine de nouveaux risques ou de conséquences négatives pour les personnes ou la société. Au vu de la rapidité des évolutions technologiques et des éventuels défis à relever à cet égard, l'UE est déterminée à faire tout son possible pour adopter une approche équilibrée. Il est dans l'intérêt de l'UE de préserver son avance technologique et de faire en sorte que les Européens puissent bénéficier de nouvelles technologies dont le développement et le fonctionnement respectent les valeurs de l'Union et les droits et principes fondamentaux.* » La Commission a choisi une approche par niveau de risque : minimal, faible, haut, inacceptable, avec une réponse adaptée en fonction de chaque niveau. La proposition est encore en cours d'examen par les instances européennes. Le 14 juin 2023, le Parlement européen a validé l'*AI Act* avec quelques amendements, notamment en faveur d'une plus grande prise en compte des personnes concernées par les systèmes d'intelligence artificielle (SIA).

Risques professionnels et axes de prévention

Parmi les conséquences d'une surveillance excessive ou manquant de transparence sur sa finalité, l'étude canadienne de la *Cybersecure Policy Exchange* relève les possibles risques suivants : « *Au nombre des impacts négatifs d'une surveillance excessive en milieu de travail, c'est-à-dire lorsqu'elle dépasse ce qui est raisonnable ou nécessaire, mentionnons des effets psychologiques comme la faible estime de soi, l'anxiété et la dépression. Lorsqu'un employé vit un stress attribuable à une surveillance excessive, on peut observer l'apparition de symptômes, dont des lésions dues aux mouvements répétitifs ou des malaises musculosquelettiques […]. Les outils de surveillance perçus comme étant excessifs sont aussi associés à des taux élevés de roulement et d'absentéisme, à un moral bas, à une faible confiance en la direction, ainsi qu'à la détérioration des relations entre les employés et les employeurs.* »

Un autre risque de ce développement de la surveillance pèse plus directement sur la prévention des risques elle-même, car il pourrait amener à favoriser une approche individualisée de la prévention, au détriment d'une approche collective, plus efficace. Dans le cadre de ses travaux de prospective sur les usages de l'IA au service de la santé et sécurité au travail[11], l'INRS avait ainsi souligné que ces nouvelles fonctionnalités peuvent « *conduire à développer des outils de surveillance des travailleurs et d'alerte lorsque les conditions d'un travail en sécurité ne sont pas remplies (consignes non respectées, état de santé du travailleur hors norme, etc.). Cette surveillance permanente peut générer des risques psychosociaux et également conduire à une individualisation de la santé et sécurité au travail et à une responsabilisation exclusive du travailleur au détriment de la mise en place par l'employeur de mesures de prévention collectives* ».

Afin d'éviter le développement d'usages excessifs et potentiellement néfastes pour la santé des travailleurs, plusieurs mesures de prévention ont d'ores et déjà été proposées par l'INRS dans de précédentes publications. La recommandation de la Cnam (R 470), définissant les bonnes pratiques dans les centres d'appels, précise également que « *les modalités de suivi de la performance mises en place par le chef d'établissement devront être appropriées pour prévenir le sentiment de pression continue et de surveillance permanente* ».

L'INRS recommande ainsi de :

- vérifier que la collecte de données personnelles effectuées par ces équipements respecte le RGPD ;
- veiller à faire respecter le droit à la déconnexion ;
- favoriser la négociation d'accords d'entreprise instaurant une acception plus large du droit à la déconnexion en reconnaissant la possibilité de s'en prévaloir également durant le temps de travail (mise en place de périodes blanches sans connexion pour favoriser la concentration, les échanges interpersonnels entre collègues…) ;
- informer, consulter et impliquer les salariés dans le déploiement des outils de surveillance

numérique et conserver la possibilité de revenir en arrière s'ils s'avèrent plus nocifs que vertueux.

Les institutions européennes, telles que la Fondation européenne pour l'amélioration des conditions de vie et de travail (Eurofound) ou l'Agence européenne pour la santé et la sécurité au travail (EU-OSHA), appellent pour leur part à poursuivre le développement de la réglementation et de la négociation collective sur le sujet. Un rapport d'Eurofound paru en 2020[23] souligne ainsi que l'utilisation des technologies numériques a renforcé le potentiel de contrôle et de surveillance des travailleurs à distance et que les comités sociaux et économiques d'entreprise, ou d'autres formes de représentation des travailleurs, ont un rôle important à jouer pour fixer des limites à l'utilisation de technologies de surveillance intrusive des travailleurs.

De la même façon, un rapport de l'EU-OSHA sur la gestion des travailleurs par des systèmes d'IA[24] alerte sur le fait que ces systèmes peuvent renforcer le pouvoir de la hiérarchie et introduire de nouvelles formes de contrôle potentiellement oppressives sur les lieux de travail et de surveillance en dehors des lieux et des heures de travail. La loi sur le droit à la déconnexion instaurée en France constitue, selon cette institution, une étape importante dans la lutte contre ces pratiques. Outre son objectif premier de garantir aux travailleurs le droit de se déconnecter en dehors des heures de travail, il pourrait aussi servir de moyen pour garantir la protection de la vie privée et des données personnelles, en particulier lorsqu'il s'agit d'un contrôle et d'une surveillance disproportionnés et non strictement nécessaires. L'EU-OSHA propose, pour aller plus loin, l'instauration de mécanismes de signalement robustes qui pourraient inclure le signalement aux autorités publiques, ou encore le renforcement des capacités des inspecteurs du travail en collaboration avec les autorités nationales chargées de la protection des données.

Conclusion et perspectives

Comme l'expliquent Aloisi et De Stefano dans leur ouvrage cité précédemment, le recours au droit est le principal moyen d'éviter une progression d'évolutions potentiellement néfastes de ces pratiques pour les travailleurs. C'est une des raisons pour lesquelles les travaux en cours au niveau de l'Union européenne, en particulier ceux portant sur l'encadrement des usages de l'intelligence artificielle (*IA Act*), sont scrutés avec grande attention. ●

1. Si la surveillance numérique n'est pas systématique, la surveillance du travail de manière générale existe lorsqu'il y a subordination : il s'agit de la surveillance de la réalisation du travail et de l'évaluation de sa qualité.

2. Voir : https://www.cairn.info/revue-hermes-la-revue-2009-1-page-85.htm

3. Le caractère prédictif auquel il est fait ici référence peut prendre plusieurs formes : prédictif de la performance, de la productivité, de divers risques…

4. Voir : https://business.lesechos.fr/entrepreneurs/juridique/0702564137298-surveiller-ses-salaries-quand-la-tentation-est-trop-grande-349798.php

5. Voir : « La surveillance en milieu de travail et le travail à distance. En explorer les impacts et les répercussions en pleine pandémie de COVID-19 au Canada », *Cybersecure Policy Exchange, Ryerson University, août 2021.*

6. Voir : https://dares.travail-emploi.gouv.fr/enquete-source/conditions-de-travail-2019

7. Voir : https://www.cnil.fr/sites/cnil/files/atoms/files/cnil_-_42e_rapport_annuel_-_2021.pdf

8. Voir : https://www.cairn.info/revue-economique-2017-5-page-843.htm

9. Au sens de : réduction des efforts du salarié.

10. Voir : https://cnnumerique.fr/files/uploads/2023/CNNum_Travailler_a_l_heure_du_numerique_corps_et_machines_2022_version_web.pdf ; p 129 : « La surveillance technologique entre dans le bureau ».

11. Voir : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=PV%2020

12. Voir : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=TF%20191

13. Voir : https://www.puf.com/content/UberUs%C3%A9s

14. Voir : https://www.bloomsbury.com/uk/your-boss-is-an-algorithm-9781509953189/

15. Voir : Cour de cassation (chambre sociale), 2 octobre 2001, pourvoi n°99-42942.

16. Voir : https://www.cnil.fr/fr/la-videosurveillance-videoprotection-au-travail, notamment pour un exemple de sanction de la Cnil prononcée contre un employeur ayant installé une caméra au-dessus du poste de travail d'un salarié.

17. Ces éléments font partie des points abordés dans les questions-réponses de la Cnil sur le télétravail, accessibles sur : https://www.cnil.fr/fr/les-questions-reponses-de-la-cnil-sur-le-teletravail

18. Voir : Loi n°78-17 du 6 janvier 1978 modifiée, relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés.

19. Règlement (UE) 2016/679 du Parlement européen et du Conseil du 27 avril 2016, relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données, et abrogeant la directive 95/46/CE (règlement général sur la protection des données).

20. Sur le droit d'accès des salariés à leurs données personnelles, voir également : https://www.cnil.fr/fr/le-droit-dacces-des-salaries-leurs-donnees-et-aux-courriels-professionnels

21. Sur le droit d'opposition de la personne concernée par la collecte de ses données personnelles, voir également : https://www.cnil.fr/fr/le-droit-dopposition-refuser-lutilisation-de-vos-donnees.

22. Proposition de règlement du Parlement européen et du Conseil du 21 avril 2021 établissant des règles harmonisées concernant l'intelligence artificielle (législation sur l'intelligence artificielle) et modifiant certains actes législatifs de l'Union. Voir : https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:e0649735-a372-11eb-9585-01aa75ed71a1.0020.02/DOC_1&format=PDF

23. Voir : Employee monitoring and surveillance: The challenges of digitalization. Accessible sur : *https://www.eurofound.europa.eu/en/publications/2020/employee-monitoring-and-surveillance-challenges-digitalisation*

24. Voir : https://osha.europa.eu/sites/default/files/artificial-inteligence-worker-management_en.pdf

Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles · 65 bd Richard-Lenoir 75011 Paris · www.inrs.fr · Conception graphique : Éva Minem · © INRS 2022 · **AD 875**

Découvrez nos supports sur les risques de chutes de plain-pied

Pour en savoir plus :
www.inrs.fr/chutePP

© INRS – EI_4084

COMMENT UTILISER L'OUTIL D'ÉVALUATION DES NIVEAUX D'EXPOSITION AUX SUBSTANCES CHIMIQUES PAR SITUATION DE TRAVAIL ?

L'outil d'évaluation des expositions aux substances chimiques par situation de travail, mis en ligne sur le site Web de l'INRS, apporte une information quantitative *a priori* sur les niveaux d'exposition à des substances présentes dans l'air des lieux de travail. Il constitue une aide à l'évaluation et à la prévention du risque chimique en entreprise.

L'outil d'évaluation des niveaux d'exposition aux substances chimiques par situation de travail remplace les bases de données Solvex et Fibrex. Il présente des données statistiques sur les concentrations dans l'air des lieux de travail d'environ 430 substances[1] et synthétise plus de 35 années d'observations et de mesures réalisées dans des établissements français, afin de documenter les niveaux d'exposition à partir de la collecte de très nombreuses données quantitatives.

Quelles informations fournit l'outil ?

Pour une substance chimique et sur une période donnée, l'outil fournit une information statistique simple et un rapport plus complet, à partir d'au moins un des descripteurs suivants :

- le secteur d'activité (code NAF de l'Insee) ;
- le métier (code Rome de Pôle emploi) ;
- la tâche ;
- l'effectif de l'établissement ;
- le type de procédé (ouvert, clos…) ;
- la fréquence d'exposition du travailleur ;
- le produit à l'origine de l'exposition ;
- le type de ventilation ;
- le type de captage.

Cette information peut être utilisée pour caractériser les substances présentes dans une situation de travail. L'outil fournit également une évaluation *a priori* des niveaux d'exposition, comparée aux valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) de la substance étudiée, quand elles existent. Un rapport (disponible au format HTML) complète ces informations. Il intègre notamment la liste des autres substances chimiques potentiellement présentes et pouvant causer des effets similaires sur la santé. Cette évaluation de la polyexposition est basée sur l'outil MiXie France[2].

Enfin, il peut également permettre de hiérarchiser les cibles d'actions prioritaires à déployer dans le cadre d'une démarche de prévention.

Comment utiliser l'outil ?

Se connecter au choix *via* :

- www.inrs.fr, rubrique « Publications et outils/Bases de données » ;
- ou https://www.inrs.fr/outil110.

L'onglet « Évaluation » regroupe la période de recherche, les substances incluses et les descripteurs permettant de caractériser une situation de travail *(Cf. Figure 1)*.

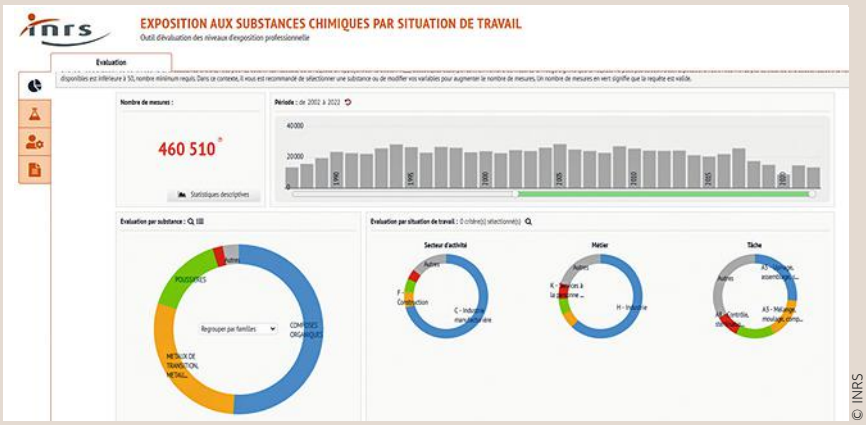
• Étape n°1 : définition de la période d'interrogation

Les années de début et de fin d'interrogation sont à renseigner. Par défaut, l'année de début d'interrogation est fixée à 2002, mais reste modifiable par l'utilisateur.

• Étape n°2 : description de la situation de travail

Les neuf descripteurs cités précédemment sont proposés pour caractériser la situation de travail. Des diagrammes circulaires illustrent la distribution des mesures pour chaque descripteur *(Cf. Figure 2)*. Dès qu'un descripteur est choisi, les autres graphiques sont mis à jour automatiquement en fonction des informations disponibles dans l'outil.

TECHNIQUE



© INRS

↑ **FIGURE 1** Capture d'écran : onglet « Évaluation » de l'outil.

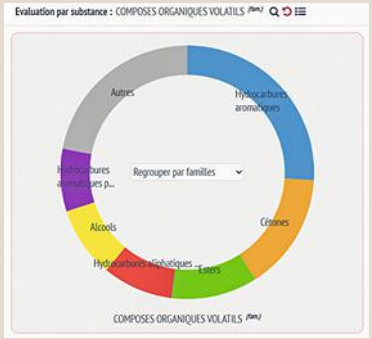
© INRS

↑ **FIGURE 2** Capture d'écran : neuf descripteurs pour décrire la situation de travail.

© INRS

↑ **FIGURE 4** Capture d'écran : statistiques descriptives.

© INRS



© INRS

© INRS

↑ **FIGURE 3** Captures d'écran : choix de la famille, sous-famille et substance.

objectif de mesures (quantitatif individuel ou d'ambiance) et par durée de prélèvement. Des résultats complémentaires sont disponibles dans un rapport (format HTML) *(Cf. Figure 4)*.

En complément, il est possible d'interroger l'outil depuis les onglets « substances » et « situation de travail ». Pour en savoir plus, le manuel d'utilisation en ligne accessible depuis l'outil présente ces approches.

Il est également possible d'importer la cartographie de l'établissement depuis les outils Seirich ou Altrex chimie. ●

• Étape n°3 : choix de la substance

L'étape n°3 a pour but de sélectionner dans un premier temps la famille *(Cf. Figure 3)*, puis la sous-famille et, enfin, la substance étudiée.

NB : Les étapes n°2 et n°3 peuvent être réalisées dans l'ordre choisi par l'utilisateur.

• Étape n°4 : résultats statistiques et rapport

Dès lors qu'une substance est sélectionnée et que le nombre de résultats disponibles dépasse 50, le bouton : Statistiques descriptives apparaît et permet d'accéder aux statistiques descriptives. Celles-ci sont stratifiées par

1. Il s'agit en particulier de composés organiques volatils ou semi-volatils, d'aérosols, de silice cristalline, de métaux, d'acides, de bases, d'hydrocarbures aromatiques polycycliques, d'isocyanates, de fibres, sauf amiante.

2. Accessible sur : www.inrs.fr/publications/outils/mixie.html.

Conception-rédaction : Gautier Mater, Andrea Emili, Barbara Savary, Audrey Humbert et Jean-François Sauvé, INRS, département Métrologie des polluants.

HYGIÈNE ET 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 :
4e trimestre 2023
n° 22120129
ISSN 0007-9952
www.inrs.fr/publications/hst/dans-ce-numero.html

INRS service abonnements
Abonnements payants :
Abonn'escient – TBS Group
Service abonnements
Hygiène & sécurité du travail
20 rue Rouget-de-Lisle
92130 Issy-les-Moulineaux
Tél.: 01 40 94 22 22 /
01 30 80 44 40
inrs@cometcom.fr

Prix au numéro: 22,00 €
Tarifs abonnement pour
1 an/4 numéros:
France: 76,00 €
DOM-TOM: 83,00 €
Autres zones: 89,00 €

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.

PEFC 10-31-1510

IMPRIM'VERT®

Retrouvez
tous les articles sur
www.hst.fr

Institut National de Recherche et de Sécurité