

RÉFÉRENCES EN SANTÉ AU TRAVAIL

> Revue trimestrielle de l'INRS

CANCER DU REIN PROVOQUÉ PAR LE TRICHLORÉTHYLÈNE

→ Un nouveau tableau de
maladies professionnelles
et ses commentaires

LES COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS

→ Des biomarqueurs urinaires
pour évaluer les polyexpositions

L'USAGE DES EXOSQUELÈTTES EN ENTREPRISE

→ Prévention des troubles
musculosquelettiques et rôle
des services de santé au travail

Abonnez-vous en ligne

La revue trimestrielle *Références en Santé au Travail* est diffusée aux acteurs des services de santé au travail. L'abonnement gratuit est établi pour une durée de deux ans. Un avis de réabonnement est envoyé à échéance.

+ D'INFOS

www.rst-sante-travail.fr

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

STÉPHANE PIMBERT

COMITÉ DE RÉDACTION

Rédacteur en chef: **BERNARD SIANO**

Rédactrice en chef adjointe: **ANNE DELÉPINE**

Rédactrice: **EMMANUELLE PERIS**

Secrétaire générale de la rédaction: **ANNE SCHALLER**

Chargée d'études bibliographiques et de veille: **ANNIE BIAOUI**

Correctrice et assistante de gestion: **CYNDIE JACQUIN-BRISBART**

Chargée de rubrique Allergologie professionnelle:
NADIA NIKOLOVA-PAVAGEAU

Relecteurs et conseillers médicaux: **CATHERINE AUBRY,**
MARIE-CÉCILE BAYEUX-DUNGLAS, STÉPHANE MALARD

COMITÉ SCIENTIFIQUE

AGNÈS AUBLET-CUVELIER, *Direction des Études et recherches, INRS*

CHRISTINE DAVID, *Département Expertise et conseil technique, INRS*

MARIA GONZALEZ, *Service de pathologie professionnelle, hôpital civil de Strasbourg*

GUY HÉDELIN, *Département Épidémiologie en entreprise, INRS*

PATRICK LAINE, *Département Expertise et conseil technique, INRS*

FAHIMA LEKHCHINE, *Département Information et communication, INRS*

SERGE MÉSONIER, *Association française des intervenants en prévention des risques professionnels de services interentreprises de santé au travail, Cergy-Pontoise*

GÉRARD MOUTCHE, *Département Formation, INRS*

SYLVIE ODE, *Groupement des infirmier(e)s du travail, Paris*

CHRISTOPHE PARIS, *Centre de consultation de pathologie professionnelle et de médecine environnementale, Centre hospitalier de Rennes*

ALAIN ROBERT, *Département Toxicologie et biométrie, INRS*

ONT PARTICIPÉ À CE NUMÉRO

ANNE BOURDIEU, MYRIAM BOUSELHAM, GABRIELA CAETANO, MARIE-ANNE GAUTIER, PHILIPPE HACHE, SOPHIE ROBERT
ET L'ATELIER CAUSSE

ACTUALITÉS

RÉF. PAGE		
AC 155 P. 5	INFOS À RETENIR Les effets des faibles doses de rayonnements : comparaison du risque de cancer chez les travailleurs du nucléaire et les survivants des bombardements atomiques	TF 288 P. 33
AC 156 P. 7	Conduites addictives de la population active : chiffres clés	TF 289 P. 47
AC 157 P. 9	Prévention du risque chimique : « <i>Les valeurs limites d'exposition professionnelle</i> » et l'outil 65 de l'INRS	TD 280 P. 57
AC 158 P. 10	Techniques de réduction du bruit en entreprise : une nouvelle base de données de l'INRS	TD 281 P. 63
P. 11	NOUVEAUTÉS DE L'INRS Brochures, dépliants, affiches, vidéos, documents en ligne...	
P. 15	PARTICIPEZ À LA RECHERCHE Retours d'expérience durant la crise sanitaire Covid-19 dans le secteur de la logistique et du transport	TD 282 P. 69
		TD 283 P. 75
		VU DU TERRAIN Utilisation des composés organiques volatils urinaires non métabolisés comme biomarqueurs pour évaluer les polyexpositions professionnelles
		Connaissances et couvertures vaccinales contre la grippe et la coqueluche des personnels dans 4 maternités d'Île-de-France
		SUIVI POUR VOUS Automatisation du travail. Journées Marcel Marchand, Institut de santé au travail du nord de la France. Conférence en ligne, 22 octobre 2020
		Silice cristalline : expositions professionnelles et surveillance médicale. Société française de médecine du travail. Conférence en ligne, 5 février 2021
		Prévention des risques liés au travail de nuit, un colloque de l'INRS. Conférence en ligne, 11 mars 2021
		Poussières, nanoparticules et santé. L'invisible éclairé... 26 ^e Journée Recherche de l'IIMTPIF. Conférence en ligne, 24 mars 2021

CONNAISSANCES ET RÉFÉRENCES

RÉF. PAGE

TC 175 P. 17	GRAND ANGLE Les exosquelettes pour prévenir les troubles musculosquelettiques et rôle des services de santé au travail
--------------	--

OUTILS REPÈRES

RÉF. PAGE

QR 157 P. 81 **VOS QUESTIONS/NOS RÉPONSES**
Suivi individuel de l'état de santé du salarié: qui prend en charge le coût des examens complémentaires ?

QR 158 P. 83 Pratiques addictives dans les TPE : quelle prévention mettre en place ?

TK 33 P. 87 **TABLEAUX DE MALADIES PROFESSIONNELLES : COMMENTAIRES**
Décret n° 2021-636 du 20 mai 2021 révisant et complétant les tableaux des maladies professionnelles annexés au livre IV du Code de la Sécurité sociale

À VOTRE SERVICE

PAGE

AGENDA
P. 92 De juillet 2021 à juin 2022

FORMATION
P. 93 Deux stages de l'INRS : Passer du diagnostic précoce individuel à l'action de prévention collective des troubles musculosquelettiques (Saltsa)

P. 94 Évaluer et prévenir les risques pour la reproduction

RÉFÉRENCES EN SANTÉ AU TRAVAIL

www.rst-sante-travail.fr

**ABONNEZ-VOUS
GRATUITEMENT
À LA REVUE**

**EN UN CLIC
ET POUR 2 ANS :**

www.rst-sante-travail.fr

Chaque mois, la rubrique « **Juridique** » est à retrouver sur :

www.inrs.fr/header/actualites-juridiques.html

Les recommandations aux auteurs sont disponibles en ligne sur le site de la revue, dans la rubrique « **En pratique** ».

Sommaire

1

ACTUALITÉS

P. 5 **INFOS À RETENIR**

P. 11 **NOUVEAUTÉS DE L'INRS**

P. 15 **PARTICIPEZ À LA RECHERCHE**

Les effets des faibles doses de rayonnements : comparaison du risque de cancer chez les travailleurs du nucléaire et les survivants des bombardements atomiques*

* La rédaction remercie l'Institut de recherche et de sûreté nucléaire (IRSN) de l'autoriser à reproduire cette information

Lancée en 2011, l'Étude internationale des travailleurs du nucléaire (INWORKS : *International Nuclear Worker Study*) vise à améliorer la connaissance des risques associés à une exposition chronique à de faibles doses de rayonnements ionisants. Dans un article paru dans la revue *Radiation and Environmental Biophysics*, le Laboratoire d'épidémiologie des rayonnements ionisants (LEPID) de l'Institut de recherche et de sûreté nucléaire (IRSN) apporte un complément utile en comparant les résultats d'INWORKS à ceux de la *Life Span Study* (LSS), l'étude épidémiologique portant sur les survivants des bombardements de Hiroshima et Nagasaki, pour l'évaluation des risques radio-induits sur la santé.

Des connaissances à améliorer

Le système de radioprotection vise à protéger les travailleurs, les patients et la population générale des effets indésirables des expositions aux rayonnements ionisants (RI) sur la santé. Ce système repose en particulier sur la connaissance de ces effets acquise grâce aux études épidémiologiques, notamment la LSS, la cohorte des survivants japonais des bombardements atomiques de Hiroshima et Nagasaki en 1945. Bien que très informative, la LSS présente des limites, du fait de la nature ponctuelle et brève (ou « *flash* ») de l'exposition des survivants aux RI qui ne reflète pas la nature des expositions professionnelles, répétées dans le temps sur plusieurs années ou dizaines d'an-

nées, ou les expositions environnementales chroniques sur la vie entière.

Dans ce contexte, une étude internationale dénommée INWORKS a été mise en place en 2013, incluant trois cohortes de travailleurs de l'industrie nucléaire de France, États-Unis et Grande-Bretagne. L'IRSN participe à cette étude [1] coordonnée par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) par le biais de la cohorte française des travailleurs du nucléaire constituée de plus de 59 000 travailleurs du CEA civil, d'Orano et d'EDF, embauchés à partir des années 1950 et ayant porté un dosimètre passif. Les premiers résultats d'INWORKS, publiés en 2015, ont confirmé une augmentation du risque de cancer et de maladies de l'appareil circulatoire en fonction de la dose cumulée de RI dans cette population de plus de 308 000 travailleurs dont l'exposition professionnelle a été reconstituée individuellement sur l'ensemble de leur carrière.

Exposition aiguë ou expositions faibles et répétées : une comparaison des risques de cancer

L'un des objectifs d'INWORKS était de comparer les relations dites « dose-risque » (c'est-à-dire les relations entre la dose de RI reçue et le risque de décès par maladie chronique) observées chez les travailleurs avec celles observées dans la LSS, pour en évaluer la cohérence. Cependant, INWORKS et la LSS présentent des caractéristiques très différentes : INWORKS est

principalement composée d'hommes exposés à l'âge adulte, tandis que la LSS inclut des personnes exposées à tous âges et une large proportion de femmes. Or, il est établi que le risque de cancer diffère selon que l'exposition a été reçue pendant l'enfance ou à l'âge adulte et selon le sexe.

Pour comparer les relations dose-risque de cancer entre INWORKS et la LSS, des sous-populations présentant les caractéristiques les plus proches possibles en termes d'âge à l'exposition, de sexe et de période de suivi ont été considérées. Ainsi, deux sous-cohortes de 259 360 travailleurs d'INWORKS et de 45 625 sujets de la LSS ont été formées, avec un âge moyen à l'exposition de 37,3 ans pour la LSS et 37,8 ans pour INWORKS (calculé en milieu de carrière pour cette dernière). Pour compenser la plus forte proportion de femmes dans la LSS (64 % contre 12 % dans INWORKS), une méthode de pondération statistique des observations de la LSS a été appliquée dans la modélisation des données. La dose moyenne au côlon utilisée dans l'estimation du risque de cancer solide était de 116 milliGray (mGy) dans la LSS et de 19 mGy cumulés pour INWORKS. De 1950 à 2003, 7 982 décès par cancers solides ont été observés dans la sous-cohorte de la LSS contre 16 279 dans la sous-cohorte d'INWORKS de 1950 à 2005.

L'analyse du risque de cancer solide a conclu à une très forte similitude des coefficients d'excès de risque entre les deux populations, avec une augmentation du risque de décès par cancer solide proportionnelle à la dose de RI, de 3 % pour 100 mGy dans les deux populations. De façon intéressante, en étudiant les relations dose-risque sur des intervalles de doses de plus en plus restreints (0—500 mGy, 0—300 mGy, 0—200 mGy, 0—100 mGy), on retrouve des coefficients de risque proches entre les deux sous-cohortes.

Les apports d'INWORKS pour la radioprotection

L'une des hypothèses du système actuel de radioprotection stipule que le risque de cancer induit par des expositions à faibles doses délivrées à faibles débits de dose (comme les expositions dans INWORKS) serait deux fois plus faible que le risque de cancer induit par des doses élevées délivrées à fort débit de dose (comme les expositions dans la LSS) : les observations ici n'étaient pas cette hypothèse pour des expositions à l'âge adulte puisque l'estimation du risque de cancer pour INWORKS est du même ordre

de grandeur que pour la LSS, même sur des intervalles de doses restreints.

En conclusion, ce travail démontre la cohérence des estimations de risque de cancer en lien avec l'exposition aux RI dans des sous-cohortes de la LSS et d'INWORKS comparables en ce qui concerne l'âge à l'exposition et les périodes de suivi. La similitude des coefficients de risque présente un intérêt majeur, lorsque l'on considère qu'une de ces populations a été fortement exposée de façon ponctuelle aux RI, tandis que l'autre a reçu des expositions répétées à de faibles doses pendant plusieurs années. Ces observations suggèrent que des risques associés à différents types d'exposition puissent *in fine* être comparables pour des expositions à l'âge adulte. Enfin, ce travail confirme également que l'augmentation de risque de cancer associé à des doses faibles est faible.

POUR EN SAVOIR +

○ LEURAUD K, RICHARDSON DB, CARDIS E, DANIELS RD ET AL. - Risk of cancer associated with low-dose radiation exposure: comparison of results between the INWORKS nuclear workers study and the A-bomb survivors study. *Radiat Environ Bioph.* 2021 ; 60 : 23–39 (<https://link.springer.com/article/10.1007/s00411-020-00890-7>).

Conduites addictives de la population active : chiffres clés

Philippe Hache, département Études et assistance médicales, INRS

La Mission interministérielle de lutte contre les drogues et les conduites addictives (MILDECA) a publié des données sur la consommation de substances psychoactives chez les salariés et agents du secteur public. Les premières statistiques disponibles en matière de perte d'emploi et d'accidents du travail sont également fournies.

L'ensemble de ces données est issu de Constances, cohorte épidémiologique française constituée d'un échantillon représentatif de 200 000 adultes âgés de 18 à 69 ans à l'inclusion, qui fréquentent les centres d'examen de santé de la Sécurité sociale. La MILDECA finance l'exploitation des données de la cohorte Constances afin de disposer de données statistiques fiables sur les pratiques addictives des salariés et des agents du secteur public.

Une sélection des différents résultats est présentée ici. Le document intégral peut être téléchargé à l'adresse suivante : https://www.drogues.gouv.fr/sites/drogues.gouv.fr/files/atoms/files/rapport_constances_web.pdf.

Consommation de substances psychoactives

Tabac

Chez les travailleurs, le tabagisme concerne 27 % des hommes et 23 % des femmes. Les ouvriers et les employés sont les plus concernés par cette consommation.

La part des anciens fumeurs s'élève à 35 % chez les hommes et 30 % chez les femmes.

Alcool

Les volontaires de la cohorte Constances ont été interrogés sur leur consommation d'alcool et son reten-

tissement à l'aide du questionnaire AUDIT (*Alcohol use disorders identification test*) comportant 10 questions, chacune cotée de 0 à 4. Ici, un score supérieur à 7 témoigne d'une consommation dangereuse, tandis qu'un score supérieur à 15 témoigne d'un risque de dépendance.

Consommation dangereuse

Parmi la population active occupée, 19,8 % d'hommes et 8 % de femmes ont un usage dangereux de l'alcool. Au sein des catégories d'âge, les 18-35 ans sont les plus concernés. De même, parmi les catégories socioprofessionnelles, l'usage dangereux d'alcool concerne 22,9 % des employés, 22 % des ouvriers et 10,7 % des femmes cadres.

Aucun secteur d'activité n'est épargné, même si des différences sont observées. Les secteurs d'activité où l'usage dangereux est le plus élevé sont l'industrie, les commerces, les services à la personne et l'éducation. Les secteurs de la santé et de l'administration ont des prévalences moindres.

Risque de dépendance

Chez les hommes, 6 % des ouvriers et 7,7 % des employés présentent un risque de dépendance à l'alcool. Chez les femmes, ce niveau de risque concerne 1 % des cadres.

Cannabis

Parmi les travailleurs, 8 % des hommes et 4 % des femmes consomment du cannabis au moins une fois par semaine. Les 18-35 ans sont les plus concernés. Les employés sont les plus nombreux à consommer plus d'une fois par semaine. Au sein de cette catégorie socio-professionnelle, 11,6 % des hommes et 5,9 % des femmes sont concernés.

Médicaments psychotropes anxiolytiques

La cohorte Constances permet également d'obtenir des données de mésusage des médicaments anxiolytiques chez les travailleurs. Ici, le mésusage est défini par une consommation continue de ce type de psychotrope au-delà de 12 semaines.

Sur la période 2009 - 2014, 4,9 % des femmes et 2,8 % des hommes ont eu au moins un épisode de mésusage de médicaments anxiolytiques. Cette situation est plus fréquente dans les catégories d'âge les plus élevées.

De même, la prévalence du mésusage augmente :

- lorsque le niveau socio-économique diminue (catégorie socioprofessionnelle, niveau d'éducation, revenus du foyer) ;
- suivant l'intensité du stress au travail, quelle que soit la catégorie sociale concernée. Par ailleurs, il est à noter que l'exposition stressante au public est associée à une augmentation des consommations de tabac, de cannabis et d'alcool.

Consommation et statut d'emploi

Travail à temps partiel

Les prévalences d'usage d'alcool, de tabac et de cannabis sont plus élevées chez les hommes travaillant à temps partiel, par rapport à ceux travaillant à temps complet. Le contraire est observé chez les femmes.

Les travailleurs à temps partiel sont plus concernés par le mésusage de médicaments psychotropes anxiolytiques que ceux à temps complet.

Demandeurs d'emploi

Les demandeurs d'emploi consomment plus de tabac que les travailleurs : 1,5 fois plus chez les hommes, 1,3 fois plus chez les femmes.

Que ce soit chez les hommes ou chez les femmes, les inactifs ont deux fois plus d'addiction à l'alcool que les actifs.

En matière d'usage de cannabis chez les hommes, il est noté 3 fois plus de consommateurs chez les demandeurs d'emploi comparé aux actifs. Chez les femmes, ce rapport est de 1,7.

Risques associés à l'usage de substances psychoactives

Perte d'emploi

Les fumeurs ont un risque de perte d'emploi à un an au moins multiplié par 1,5 par rapport aux non-fumeurs. L'usage dangereux de boissons alcoolisées est associé à un risque de perte d'emploi à un an multiplié par 1,5. En cas de dépendance, ce risque est multiplié par 2.

Une consommation de cannabis inférieure à une fois par mois est associée à un risque de perte d'emploi à un an multiplié presque par 2. Si cet usage est d'au moins une fois par mois, le risque est presque multiplié par 3.

Alcool et accidents du travail graves

Les accidents du travail graves sont définis ici comme ayant engendré des séquelles se traduisant par une incapacité permanente partielle (IPP).

L'intensité de la consommation hebdomadaire d'alcool constitue un facteur de risque :

- consommation hebdomadaire d'au moins 2 verres par jour chez la femme, ou 4 verres par jour chez l'homme : le risque d'accident du travail grave est multiplié par 2 ;
- épisode d'alcoolisation ponctuelle importante survenant au moins une fois par semaine : le risque d'accident grave est augmenté de 50 %. L'alcoolisation ponctuelle importante est définie par la consommation d'au moins 6 verres en une seule occasion. Elle correspond au phénomène de *binge drinking*. Il est rappelé que seule l'analyse de l'accident permet de définir la part de responsabilité de la consommation d'alcool parmi les autres causes.

POUR EN SAVOIR +

○ **HACHE P, PERIS E - Antalgiques opioïdes et travail. Mise au point TP 43.** *Réf Santé Trav.* 2020 ; 164 : 87-96.

○ **HACHE P - Benzodiazépines et travail. Mise au point TP 32.** *Réf Santé Trav.* 2019 ; 157 : 151-58.

○ **HACHE P - Cannabis et travail. Grand angle TC 160.** *Réf Santé Trav.* 2017 ; 152 : 37-51.

○ **HACHE P - Alcool et travail. Grand angle TC 152.** *Réf Santé Trav.* 2015 ; 144 : 29-48.

○ **Addictions : alcool, tabac, drogues...** INRS, 2018 (<https://www.inrs.fr/risques/addictions/ce-qu-il-faut-retenir.html>).

○ **Index de la Revue de A à Z > ADDICTION.** INRS (https://www.rst-sante-travail.fr/rst/header/sujets-az_parindex.html?rechercheIndexAZ=addiction___ADDICTION).

Prévention du risque chimique : « Les valeurs limites d'exposition professionnelle » et l'outil 65 de l'INRS

La prévention des risques liés à l'exposition aux agents chimiques dangereux consiste à éviter l'exposition des personnes à ces agents présents dans l'air des lieux de travail ou à la réduire aux niveaux les plus faibles possible. Dans la pratique, les valeurs limites d'exposition professionnelle sont des concentrations atmosphériques pondérées dans le temps et à ne pas dépasser.

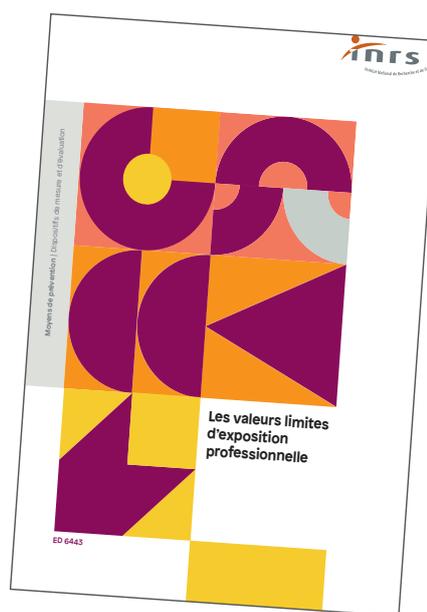
Sont distinguées : les valeurs limites réglementaires, indicatives ou contraignantes ; les valeurs limites admises à caractère indicatif et les valeurs limites recommandées par la Caisse nationale de l'Assurance maladie (CNAM).

Ces valeurs fournissent des repères chiffrés d'appréciation de la qualité de l'air des lieux de travail qui supposent l'évaluation préalable des risques pour la santé ainsi que la recherche de méthodes de prélèvement et d'analyse adaptées.

La brochure « Les valeurs limites d'exposition professionnelle » de l'INRS, qui vient de paraître, présente le système français des VLEP avec les principales notions et explications permettant leur bonne utilisation. Elle complète le tableau des VLEP françaises, proposé par l'INRS (outil 65), qui met à disposition la liste des valeurs limites réglementaires (contraignantes ou indicatives) et non réglementaires, établies pour des substances chimiques (gaz, poussières, aérosols...), mis à jour à chacune des évolutions des VLEP.

Cette liste est proposée sous forme d'un fichier Excel. Pour chaque substance listée : désignation de la substance, numéro CAS, VLEP 8h (en ppm ou en mg/m³), VLEP CT* (en ppm ou en mg/m³), renvoi à un tableau de maladie professionnelle ou à une fiche toxicologique de l'INRS, année de mise à jour.

* Valeur limite à court terme, sur 15 min.



Réf. ED 6443, 24 p. et outil 65



POUR EN SAVOIR +

o Mesure des expositions aux agents chimiques et biologiques. INRS, 2015 (<https://www.inrs.fr/risques/mesure-expositions-agents-chimiques-biologiques/ce-qu-il-faut-retenir.html>).

Techniques de réduction du bruit en entreprise : une nouvelle base de données de l'INRS

www.inrs.fr/publications/bdd/techniques-reduction-bruit.html

A fin d'accompagner les acteurs de la prévention en entreprise, et notamment les services de santé au travail, dans la mise en place d'actions de prévention des risques liés au bruit, l'INRS a mis en ligne une base de données « Techniques de réduction du bruit en entreprise » qui présente des exemples de solutions concrètes ayant permis de réduire l'exposition au bruit des salariés.

Elle est constituée de fiches correspondant à une application industrielle réelle (figure 1) mise en œuvre dans le cadre des actions suivies par les centres de mesures physiques des services prévention des caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (CARSAT) et de la CRAMIF (Caisse régionale d'assurance maladie d'île-de-France).

Simple et concis, les exemples choisis illustrent les différents types d'actions possibles et montrent leur application dans divers contextes industriels. Chaque fiche détaille le gain obtenu – en comparant des niveaux de bruit avant et après réalisation des travaux – ainsi que les avantages et les inconvénients de l'action mise en œuvre.

Pour toute demande de renseignements complémentaires sur une technique de réduction du bruit en entreprise, il est possible de contacter info@inrs.fr en mentionnant le nom de la base de données et le numéro de la fiche concernée.

Figure 1 : Exemple d'une fiche extraite de la base « Outil pour dégonfler silencieusement les pneumatiques »

The screenshot shows a technical fiche from the INRS website. The header includes the INRS logo and the text 'Santé et sécurité au travail'. A search bar is located in the top right corner. Below the header, there are navigation tabs for 'Actualités', 'Démarches de prévention', 'Risques', 'Métiers et secteurs d'activité', 'Services aux entreprises', and 'Publications et outils'. The breadcrumb trail reads: 'Accueil > Publications et outils > Bases de données > Techniques de réduction du bruit en entreprise > Outil pour dégonfler silencieusement les pneumatiques'. The main title of the fiche is 'Outil pour dégonfler silencieusement les pneumatiques'. A button indicates 'Fiche complète (PDF 342,51 Ko)'. The 'Caractéristiques' section lists: 'Numéro de la fiche: 28', 'Solution: Outil silencieux', 'Domaine: Mécanique automobile et entretien de véhicules', and 'Coût indicatif: 45 € (2019)'. The 'Problème' section states: 'Les opérations de vidange de l'air comprimé des pneumatiques professionnels (poids lourds, engins de chantier, bus, VL) exposent les opérateurs à des bruits qui peuvent atteindre 110dB(A) à 1m du pneumatique.' The 'Réalisation' section states: 'Le démonte-obus de valve silencieux, commercialisé sous le nom Dr-Sil, permet de réduire les émissions sonores pendant les opérations de dégonflage. Le Dr-Sil est équipé d'une cartouche filtrante et d'un dispositif permettant de le fixer sur les valves des pneumatiques. Cet outil vise à maintenir le bruit de dégonflage des pneus en dessous des 85 dB(A) sans pour autant ralentir la vitesse de dégonflage.' Below the text is a photograph showing a hand using the 'Dr-Sil' tool on a tire valve. The caption for the photo is 'Dr-Sil en situation'. The 'Gain' section indicates a reduction of '20 dB(A)'. The 'Remarques' section notes: 'L'utilisation du Dr-Sil évite le risque de projection de l'obus ou de particules.' At the bottom, it says 'Fiche réalisée par l'INRS avec les Centres de Mesures Physiques des Carsat/Cramif.'

Brochures, dépliants, affiches, vidéos, documents en ligne...

La précipitation peut entraîner un accident
 Réf. INRS AD859 (60x80 cm)



Moins fort le bruit

Ce dépliant de sensibilisation à destination des salariés détaille les dangers liés au bruit au travail, explique les moyens d'action du salarié quand le bruit devient une gêne et liste les mesures de prévention à mettre en place.

Réf. INRS ED 6020, dépliant 3 volets.



Les légionelles en milieu de travail

Fiche agents biologiques

Cette fiche présente les effets des légionelles sur la santé, les installations les plus à risque ainsi que les mesures réglementaires de prévention (en termes de conception, maintenance, entretien et surveillance) à mettre en place pour chaque type d'installation.

Réf. INRS ED 4417, plaquette 8 p.



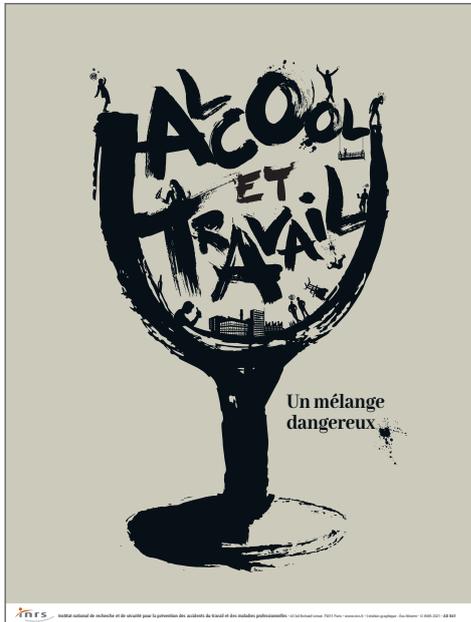
Napo dans... Allégez la charge !
 (Anim-276, vidéo de 06:41)

Les troubles musculosquelettiques (TMS) sont le problème de santé au travail le plus courant en Europe. Ils se manifestent par des douleurs au niveau des articulations des épaules, des poignets, des coudes mais aussi du bas du dos, du cou et des genoux. Les origines peuvent être multiples : répétition de mêmes gestes, travail statique prolongé, port de charges lourdes...

Les TMS sont une source de désorganisation pour l'entreprise (diminution de la productivité, de la qualité...) et peuvent avoir un impact majeur en matière d'absentéisme et de *turnover*.

Avec légèreté et humour, le nouveau film d'animation *Napo dans... Allégez la charge !* met en lumière les principales situations à risques et les grandes lignes de la démarche de prévention des TMS. Ces séquences viennent en complément du film *Napo* du même nom DV0376 de 2009.

Alcool et travail. Un mélange dangereux



Réf. INRS AD 861 (60 x 80 cm)

Une élingue abîmée ne doit plus être utilisée



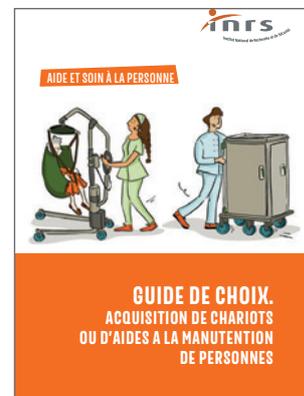
Réf. INRS AD 858 (60 x 80 cm)



La démarche ALM - Accompagner la mobilité

Le milieu de l'aide et du soin est un secteur très accidentogène où la manutention de personnes est à l'origine des deux tiers des accidents du travail et de l'essentiel des maladies professionnelles. La démarche ALM a pour objectif de prévenir l'exposition au risque de troubles musculosquelettiques (TMS) et aux chutes liés au portage des patients. Ce dépliant fait le point sur cette démarche qui permet de réaliser des soins de qualité, tout en préservant l'autonomie des patients et des bénéficiaires, ainsi que la santé et la sécurité des soignants et des aidants.

Réf. INRS ED 6415 dépliant 3 volets.



Guide de choix. Acquisition de chariots ou d'aides à la manutention de personnes

Aide et soin à la personne
Ce guide propose une démarche et des conseils pour choisir, acquérir ou louer un équipement en intégrant non seulement les exigences techniques et les usages attendus, mais aussi la santé et la sécurité des utilisateurs professionnels.

Réf. INRS ED 6414, dépliant 4 volets,



Hôtellerie

Restauration rapide

Restauration traditionnelle

TPE-PME

Trois dépliants de sensibilisation, destinés aux TPE-PME, présentent les principaux risques professionnels liés aux secteurs de l'hôtellerie, de la restauration rapide et de la restauration traditionnelle, ainsi que les chiffres-clés en matière d'accidents du travail et de maladies professionnelles. Ils rappellent également les principales situations à l'origine d'accidents du travail et les solutions de prévention incontournables.

Réf. INRS ED 6436, dépliant 6 volets.

Réf. INRS ED6399, dépliant 6 volets.

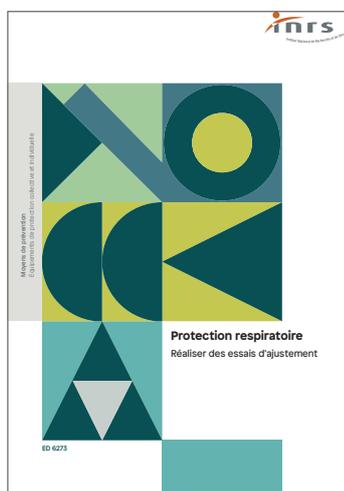
Réf. INRS ED6410, dépliant 6 volets.

INDICATIONS DES TESTS DE DÉTECTION DU VIRUS SARS-COV-2 EN AMBULATOIRE				
TEST	TITRE DE L'INDICATEUR		AVIS DE LA HAUTE AUTORITÉ DE SANTÉ (HAS)	
	NOMMÉE	SALINÉE		
RT-PCR (test de référence)	TESTS PAR AMPLIFICATION GÉNÉRIQUE			
	Personnes contacts ou personnes symptomatiques	- Diagnostic organisé collectif de tous les personnels symptomatiques (recensement et inclusion dans l'échantillon de test) ou en EPI/MSA - Prélèvement nasopharyngé difficile ou impossible chez les personnes contacts ou personnes symptomatiques	Personnes saines (en moyenne 24h)	- Avis du 10 février 2021 relatif aux modifications des conditions d'urgence sur le test des acides nucléiques (AN) membranés à l'article L. 162-7 du Code de la santé sociale (CSS), la détection du génome du virus SARS-CoV-2 par technique de transcription inverse suivie d'une amplification (RT-PCR) sur prélèvement salivaire - Avis du 6 mars 2020 relatif à l'urgence sur la LAF membranée à l'article L. 162-7 du CSS, de la détection du génome du coronavirus SARS-CoV-2 par technique de transcription inverse suivie d'une amplification
ET-LAMP rapide (EasyCoV)		Prélèvement nasopharyngé difficile ou impossible chez les personnes symptomatiques	Environ 48 minutes	Avis du 27 novembre 2020 relatif à l'inscription sur la LAF membranée à l'article L. 162-7 du CSS, du fait de la détection du génome du virus SARS-CoV-2 par technique RT-LAMP intégrée sur prélèvement salivaire (Système EasyCoV)
Tests TROU/TOUR antigéniques	TESTS ANTIGÉNÉTIQUES			
	Personnes contacts ou personnes symptomatiques jusqu'à 4 jours après l'apparition des symptômes	- Diagnostic organisé collectif/individuel chez les personnes symptomatiques - Prélèvement nasopharyngé difficile ou impossible chez les personnes contacts ou personnes symptomatiques jusqu'à 4 jours après l'apparition des symptômes	15 à 30 minutes	- Avis du 22 avril 2021 relatif à la détection antigénique rapide du virus SARS-CoV-2 sur prélèvement nasal (TRN, TRCO et antécédents) - Avis du 10 mars 2021 relatif à la détection antigénique rapide du virus SARS-CoV-2 sur prélèvement nasal (TRN, TRCO et antécédents) - Avis du 27 novembre 2020 relatif aux modifications des conditions d'urgence sur la LAF membranée à l'article L. 162-7 du CSS, du fait de la détection antigénique du virus SARS-CoV-2 sur prélèvement nasopharyngé
Autogestes ¹ antigéniques		- Utilisation sociale massive à la chaîne (privé) - Diagnostic organisé collectif de tous les personnels symptomatiques en alternance sur tests antigéniques TROU/TOUR	15 à 30 minutes	- Avis du 22 avril 2021 relatif à la détection antigénique rapide du virus SARS-CoV-2 sur prélèvement nasal (TRN, TRCO et antécédents) - Avis du 10 mars 2021 relatif à la détection antigénique rapide du virus SARS-CoV-2 sur prélèvement nasal (TRN, TRCO et antécédents)

Indications des tests de détection du virus SARS-CoV2 en ambulatoire

Ce document présente les différentes indications pour la réalisation de tests de détection (antigéniques ou par amplification générique) du virus SARS-CoV2 en ambulatoire.

Réf. INRS ED 6429, plaquette de 2 p.



Protection respiratoire Réaliser des essais d'ajustement (mise à jour)

Lors du processus de sélection d'un appareil de protection respiratoire, il est indispensable de s'assurer que le modèle choisi est adapté à son porteur en réalisant un essai d'ajustement.

Cette brochure décrit l'objectif des essais d'ajustement, les différentes méthodes d'essai existantes, le rôle de l'opérateur d'essai d'ajustement. Elle précise les critères permettant de considérer l'étanchéité au visage comme satisfaisante.

Réf. INRS ED 6273, 18 p.

DOSSIER POLYEXPOSITIONS



Dossier web : Polyexpositions

<https://www.inrs.fr/risques/polyexpositions/ce-qu-il-faut-retenir.html>

L'INRS fait le point sur les polyexpositions afin de proposer des démarches de prévention adaptées à la réalité des situations de travail, en détaillant notamment les combinaisons mélanges de substances chimiques et bruit, et agents ototoxiques.

HYGIÈNE & SÉCURITÉ DU TRAVAIL

LA REVUE TRIMESTRIELLE TECHNIQUE DE L'INRS

Des articles d'analyse et de synthèse

Des actualités juridiques et normatives

Des outils pratiques et des méthodes

Pour vous aider à mettre en œuvre la prévention des risques professionnels en entreprise

Dossier DU NOUVEAU DANS LA PRÉVENTION DES RISQUES CHIMIQUES

- Les produits chimiques au travail: des risques toujours présents
- Chromes VI: des réglementations devenues de plus en plus strictes
- Styryles et styrènes: des réglementations devenues de plus en plus strictes
- Soins, les dangers d'exposition à des produits chimiques
- Regime CUP: comprendre la certification et le statut des entreprises
- Styryles et styrènes: des réglementations devenues de plus en plus strictes

En 2015, deux actualités marquent la prévention des risques chimiques, qui concernent tout les secteurs d'activité. Au niveau européen, la directive CLP (classification, étiquetage et emballage) est actualisée et complétée par des règlements européens. En France, la loi relative aux produits chimiques est actualisée et complétée par des règlements européens. Ces deux textes ont pour objectif de renforcer la protection des travailleurs et de faciliter l'accès au marché de l'Union européenne. Ils ont pour effet de renforcer la protection des travailleurs et de faciliter l'accès au marché de l'Union européenne.

SOME CHANGES FOR CHEMICAL RISK PREVENTION - IN 2015, two developments will mark the prevention of chemical risks in all sectors of activity. At European level, the CLP Regulation is updated and completed by European Regulations and the French law on chemicals is updated and completed by European Regulations. These two texts have the objective of strengthening the protection of workers and of facilitating access to the European market. They have the effect of strengthening the protection of workers and of facilitating access to the European market.

Quelques chiffres sur les produits chimiques, selon les statistiques de l'INRS

Parité des établissements favorise la prévention des risques chimiques

DEFINITIONS

Méthodes de prévention des risques chimiques

LES RISQUES CHIMIQUES EN ENTREPRISE

Notes techniques

VRILLE & PNEUMATIQUE

LES DIFFÉRENTES TECHNOLOGIES DE SERRAGES PNEUMATIQUES

LES RISQUES CHIMIQUES EN ENTREPRISE

Les fiches HST

COMMENT ESTIMER LES RISQUES DE MULTI-EXPOSITIONS AUX AGENTS CHIMIQUES?

En milieu professionnel, comment évaluer les risques de multi-expositions aux agents chimiques? Comment évaluer les risques de multi-expositions aux agents chimiques? Comment évaluer les risques de multi-expositions aux agents chimiques?

LES RISQUES DE MÉTAL

ATTENTION!

Retrouvez tous les articles sur hst.fr

Retours d'expérience durant la crise sanitaire Covid-19 dans le secteur de la logistique et du transport



Depuis novembre 2020, une étude de l'INRS « *Retours d'expérience durant la crise sanitaire Covid-19 dans le secteur de la logistique et du transport pour une adaptation des mesures de prévention en situation normalisée* » a permis de recueillir les témoignages des professionnels (salariés et direction) de ces secteurs. Ce travail étudie l'impact de la crise sanitaire sur les salariés et le fonctionnement des entreprises, la gestion du risque Covid-19 mais aussi des risques classiques du transport routier de marchandises (TRM) et de la logistique. L'objectif est de tirer les enseignements concernant les adaptations de l'activité et l'organisation à mettre en place pour préserver la santé et la sécurité des salariés du secteur si une telle configuration devait se reproduire ou se prolonger, mais aussi d'identifier les changements bénéfiques à plus long terme, en situation normalisée.

Le retour d'expérience des services de santé au travail est complémentaire et s'inscrit dans le prolongement de cette étude et dans le cadre de la thèse de Justine Demange, interne en médecine et santé au travail.

Objectifs

- Ce travail de thèse permettra de montrer les besoins que les entreprises des secteurs du TRM et de la logistique ont dirigé vers les services de santé au travail (SST) et de savoir s'ils disposaient des outils pour y répondre. Il permettra d'identifier des dispositifs qui ont été développés, testés et considérés comme performants dans certains SST. Il cherche également à savoir si les demandes des entreprises de ces secteurs étaient spécifiques ou semblables à celles des autres secteurs d'activité.

L'objectif principal est de proposer des outils spécifiques et adaptés aux SST à destination des entreprises des secteurs du TRM et de la logistique pour gérer la crise sanitaire actuelle ou d'éventuelles futures crises, mais également des outils utiles lors d'un retour en situation normalisée ou pour d'autres secteurs.

Protocole

- Afin d'identifier les besoins spécifiques nécessitant ces outils, l'étude consiste en un recueil des informations des SST relatives aux demandes des entreprises de ces secteurs pendant la crise sanitaire liée à la Covid-19. Ce recueil est réalisé à l'aide d'un questionnaire en ligne. Ce questionnaire est anonyme et sa passation dure 10 à 15 minutes.

Le recueil des données a lieu du 17 mars au 31 juillet 2021. Les données seront extraites dans un tableur pour une analyse quantitative.

Au regard de cette analyse, des enseignements en terme d'identification des besoins seront tirés et permettront un travail de réalisation de produits d'information à destination des SST qui suivent ce type d'entreprises.

Public recherché

- Sont sollicités pour répondre à ce questionnaire les médecins du travail, les infirmiers diplômés d'État exerçant en santé au travail (IDEST) et les intervenants en prévention des risques professionnels (IPRP) exerçant en SST. Celui-ci peut être complété sur ordinateur, tablette ou smartphone : <https://manager-enquetes.inrs.fr/v4/s/64pm6t>.

Bénéfices

- Les bénéfices attendus sont l'amélioration et l'adaptation de la réponse aux demandes des secteurs du transport et de la logistique si un besoin spécifique est effectivement identifié, en proposant des outils dédiés, au profit à la fois des SST et des entreprises.

Responsables d'étude à contacter :

Justine Demange : justine.demange@inrs.fr
 Virginie Govaere : virginie.govaere@inrs.fr

ou 03 83 50 98 35

Département Homme au travail, INRS,
 Vandœuvre-lès-Nancy

2

CONNAISSANCES ET RÉFÉRENCES

P. 17 GRAND ANGLE

P. 33 VU DU TERRAIN

P. 57 SUIVI POUR VOUS

Les exosquelettes pour prévenir les troubles musculosquelettiques et rôle des services de santé au travail

AUTEURS :

J. Theurel¹, J.J. Atain Kouadio¹, L. Kerangueven²

1. Département Homme au travail, INRS

2. Département Expertise et conseil technique, INRS

EN RÉSUMÉ

Les exosquelettes, déployés dans de nombreux secteurs d'activité, suscitent un espoir légitime en termes de prévention des troubles musculosquelettiques (TMS) mais aussi d'amélioration des conditions de travail. Leur usage soulève toutefois encore de nombreuses questions de santé et de sécurité. De l'analyse de la situation de travail au déploiement des exosquelettes en entreprise, une démarche continue, structurée et collective, paraît indispensable. Le rôle des services de santé au travail (SST) est ainsi primordial. Cet article traite des avantages et des limites de l'usage d'exosquelettes professionnels pour la prévention des TMS. Abordant des aspects théoriques, pratiques et opérationnels, son objectif est d'aider les SST à accompagner efficacement les entreprises dans leur démarche d'acquisition et d'intégration d'un exosquelette.

MOTS CLÉS

Exosquelette / Trouble musculosquelettique / MS / Conditions de travail / Ergonomie / Pathologie articulaire



© LOUIS MARTIN POUR L'INRS

L'impact des activités de travail dans la survenue des troubles musculosquelettiques (TMS) fait l'objet d'un large consensus depuis de nombreuses années. Si l'industrie et la construction concentraient jusque récemment la majorité des cas de TMS, d'autres secteurs, comme celui des soins et aide à la personne, sont désormais particulièrement concernés par ces problématiques. En 2018, les TMS représentaient plus de 87 % des maladies professionnelles reconnues [1]. Parmi les TMS recon-

nus, plus de 90 % concernent les membres supérieurs (notamment tendinopathie de la coiffe des rotateurs, épicondylite latérale, syndrome du canal carpien). Par ailleurs, les lombalgies représentent également 20 % des accidents du travail [2].

L'ensemble de ces atteintes de l'appareil locomoteur se manifeste généralement par des raideurs, des douleurs musculo-articulaires ou des pertes de fonctions (force, mobilité) pouvant compromettre le maintien au travail et plus large-

Les exosquelettes pour prévenir les troubles musculosquelettiques et rôle des services de santé au travail

ment en emploi. Le vieillissement de la population active, l'intensification du travail, l'exposition à des facteurs de risques psychosociaux et la persistance de contraintes biomécaniques élevées (efforts, répétitivité, postures extrêmes) rendent encore plus prégnante la question de la prévention de ces troubles.

L'aménagement des situations de travail visant à limiter l'exposition des opérateurs à ce type de contraintes a, par conséquent, fait l'objet de nombreux travaux. L'automatisation et la mécanisation des tâches les plus exigeantes figurent parmi les pistes de prévention déployées en ce sens. Cependant, malgré les progrès considérables effectués ces dernières années dans ce domaine, les solutions proposées ne semblent pas toujours en mesure de répondre pleinement à l'ensemble des situations de travail. Dans de nombreux cas, les opérateurs restent durablement exposés aux efforts intenses ainsi qu'aux postures contraignantes. Chaque année en France, 40 % d'entre eux souffrent ainsi de douleurs au niveau du dos ou des épaules [1].

Théoriquement associées à la réduction de la charge physique et des facteurs de risques biomécaniques de TMS, les nouvelles technologies d'assistance physique ont fait naître un espoir légitime d'amélioration des conditions de travail. Parmi ces innovations, les exosquelettes sont apparus particulièrement prisés par les entreprises car, au-delà des enjeux de productivité, la promesse de ces systèmes est de limiter l'exposition des opérateurs aux contraintes biomécaniques de leurs postes, tout en préservant leur savoir-faire ainsi que leurs capacités d'action face à la variabilité des situations de travail. Pour autant, si ces technologies

semblent effectivement à l'origine de bénéfices pour les utilisateurs, notamment en termes de réduction des efforts musculaires, elles exposeraient également les opérateurs équipés à des effets non désirés, qui pourraient être à l'origine de gênes, voire de nouveaux facteurs de risques professionnels [3]. Par ailleurs, l'introduction des exosquelettes dans l'entreprise peut occasionner des changements dans la situation comme dans l'organisation de travail, susceptibles de générer des réactions contrastées des opérateurs, allant de l'adhésion au refus. Pour l'heure, et malgré leur potentiel, les exosquelettes ne doivent donc pas être considérés comme une solution miracle car leur usage soulève encore de nombreuses questions de santé et de sécurité. De la définition du besoin d'assistance physique au déploiement de ces technologies dans l'entreprise, leur intégration nécessite une démarche structurée et collective, impliquant notamment les services de santé au travail (SST). Cet article traite des éléments théoriques, pratiques et opérationnels à connaître avant d'envisager les exosquelettes comme une solution complémentaire des démarches de prévention des TMS mises en place par une entreprise.

LES EXOSQUELETTES À USAGE PROFESSIONNEL

Pensés dès la fin du XIX^e siècle, les exosquelettes peuvent être définis comme une structure externe, revêtue par un utilisateur, et visant à améliorer ses capacités motrices. En 1968, General Electric concevait « Hardiman », le premier exosquelette de l'ère moderne à des fins d'applications professionnelles.

Conçu pour manipuler des charges de près d'une demi-tonne, son encombrement, son poids et son manque de fonctionnalité ont probablement grandement contribué à condamner son usage dans les entreprises.

Profitant aujourd'hui de la plasticité et de la légèreté des matériaux composites modernes et des avancées accomplies dans le domaine de la robotique, les exosquelettes ont récemment intégré les entreprises françaises. Les premiers exemples d'usage rapportés dans le milieu industriel datent de 2015. Le nombre d'exosquelettes disponibles sur le marché, ou en développement, est aujourd'hui en plein essor, avec une demande croissante de nombreux secteurs d'activité, tels que l'industrie, le BTP (bâtiment-travaux publics), la logistique, la santé ou encore l'agroalimentaire.

Si les contraintes d'utilisation varient, les problématiques d'assistance, elles, sont souvent similaires. La majorité des exosquelettes du marché sont conçus pour soulager le redressement du dos ou l'élévation des membres supérieurs. Néanmoins, d'autres exosquelettes sont récemment apparus sur le marché. Ils visent notamment à assister la préhension manuelle, l'extension de la nuque voire le corps entier.

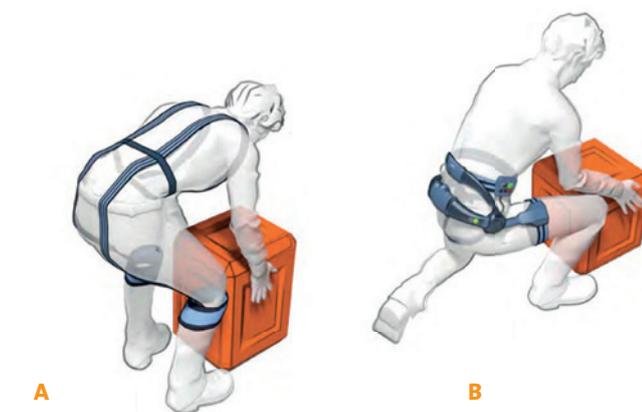
LES EXOSQUELETTES D'ASSISTANCE DU DOS

Que ce soit pour supporter le buste en position fixe, ou pour assister son mouvement lors d'une flexion/extension, les exosquelettes d'assistance du dos (ED) ont pour objectif de réduire les contraintes de force appliquées sur les muscles érecteurs du rachis et extenseurs de la hanche. En pratique, ils sont principalement utilisés pour les

Figure 1 : Représentation d'exosquelettes passif souple (A) et actif (B) d'assistance du dos

tâches impliquant le maintien prolongé de postures contraignantes pour le dos ou pour les tâches de manutention manuelle de charges. Bien que tous conçus sur un objectif commun, ces exosquelettes se distinguent notamment par leur principe de fonctionnement.

Les exosquelettes dits passifs sont les plus couramment utilisés. Pour ces technologies, l'assistance physique est générée par la restitution d'énergie mécanique (ressorts, matériaux élastiques...). Il s'agit de dispositifs d'assistance physique (DAP). Certains de ces systèmes, dits rigides, utilisent des matériaux de faible densité tels que les plastiques, les composites en fibre de carbone ou certains métaux (aluminium, titane...). Leur rigidité permet une transmission d'efforts importante. La cinématique et les interfaces entre la structure et son porteur représentent de forts enjeux technologiques pour assurer un bon suivi des mouvements et un contrôle des efforts échangés. Ces systèmes possèdent généralement des appuis directs sur le buste et sur le haut des cuisses. Les points d'appui sont reliés à une liaison pivot au niveau de la hanche, axe au niveau duquel un couple d'assistance est généré. Pour certaines applications, un effort plus faible est suffisant pour fournir l'assistance nécessaire au porteur. Dans cette situation, l'usage d'une autre catégorie d'exosquelettes passifs peut être envisagé (figure 1A). Il s'agit d'exosquelettes dits souples, au regard de leur structure assemblée à partir de matériaux très flexibles qui se déforment en cours d'utilisation [4]. Les technologies employées sont très légères et épousent le corps du porteur. Pour une déformation d'amplitude donnée, les efforts transmissibles restent cependant faibles. Le plus souvent, ces systèmes sont conçus à partir de bretelles élastiques reliant le haut des mollets



© Deledta

aux épaules. Lorsque le porteur du système incline le buste vers l'avant pour saisir un objet au sol, les éléments élastiques se tendent, créant une force de redressement visant à limiter les efforts reposant en particulier sur la charnière lombo-sacrée. À l'inverse, pour d'autres exosquelettes, dits actifs, le principe de fonctionnement repose sur un système robotisé (couple commande-moteur) (figure 1B). Ces systèmes sont équipés d'actionneurs, le plus souvent électriques, générant un effort à partir d'une source d'énergie extérieure (figures 1 et 2). Il s'agit alors de robots d'assistance physique (RAP). Leur conception est généralement plus complexe et plus coûteuse, pour des systèmes finalement plus lourds que les modèles passifs. Une source d'énergie embarquée permet néanmoins de garantir la mobilité de l'opérateur dans son environnement, au détriment de la masse embarquée. De plus, les systèmes actifs offrent une bien meilleure polyvalence, les efforts générés étant commandés et ajustés en temps réel. Cette fonctionnalité permet aux exosquelettes robotisés de s'adapter aux variations de fréquence, d'amplitude, ou de vitesse des mouvements effectués par l'utilisateur.

Figure 2 : Représentation d'un exosquelette actif d'assistance corps entier



© Deledta

LES EXOSQUELETES D'ASSISTANCE DES MEMBRES SUPÉRIEURS

Les exosquelettes d'assistance des membres supérieurs (EMS) sont principalement destinés à être utilisés soit lors de tâches de manutention manuelle de charge, impliquant en particulier l'élévation, soit lors d'un maintien statique des bras en hauteur. La technologie, d'abord inspirée des systèmes *Steadycam* (de *steady-stable* : système pour stabiliser la caméra) utilisés dans le cinéma par les

Les exosquelettes pour prévenir les troubles musculosquelettiques et rôle des services de santé au travail

Figure 3 : Représentation d'un exosquelette passif d'assistance des membres supérieurs



© Deledda

cameramen, est composée d'un ou deux bras fixés à une structure dorsale rigide (figure 3). Pour certains, la charge est directement fixée sur les bras de l'exosquelette et le porteur ne fait que positionner les effecteurs. Dans tous les cas, le principe de fonctionnement repose sur la compensation de gravité. Les bras du système sont précontraints mécaniquement. Des vérins ou des élastiques exercent, en retour, des efforts dans le mécanisme, résultant en une force verticale qui compense le poids de la charge manipulée. On retrouve cette technologie sur de très nombreux modèles conçus pour le port de charges, car elle permet de compenser une charge élevée en la redistribuant sur les hanches et les membres inférieurs. Selon leur conception, l'assistance est portée au niveau des bras, des avant-bras, ou des mains.

LES AUTRES EXOSQUELETTES

D'autres types d'exosquelettes sont très récemment apparus sur le marché. Ceux-ci restent bien évidemment plus rares que les ED et les EMS, et leurs applications professionnelles restent par conséquent nettement moins répandues.

Il s'agit notamment des exosquelettes d'assistance à la préhension manuelle qui génèrent un couple assistant la fermeture des doigts de la main. À titre d'exemple, le système *Ironhand* [5] utilise un actionnement par câble, avec un principe de fonctionnement basé sur le mimétisme de l'anatomie humaine. Des tendons artificiels implantés dans un gant et pilotés par des actionneurs électriques permettent d'assister les doigts lors de la préhension.

Il s'agit également d'exosquelettes conçus dans l'optique d'assister leurs porteurs sur d'autres parties du corps. Certains équipements passifs proposent ainsi plusieurs assistances, par un assemblage de technologies d'assistances localisées (bras à compensation de charge, support de nuque ou assistance du dos). Enfin, d'autres exosquelettes actifs sont développés pour assister le corps entier. La structure robotisée permet de suivre simultanément les mouvements des membres supérieurs et inférieurs (figure 2).

Pour l'heure, les ED et les EMS sont les technologies d'assistance les plus répandues dans les entreprises. Ces systèmes font également l'objet de la grande majorité des études référencées sur le sujet [3, 6, 7]. L'objectif annoncé par leurs promoteurs est de lutter, respectivement contre le risque de lombalgies et de TMS des membres supérieurs.

APPORTS ET LIMITES DES EXOSQUELETTES POUR LA PRÉVENTION DES TMS

Cette partie repose sur une analyse de la littérature, dont les principaux enjeux sont, d'une part, de recenser les preuves disponibles quant à l'ef-

ficacité prétendue de ces exosquelettes pour réduire les contraintes biomécaniques professionnelles et, d'autre part, de discuter des bénéfices réels en termes de prévention des TMS et des risques potentiels liés à l'usage de ces dispositifs.

INTÉRÊTS ET LIMITES DES EXOSQUELETTES D'ASSISTANCE DU DOS POUR LA PRÉVENTION DES LOMBALGIES

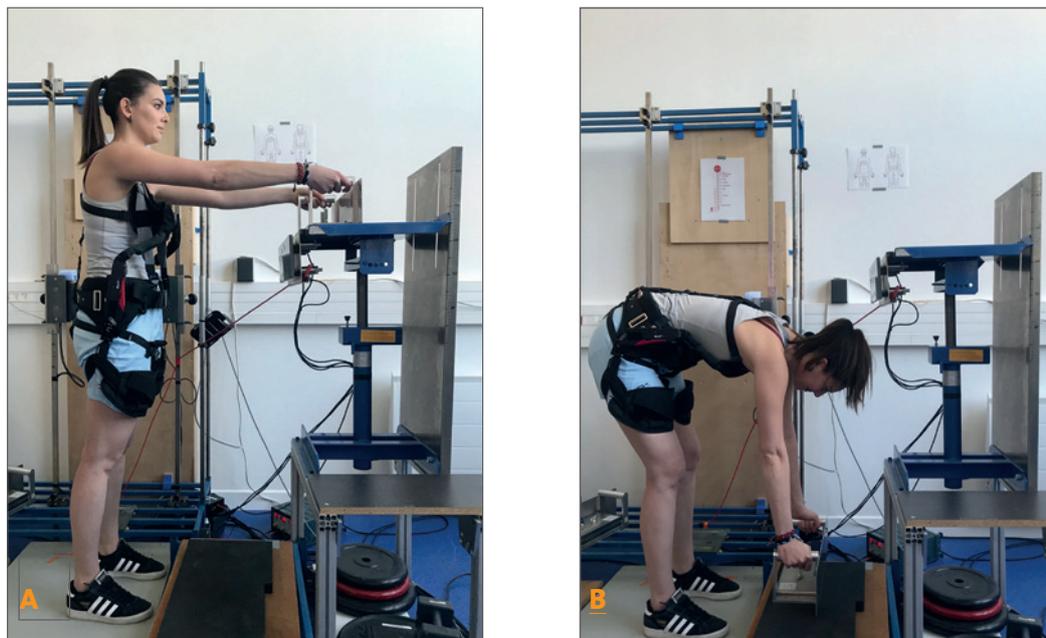
Les lombalgies font chaque année l'objet de près de 3 500 déclarations de maladies professionnelles et 170 000 accidents du travail [1], pour un coût annuel proche d'1 milliard d'euros. Dans la majorité des cas, les mécanismes à l'origine des douleurs lombaires sont complexes, car multifactoriels. Parmi les facteurs professionnels, les contraintes biomécaniques liées à l'activité restent les facteurs de risque prépondérants [2]. Par exemple, les efforts nécessitant des mouvements répétés en flexion ou en torsion du tronc, ainsi que les tâches en position maintenue, le tronc fléchi, sont connus pour leur implication dans l'occurrence des pathologies lombaires.

D'une manière générale, la littérature scientifique semble s'accorder sur l'efficacité des ED pour limiter les contraintes musculaires lombaires lors de tâches de maintenance, simulées en laboratoire, et strictement opérées dans le plan sagittal (flexion/extension du tronc vers l'avant) (figure 4). En particulier, les données expérimentales révèlent que les exosquelettes passifs permettent de réduire l'effort des muscles lombaires de 10 à 60 % en moyenne [3], lors des tâches dynamiques [9, 10], comme statiques [11, 12].

De même, il a été observé un bénéfice significatif lié à l'usage de ces dispositifs sur les douleurs lombaires ressenties par les opérateurs

Figure 4 : Exemple représentatif de tâches expérimentales mises en place à l'INRS pour l'étude d'exosquelettes d'assistance du dos (ED)

Dans cet exemple, les opérateurs, devaient effectuer une tâche de manutention manuelle de charge dans le plan sagittal, avec et sans ED. L'effet de l'ED était analysé pour différentes inclinaisons du buste au cours d'un cycle d'extension (A)/flexion (B) dans le plan sagittal [8]



© INRS

au cours de ce type de tâche [7], probablement lié à la réduction de l'activité des muscles lombaires. Si l'usage d'un ED permet la réduction des efforts et des contraintes lombaires lors des tâches ponctuelles de manutention, ces systèmes pourraient également être à l'origine d'une réduction de la fatigue musculaire occasionnée par une activité de manutention prolongée. Plusieurs études tendent à confirmer cette hypothèse lors de tâches pouvant durer jusqu'à 1 heure [13 à 15]. Des travaux ont également démontré une augmentation significative (200 %) du temps d'endurance, sans douleur, grâce à l'utilisation d'un ED au cours d'une tâche de maintien postural du tronc incliné vers l'avant (40°) [11]. En revanche, il n'existe pour l'heure aucune étude ayant testé l'influence de ce type de dispositif sur la fatigue lombaire occasionnée par une tâche de travail plus longue. Des données quant à l'évo-

lution des capacités musculaires au cours de la journée, de la semaine, voire à moyen et long termes, pourraient également s'avérer pertinentes pour se rapprocher des conditions réelles d'usage en entreprise. Par ailleurs, l'état des connaissances actuelles laisse également apparaître un certain nombre de réserves quant à l'usage d'ED à des fins de prévention des lombalgies. Par exemple, des analyses ont démontré que, lors des tâches de manutention en flexion du tronc, la baisse observée des contraintes exercées au niveau des lombaires grâce à l'usage d'un ED était en partie due à une diminution des mouvements de rotation (- 24 %) et de flexion latérale (- 30 %) du tronc [16]. L'impact possible de l'ED sur la mobilité du tronc pose donc la question de son influence sur les stratégies de mouvement et de travail dans des situations de manutention exigeant des mouvements

dans plusieurs plans. Des modifications significatives des stratégies cinématiques aux différents étages de la chaîne posturale (cheville, genou, hanche, rachis cervical...) ont en effet été observées avec l'usage d'ED [3]. Pour finir, ces observations soulèvent des interrogations quant à l'impact de ces changements sur l'équilibre statique et dynamique (locomotion notamment), sur les performances fonctionnelles [17] ou encore sur les potentielles compensations musculaires induites par l'usage d'ED sur l'ensemble de la chaîne posturale. En définitive, les observations rapportées par les précédentes études tendent à confirmer l'intérêt des ED dans la réduction des contraintes musculaires au niveau du dos lors de tâches mobilisant spécifiquement le rachis en flexion/extension sagittale. Même si des questions persistent quant aux effets non-désirés liés à l'usage de ces

Les exosquelettes pour prévenir les troubles musculosquelettiques et rôle des services de santé au travail

dispositifs, les premières observations s'avèrent rassurantes. Toutefois, l'analyse des données expérimentales suggère de porter une attention particulière aux caractéristiques de conception de ces dispositifs. Celles-ci pourraient avoir une influence importante sur l'amplitude des bénéfices en termes de réduction des contraintes biomécaniques dans la région lombaire, ainsi que sur les autres risques potentiels liés à l'usage d'ED (compensations musculaires antagonistes, modifications significatives des stratégies posturales...). Il paraît, en particulier, nécessaire d'optimiser l'adéquation entre le niveau d'assistance et son principe de fonctionnement (flexion de hanche vs courbure du rachis), d'une part, et les modalités de la tâche (charge manipulée, plage angulaire du mouvement) et les caractéristiques individuelles (anthropométriques et cinématiques), d'autre part. À défaut, l'utilisation de ce type d'exosquelette pourrait voir son intérêt limité ou même être responsable de nouvelles sollicitations musculaires [3].

INTÉRÊTS ET LIMITES DES EXOSQUELLETES D'ASSISTANCE DES MEMBRES SUPÉRIEURS POUR LA PRÉVENTION DES TMS DE L'ÉPAULE

En France, environ 90 % des TMS déclarés en tant que maladies professionnelles concernent les membres supérieurs [1]. Parmi eux, près de 40 % impliquent l'épaule, qui est le siège de pathologies récurrentes, parmi les plus sévères. Si la survenue de TMS de l'épaule peut être liée à des facteurs de risque multiples, elle est souvent associée aux contraintes professionnelles. Sur le plan biomécanique, la survenue des tendinopathies de l'épaule serait notamment occasionnée par

les contraintes dynamiques, associant les sollicitations de l'épaule en flexion et en abduction, les situations de travail avec les mains au-dessus du plan des épaules et la manutention de charges lourdes. Plusieurs modèles d'EMS commerciaux ont été conçus dès 2015 pour réduire les efforts des muscles de l'épaule lors de tâches de manutention manuelle de charge ou lors de tâches impliquant le maintien prolongé des bras en hauteur. De par leur conception, décrite dans la partie précédente, le principal effet attendu de l'usage de ces systèmes est de réduire les efforts musculaires associés à l'élévation des bras dans les différents plans d'action (sagittal, frontal et scapulaire).

Sur la base des recherches actuellement disponibles, il existe des preuves suffisantes concernant l'efficacité des EMS pour réduire l'activité des muscles fléchisseurs de l'épaule (deltoïdes moyen et antérieur), en particulier lors de tâches impliquant la manipulation d'une charge en hauteur [18, 19]. Dans ces conditions, l'usage des EMS se traduit également par une diminution de l'inconfort perçu par les utilisateurs au niveau des épaules [7, 19]. Ces résultats arguent en faveur de l'intérêt de ce type de dispositif dans la prévention des TMS de l'épaule. En effet, les contraintes exercées par les muscles fléchisseurs de l'épaule, ainsi que l'intensité de l'effort perçu localement, sont connues pour leur implication dans le développement des douleurs, des troubles articulaires et des lésions tendineuses, en particulier de la coiffe des rotateurs qui contribue entre autres à la stabilisation de l'articulation scapulo-humérale lors de l'élévation des bras. Une première limite à ces conclusions provient du fait que la majorité des études ayant évalué les bénéfices de l'usage d'un EMS sur

la réduction des contraintes biomécaniques associées au travail a focalisé son attention sur les activités nécessitant une élévation des bras au-dessus de la tête [20, 21] (figure 5). Les preuves permettant de soutenir l'efficacité de ces technologies dans la réduction de l'activité des muscles de l'épaule, de manière plus générale, lors de tâches de manutention manuelle apparaissent nettement plus rares [7].

Une seconde limite, non négligeable, est inhérente au fait que la seule réduction des efforts générés par les muscles de l'épaule impliqués dans l'élévation du bras ne suffit pas à démontrer que les structures musculo-squelettiques seront préservées par l'usage d'un exosquelette. Le maintien des coordinations musculaires ainsi que du comportement biomécanique de l'articulation sont des éléments indispensables à prendre en compte. Or, à ce jour, les informations disponibles quant à l'impact d'une assistance du membre supérieur sur le comportement fonctionnel des articulations de l'épaule semblent quasi inexistantes. D'autres études apparaissent nécessaires afin d'investiguer cette question. À ce jour, seule une étude récente de l'INRS a testé l'hypothèse selon laquelle l'usage d'un système d'assistance mécanique au mouvement de l'épaule pourrait avoir des conséquences sur le schéma moteur de l'action et, de surcroît, sur le comportement fonctionnel de l'articulation. Ces recherches ont mis en évidence que le recours à une assistance physique lors d'une flexion de l'épaule inférieure à 90° pourrait limiter les contraintes musculaires sans accroître les contraintes mécaniques à l'origine des tendinopathies liées au conflit sous-acromial. Cette étude suggère néanmoins que ces premières conclusions ne sont pas transférables pour une

Figure 5 : exemple représentatif de tâches expérimentales mises en place pour l'évaluation des effets d'exosquelette

Ici avec les modèles EXHAUSS Stronger® (EXHAUSS®, France, A) et SKEL-EX® V1 (SKEL-EX, Netherlands, B) sur l'activité des muscles mobilisant les membres supérieurs [22]



élévation des bras supérieure à 90° de flexion de l'épaule. Par conséquent, si ces résultats peuvent apparaître comme une démonstration en faveur de l'utilisation d'EMS à des fins de réduction des risques de TMS de l'épaule, ils doivent également alerter les utilisateurs de ces technologies sur le risque potentiel lors des tâches impliquant une élévation importante des bras. Le respect des cycles efforts/repos, de la durée de travail et du poids des charges à manutentionner qui s'impose en situation habituelle de travail doit être similaire lors du recours aux EMS.

Une dernière limite importante est en lien avec les conséquences potentielles que l'usage d'un EMS pourrait avoir sur l'activité des muscles posturaux, en particulier au niveau de la charnière lombaire. Les observations rapportées par l'ensemble des études portant sur l'impact des EMS sur l'activité

des muscles érecteurs spinaux lors d'activités de manutention manuelle ne montrent pas de consensus [7]. Certaines n'ont rapporté aucun impact de l'usage d'un EMS sur l'activité de ces muscles [23, 24] alors que d'autres ont conclu à une diminution de l'activité musculaire avec l'équipement [25] ou au contraire, à une augmentation des contraintes musculaires au niveau du dos [26]. Plus largement, l'usage de ces technologies pourrait également avoir des répercussions sur le contrôle postural, de la genèse de l'action (inertie, force, vitesse, trajectoire) à la régulation de l'équilibre (masse supplémentaire et déplacement du centre de masse). Les études sur ce sujet restent très rares. Seule une étude récente de l'INRS a évalué l'impact de l'usage d'un EMS sur les mécanismes d'adaptation posturale pour une tâche mobilisant les membres supérieurs dans le plan sagittal lors

d'un mouvement rapide d'extension. Il était supposé que les changements inertiels du mouvement liés à l'usage d'un EMS, ainsi que les perturbations proprioceptives induites, pouvaient entraîner une modification significative des régulations posturales, affectant ainsi les performances motrices et le contrôle de l'équilibre. Dans le cas présent, l'usage de l'EMS s'est en effet accompagné d'une augmentation des oscillations posturales au cours du mouvement. De plus, les participants n'ont pas été en mesure de maintenir un niveau de performance similaire avec EMS et sans, ce qui a probablement permis de ne pas exacerber les réponses musculaires de la chaîne posturale. Les conclusions de cette étude démontrent ainsi que, même après une période de familiarisation conséquente à l'usage de l'EMS, le port de ce dispositif lors d'un mouvement dynamique des bras peut occasionner des perturbations légères des mécanismes neuromusculaires de régulation de l'équilibre. Une attention particulière doit donc être portée aux conditions de réalisation de la tâche pour laquelle l'usage de cette technologie est envisagé.

En outre, comme pour les ED, il semble que les avantages et inconvénients potentiels de l'usage d'EMS dépendent d'une forte interaction entre les conditions spécifiques de réalisation de la tâche et les caractéristiques de conception de l'exosquelette [22]. Plus généralement, au-delà des performances d'assistance du dispositif, il semble que, si l'on considère en particulier la conception des EMS, les problèmes d'ajustement, de confort et d'utilisation sont des caractéristiques importantes à optimiser afin de maximiser la satisfaction des utilisateurs et l'adoption du dispositif [7].

Les exosquelettes pour prévenir les troubles musculosquelettiques et rôle des services de santé au travail

CONSÉQUENCES PRATIQUES POUR LA PRÉVENTION DES TMS

L'état actuel des connaissances ne permet donc pas de conclure, sans réserve, à l'efficacité des exosquelettes industriels pour prévenir la survenue de TMS, en raison notamment des observations faites quant aux effets indésirables liés à l'usage d'exosquelette (nouvelles contraintes posturales, inconfort, diminution des performances fonctionnelles). Il convient cependant de reconnaître le potentiel réel de ce type de technologies pour limiter l'exposition des opérateurs aux contraintes biomécaniques locales associées à certaines de leurs tâches professionnelles.

Sur la base des preuves disponibles dans la littérature, il semble en effet que les exosquelettes soient particulièrement efficaces dans le cadre de tâches spécifiques (élévation du bras, extension sagittale du tronc), pour lesquelles leur usage était préalablement dévolu (mouvement, position et groupe musculaire à soulager) [3]. L'amplitude des bénéfices observés avec l'usage de ces technologies lors des précédentes études, en termes de réduction des sollicitations musculaires, apparaît extrêmement variable (de - 10 à - 80 %). Ceux-ci seraient directement dépendants de l'interaction entre les besoins d'assistance physique associés à la tâche, les caractéristiques de conception, les performances d'assistance de l'exosquelette et les caractéristiques individuelles des porteurs. En l'absence de réponse générique quant à l'efficacité de ces nouvelles technologies comme solution de prévention des TMS, il est donc nécessaire de s'assurer que l'exosquelette soit adapté à l'opérateur et aux spécificités de la tâche pour laquelle il est envisagé.

En pratique, l'usage d'un exosquelette paraît ainsi plus particulièrement adapté aux tâches standardisées et répétées. Des exemples d'intégrations réussies, ayant conduit à un usage à long terme d'un exosquelette en situation de travail, ont notamment été identifiées lors de tâches de ponçage de plafond impliquant une élévation prolongée des membres supérieurs. Dans ce cas, il existait une forte adéquation entre les performances de l'exosquelette d'assistance des membres supérieurs utilisés et la nature des contraintes physiques liées à la tâche. L'usage de ce dispositif a alors permis de diminuer efficacement les efforts musculaires et la fatigue ressentie par les opérateurs [27].

Dans d'autre cas, l'activité de travail peut être diversifiée et comporter de nombreuses tâches de nature différente. Les besoins en assistance physique relatifs à chaque tâche peuvent alors être compatibles, ou non, avec les performances d'assistance de l'exosquelette. L'intégration de cette technologie est dans ce cas plus délicate. Des retours d'expérience quant à l'intégration d'un exosquelette robotisé destiné à l'activité des tireurs de râteau ont notamment démontré que l'usage de ce dispositif pouvait transformer l'activité réalisée par l'opérateur équipé, mais aussi celle du collectif de travail [27]. Plus largement, ces observations de terrain ont mis en évidence la nécessité de mener une réflexion plus globale sur l'organisation du travail afin d'exploiter au mieux le potentiel d'assistance physique de l'exosquelette.

Une compréhension fine de l'activité semble alors indispensable afin de définir les séquences de travail pour lesquelles les bénéfices potentiels de l'exosquelettes sont avérés, et de s'assurer que son usage

ne dégrade pas les conditions de travail pour le reste de l'activité. À condition d'avoir épuisé, en amont, les pistes de prévention collectives visant à adapter l'environnement de travail pour préserver les salariés des risques professionnels, l'entreprise peut donc envisager l'exosquelette comme une solution à intégrer dans sa démarche globale de prévention des TMS. Les entreprises alors désireuses de s'équiper d'exosquelette doivent s'appuyer sur une démarche d'intégration structurée.

AUTRES RISQUES ET POINTS DE VIGILANCE

Au-delà de son influence sur les facteurs de risques de survenue des TMS, l'usage d'un exosquelette professionnel en situation réelle de travail soulève de nombreuses autres questions en matière de santé et de sécurité. Plusieurs risques professionnels ont notamment été identifiés à partir d'observations de terrain et des connaissances acquises. Ceux-ci doivent faire l'objet d'une évaluation lors de l'analyse des risques professionnels générés par les exosquelettes (figure 6).

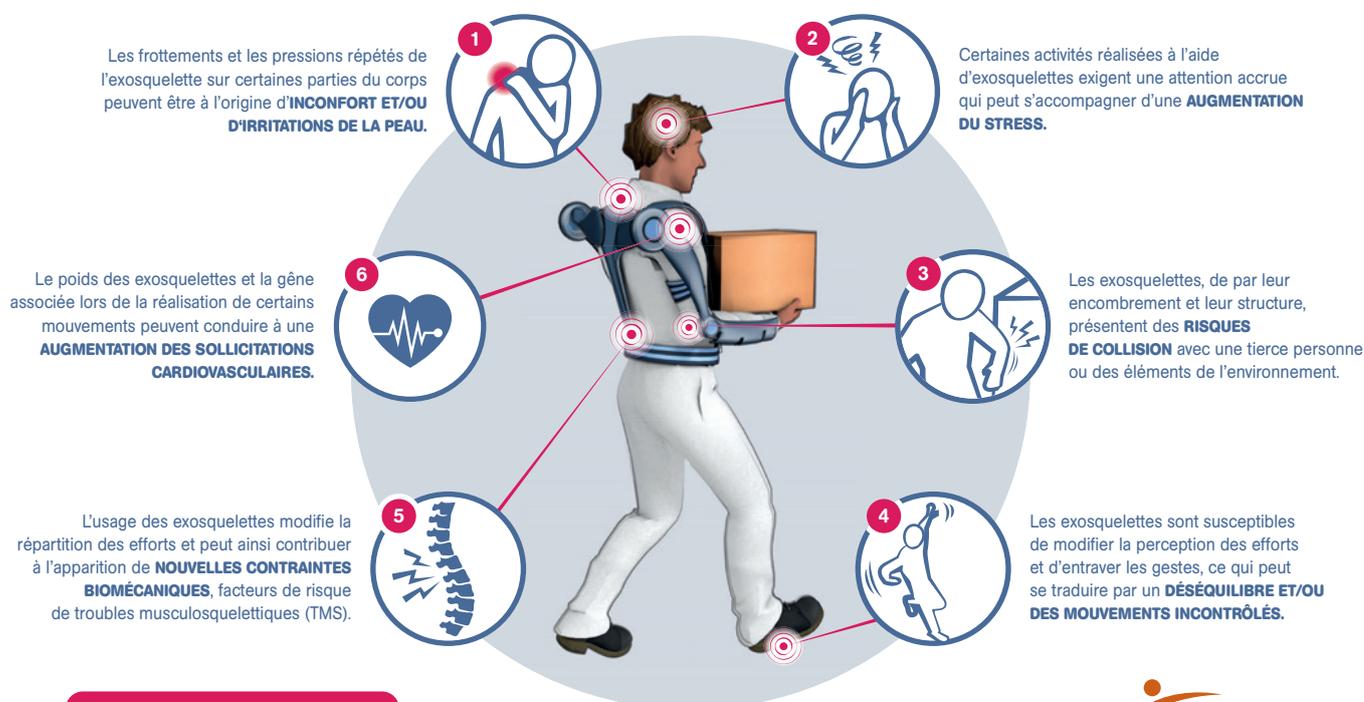
Par exemple, des risques **liés à la charge physique, autres que ceux directement associés à la survenue des TMS**, doivent faire l'objet d'une vigilance spécifique. Une étude récente a en particulier démontré que le poids des exosquelettes et la gêne associée à la réalisation de certains mouvements pouvaient conduire à une augmentation des sollicitations biomécaniques et de l'appareil cardio-vasculaire lors de tâches de manutention de charges [24].

Par ailleurs, comme la plupart des équipements de travail, les exosquelettes présentent, à cause de leur encombrement ou de leur structure, des risques de collision

Figure 6 : Infographie illustrant les principaux points de vigilance en matière santé et sécurité relatifs à l'usage d'exosquelettes professionnels

Exosquelettes au travail : 6 points de vigilance

Les exosquelettes peuvent soulager les opérateurs mais... leur usage n'est pas sans risque.



Pour en savoir plus : www.inrs.fr/exosquelettes

avec une tierce personne ou des éléments de l'environnement. Les frottements ou les pressions répétés de la structure de l'exosquelette sur certaines parties du corps peuvent, quant à eux, être à l'origine d'inconfort et d'irritations de la peau, voire de lésions plus profondes (compression d'un muscle ou d'un nerf par exemple). Dans le cas d'une utilisation ou d'un réglage inadaptés de l'exosquelette, celui-ci pourrait également générer un risque de coincement, voire d'écrasement d'une partie du corps de l'opérateur entre les éléments mobiles du système.

Enfin, certaines activités réalisées à l'aide d'exosquelettes exigent une attention accrue liée à une modification des modes opératoires et des stratégies des opérateurs qui peut s'accompagner d'une augmentation du stress. De plus, lorsque l'organisation du travail place le salarié sous la dépendance des exosquelettes, elle peut renforcer le sentiment de perte de contrôle sur son

travail et d'autonomie dans son activité, et ainsi également contribuer à l'émergence de risques psychosociaux.

REPÈRES MÉTHODOLOGIQUES POUR L'INTÉGRATION D'UN EXOSQUELETTE EN ENTREPRISE

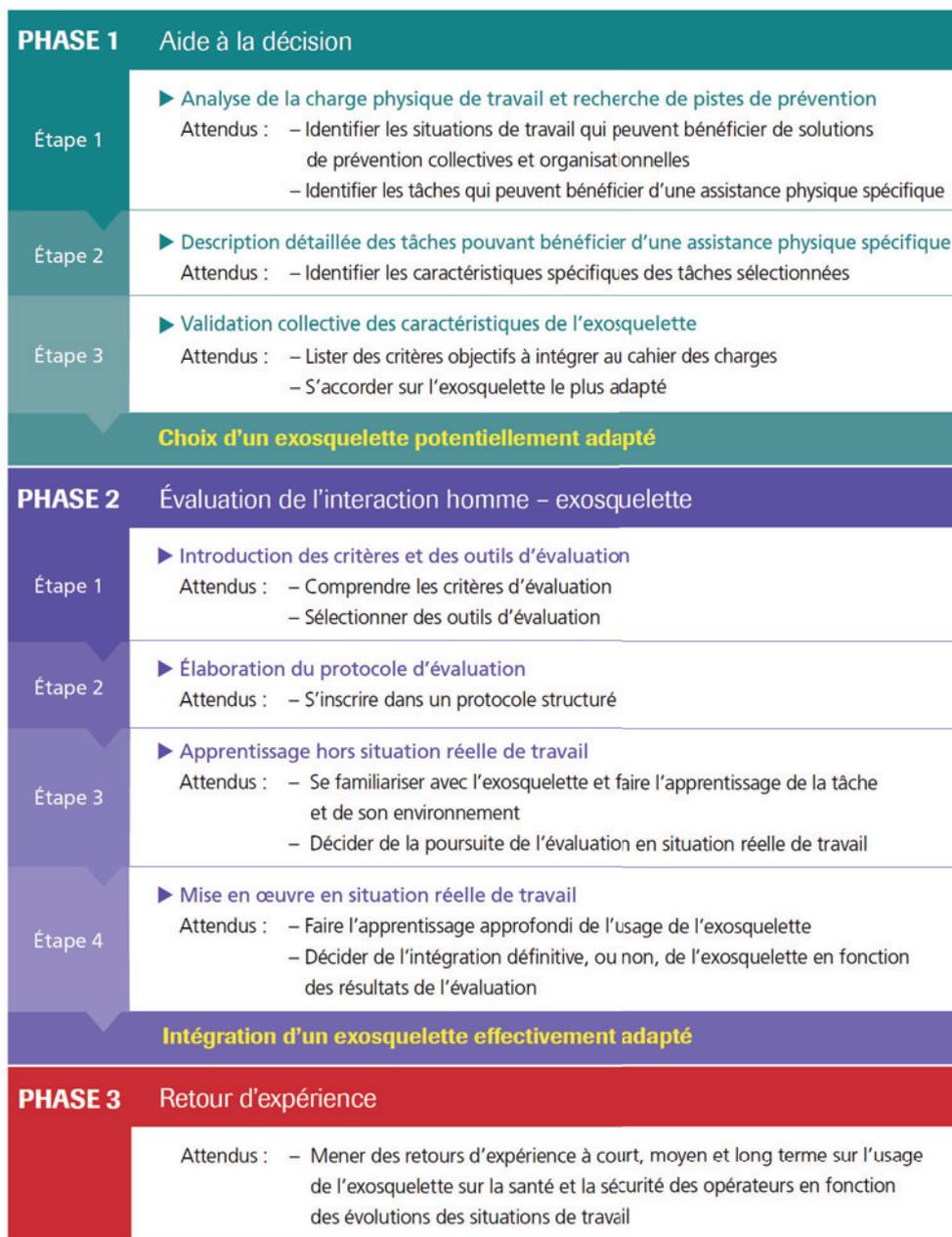
L'objectif de cette partie est de présenter les principaux repères méthodologiques nécessaires à la mise en place d'une démarche d'intégration d'exosquelette. L'idée est de créer, au sein de l'entreprise, les conditions permettant l'évaluation des usages de l'exosquelette dans la situation de travail et le suivi de son intégration au cours du temps. Des travaux récents menés par l'INRS ont conduit à proposer une démarche structurée d'intégration d'un exosquelette en trois phases ([figure 7 page suivante](#)) [28].

PHASE 1 : AIDE À LA DÉCISION

Les actions menées lors de la première phase ont pour objectif de s'assurer que l'exosquelette est bien la réponse appropriée à la problématique identifiée dans l'entreprise (plaintes exprimées par les opérateurs, problèmes de TMS, maintien dans l'emploi d'un salarié). Cette phase implique une analyse fine de l'activité des salariés concernés. Elle permettra notamment de faire le lien entre les facteurs de risques de TMS et les déterminants de l'activité sur lesquels agir pour transformer la situation de travail. L'analyse de l'activité, qui permet notamment d'identifier les tâches nécessitant une assistance physique spécifique, devra être complétée par une caractérisation précise du besoin de l'entreprise en matière d'assistance physique, en tenant compte des spécificités de la tâche et des contraintes physiques localisées qu'elle génère, des caractéristiques des futurs utilisateurs et du contexte organisationnel.

Les exosquelettes pour prévenir les troubles musculosquelettiques et rôle des services de santé au travail

Figure 7 : Schéma de la démarche générale d'acquisition et d'intégration d'un exosquelette



Cette étape exige de s'appuyer sur l'expérience qu'ont les salariés de leurs propres situations de travail et des contraintes associées. Les efforts musculaires, les postures habituellement adoptées et les sollicitations en termes de charge physique globale et locale doivent être plus particulièrement étudiés et questionnés.

Le projet d'intégration d'un exosquelette dans l'entreprise peut s'arrêter dès cette 1^{re} étape, en

fonction des résultats de l'analyse des besoins d'assistance physique et des autres solutions de transformation pouvant répondre efficacement à sa problématique. En revanche, si les pistes de prévention semblent épuisées, et que le recours aux exosquelettes apparaît comme une voie de transformation possible, il est alors nécessaire d'élaborer un cahier des charges intégrant les exigences techniques du futur exosquelette en fonction

des usages attendus, mais aussi des exigences en matière de santé et de sécurité des futurs utilisateurs. En fonction des conclusions de cette étape, il pourra être envisagé de s'orienter vers le choix d'un dispositif disponible sur le marché ou vers la conception d'un dispositif sur mesure.

La démarche de consultation des fournisseurs ou des concepteurs d'exosquelettes peut s'avérer difficile pour l'entreprise. En effet, la multiplication des acteurs et la diversité croissante des modèles d'exosquelette disponibles sur le marché peuvent rendre nécessaire une pré-sélection d'exosquelettes répondant potentiellement aux besoins d'assistance physique préalablement identifiés [29].

PHASE 2 : ÉVALUATION DE L'INTERACTION HOMME-EXOSQUELETTE

La seconde phase débute à partir du moment où l'entreprise a été en mesure de qualifier un ou plusieurs modèles d'exosquelette comme pouvant répondre aux besoins d'assistance physique identifiés. Il s'agit alors de s'engager dans un protocole d'évaluation s'appuyant sur quelques salariés volontaires. Cette phase de tests permet de procéder à toutes les étapes d'évaluation nécessaires à l'identification des apports et des limites que pourrait générer l'intégration de l'exosquelette dans la situation de travail.

Il est nécessaire de vérifier auprès des concepteurs, des fournisseurs ou des intégrateurs que leurs produits sont en mesure de répondre au principal besoin d'assistance physique préalablement défini, puis d'évaluer les bénéfices apportés par l'exosquelette en situation réelle de travail, après une période de familiarisation des opérateurs à l'usage de l'exosquelette [28]. De la même façon, il est nécessaire d'évaluer

les effets autres que ceux attendus initialement. Ces derniers peuvent se révéler bénéfiques en termes de prévention des TMS ou au contraire délétères. En effet, même lorsque la catégorie d'exosquelettes semble adaptée aux caractéristiques de la tâche réalisée, il est possible d'observer un transfert des efforts, d'intensité variable, du ou des muscle(s) assisté(s) vers d'autres muscles ainsi que des perturbations de l'équilibre. Comme évoqué dans les premières parties de ce document, l'amplitude des bénéfices et des limites s'avère directement dépendante des conditions de réalisation de la tâche. Elle varie notamment selon le caractère statique ou dynamique de la tâche, l'axe du mouvement, le degré d'inclinaison du tronc ou encore le poids de la charge manutentionnée. Divers outils d'évaluation sont disponibles pour mesurer le niveau de sollicitation des groupes musculaires censés être assistés et pour interroger la perception de l'utilisateur. Ils doivent être complétés par d'autres critères d'évaluation portant sur la manière dont l'opérateur s'approprie l'équipement, mais aussi l'utilité de l'assistance physique proposée pour réaliser la tâche demandée, la facilité d'emploi du système proposé, l'impact de l'exosquelette sur les stratégies opératoires et le collectif de travail ou encore les risques pour la sécurité de l'opérateur et de son environnement. La mise en balance des bénéfices apportés par l'exosquelette et des contraintes et risques potentiels constituera le principal élément d'aide à la décision quant à la poursuite ou non de la démarche d'intégration de l'exosquelette initialement envisagé.

Finalement, s'il est décidé de poursuivre l'intégration de l'exosquelette malgré la présence potentielle d'autres effets, même mineurs, ceux-ci doivent être communiqués

aux futurs utilisateurs et faire l'objet d'une vigilance accrue dans le cadre du suivi.

PHASE 3 : RETOUR D'EXPÉRIENCE ET SUIVI

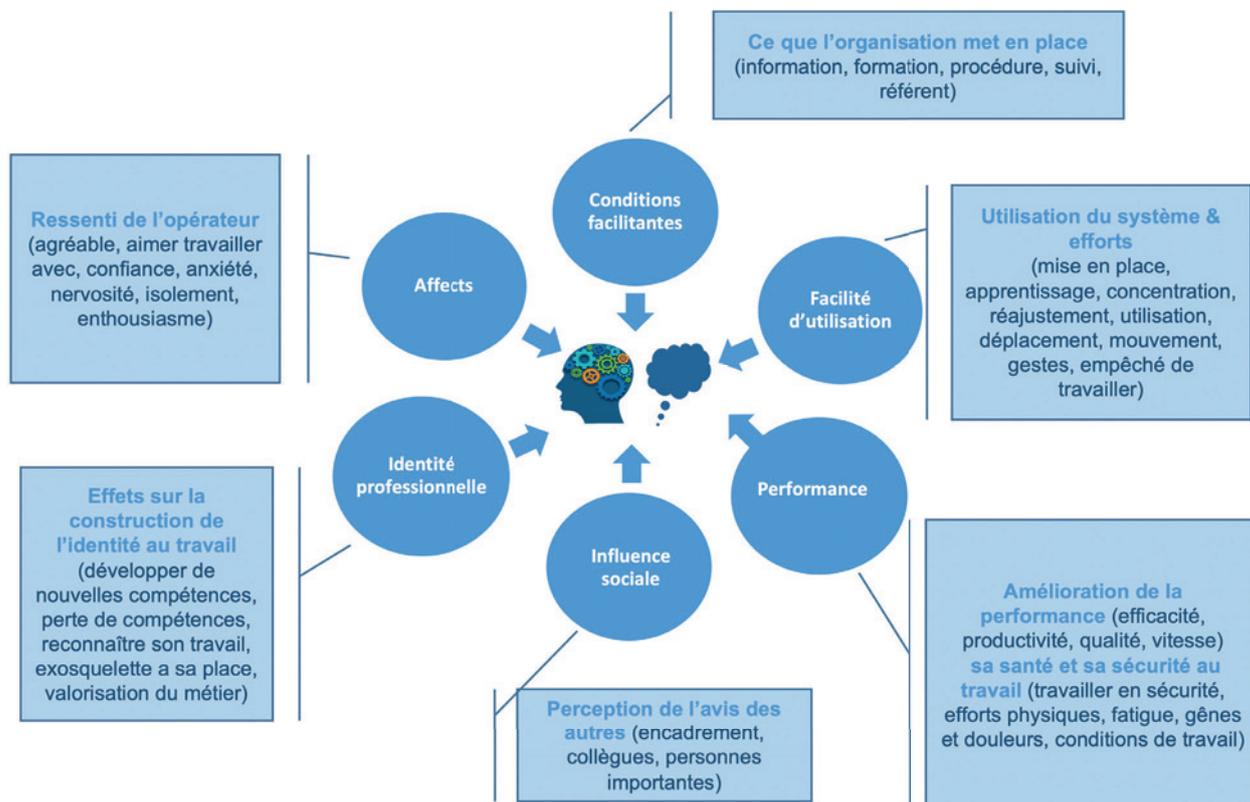
Le recueil des retours d'expériences constitue la troisième et dernière phase de la démarche. Il s'agit d'organiser et de documenter un suivi de l'usage de l'exosquelette en situation de travail, en menant des évaluations itératives, à court, moyen et long termes. L'enjeu est de remettre régulièrement en question les apports du système en fonction des évolutions de la situation de travail.

Sur un plan méthodologique, les évaluations menées au cours du suivi doivent s'appuyer sur différents indicateurs liés aux salariés (santé, plaintes, satisfactions, par exemple), à la structure (tels que les accidents du travail, l'absentéisme, le *turn-over*) et à l'activité (changements techniques, humains, organisationnels). En effet, l'introduction d'exosquelettes, comme toute nouvelle technologie, constitue un changement important, que ce soit au niveau de l'organisation des tâches, de l'activité des opérateurs ou encore de leurs modes opératoires. Une fois mis à disposition dans l'entreprise, l'exosquelette peut alors faire l'objet d'un rejet par les utilisateurs, être, à l'inverse, accepté, ou encore accepté dans un premier temps pour être finalement rejeté. Les raisons sous-jacentes à ces différentes situations renvoient à des questions regroupées sous la terminologie d'acceptation. Dans un certain nombre de cas, les entreprises se trouvent dépourvues face au rejet des dispositifs d'assistance par les utilisateurs, tant au niveau de la compréhension de ce phénomène que pour l'élaboration de solutions afin d'y répondre. Pour identifier les points

bloquants, il est possible de questionner six dimensions, reprenant, entre autres, des éléments proposés par la Théorie Unifiée d'Acceptation et d'Usage des Technologies [30]. Ces six dimensions sont les suivantes : les conditions facilitantes (relatives à ce que l'organisation met en place dans le cadre de l'intégration des exosquelettes tant en amont de leur déploiement qu'une fois déployés), la facilité d'utilisation ou utilisabilité (degré selon lequel un opérateur ressent que l'utilisation du système ne nécessite pas d'effort), les attentes de performance (ou utilité perçue) qui sont divisées en deux parties : performance du point de vue de la production et du point de vue de la santé et sécurité, l'influence sociale (direction, encadrement et collègues), les aspects professionnels et identitaires, et enfin les affects ([figure 8 page suivante](#)) [32]. Trouver le bon équilibre entre ces différentes dimensions conduit à l'acceptation. Cet équilibre n'est pas aisé à définir, d'autant plus que les processus d'acceptation sont complexes, fragiles et dynamiques dans le sens où ils peuvent évoluer. Ainsi, une modification du dispositif, même minime, peut avoir des répercussions sur une des dimensions de l'acceptation et, selon que ses effets sont positifs ou négatifs, peut conduire à une modification de l'acceptation dans un sens ou dans un autre. Il est crucial d'en tenir compte car en termes de risques, le déploiement d'une nouvelle technologie non acceptée, mais qui serait imposée, peut générer des facteurs de risques psychosociaux, physiques voire être accidentogène. Ainsi, un exosquelette non adapté à la tâche, voire aux modes opératoires, peut être à l'origine d'autres facteurs de risques physiques (par exemple des sollicitations supplémentaires

Les exosquelettes pour prévenir les troubles musculosquelettiques et rôle des services de santé au travail

Figure 8 : Synthèse des différentes dimensions impliquées dans l'acceptation des exosquelettes [31]



d'autres parties du corps).

La question de l'acceptation fait partie intégrante de la problématique des exosquelettes [33] et doit ainsi rester au centre des préoccupations des entreprises, des préventeurs et des SST au cours du suivi de l'intégration.

Sur un plan opérationnel, les retours d'expériences recueillis en situation de production lors de ce suivi permettront un arbitrage visant à décider du maintien, voire du déploiement plus large de ces technologies dans l'entreprise, ou, à l'inverse, de la modification voire de l'abandon de l'usage d'exosquelettes pour la ou les situations de travail définies initialement. Cette décision sera fondée sur les retours d'expériences collectés au cours d'un suivi d'une durée suffisante. Ceux-ci auront en effet permis une analyse critique des moyens mis en œuvre, des résultats obtenus et de l'impact en matière de prévention. La décision finale reposera majoritairement

sur l'équilibre entre les bénéfices en termes de réduction des contraintes musculaires et articulaires et les limites de l'usage de l'exosquelette identifiées lors de l'analyse des risques : dégradation des conditions de travail (tels les risques pour la sécurité, gênes, douleurs, fatigue, charge mentale), perturbations gênant l'atteinte des objectifs de travail (efficacité, productivité, qualité, vitesse).

PERSPECTIVES SUITE À L'INTÉGRATION DE L'EXOSQUELETTE

À l'issue d'une procédure d'intégration validée par l'entreprise, celle-ci peut décider de déployer la démarche menée au niveau de la situation « pilote » initiale, au profit d'autres situations de travail nécessitant une assistance physique, ou pour des situations de travail similaires sur des sites différents, ou encore avec des collectifs différents. Il s'agit de la phase de déploiement.

L'entreprise s'appuiera alors sur la capitalisation des retours d'expérience opérés lors du suivi (développement de nouveaux usages, réorganisation des collectifs et du travail, évolution des indicateurs santé/sécurité...). Néanmoins, le déploiement d'exosquelettes à plus grande échelle doit être organisé avec la même rigueur que les phases qui jalonnent l'intégration initiale de l'exosquelette [28]. L'ensemble des critères d'évaluation déjà éprouvés dans l'entreprise devront alors être à nouveau mobilisés. Il sera également nécessaire de rester vigilant à maintenir la dynamique pluridisciplinaire mise en œuvre dans la démarche initiale.

RÔLE DES SERVICES DE SANTÉ AU TRAVAIL

Comme évoqué précédemment, l'intégration d'exosquelettes au

sein d'une entreprise nécessite une préparation importante. Les différentes phases de cette démarche impliquent l'engagement de nombreux acteurs de l'entreprise. À ce titre, les SST doivent être sollicités par les entreprises souhaitant faire l'acquisition d'un exosquelette. Les médecins du travail (MT) et infirmiers diplômés d'État en santé au travail (IDEST) ainsi que les autres préventeurs des SST (ergonomes, psychologues, intervenants en prévention des risques professionnels-IPRP, assistants de service de santé au travail-ASST) sont en effet directement concernés par la question de l'intégration d'un exosquelette dans l'entreprise, car ces dispositifs pourraient avoir un impact sur la santé et la sécurité des salariés, dans un sens aussi bien positif que négatif. En fonction du moment et des circonstances dans lesquelles ceux-ci sont sollicités par l'entreprise, ils peuvent être amenés à agir aux différentes étapes de la démarche d'intégration d'exosquelettes (*figure 7 p. 26*) en lien avec d'autres acteurs concernés ou compétents (Caisse d'assurance retraite et de la santé au travail-CARSAT, Caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France-CRAMIF, Caisse générale de sécurité sociale-CGSS, Organisme professionnel de prévention du Bâtiment et des travaux publics-OPPBT, fédérations professionnelles, cabinets conseil, par exemple).

L'INRS a récemment mené une enquête de terrain auprès des MT et IDEST dont l'objectif principal était de préciser leur rôle potentiel dans l'intégration de ces nouvelles technologies dans l'entreprise [34]. Sur la base de cette étude, cette partie a pour objectif d'apporter des repères opérationnels quant au rôle des SST lors d'une démarche d'acquisition et d'intégration d'un exosquelette.

AIDE À LA DÉCISION

Lors de cette première phase du projet, les SST auront principalement un rôle de conseil. Ceci implique qu'ils se soient préalablement forgé un avis concernant ces technologies d'assistance physique. Ils doivent, par exemple, être en mesure d'informer les entreprises sur les intérêts et les limites des exosquelettes en matière de prévention des TMS en s'appuyant sur une documentation déjà bien étayée.

Sur le plan collectif, ils sauront alors informer les dirigeants de l'entreprise sur les bénéfices à attendre de ces technologies en matière de prévention des TMS, mais également sur leurs potentiels effets indésirables (déplacement des contraintes musculaires, altération du contrôle du mouvement, gênes fonctionnelles, augmentation des contraintes cardiovasculaires...) et les autres risques précédemment décrits (écrasement/collision, charge mentale, inconfort et irritation des zones en contact avec l'exosquelette...). La mise en perspective de ces effets et risques par rapport à la situation de travail pour laquelle un exosquelette est envisagé permettra aux SST de formuler des précautions d'emploi adaptées. Les professionnels des SST pourront s'appuyer sur le guide « 10 idées reçues sur les exosquelettes » [35] pour initier les premiers échanges avec l'entreprise sur le sujet. En matière de ressources documentaires, d'autres articles ou revues antérieures peuvent compléter l'usage de ce document [3, 36].

Sur un plan individuel, les MT seront également en mesure de se prononcer sur l'absence de contre-indication médicale au port de l'exosquelette ou, au contraire, de déconseiller l'équipement d'un salarié si l'exosquelette est susceptible de nuire à sa propre santé. En effet, en tant que

professionnels de santé, ils sont les seuls, avec les IDEST, à connaître et à suivre l'état de santé des salariés dans le milieu de travail. Sur la base de leur connaissance des risques associés à l'usage d'un type d'exosquelette défini, ils auront alors la possibilité d'évaluer, individuellement, la pertinence d'un projet en cours, en fonction de leur analyse de la balance bénéfique/risque associée à l'usage de cette technologie dans le contexte spécifique des tâches de travail exercées par l'opérateur.

D'une manière plus générale, les SST sont en mesure d'aider l'entreprise à identifier et analyser avec précision les tâches concernées par des problématiques de TMS et à statuer sur le fait que l'exosquelette apparaisse ou non comme une solution potentielle pour les prévenir, en participant aux groupes de travail et discussions avec les différentes parties prenantes. Le MT, l'IDEST ou d'autres membres du SST peuvent, par exemple, accompagner l'entreprise dans son analyse du besoin d'assistance physique avant de s'interroger collectivement sur la solution exosquelette, parmi d'autres solutions susceptibles de transformer la situation de travail. Ils peuvent ainsi aider l'entreprise à formaliser un cahier des charges traduisant en critères techniques les résultats de l'analyse préalable afin de caractériser les fonctions de l'assistance attendue.

ÉVALUATION DE L'INTERACTION HOMME-EXOSQUELETTE

Le MT, l'IDEST et les autres préventeurs du service de santé au travail ont également un rôle clé à jouer dans l'évaluation de l'usage de l'exosquelette (*figure 7 p. 26*). Ils apportent leurs connaissances des méthodes et outils permettant d'investiguer le ressenti (efforts,

Les exosquelettes pour prévenir les troubles musculosquelettiques et rôle des services de santé au travail

gènes...), de caractériser les conséquences physiologiques (activité musculaire, sollicitations cardiovasculaires...) liées à l'usage d'un exosquelette et d'identifier les bénéfices et limites en matière de prévention. Ils peuvent également accompagner l'entreprise dans l'évaluation de l'acceptabilité puis de l'acceptation de ces technologies [32], afin de s'assurer que celle-ci est en mesure de mettre en place des conditions favorables à l'intégration des exosquelettes et à l'adhésion des opérateurs. Sur la base des données recueillies et de leur interprétation, ils peuvent contribuer à une prise de décision concernant la poursuite ou la réorientation du projet, le cas échéant, vers d'autres pistes de prévention. À l'instar de la phase précédente d'analyse du besoin, les services de santé peuvent être amenés à dimensionner différemment leurs interventions en fonction de l'organisation initiale et de la mise en œuvre du projet.

SUIVI ET RETOURS D'EXPÉRIENCE

Enfin, les professionnels des SST ont une place privilégiée dans le suivi des salariés équipés. Il est alors pertinent de mettre en place un suivi s'appuyant sur un protocole de visites régulières, à discuter avec l'entreprise. Celui-ci devrait idéalement débiter dès la mise en œuvre de la démarche et se poursuivre au-delà de la phase de déploiement. Lors de ces visites d'information et de prévention (VIP) supplémentaires, les MT et IDEST seront à même de constater les effets, aussi bien positifs que négatifs, de l'usage des exosquelettes sur la santé des opérateurs. Sur un plan opérationnel, ils devront aborder avec les utilisateurs les difficultés de nature variée résultant

de l'usage de l'exosquelette, notamment en utilisant les outils d'évaluation précédemment mobilisés lors de la démarche d'évaluation. Premièrement, les questionnaires de ressenti pourront être utilisés pour suivre l'évolution de l'intensité des douleurs et des gênes, ainsi que de leur localisation. Les questionnaires d'évaluation des différentes dimensions de l'acceptation donneront une visibilité plus large sur l'adhésion de l'opérateur à l'usage de son exosquelette et permettront de prévenir tout risque en lien avec un éventuel rejet de la technologie. De par son positionnement, le SST pourrait être en mesure d'identifier les retentissements psychologiques liés à un manque d'adhésion au changement ou d'acceptation de la technologie que les décideurs de l'entreprise pourraient avoir des difficultés à percevoir. Ces VIP doivent également permettre aux professionnels des SST d'aborder l'ensemble des points de vigilance liés aux risques professionnels associés à l'usage des exosquelettes (*figure 6 p. 25*). Pour finir, les opérateurs doivent être entendus sur les nouvelles intentions d'usage de l'exosquelette qui pourraient être occasionnées par des changements organisationnels, ou de stratégie des opérateurs. Le cas échéant, les SST pourraient être amenés à préconiser à l'entreprise de réitérer les évaluations de l'interaction Homme-exosquelette pour s'assurer que les bénéfices attendus soient préservés et qu'aucun nouvel effet – non désiré – ne soit la conséquence de cette modification d'usage. En complément de la surveillance de la santé au travail individuelle, ce suivi spécifique à l'usage de l'exosquelette par les SST paraît crucial pour nourrir la réflexion avant tout déploiement de la démarche vers d'autres situations de travail.

CONCLUSION

Depuis 2010, on assiste à une forte croissance du nombre d'études à l'échelle mondiale cherchant à établir les preuves concrètes quant aux avantages et aux risques liés à l'utilisation des exosquelettes pour la prévention des TMS. Depuis peu, ces travaux abordent également les dimensions cognitives, psychosociales et organisationnelle liées à l'usage de ces technologies en milieu professionnel. Des études futures restent néanmoins attendues pour combler les principales lacunes demeurant dans les connaissances actuelles, en examinant, par exemple, l'impact des exosquelettes sur les coordinations musculaires, la survenue de la fatigue, ou encore les adaptations physiologiques à long terme.

Pour l'heure, si la communauté scientifique tend vers un consensus quant au potentiel d'atténuation des efforts musculaires offert par les exosquelettes, leur caractère protéiforme associé à l'hétérogénéité des protocoles d'évaluation mis en place compliquent grandement la construction d'informations génériques à destination des entreprises quant aux bénéfices à attendre de ces technologies à des fins de prévention des TMS, et quant aux risques qu'elles peuvent occasionner en termes de santé et sécurité pour les opérateurs.

Les principes méthodologiques décrits dans cet article permettent aux préventeurs et à l'entreprise d'appréhender de nombreuses questions posées par l'intégration d'un exosquelette. Le caractère participatif de la démarche et l'évaluation à différentes étapes s'inscrivent dans un processus d'amélioration continue en garantissant la prise en compte de la prévention

des risques professionnels dans le respect des principes généraux de prévention. La collaboration entre les entreprises, les préventeurs, les concepteurs, les instituts de recherche et les SST est nécessaire afin d'améliorer les connaissances sur l'usage professionnel de ces technologies, d'intégrer les besoins de l'utilisateur final au développement des futures générations d'exosquelettes et enfin de co-construire les pratiques de prévention dans lesquelles seront intégrées ces nouvelles technologies.

POINTS À RETENIR

- Il est indispensable d'avoir étudié préalablement l'ensemble des pistes susceptibles de réduire la charge physique de travail avant d'envisager l'usage d'un exosquelette comme solution de prévention.
- Les exosquelettes d'assistance du dos permettent de limiter les contraintes musculaires lombaires lors de tâches mobilisant le tronc en flexion/extension.
- Les exosquelettes d'assistance du membre supérieur permettent de limiter les contraintes musculaires au niveau des épaules lors de tâches impliquant le maintien des bras en hauteur.
- L'usage d'exosquelettes peut avoir des conséquences non-désirées au niveau des muscles antagonistes, des muscles posturaux, et du contrôle du mouvement.
- Les effets non désirés associés à l'usage d'un exosquelette sont à considérer lors de l'évaluation des risques professionnels et du suivi de santé au travail.
- Les bénéfices et les limites des exosquelettes dépendent d'une interaction forte entre sa conception, les caractéristiques individuelles et le type de tâche.
- Une démarche structurée est essentielle, allant de la caractérisation des besoins jusqu'à l'intégration de l'exosquelette en situation de travail, puis suivant les effets à court, moyen et long terme.
- L'entreprise doit mettre en place les conditions permettant l'évaluation des usages de l'exosquelette et l'accompagnement de son acceptation par les opérateurs.
- L'équipe pluridisciplinaire du service de santé au travail a un rôle à jouer dans l'accompagnement de l'entreprise à chacune des étapes de la démarche.
- Le SST doit également être impliqué dans le suivi du déploiement de la technologie à d'autres situations de travail.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 | Rapport Annuel 2018. Assurance Maladie Risques professionnels (https://assurance-mala-die.ameli.fr/sites/default/files/rapport_annuel_2018_assurance_maladie_risques_pro.pdf).
- 2 | DREISTATDT S, DE FLAUGERGUES S, SERRES N, YOUSSEF M - Rapport charges & produits AT-MP2017 : éléments statistiques sur les lombalgies. Etude 2016-070. Paris : Assurance Maladie - Risques professionnels ; 2016 : 199 p.
- 3 | THEUREL J, DESBROSSES K - Occupational Exoskeletons: Overview of Their Benefits and Limitations in Preventing Work-Related Musculoskeletal Disorders. *IISE Trans Occup Ergon Hum Factors*. 2019 ; 7 (3-4) : 264-80.
- 4 | ASBECK AT, DE ROSSI SMM, GALIANA I, DING Y ET AL. - Stronger, Smarter, Softer: Next-Generation Wearable Robots. *IEEE Robot Autom Mag*. 2014 ; 21 (4) : 22-33.
- 5 | INGVAST J, VON HOLST H, WIKANDER J - Strengthening glove. Patent. *International Publication Number WO 2008/027002 A1*. 6 March 2008. 2008 : 22 p.
- 6 | DE LOOZE MP, BOSCH T, KRAUSE F, STADLER KS ET AL. - Exoskeletons for industrial application and their potential effects on physical work load. *Ergonomics*. 2016 ; 59 (5) : 671-81.
- 7 | McFARLAND T, FISCHER S - Considerations for Industrial Use: A Systematic Review of the Impact of Active and Passive Upper Limb Exoskeletons on Physical Exposures. *IISE Trans Occup Ergon Hum Factors*. 2019 ; 7 (3-4) : 322-47.
- 8 | THEUREL J, SCHWARTZ M, DESBROSSES K - Potential of back exoskeletons in limiting spinal muscles activity depends on their design and on task modalities. Oral Presentations page 181. In: Premus 2019. 10th International Scientific Conference on the Prevention of Work-Related Musculoskeletal Disorders. Bologna, Italy, 2-5 September 2019. From research to evidence based sustainable interventions and practices. PREMUS. 2019 (<http://www.premus2019.com/wp-content/uploads/2019/09/PREMUS-2019-Abstract-30.08.19.pdf>).
- 9 | WHITFIELD B, COSTIGAN P, STEVENSON JM, SMALLMAN CL - Effect of an on-body ergo-nomic aid on oxygen consumption during a repetitive lifting task. *Int J Ind Ergon*. 2014 ; 44 (1) : 39-44.
- 10 | FROST DM, ABDOLI-ERAMAKI M, STEVENSON JM - PLAD (personal lift assistive device) stiffness affects the lumbar flexion/extension

Les exosquelettes pour prévenir les troubles musculosquelettiques et rôle des services de santé au travail

BIBLIOGRAPHIE (suite)

- moment and the posterior chain EMG during symmetrical lifting tasks. *J Electromyogr Kinesiol.* 2009 ; 19 (6) : e403-12.
- 11 | BOSCH T, VAN ECK J, KNITEL K, DE LOOZE M - The effects of a passive exoskeleton on muscle activity, discomfort and endurance time in forward bending work. *Appl Ergon.* 2016 ; 54 : 212-17.
- 12 | GRAHAM RB, AGNEW MJ, STEVENSON JM - Effectiveness of an on-body lifting aid at reducing low back physical demands during an automotive assembly task: assessment of EMG response and user acceptability. *Appl Ergon.* 2009 ; 40 (5) : 936-42.
- 13 | GODWIN AA, STEVENSON JM, AGNEW MJ, TWIDDY AL ET AL - Testing the efficacy of an ergonomic lifting aid at diminishing muscular fatigue in women over a prolonged period of lifting. *Int J Ind Ergon.* 2009 ; 39 (1) : 121-26.
- 14 | LOTZ CA, AGNEW MJ, GODWIN AA, STEVENSON JM - The effect of an on-body personal lift assist device (PLAD) on fatigue during a repetitive lifting task. *J Electromyogr Kinesiol.* 2009 ; 19 (2) : 331-40.
- 15 | LAMERS EP, SOLTYS JC, SCHERPEREEL KL, YANG AJ ET AL - Low-profile elastic exosuit reduces back muscle fatigue. *Sci Rep.* 2020 ; 10 (1) : 15958.
- 16 | ABDOLI-ERAMAKI M, STEVENSON JM - The effect of on-body lift assistive device on the lumbar 3D dynamic moments and EMG during asymmetric freestyle lifting. *Clin Biomech (Bris-tol, Avon).* 2008 ; 23 (3) : 372-80.
- 17 | BALTRUSCH SJ, VAN DIEËN JH, VAN BENNEKOM CAM, HOUDIK H - The effect of a pas-sive trunk exoskeleton on functional performance in healthy individuals. *Appl Ergon.* 2018 ; 72 : 94-106.
- 18 | ALABDULKARIM S, NUSSBAUM MA - Influences of different exoskeleton designs and tool mass on physical demands and performance in a simulated overhead drilling task. *Appl Ergon.* 2019 ; 74 : 55-66.
- 19 | SMETS M - A Field Evaluation of Arm-Support Exoskeletons for Overhead Work Applications in Automotive Assembly. *IIEE Trans Occup Ergon Hum Factors.* 2019 ; 7 (3-4) : 192-98.
- 20 | RASHEDI E, KIM S, NUSSBAUM MA, AGNEW MJ - Ergonomic evaluation of a wearable assistive device for overhead work. *Ergonomics.* 2014 ; 57 (12) : 1864-74.
- 21 | SYLLA N, BONNET V, COLLEDANI F, FRAISSE P - Ergonomic contribution of ABLE exo-skeleton in automotive industry. *Int J Ind Ergon.* 2014 ; 44 (4) : 475-81.
- 22 | DESBROSSES K, SCHWARTZ M, THEUREL J - Postural consequences of the use of upper limb exoskeletons during overhead work: influence of exoskeleton design? Oral Presentations page 182. In: Premus 2019. 10th International Scientific Conference on the Prevention of Work-Related Musculoskeletal Disorders. Bologna, Italy, 2-5 September 2019. From research to evidence based sustainable interventions and practices. PREMUS. 2019 (<http://www.premus2019.com/wp-content/uploads/2019/09/PREMUS-2019-Abstract-30.08.19.pdf>).
- 23 | HUYSAMEN K, BOSCH T, DE LOOZE M, STADLER KS ET AL - Evaluation of a passive exoskeleton for static upper limb activities. *Appl Ergon.* 2018 ; 70 : 148-55.
- 24 | THEUREL J, DESBROSSES K, ROUX T, SAVESCU A - Physiological consequences of using an upper limb exoskeleton during manual handling tasks. *Appl Ergon.* 2018 ; 67 : 211-17.
- 25 | KIM S, NUSSBAUM MA - A Follow-Up Study of the Effects of An Arm Support Exo-skeleton on Physical Demands and Task Performance During Simulated Overhead Work. *IIEE Trans Occup Ergon Hum Factors.* 2019 ; 7 (3-4) : 163-74.
- 26 | WESTON EB, ALIZADEH M, KNAPIK GG, WANG X ET AL - Biomechanical evaluation of exoskeleton use on loading of the lumbar spine. *Appl Ergon.* 2018 ; 68 : 101-08.
- 27 | THEUREL J - Exosquelettes au travail : intérêts et limites pour la prévention des lombalgies et des TMS ? Paris, France, 26 novembre 2019. Compte-rendu de la journée technique organisée par l'INRS. Compte rendu de congrès CC 32. *Hyg Secur Trav.* 2020 ; 259 : 94-98.
- 28 | ATAIN-KOUADIO JJ, KERANGUEVEN L, TURPIN-LEGENDE E - Acquisition et intégration d'un exosquelette en entreprise. Guide pour les préventeurs. Édition INRS ED 6315. Paris : INRS. 2018 : 32 p.
- 29 | Repères méthodologiques pour la sélection d'un exosquelette professionnel. Édition INRS ED 6416. Paris : INRS ; 2021 (à paraître).
- 30 | VENKATESH V, MORRIS MG, DAVIS GB, DAVIS FD - User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Q.* 2003 ; 27 (3) : 425-78.
- 31 | WIOLAND L, DEBAY L, ATAIN-KOUADIO JJ - Processus d'acceptabilité et d'acceptation des exosquelettes : évaluation par questionnaire. Vu du terrain TF 274. *Réf Santé Trav.* 2019 ; 160 : 49-76.
- 32 | WIOLAND L, DEBAY L, ATAIN-KOUADIO JJ - Acceptation des exosquelettes par les opérateurs : étude exploratoire. Vu du terrain TF 264. *Réf Santé Trav.* 2019 ; 157 : 45-61.
- 33 | MOYON A, POIRSON E, PETIOT JF - Development of an Acceptance Model for Occupational Exoskeletons and Application for a Passive Upper Limb Device. *IIEE Trans Occup Ergon Hum Factors.* 2019 ; 7 (3-4) : 291-301.
- 34 | GALLET A - Exosquelettes professionnels : rôle et besoins des services de santé au travail pour leur intégration en entreprise. Étude qualitative. 2020. Thèse pour le doctorat en médecine. Lyon : Université Claude Bernard Lyon 1 ; 2020 : 101 p.
- 35 | THEUREL J, ATAIN-KOUADIO JJ, DESBROSSES K, KERANGUEVEN L ET AL - 10 idées reçues sur les exosquelettes. Édition INRS ED 6295. Paris : INRS. 2018 : 24 p.
- 36 | THEUREL J, CLAUDON L - Exosquelettes au travail : impact sur la santé et la sécurité des opérateurs. État des connaissances. Édition INRS ED 6311. Paris : INRS. 2018 : 32 p.

Utilisation des composés organiques volatils urinaires non-métabolisés comme biomarqueurs pour évaluer les polyexpositions professionnelles

AUTEURS :

A. Erb, P. Marsan, M. Burgart, A. Remy, A.M. Lambert-Xolin, F. Jeandel, O. Hanser, A. Robert, département Toxicologie et biométrie, INRS

EN RÉSUMÉ

Les composés organiques volatils (COV) font partie intégrante des ambiances de travail. Leur présence, particulièrement en cas de polyexposition, peut engendrer à terme des effets délétères sur la santé des salariés. Pour évaluer ces polyexpositions, un protocole prélèvement-analyse a été mis en place afin de doser simultanément 11 COV aromatiques et chlorés (benzène, éthylbenzène, toluène, o-, m-, p-xylènes, styrène, dichlorométhane, chloroforme, trichloroéthylène, tétrachloroéthylène) dans l'urine. Sa pertinence, en termes de sensibilité et de faisabilité, a ensuite été vérifiée sur des urines de salariés d'entreprises utilisatrices de ces composés, dans divers secteurs industriels et notamment en raffineries.

MOTS CLÉS

Multi-exposition /
Méthodologie /
Surveillance
biologique /
Solvant /
Évaluation des
risques / Produit
chimique /
Risque chimique /
Biométrie

La polyexposition des salariés, définie comme les expositions par des voies multiples – l'inhalation, l'ingestion et/ou le contact cutané – à des agents/nuisances multiples, qu'ils soient chimiques, biologiques, physiques [1], sur leurs lieux de travail, fait partie des préoccupations des services de santé au travail, et les composés organiques volatils (COV) sont particulièrement ciblés. En effet, beaucoup de COV sont dangereux pour la santé, notamment ceux classés CMR (cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction). Les plus fréquents en milieu de travail sont les composés aromatiques et les chlorés. Les premiers sont utilisés notamment dans toutes les industries de pétrochimie, de fabrication et d'utilisation de polymères, résines, vernis et peintures. Les composés chlorés ont été largement substitués, mais ils sont encore utilisés dans certains secteurs d'activité, comme l'industrie de la synthèse organique ou les

laboratoires d'analyse. Ces deux familles de composés peuvent être retrouvées simultanément, par exemple dans la synthèse organique et l'industrie pétrochimique. Les COV font partie des nombreux produits chimiques regroupés sous le nom de solvants. Ils entrent ainsi dans la composition de beaucoup de produits couramment utilisés dans l'industrie : peintures, colles, encres, dissolvants et dégraissants. Ils peuvent aussi être un sous-produit de combustion ou de chauffage lors de la fabrication, un déchet ou encore être présents dans les produits de nettoyage. Traditionnellement, l'évaluation du risque chimique lié à des substances volatiles passe par la recherche et la quantification de ces composés dans l'air des lieux de travail, prélevés au niveau des voies respiratoires des salariés. Cependant, la métrologie atmosphérique ne prend pas en compte la charge de travail et donc le débit ventilatoire du salarié suivi, entraînant une sous-estimation de la quantité de toxique inhalé

Utilisation des composés organiques volatils urinaires non-métabolisés

comme biomarqueurs pour évaluer les polyexpositions professionnelles

pendant la journée de travail, qui peut être importante en cas de travail physique intense. En mesurant la dose interne, la biométrie intègre la charge de travail dont l'intensité a un impact significatif sur les niveaux excrétés de certains solvants, principalement les plus solubles dans le sang [2, 3]. Dans ce contexte, l'Union internationale de chimie pure et appliquée (IUPAC) recommande d'utiliser la biométrie pour évaluer les expositions aux COV [4]. La biométrie prend aussi en compte les habitudes de vie du salarié, comme son statut tabagique, elle permet d'évaluer l'efficacité des équipements de protection individuels mis en place et présente

également l'avantage de pouvoir être réalisée *a posteriori*, lorsque cela est nécessaire, par exemple lors d'expositions accidentelles.

Le plus souvent, la biométrie est réalisée sur les urines car les prélèvements urinaires présentent l'avantage d'être faciles à collecter et non-invasifs. Généralement, les métabolites des composés d'intérêt sont recherchés dans les urines. Dans le cas des COV, il est plus pertinent de quantifier les formes non-métabolisées car les concentrations urinaires en COV résultent uniquement d'un processus de diffusion tubulaire passive. Ce dernier point leur confère donc une certaine indépendance vis-à-vis du métabolisme

propre à chaque individu, permettant ainsi, pour une même exposition, de limiter les variations inter-individuelles [5 à 8]. C'est notamment le cas pour le benzène, pour lequel le dosage du benzène urinaire non-métabolisé s'avère plus adapté que celui de ses métabolites, l'acide t,t-muconique ou l'acide S-phénylmercapturique, principalement dans le cas des faibles expositions professionnelles [9 à 13]. Même si seulement de faibles, voire très faibles, fractions des COV inhalés (de 0,005 % à 2 %) sont excrétées sous forme non-métabolisée dans les urines (tableau I), leur stabilité en fait des biomarqueurs de choix, et la sensibilité des techniques

> TABLEAU I : RÉCAPITULATIF DES VALEURS DE RÉFÉRENCE DISPONIBLES POUR LES COV ÉTUDIÉS

Composé	Valeur limite biologique urinaire (VLB/BEI)	Population générale (VBR/BGV)	Excrétion urinaire sous forme non-métabolisée	Concentrations urinaires en fin de poste (en fonction des concentrations atmosphériques)	VLEP-8h (ppm)
Benzène [14]	/	0,3 µg/L (pour les non-fumeurs) (RAC-ECHA 2018)	<1 %	À 0,03 - 0,3 - 1 ppm : 0,5* - 2,75 - 7,5 µg/L (valeurs EKA) À 0,05 ppm (valeur limite d'exposition recommandée) : 0,7 µg/L en fin d'exposition ou fin de poste (RAC-ECHA 2018)	1
Toluène [15]	30 µg/L en fin de poste (ANSES 2011, ACGIH 2010)	0,4 µg/L (ANSES 2011)	0,06 %	/	20
Éthylbenzène [16]	/	/	<1 %	/	20
Styrène [17]	40 µg/L en fin de poste (ANSES 2014, ACGIH 2015)	/	<2 %	/	23,3
Xylènes [18]	/	/	0,005 %	À 100 ppm (4h) : 170 µg/L (Biotox 2020)	50
Dichlorométhane [19]	200 µg/L en fin de poste (ANSES 2018) 300 µg/L en fin de poste (ACGIH 2005)	1,6 µg/L (ANSES 2018)	<0,1 %	/	50
Chloroforme [20]	/	/	<0,01 %	/	2

* Pour les non-fumeurs

VLB : Valeur limite biologique (limite de concentration dans le milieu biologique de l'indicateur biologique d'exposition pertinent – agent chimique concerné, un de ses métabolites ou un indicateur d'effet spécifique. Elle vise à protéger des effets néfastes liés à l'exposition à moyen et long termes, les travailleurs exposés à l'agent chimique considéré, régulièrement et pendant la durée d'une vie de travail)

BEI : Biological Exposure Indices (indices biologiques d'exposition)

VBR : Valeur biologique de référence dans la population générale (valeur la plus proche du 95^e percentile de la distribution des valeurs retrouvées dans une population générale d'adultes dont les caractéristiques sont proches de celles de la population française)

BGV : Biological Guidance Values

VLEP-8H : Valeur limite d'exposition professionnelle sur 8 heures

ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (France)

ACGIH : American Conference of Governmental Industrial Hygienists (USA)

EKA : Expositionsäquivalente für Krebserzeugende Arbeitsstoffe, valeurs limites proposées par la DFG, Deutsche Forschungsgemeinschaft (Allemagne)

RAC-ECHA : Risk Assessment Committee - European chemicals agency (Union Européenne)

actuelles permet de les quantifier même à l'état de trace.

Pour quantifier les COV urinaires, la technique de l'*Headspace* ou « espace de tête » en mode dynamique (encadré 1 et figure 1) a été retenue. Cette technique a l'avantage d'être simple, rapide car elle ne nécessite pas de préparation spécifique des échantillons avant analyse, et particulièrement bien adaptée au suivi des poly-expositions. La méthode mise au point au laboratoire a permis de séparer et de quantifier simultanément, sept composés aromatiques (benzène, éthylbenzène, styrène, toluène, et trois isomères du xylène) et quatre composés chlorés (dichlorométhane, chloroforme, trichloroéthylène, tétrachloroéthylène) dans l'urine. Cette technique exige cependant le respect d'un protocole standardisé de recueil et de stockage des échantillons urinaires, afin de limiter les pertes et/ou contaminations éventuelles. Cela permettra également de mettre à disposition des préventeurs une procédure standardisée pour le recueil des urines, dans le but d'analyser avec précision et justesse les COV non métabolisés. Cette procédure d'échantillonnage, ainsi que la méthode analytique, ont été appliquées dans différents secteurs industriels pour juger de leur pertinence et des niveaux urinaires des 11 COV étudiés.

MÉTHODOLOGIE

RECUEIL, STOCKAGE ET ANALYSE

Pour l'analyse des COV urinaires non-métabolisés, il faut porter une attention toute particulière à la phase de recueil des échantillons, et standardiser le protocole de recueil afin d'éviter tous les biais

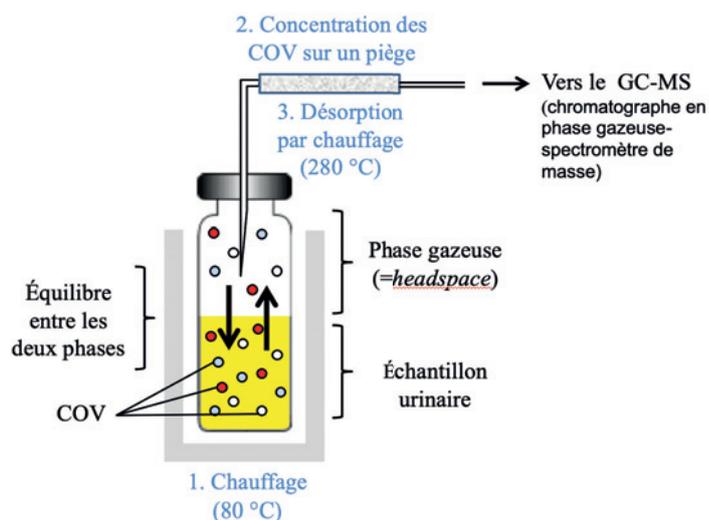
↓ Encadré 1

> LA TECHNIQUE HEADSPACE

L'*Headspace*, ou « espace de tête », est le nom de la fraction gazeuse présente dans un flacon scellé, au-dessus de la phase liquide. La technique *Headspace* consiste à prélever une fraction de l'espace de tête dans lequel se trouveront les COV de l'échantillon urinaire, après une étape de chauffage et d'agitation du flacon. Les composés volatils seront ensuite séparés par chromatographie en phase gazeuse. L'utilisation de cette technique ne nécessite pas de préparation d'échantillon, permet de sélectionner uniquement les composés volatils et donc d'obtenir des chromatogrammes plus lisibles [21]. Il est ainsi possible de s'affranchir des composés non-volatils

de la matrice et donc de gagner en sensibilité. Le couplage avec un spectromètre de masse, plus sensible que la plupart des autres détecteurs, notamment en mode SIM (*Single Ion Monitoring*), permet d'analyser des composés présents à l'état de trace [22, 23]. Ainsi, l'*Headspace* dynamique (pour lequel la phase gazeuse de l'échantillon est concentrée sur un piège avant d'être injectée) couplé à un chromatographe en phase gazeuse et à un spectromètre de masse (GC-MS) permet, dans les conditions optimales, d'obtenir des limites de quantification de l'ordre de la dizaine de nanogrammes par litre.

Figure 1 : Fonctionnement schématique de l'analyse *Headspace* en mode dynamique



potentiels. Ainsi, il a été montré qu'il était important de recueillir les échantillons urinaires dans une atmosphère non-polluée, suffisamment à l'écart des lieux de travail, d'aliqoter rapidement après le recueil un volume précis de

l'échantillon urinaire, directement dans le flacon d'analyse *Headspace* et de le conserver idéalement à -20 °C jusqu'à son analyse. Ces précautions permettent d'éviter de contaminer la fraction gazeuse avec les COV présents dans

Utilisation des composés organiques volatils urinaires non-métabolisés comme biomarqueurs pour évaluer les polyexpositions professionnelles

l'atmosphère des ateliers et de limiter les pertes en COV urinaires, que l'on peut observer avec une conservation à température ambiante (encadré 2 et figure 2).

Concernant l'analyse, l'échantillon

urinaire recueilli doit être conditionné dans deux flacons, pour être analysé deux fois, afin de s'affranchir d'une éventuelle mauvaise étanchéité d'un des flacons et/ou de palier à un problème analytique.

En effet, avec cette technique d'analyse d'espace de tête, une seule analyse est possible par échantillon. Il est donc nécessaire de bien respecter le protocole de recueil afin d'obtenir des résultats reproductibles et représentatifs de l'exposition réelle des opérateurs. Précédemment, Ducos et al. [3] utilisaient un flacon en polytéréphthalate d'éthylène (PET), rempli à 80 % afin de limiter la quantité d'air présente dans le flacon, tout en permettant une congélation directe dans le flacon de recueil. Cette technique s'est montrée compliquée, voire impossible à appliquer sur le terrain, lorsque les volumes des mictions recueillies étaient faibles. D'autre part, des tests avaient établi que ces flacons n'étaient pas suffisamment hermétiques pour s'affranchir de toute perte, lors de la décongélation de l'échantillon. Ce procédé d'échantillonnage a donc été délaissé et remplacé par un conditionnement en flacon *Headspace*, permettant d'assurer une conservation optimale de l'échantillon urinaire.

La méthode d'analyse des COV urinaires non-métabolisés par la technique de l'espace de tête a été validée en laboratoire [25]. Les limites de quantification sont de 10 ng/L pour le benzène, le toluène, l'éthylbenzène, les m- et o-xylènes et le chloroforme, de 15 ng/L pour le dichlorométhane et le p-xylène, et de 50 ng/L pour le styrène.

DESCRIPTION DES SECTEURS INVESTIGUÉS ET RECRUTEMENT DES SALARIÉS

Les entreprises ont été recrutées par l'intermédiaire de la rubrique *Participez à la recherche* de la revue *Références en Santé au Travail*. Les contacts pris auprès des médecins du travail et des services hygiène et sécurité ont permis de réaliser,

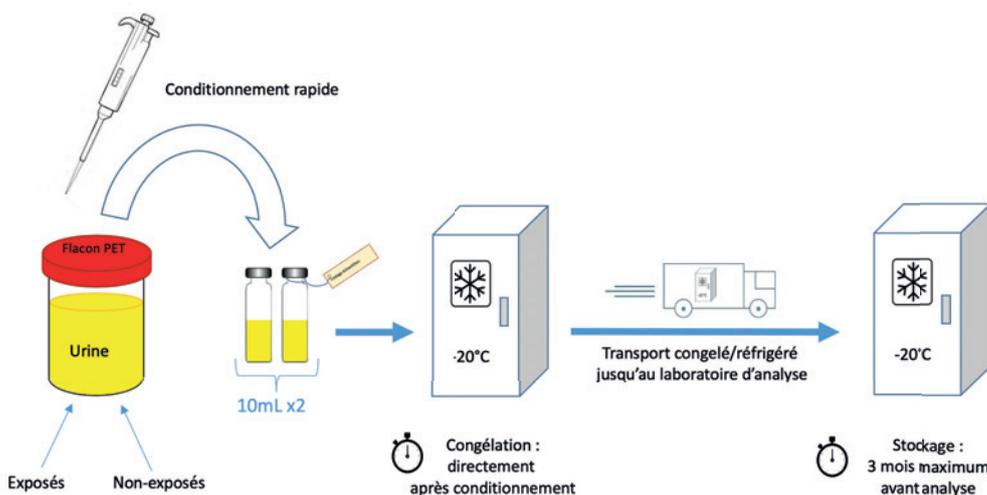
↓ Encadré 2

> PROTOCOLE STANDARDISÉ : DU RECUEIL À L'ANALYSE

- 1) Recueil des échantillons urinaires dans un lieu éloigné de la zone d'exposition, par exemple les vestiaires, ou mieux, l'infirmierie, de manière à limiter au maximum les risques de contamination.
- 2) Miction dans un flacon de PET (polytéréphthalate d'éthylène) muni d'un bouchon à vis et fermeture immédiate par le salarié.
- 3) Conditionnement rapide (moins de 10 minutes après la miction, délai qui peut être porté à 30 min si les échantillons sont réfrigérés) en deux parties aliquotes (10 mL prélevés à l'aide d'une macro-pipette avec embout à usage unique) déposées directement dans un flacon *Headspace* de 20 mL (Restek 22x75 mm, col avec pas de vis). Une attention particulière doit être apportée à la fermeture du flacon (bouchon à vis Restek 18 mm, polytétrafluoroéthylène / silicone) afin de garantir son étanchéité. Des tests préalables ont montré qu'en entreprise, l'utilisation de bouchon à vis était préférable aux bouchons à sertir, car le sertissage est plus aléatoire en terme d'étanchéité.
- 4) Pas d'étiquette, de colle, de scotch, de feutre ou de marqueur sur le flacon, afin

- d'éviter la migration de composés volatils vers l'échantillon. Identification des échantillons à l'aide d'étiquettes américaines (codage), attachées au col du flacon à l'aide d'un fil de fer.
- 5) Congélation immédiate sur place dans des congélateurs (-20 °C), ou à défaut réfrigération à 4 °C, avec un transfert rapide (moins de 7 jours) vers le labo d'analyse, dans des boîtes de transport avec des packs de froid congelables, en respectant les recommandations de bonne pratique de la Société française de médecine du travail [24]. Éviter les envois en fin de semaine, afin que les échantillons ne restent pas chez les transporteurs pendant le week-end.
- 6) Au laboratoire, analyse des échantillons au maximum dans les 3 mois lorsqu'ils sont conservés à -20 °C, temps au-delà duquel des pertes significatives, supérieures à 10%, ont été observées. En effet, les tests de conservation des échantillons urinaires ont montré qu'il y avait 10 % de perte en 24h à température ambiante, en 7 jours à 4 °C et en 120 jours à -20 °C. Si les échantillons sont reçus réfrigérés, l'analyse devra ainsi se faire le plus rapidement possible, moins de 7 jours après leur recueil.

Figure 2 : Du recueil au stockage des échantillons urinaires



entre 2013 et 2015, 9 interventions dans 5 entreprises différentes, dont 6 interventions en raffineries (tableau II). Cet article détaille plus particulièrement les résultats obtenus en raffinerie, là où les données sont les plus nombreuses. Chaque salarié volontaire recevait une fiche d'information précisant les tenants et les aboutissants de l'étude et signait également un formulaire de consentement à participer.

Une trentaine de salariés potentiellement exposés, ainsi qu'une dizaine de témoins étaient généralement volontaires dans chaque entreprise visitée. Chaque jour, ils remplissaient un questionnaire précisant leurs activités quotidiennes, les produits utilisés, les équipements de protection individuels utilisés, les éventuelles expositions accidentelles, ainsi que leur statut tabagique. En effet, la biométrie étant le reflet, non seulement des expositions professionnelles, mais également environnementales (alimentation, pollution...), ce questionnaire était indispensable pour interpréter les résultats des analyses.

Pour les interventions en raffinerie, il était intéressant de distinguer les phases en fonctionnement normal des phases de maintenance, où les systèmes en vase-clos sont ouverts et notamment nettoyés (purge à la vapeur d'eau sous pression et à haute température). Dans la raffinerie D, deux campagnes de prélèvements lors de chaque mode de fonctionnement ont pu être réalisées.

ANALYSES STATISTIQUES

L'analyse statistique des résultats urinaires a été réalisée à l'aide du logiciel Stata (15.0). Les concentrations des COV urinaires ne suivant pas une loi normale, le traitement statistique a été réalisé après transformation logarithmique des

► **TABLEAU II : LISTE DES SECTEURS D'ACTIVITÉ OÙ DES CAMPAGNES DE PRÉLÈVEMENTS URINAIRES ONT ÉTÉ RÉALISÉES, AVEC LES COV UTILISÉS LORS DE CES CAMPAGNES**

Entreprise	Secteur d'activité	COV utilisés
A	Peintures, vernis, résines	Chloroforme, styrène, toluène, éthylbenzène, xylènes
B	Chimie fine (synthèse organique)	Toluène, dichlorométhane
C	Aluminium (atelier de vernissage)	Éthylbenzène, xylènes
D	Raffinerie (D1 et D3 : fonctionnement standard, D2 et D4 : phase maintenance)	Benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes
E	Raffinerie (E1 : fonctionnement normal, E 2 : phase maintenance)	Benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes

données.

Comme les concentrations urinaires en m-, p- et o-xylènes sont très fortement corrélées (test de corrélations de Pearson, $p < 0,05$), leur somme a donc été utilisée pour les traitements statistiques. Dans les entreprises visitées, les proportions de m-, p- et o-xylènes variaient fortement d'une entreprise à l'autre, néanmoins, le m-xylène était toujours excrété en quantité supérieure à celle des deux autres isomères.

Pour tenir compte des mesures inférieures à la limite de quantification (LOQ), un modèle de régression de type tobit a systématiquement été appliqué pour les modèles de régression linéaire mixtes utilisés. Le modèle tobit est une alternative à la méthode habituellement utilisée où les données non quantifiables étaient remplacées par $LOQ/2$ ou $LOQ/\sqrt{2}$. Le seuil de significativité statistique (p-value) a été fixé classiquement à 5 %.

Les concentrations urinaires mesurées ne nécessitent pas de correction par la créatinine, car les COV non-métabolisés passent dans l'urine uniquement par diffusion tubulaire, alors que la créatinine est éliminée essentiellement par

filtration glomérulaire.

En revanche, pour l'interprétation des résultats, le statut tabagique du salarié est à prendre en considération. En effet, la fumée de tabac contient des composés aromatiques (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes), provenant de la combustion, qui sont inhalés, ce qui augmente *de facto* leur concentration dans les urines en l'absence d'exposition professionnelle. En conséquence, seuls les résultats obtenus chez les salariés non-fumeurs exposés et non exposés sont présentés dans cet article. L'impact du statut tabagique est présenté uniquement pour le benzène.

RÉSULTATS

Les 9 campagnes de prélèvements réalisées en entreprise ont permis de suivre 307 volontaires potentiellement exposés et 80 non-professionnellement exposés, et de recueillir respectivement 1 981 et 701 échantillons urinaires. Les non-fumeurs représentaient environ 62 % des salariés potentiellement exposés et des non-professionnellement exposés. Pour la raffinerie D,

Utilisation des composés organiques volatils urinaires non-métabolisés comme biomarqueurs pour évaluer les polyexpositions professionnelles

les résultats des deux interventions en fonctionnement normal ont été regroupés, car les expositions étaient comparables. Il en a été fait de même pour les deux interventions en phase de maintenance. Les résultats détaillés ne sont présentés ici que pour les non-fumeurs (tableau III), les résultats des fumeurs sont présentés en annexe 1 pp. 44-45.

Parmi les 5 entreprises visitées, aucune n'utilisait simultanément les 11 COV étudiés.

L'entreprise A de fabrication de

peintures utilisait le toluène, l'éthylbenzène, les xylènes, et était la seule à utiliser le styrène et le chloroforme. Pour ces deux derniers COV, les expositions étaient particulièrement faibles chez les exposés avec de nombreuses valeurs inférieures aux LOQ, (42 % pour le chloroforme et 87 % pour le styrène). Les trois autres COV (toluène, éthylbenzène et xylènes) ont été détectés, sauf rares exceptions, dans toutes les urines recueillies, chez les exposés mais également chez les non-exposés.

Chez les exposés, des valeurs médianes en fin de poste de l'ordre de 14, 6 et 26 fois la LOQ de 10 ng/L ont été mesurées, pour respectivement le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes, avec des valeurs maximales à 0,35 ; 0,51 et 2,29 µg/L. Concernant le toluène et le styrène, les valeurs maximales restent très inférieures aux valeurs limites biologiques (VLB) recommandées, fixées à 30 et 40 µg/L pour respectivement le toluène et le styrène (tableau I p. 34). Peu de données sont disponibles en population

➤ **TABLEAU III : STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES EXCRÉTIIONS URINAIRES OBSERVÉES EN DÉBUT (DP) ET STYRÈNE ET LE DICHLOROMÉTHANE CHEZ LES NON-FUMEURS EXPOSÉS ET NON-EXPOSÉS POUR CHAQUE**

		Benzène		Toluène		Éthylbenzène	
		DP	FP	DP	FP	DP	FP
		Médiane (étendue)					
Entreprise A (peintures)	Non-exposés (n=5)			0,08 (0,05-0,22)	0,07 (0,02-0,13)	0,03 (0,01-0,04)	0,03 (0,02-0,05)
	Exposés (n=18)			0,16 (0,03-0,63)	0,14 (0,01-0,35)	0,05 (<LOQ-0,18)	0,06 (0,02-0,51)
Entreprise B (synthèse)	Non-exposés (n=5)			0,56 (0,24-0,76)	0,26 (0,15-0,49)		
	Exposés (n=19)			0,31 (0,15-1,75)	0,54 (0,19-8,15)		
Entreprise C (aluminium)	Non-exposés (n=5)					0,07 (0,06-0,13)	0,08 (0,05-0,16)
	Exposés (n=6)					0,09 (0,06-0,16)	0,12 (0,09-0,99)
Raffinerie D D1+D3 : standard	Non-exposés (n=10)	0,12 (0,02-0,54)	0,04 (0,01-0,26)	0,17 (0,01-0,59)	0,15 (0,07-0,65)	0,07 (0,01-0,35)	0,05 (0,01-0,16)
	Exposés (n=61)	0,09 (0,01-1,11)	0,08 (<LOQ-1,29)	0,18 (0,02-0,93)	0,17 (0,02-1,27)	0,08 (0,01-0,47)	0,07 (0,02-0,45)
Raffinerie D D2+D4 : maintenance	Non-exposés (n=14)	0,05 (<LOQ-1,50)	0,03 (<LOQ-0,59)	0,14 (0,04-1,35)	0,09 (0,03-0,69)	0,04 (<LOQ-0,17)	0,03 (0,01-0,28)
	Exposés (n=33)	0,09 (<LOQ-17,5)	0,19 (0,01-47,7)	0,17 (0,05-1,70)	0,20 (0,06-2,77)	0,04 (0,01-0,44)	0,06 (0,01-0,52)
Raffinerie E E1 : standard	Non-exposés (n=4)	0,03 (0,01-0,12)	0,02 (0,01-0,12)	0,13 (0,06-0,40)	0,15 (0,09-0,28)	0,03 (0,02-0,05)	0,03 (0,02-0,05)
	Exposés (n=33)	0,04 (<LOQ-0,32)	0,05 (<LOQ-1,37)	0,17 (<LOQ-1,36)	0,20 (0,04-3,47)	0,03 (0,02-0,06)	0,04 (0,01-0,13)
Raffinerie E E2 : maintenance	Non-exposés (n=7)	0,04 (0,01-0,11)	0,02 (0,01-0,19)	0,01 (<LOQ-0,34)	<LOQ (<LOQ-0,26)	0,07 (0,06-0,15)	0,06 (0,04-0,09)
	Exposés (n=23)	0,07 (0,02-1,92)	0,23 (0,03-2,74)	0,13 (<LOQ-0,69)	0,18 (<LOQ-1,23)	0,08 (0,06-0,23)	0,10 (0,07-0,21)

* LOQ : limite de quantification

générale pour ces 5 COV et seul le toluène possède une valeur biologique de référence (VBR) à 0,4 µg/L. Les niveaux excrétés les plus élevés en toluène urinaire en fin de poste chez les exposés sont de l'ordre de la VBR.

L'entreprise B de synthèse organique, utilisatrice de toluène, était la seule à utiliser conjointement du dichlorométhane. Les quantités de COV utilisées étaient importantes, mais le procédé de fabrication était le plus souvent en vase clos, pour limiter les expositions des

salariés. Malgré tout, les concentrations de toluène urinaire en fin de poste chez les exposés sont plus élevées que dans l'entreprise A, avec une médiane à 0,54 µg/L, supérieure à la VBR et une valeur maximale à 8,15 µg/L environ trois fois inférieure à la VLB. Pour le dichlorométhane, la médiane à 0,28 µg/L est plus basse que la VBR estimée à 1,6 µg/L, et la valeur maximale mesurée à 22,7 µg/L reste largement inférieure à la VLB de 200 µg/L.

L'entreprise C, qui vernissait des

pièces en aluminium, n'utilisait que l'éthylbenzène et les xylènes. Les expositions chez les exposés en fin de poste restent modérées, mais relativement plus élevées que dans l'entreprise A, avec des médianes respectivement à 0,12 µg/L et 0,38 µg/L et des valeurs maximales atteignant 0,99 et 4,53 µg/L. Parmi les 4 entreprises suivies qui utilisaient ces COV, c'est dans cette entreprise que les niveaux excrétés en éthylbenzène et xylènes urinaires étaient les plus élevés.

Pour les deux raffineries visitées, les

EN FIN (FP) DE POSTE POUR LE BENZÈNE, LE TOLUÈNE, L'ÉTHYLBENZÈNE, LES XYLÈNES, LE ENTREPRISE VISITÉE (résultats exprimés en µg/L)

Xylènes		Styrène		Chloroforme		Dichlorométhane	
DP	FP	DP	FP	DP	FP	DP	FP
Médiane (étendue)							
0,14 (0,02-0,17)	0,14 (0,09-0,20)	<LOQ* (<LOQ)	<LOQ (<LOQ-0,25)	<LOQ (<LOQ-0,05)	<LOQ (<LOQ-0,03)		
0,22 (0,02-0,80)	0,26 (0,07-2,29)	<LOQ (<LOQ-0,12)	<LOQ (<LOQ-0,24)	0,01 (<LOQ-2,05)	0,01 (<LOQ-0,93)		
						0,04 (<LOQ-0,11)	0,10 (0,02-0,46)
						0,05 (<LOQ-8,22)	0,28 (0,01-22,70)
0,17 (0,15-0,23)	0,18 (0,14-0,49)						
0,24 (0,21-0,48)	0,38 (0,26-4,53)						
0,13 (0,03-1,84)	0,09 (0,03-0,46)						
0,18 (0,03-2,42)	0,18 (0,03-2,19)						
0,10 (0,03-0,58)	0,07 (0,03-0,64)						
0,13 (0,05-2,05)	0,18 (0,02-1,21)						
0,14 (0,06-0,35)	0,12 (0,07-0,18)						
0,11 (0,06-0,22)	0,13 (<LOQ-0,59)						
0,22 (0,17-0,32)	0,19 (0,10-0,22)						
0,26 (0,17-0,44)	0,28 (0,19-0,50)						

Utilisation des composés organiques volatils urinaires non-métabolisés comme biomarqueurs pour évaluer les polyexpositions professionnelles

expositions au toluène, à l'éthylbenzène et aux xylènes, en fonctionnement normal ou en période de maintenance, restent modérées, de l'ordre de celles observées dans l'entreprise A, avec, pour les exposés, des médianes en fin de poste comprises entre 0,04 et 0,28 µg/L et des valeurs maximales n'excédant pas 3,5 µg/L pour ces trois COV. La raffinerie E se distingue de la raffinerie D, avec des niveaux médians excrétés en éthylbenzène et en xylènes environ deux fois plus élevés en période de maintenance qu'en fonctionnement normal, respectivement 0,10 vs 0,04 µg/L et 0,28 vs 0,13 µg/L. Cette différence n'est pas observée pour le toluène. Concernant le benzène, les médianes restent basses, comprises entre 0,05 et 0,23 µg/L, avec

des valeurs maximales pouvant être ponctuellement très élevées en période de maintenance, comme celle mesurée à 47,7 µg/L dans la raffinerie D. D'autres résultats obtenus pour le benzène sont présentés dans la partie « Focus benzène ». Pour évaluer l'impact de l'exposition professionnelle sur les niveaux excrétés par chaque salarié, la comparaison des valeurs obtenues en début et fin de poste est importante. Les composés pour lesquels la différence est statistiquement significative (valeur de fin de poste supérieure à celle de début de poste) doivent donc tous être suivis avec intérêt, car l'excrétion en fin de poste est représentative de l'exposition de la journée de travail et donc de l'exposition professionnelle. La

comparaison des valeurs obtenues en fin de poste chez les exposés à celles des non-exposés apporte également des informations intéressantes. Ainsi, lorsque les deux différences « début/fin de poste » pour les exposés et « exposés/non-exposés » en fin de poste sont significatives, elles attestent d'une exposition professionnelle avérée (tableau IV). Pour les salariés de l'entreprise de peintures (A), il n'a pas été observé d'expositions professionnelles avérées au chloroforme et au styrène. Ces résultats peuvent probablement s'expliquer par les faibles quantités utilisées. Pour le styrène, la LOQ qui est cinq fois supérieure à celles des autres COV utilisés, pourrait également être une explication.

➤ **TABLEAU IV : SIGNIFICATIVITÉ DES DIFFÉRENTS PARAMÈTRES PERMETTANT DE CARACTÉRISER L'EXPOSITION TÉMOINS EN FIN DE POSTE ET DIFFÉRENCE DÉBUT DE POSTE/FIN DE POSTE POUR LES EXPOSÉS) POUR LES**

	Benzène		Toluène		Éthylbenzène		Xylènes	
	Différence Exp-T	Différence FP-DP						
Entreprise A			p<0,0001 EXP	NS /	NS /	p<0,0001 FP	p<0,0001 EXP	p<0,0001 FP
Entreprise B			p=0,005 EXP	p<0,0001 FP				
Entreprise C					p<0,0001 EXP	p=0,002 FP	p<0,0001 EXP	p<0,0001 FP
Raffinerie D D1+D3 : standard	p=0,003 EXP	NS /	p=0,031 EXP	NS /	NS /	p=0,002(-) FP	NS /	p=0,029(-) FP
Raffinerie D D2+D4 : maintenance	p<0,0001 EXP	p<0,0001 FP	p<0,0001 EXP	p=0,016 FP	p=0,042 EXP	p=0,016 FP	p<0,0001 EXP	NS /
Raffinerie E E1 : standard	p=0,014 EXP	p<0,0001 FP	NS /	p=0,001 FP	p=0,032 EXP	p<0,0001 FP	NS /	p=0,003 FP
Raffinerie E E2 : maintenance	p<0,0001 EXP	p<0,0001 FP	p<0,0001 EXP	p=0,031 FP	p<0,0001 EXP	p<0,0001 FP	p<0,0001 EXP	p<0,0001 FP

NS : non-significatif
 Exp-T : exposés par rapport aux non-exposés (en fin de poste)
 FP-DP : fin de poste – début de poste (pour les exposés)
 FP : excrétion significativement plus élevée en fin de poste qu'en début de poste
 EXP : excrétion significativement plus élevée en fin de poste chez les exposés que chez les témoins

Pour l'éthylbenzène et les xylènes, des expositions professionnelles ont été mises en évidence avec des niveaux excrétés en fin de poste plus élevés qu'en début de poste, ce qui n'est pas le cas pour le toluène. Pour les salariés des raffineries, les niveaux urinaires mesurés pour les benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes (BTEX) attestent d'expositions professionnelles avérées, plus ou moins nettes selon la raffinerie et son mode de fonctionnement (standard ou maintenance). En effet, en fonctionnement normal, les résultats des tests statistiques « début/fin de poste » et « exposés/non-exposés » chez les salariés de la raffinerie E sont plus souvent significatifs, attestant d'expositions professionnelles plus élevées

que celles observées dans la raffinerie D. En phase de maintenance, la significativité des deux tests est pratiquement toujours observée, attestant logiquement d'expositions professionnelles aux BTEX plus conséquentes qu'en fonctionnement normal.

Concernant les entreprises de synthèse (B) et de vernissage (C), des expositions professionnelles au toluène et dichlorométhane, et à l'éthylbenzène et aux xylènes ont été mises en évidence, mêmes si les excrétions urinaires correspondantes restent très inférieures aux VLB existantes.

Pour les salariés fumeurs (*annexe 1*), les tests statistiques font état d'expositions professionnelles avérées un peu moins nombreuses,

masquées en partie par l'effet tabac (*encadré 3 page suivante*). Les expositions professionnelles les plus faibles ne sont donc pas observables chez les fumeurs.

FOCUS BENZÈNE

Pour le benzène, il n'existe pas, aujourd'hui, de VLB et pour interpréter les niveaux urinaires excrétés par les salariés, il faut se référer aux études réalisées dans différents secteurs industriels qui ont montré l'existence d'une relation entre les concentrations de benzène atmosphérique mesurées au niveau des voies respiratoires des salariés et les niveaux urinaires excrétés. Ainsi, 6 études montrent qu'une exposition à la VLEP-8h de 1 ppm (valeur contraignante) conduit à des excrétions moyennes en benzène urinaire allant de 1 à 10 µg/L, selon les secteurs d'activité [26].

En raffinerie, chez des salariés non-fumeurs, l'équation publiée par Ong et al. [27] permet d'estimer la concentration urinaire en benzène à 2,4 µg/L après une exposition de 8 heures à une concentration atmosphérique de 1 ppm de benzène (VLEP contraignante). Les données biologiques et atmosphériques ne suivant pas une loi normale, il est impératif de les transformer pour les rendre normales et les fonctions ln (logarithme népérien) ou log (logarithme décimal) sont habituellement utilisées. Les moyennes arithmétiques plus élevées que les médianes (*tableau V dans l'encadré 3*) montrent bien que les données biologiques ne suivent pas une loi normale.

Cette valeur de 2,4µg/L peut servir de guide pour interpréter les niveaux urinaires observés dans les

TION PROFESSIONNELLE POUR CHAQUE ENTREPRISE (DIFFÉRENCE EXPOSÉS/SALARIÉS NON-FUMEURS)

Styrène		Chloroforme		Dichlorométhane		Polyexposition (nombre de COV)
Différence Exp-T	Différence FP-DP	Différence Exp-T	Différence FP-DP	Différence Exp-T	Différence FP-DP	
NS /	NS /	NS /	NS /			5
				p<0,00 EXP	p=0,007 FP	2
						2
						4
						4
						4
						4

Utilisation des composés organiques volatils urinaires non-métabolisés comme biomarqueurs pour évaluer les polyexpositions professionnelles

↓ Encadré 3

➤ LE TABAGISME : UN FACTEUR À PRENDRE EN COMPTE DANS L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Le tabagisme est un facteur qui influence l'excrétion urinaire des composés aromatiques (BTEX), car ces derniers sont présents en quantités non-négligeables dans la fumée de tabac et sont absorbés par l'organisme. Ils sont donc également retrouvés dans les urines, comme ceux provenant de l'exposition professionnelle. Quelle que soit l'entreprise étudiée, il existait ainsi une différence significative entre les fumeurs et les non-fumeurs pour tous les composés aromatiques étudiés. À titre d'exemple, chez les salariés non-exposés, la médiane des valeurs de benzène urinaire chez les fumeurs était logiquement plus élevée que celle des

non-fumeurs, respectivement 0,15 et 0,02 µg/L (tableau V). Ainsi, dans le cas de faibles expositions professionnelles aux composés aromatiques, le facteur « tabac » influence significativement les niveaux excrétés. Ceux-ci peuvent même être supérieurs à ceux provenant de l'exposition professionnelle proprement dite. Le COV le plus sensible au tabagisme est le benzène dont les niveaux urinaires observés chez les non-exposés fumeurs peuvent atteindre 3,8 µg/L, ce qui est nettement supérieur à la concentration urinaire correspondant à une exposition à 1 ppm de benzène pendant 8 heures (VLEP-8h) estimée à 2,4 µg/L.

Cette étude a confirmé que le tabagisme exposait les travailleurs aux BTEX et plus particulièrement au benzène. Cependant, chez les fumeurs, des expositions professionnelles ont pu être mises en évidence, lorsque ces dernières étaient significativement plus élevées que celles provenant du tabac. Seul le statut fumeur ou non, et non le nombre quotidien de cigarettes fumées, s'est révélé pertinent pour l'analyse. En effet, il semble que le fait de fumer juste avant le recueil influence d'avantage les excrétions que le nombre total de cigarettes fumées dans la journée.

➤ TABLEAU V : EXCRÉTIONS EN BENZÈNE URINAIRE EN FIN DE POSTE CHEZ LES SALARIÉS EXPOSÉS AU BENZÈNE DANS LES RAFFINERIES (NON-FUMEURS ET FUMEURS CONFONDUS), EN FONCTIONNEMENT STANDARD ET EN PHASE DE MAINTENANCE ET EXCRÉTIONS EN BENZÈNE URINAIRE CHEZ LES SALARIÉS NON PROFESSIONNELLEMENT EXPOSÉS (ENTREPRISES A, B, C, D ET E CONFONDUES)

	Raffinerie D standard (2 interventions)	Raffinerie D maintenance (2 interventions)	Raffinerie E standard (1 intervention)	Raffinerie E maintenance (1 intervention)	Non-exposés non-fumeurs (toutes entreprises)	Non-exposés fumeurs (toutes entreprises)
Nombre d'échantillons	241	203	93	88	194	132
Moyenne (µg/L)	0,71	1,53	0,23	0,7	0,05	0,46
Médiane (µg/L)	0,11	0,37	0,07	0,27	0,02	0,15
Étendue (µg/L)	<LOQ - 24,62	0,01 - 47,71	0,01 - 2,32	0,03 - 5,12	<LOQ - 0,59	0,02 - 3,81
% > 2,4 µg/L	5,40 %	12,30 %	0 %	9,10 %	0 %	3,00 %

deux raffineries visitées. Le *tableau V* présente les résultats obtenus pour le benzène dans les deux raffineries qui ont participé à cette étude, fumeurs et non-fumeurs confondus. Les médianes, ainsi que les moyennes arithmétiques, restent basses et largement inférieures à 2,4 µg/L. À titre de comparaison, une publication récente dans une raffinerie iranienne [28] présente des valeurs médianes, provenant de salariés exposés, supérieures à 2,4 µg/L (entre 3 et 7 µg/L pour les différents postes

étudiés). Néanmoins, des niveaux d'excrétion élevés en benzène urinaire ont été ponctuellement observés en période de maintenance, avec 12,3 et 9,1 % de valeurs supérieures à 2,4 µg/L, pour les raffineries D et E respectivement. En revanche, en période de fonctionnement normal, le pourcentage est plus faible, de l'ordre de 5,4 % pour la raffinerie D, alors que pour la raffinerie E, tous les niveaux excrétés mesurés étaient inférieurs à 2,4 µg/L, comme pour les

salariés non-fumeurs et non-professionnellement exposés. À titre de comparaison, ces pourcentages peuvent atteindre 3 % chez les salariés non-exposés fumeurs des deux raffineries confondues. Des valeurs élevées inattendues ont été mesurées dans la raffinerie D en mode de fonctionnement standard, à l'un des postes de travail occupé uniquement par des salariés fumeurs. Les niveaux excrétés atteignaient 24,6 µg/L. La communication de ces résultats surprenants a permis à l'entreprise,

après enquête interne, d'imputer ces excrétions inhabituelles à une fuite de benzène sur l'installation concernée.

CONCLUSION

Le protocole de recueil des échantillons urinaires en entreprise s'est révélé relativement facile à mettre en œuvre sur le terrain, même s'il nécessite une rigueur dans son application pour assurer des analyses répétées et reproductibles. La technique de l'analyse de l'espace de tête en mode dynamique développée a permis d'atteindre des limites de quantification suffisamment basses (de l'ordre de 10 ng/L pour la plupart des composés étudiés) pour pouvoir mettre

en évidence des poly-expositions professionnelles et environnementales, même très modérées, aux benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes, styrène, dichlorométhane et chloroforme.

Le protocole recueil-analyse mis au point, et testé en entreprises, se révèle donc être un outil bien adapté à l'évaluation des expositions professionnelles rencontrées aujourd'hui dans tous les secteurs industriels utilisant ces COV.

Les entreprises volontaires, principalement recrutées via l'appel à participation paru dans la revue *Références en Santé au Travail*, étaient des entreprises très préoccupées par la santé de leurs salariés, très motivées par la mise en place d'équipements de protection collective et individuelle. En conséquence, même si une exposition

professionnelle était mise en évidence, elle restait le plus souvent en deçà des VLB ou de l'ordre des VBR.

Dans le contexte d'évaluation des expositions professionnelles, les comparaisons « exposés – non-exposés » en fin de poste et « début de poste – fin de poste » chez les exposés sont toutes deux intéressantes à étudier. En entreprise cependant, la comparaison « début de poste – fin de poste » chez les exposés est la plus simple à mettre en place pour les services de santé au travail. Le point de vigilance est la prise en compte du tabagisme, qui majore les excrétions urinaires en BTEX, et plus particulièrement celles du benzène.

POINTS À RETENIR

- Une procédure standardisée de recueil des échantillons urinaires, simple à mettre en œuvre, a été mise en place et testée dans cinq entreprises différentes (raffineries, entreprises de peinture, vernissage d'aluminium et synthèse organique).
- Cette méthode originale permet de doser simultanément 11 COV dans les urines à l'aide de la technique *Headspace* et de la spectrométrie de masse.
- Les limites de quantification obtenues sont comprises entre 10 et 50 ng/L.
- Cette méthode, sensible, a permis de mettre en évidence des polyexpositions professionnelles, même en deçà des VLB ou de l'ordre des VBR.
- Des expositions importantes ont été mises en évidence pour le benzène en raffineries, où il a même été possible de discriminer le mode de fonctionnement le plus exposant (phase de maintenance, par rapport au fonctionnement normal).



Utilisation des composés organiques volatils urinaires non-métabolisés comme biomarqueurs pour évaluer les polyexpositions professionnelles

ANNEXE 1 Statistiques descriptives des excrétions pour le benzène, le toluène, l'éthylbenzène, les xylènes, exposés et non-exposés pour chaque entreprise visitée

		Benzène		Toluène		Éthylbenzène	
		DP	FP	DP	FP	DP	FP
		Médiane (étendue)	Médiane (étendue)	Médiane (étendue)	Médiane (étendue)	Médiane (étendue)	Médiane (étendue)
Entreprise A (peintures)	Non-exposés (n=5)			0,35 (0,19-0,90)	0,24 (0,09-0,48)	0,06 (0,03-0,13)	0,06 (0,03-0,84)
	Exposés (n=11)			0,29 (0,03-0,63)	0,24 (0,04-0,88)	0,05 (0,03-0,30)	0,11 (<LOQ-1,77)
Entreprise B (synthèse)	Non-exposés (n=5)			0,46 (0,24-0,65)	0,37 (0,33-0,63)		
	Exposés (n=7)			0,41 (0,22-1,12)	2,03 (0,52-14,00)		
Entreprise C (aluminium)	Non-exposés (n=3)					0,12 (0,08-0,35)	0,13 (0,09-0,21)
	Exposés (n=7)					0,13 (0,09-0,27)	0,16 (0,10-1,48)
Raffinerie D D1+D3 : standard	Non-exposés (n=6)	0,31 (0,02-4,50)	0,13 (0,02-2,28)	0,33 (0,09-3,22)	0,26 (0,08-3,68)	0,10 (0,02-0,36)	0,09 (0,03-0,34)
	Exposés (n=37)	0,86 (0,02-13,9)	0,63 (0,02-24,60)	0,28 (0,01-3,73)	0,25 (0,05-0,74)	0,12 (0,02-0,89)	0,11 (0,03-0,34)
Raffinerie D D2+D4 : maintenance	Non-exposés (n=6)	0,36 (0,06-3,37)	0,13 (0,04-3,79)	0,35 (0,09-0,87)	0,22 (0,09-0,92)	0,14 (0,02-0,30)	0,13 (0,02-0,42)
	Exposés (n=34)	0,39 (0,01-12,20)	0,7 (0,02-37,7)	0,24 (0,06-1,87)	0,30 (0,06-18,6)	0,07 (0,02-0,50)	0,08 (0,01-0,14)
Raffinerie E E1 : standard	Non-exposés (n=2)	0,21 (0,05-0,70)	0,04 (0,03-0,09)	0,19 (0,13-0,33)	0,16 (0,12-0,20)	0,10 (0,06-0,13)	0,06 (0,03-0,12)
	Exposés (n=9)	0,58 (0,03-2,00)	0,37 (0,07-2,31)	0,23 (0,07-0,43)	0,27 (0,16-0,48)	0,09 (0,04-0,17)	0,09 (0,03-0,16)
Raffinerie E E2 : maintenance	Non-exposés (n=3)	0,09 (0,02-1,86)	0,08 (0,02-0,45)	0,06 (<LOQ-0,43)	0,07 (<LOQ-0,38)	0,10 (0,07-0,18)	0,09 (0,05-0,15)
	Exposés (n=9)	0,21 (0,04-2,64)	0,83 (0,03-5,12)	0,16 (<LOQ-1,23)	0,29 (0,03-1,25)	0,11 (0,06-0,16)	0,14 (0,07-0,36)

* LOQ : limite de quantification

urinaires observées en début et en fin de poste le styrène et le dichlorométhane chez les fumeurs (résultats exprimés en µg/L)

Xylènes		Styrène		Chloroforme		Dichlorométhane	
DP	FP	DP	FP	DP	FP	DP	FP
Médiane (étendue)	Médiane (étendue)	Médiane (étendue)	Médiane (étendue)	Médiane (étendue)	Médiane (étendue)	Médiane (étendue)	Médiane (étendue)
0,27 (0,08-0,56)	0,24 (0,14-3,08)	<LOQ* (<LOQ-0,05)	<LOQ (<LOQ-0,07)	0,01 (<LOQ-0,04)	<LOQ (<LOQ-0,02)		
0,25 (0,06-0,96)	0,42 (<LOQ-6,55)	<LOQ (<LOQ-6,83)	<LOQ (<LOQ-4,97)	<LOQ (<LOQ-0,62)	<LOQ (<LOQ-1,45)		
						0,04 (<LOQ-0,19)	0,09 (0,03-0,26)
						0,04 (<LOQ-2,17)	0,11 (0,02-1,63)
0,32 (0,17-0,51)	0,43 (0,20-0,79)						
0,37 (0,20-1,2)	0,59 (0,25-6,54)						
0,24 (0,08-1,76)	0,18 (0,03-1,25)						
0,36 (0,05-1,64)	0,33 (0,06-1,28)						
0,27 (0,08-0,85)	0,19 (0,07-0,96)						
0,17 (0,04-1,14)	0,22 (0,05-8,54)						
0,18 (0,11-0,25)	0,16 (0,09-0,30)						
0,23 (0,10-0,48)	0,25 (0,09-0,48)						
0,23 (0,20-0,45)	0,22 (0,11-0,29)						
0,28 (0,19-0,51)	0,41 (0,21-0,69)						

Utilisation des composés organiques volatils urinaires non-métabolisés comme biomarqueurs pour évaluer les polyexpositions professionnelles

BIBLIOGRAPHIE

- 1 | Plan Santé au Travail 2016-2020. Action 1.11 Amélioration et prise en compte de la polyexposition. Recensement des principales initiatives institutionnelles sur la polyexposition en santé au travail. État des lieux. Ministère chargé du Travail, 2018 (https://www.anses.fr/fr/system/files/PST3_Etatdeslieux_Polyexposition.pdf).
- 2 | TARDIF R, CHAREST-TARDIF G, TRUCHON G, BROCHU M - Influence de la charge de travail sur les indicateurs biologiques d'exposition de cinq solvants. Études et recherches. Rapport R-561. IRSST, 2008 (<https://www.irsst.qc.ca/publications-et-outils/publication/i/100376/n/influence-de-la-charge-de-travail-sur-les-indicateurs-biologiques-d-exposition-de-cinq-solvants-r-561/redirected/1>).
- 3 | DUCOS P, BERODE M, FRANÇIN JM, ARNOUX C ET AL. - Biological monitoring of exposure to solvents using the chemical itself in urine: application to toluene. *Int Arch Occup Environ Health*. 2008 ; 81 (3) : 273-84.
- 4 | HEINRICH-RAMM R - New International Union of Pure and Applied Chemistry recommendation 2000 on biomonitoring for exposure to volatile organic compounds. *Int Arch Occup Environ Health*. 2001 ; 74 (3) : 229-30.
- 5 | GHITTORI S, IMBRIANI M, PEZZAGNO G, CAPODAGLIO E - The urinary concentration of solvents as a biological indicator of exposure: proposal for the biological equivalent exposure limit for nine solvents. *Am Ind Hyg Assoc J*. 1987 ; 48 (9) : 786-90.
- 6 | GHITTORI S, FIORENTINO ML, MAESTRI L, CORDIOLI G ET AL. - Urinary excretion of unmetabolized benzene as an indicator of benzene exposure. *J Toxicol Environ Health*. 1993 ; 38 (3) : 233-43.
- 7 | JANASIK B, JAKUBOWSKI M, WESOŁOWSKI W, KUCHARSKA M - Unmetabolized VOCs in urine as biomarkers of low level occupational exposure. *Int J Occup Med Environ Health*. 2010 ; 23 (1) : 21-26.
- 8 | KAWAI T, MIZUNUMA K, OKADA Y, HORIGUCHI S ET AL. - Toluene itself as the best urinary marker of toluene exposure. *Int Arch Occup Environ Health*. 1996 ; 68 (5) : 289-97.
- 9 | IMBRIANI M, GHITTORI S - Urinary excretion of unmetabolized benzene as an indicator of benzene exposure. In: IMBRIANI M, GHITTORI S, PEZZAGNO G, CAPODAGLIO E (Eds) - Uptade on benzene. *Advances in Occupational Medicine and Rehabilitation*. Volume 1, numero 2. Pavia : Fondazione Salvatore Maugeri Edizioni and PI-ME Press ; 1995:177-88, 265 p.
- 10 | CARRIERI M, SPATARI G, TRANFO G, SAPIENZA D ET AL. - Biological monitoring of low level exposure to benzene in an oil refinery: Effect of modulating factors. *Toxicol Lett*. 2018 ; 298 : 70-75.
- 11 | FUSTINONI S, BURATTI M, CAMPO L, COLOMBI A ET AL. - Urinary t,t-muconic acid, S-phenylmercapturic acid and benzene as biomarkers of low benzene exposure. *Chem Biol Interact*. 2005 ; 153-154 : 253-56.
- 12 | FUSTINONI S, CAMPO L, MERCADANTE R, MANINI P - Methodological issues in the biological monitoring of urinary benzene and S-phenylmercapturic acid at low exposure levels. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci*. 2010 ; 878 (27) : 2534-40.
- 13 | HOET P, DE SMEDT E, FERRARI M, IMBRIANI M ET AL. - Evaluation of urinary biomarkers of exposure to benzene: correlation with blood benzene and influence of confounding factors. *Int Arch Occup Environ Health*. 2009 ; 82 (8) : 985-95.
- 14 | Benzène. In: BIOTOX. INRS, 2020 (<https://www.inrs.fr/biotox>).
- 15 | Toluène. In: BIOTOX. INRS, 2020 (<https://www.inrs.fr/biotox>).
- 16 | Éthylbenzène. In: BIOTOX. INRS, 2020 (<https://www.inrs.fr/biotox>).
- 17 | Styène. In: BIOTOX. INRS, 2020 (<https://www.inrs.fr/biotox>).
- 18 | Xylènes. In: BIOTOX. INRS, 2020 (<https://www.inrs.fr/biotox>).
- 19 | Dichlorométhane. In: BIOTOX. INRS, 2020 (<https://www.inrs.fr/biotox>).
- 20 | Trichlorométhane (Chloroforme). In: BIOTOX. INRS, 2020 (<https://www.inrs.fr/biotox>).
- 21 | GOLFINOPOULOS SK, LEKKAS TD, NIKOLAOU AD - Comparison of methods for determination of volatile organic compounds in drinking water. *Chemosphere*. 2001 ; 45 (3) : 275-84.
- 22 | POLI D, MANINI P, ANDREOLI R, FRANCHINI I ET AL. - Determination of dichloromethane, trichloroethylene and perchloroethylene in urine samples by headspace solid phase microextraction gas chromatography-mass spectrometry. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci*. 2005 ; 820 (1) : 95-102.
- 23 | CARO J, SERRANO A, GALLEGO M - Sensitive headspace gas chromatography-mass spectrometry determination of trihalomethanes in urine. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci*. 2007 ; 848 (2) : 277-82.
- 24 | Surveillance biologique des expositions professionnelles aux agents chimiques. Recommandations de bonne pratique, mai 2016. Pratiques et métiers TM 37. *Réf Santé Trav*. 2016 ; 146 : 65-93.
- 25 | ERB A, MARSAN P, BURGART M, REMY A ET AL. - Simultaneous determination of aromatic and chlorinated compounds in urine of exposed workers by dynamic headspace and gas chromatography coupled to mass spectrometry (dHS-GC-MS). *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci*. 2019 ; 1125 : 121724.
- 26 | HAYS SM, PYATT DW, KIRMAN CR, AYIWARD LL - Biomonitoring Equivalents for benzene. *Regul Toxicol Pharmacol*. 2012 ; 62 (1) : 62-73.
- 27 | ONG CN, KOK PW, ONG HY, SHI CY ET AL. - Biomarkers of exposure to low concentrations of benzene: a field assessment. *Occup Environ Med*. 1996 ; 53 (5) : 328-33.
- 28 | HEIBATI B, GODRI POLLITT KJ, CHARATI JY, DUCATMAN A ET AL. - Biomonitoring-based exposure assessment of benzene, toluene, ethylbenzene and xylene among workers at petroleum distribution facilities. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2018 ; 149 : 19-25.

Connaissances et couvertures vaccinales contre la grippe et la coqueluche des personnels dans 4 maternités d'Île-de-France

AUTEURS :

G. Pellissier¹, M. Lachâtre^{1,2}, I. Lolom^{1,3}, J. Gaudelus⁴, E. Azria⁵, O. Anselem⁶, P. Sikias⁷, M.C. Bayeux-Dunglas⁸, J. Ghosn^{9,10}, E. Rouveix^{1,11}

1. Groupe d'étude sur le risque d'exposition des soignants aux agents infectieux (GERES) ; 2. Centre d'investigation clinique Cochin Pasteur 1417, Hôpital Cochin et Hôpital Hôtel-Dieu/AHP, Paris ; 3. UHLIN, Hôpital Bichat-Claude Bernard, AHP, Paris ; 4. Hôpital Jean Verdier, AP-HP, Bondy ; 5. Maternité Notre-Dame de Bon Secours, Groupe Hospitalier Paris Saint-Joseph ; 6. Maternité Port-Royal, Université Paris Descartes, Groupe hospitalier Cochin Broca Hôtel-Dieu, AP-HP ; 7. Maternité Hôpital privé d'Antony-Ramsay Générale de Santé ; 8. Département Études et assistance médicales, INRS ; 9. Service de Maladies infectieuses et tropicales, Hôpital Bichat-Claude Bernard, AP-HP ; 10. IAME, INSERM U1137, Faculté de Médecine site Bichat, Université de Paris ; 11. Service de médecine interne, CHU Ambroise Paré, GH Paris Saclay, AP-HP.

EN RÉSUMÉ

La coqueluche et la grippe restent des problèmes de santé publique. Les femmes enceintes et les nourrissons sont à risque de formes graves et de complications. Devant les difficultés rencontrées pour les vacciner, la maternité est un lieu privilégié ; néanmoins, peu de maternités semblent avoir un protocole de vaccination dans leurs services. Les personnels de santé ont un double rôle, se protéger eux-mêmes pour éviter la transmission à une population particulièrement fragile mais également promouvoir la vaccination auprès des mamans et de leur entourage. Une enquête a été conduite dans quatre maternités d'Île-de-France pour évaluer la couverture vaccinale des femmes enceintes et les protocoles en place au sein des maternités. Un des volets de cette enquête, décrit ici, concerne plus spécifiquement les professionnels de santé, notamment leurs connaissances sur la grippe et la coqueluche et leurs couvertures vaccinales contre ces deux maladies.

MOTS CLÉS

Vaccination / Personnel soignant / Grippe / Agent biologique / Risque biologique / Maladie infectieuse / Milieu de soins

La grippe se manifeste sous forme d'épidémies saisonnières hivernales. Elle a engendré en France durant la période épidémique 2018-2019 plus de 10 000 hospitalisations et près de 2 000 cas graves admis en réanimation ; 8 100 décès lui ont été attribués, dans un contexte de couverture vaccinale insuffisante (47 % chez les personnes ciblées par la vaccination) et d'efficacité vaccinale variable selon les années [1]. Les femmes enceintes font partie des personnes à risque de grippe grave et de complications [2, 3]. La vaccination antigrippale saisonnière, recommandée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) [4] et le Haut Conseil de santé publique (HCSP) [5] a montré son efficacité chez la femme enceinte [6]. Elle n'était cependant réalisée que par 7 % des femmes enceintes durant la saison 2015-2016 en France [7]. De même, la couverture

vaccinale antigrippale chez les personnels de santé reste largement insuffisante, estimée à 35 % dans les établissements de santé pour la saison 2018-2019, variable selon la profession : 67 % pour les médecins, 48 % pour les sages-femmes, 36 % pour les infirmier(e)s et 21 % pour les aide-soignant(e)s [8].

La coqueluche, sévère à tout âge, est particulièrement grave pour les nourrissons de moins de 6 mois chez lesquels elle est, en France, la première cause de décès par infection bactérienne. De 1996 à 2015, 3 318 cas de coqueluche chez ces nourrissons ont été recensés par le réseau Renacoq, avec 37 décès ; les contamineurs sont principalement les parents (56 % des cas) et les membres de la fratrie (40 % des cas) [9]. Malgré la stratégie du *cocooning* préconisant la vaccination anticoquelucheuse de l'entourage proche des nourrissons, mise en place en France en 2004, la

Connaissances et couvertures vaccinales contre la grippe et la coqueluche des personnels dans 4 maternités d'Île-de-France

couverture vaccinale des femmes en *post-partum* et de l'entourage du nourrisson reste faible. Une étude réalisée par l'observatoire Vaccinoscopie en 2010 montrait un taux de vaccination de 27 % pour les mères de nourrissons âgés de moins de 12 mois et de 21 % pour les conjoints [10]. La couverture vaccinale pour la coqueluche des personnels soignants des établissements de santé est estimée à 54 % en 2019; elle reste insuffisante, même si elle a augmenté de 33 points comparée à l'estimation de 2009 [11, 12]. Elle est plus élevée pour les sages-femmes (70 %) et dans les services de pédiatrie (73 %) et de gynécologie-obstétrique (62 %).

Le personnel soignant peut s'infecter et être à l'origine de la transmission de grippe ou de coqueluche nosocomiales [13, 14]. Si des recommandations vaccinales tant contre la grippe [15] que contre la coqueluche [16, 17] existent pour les professionnels de santé, elles semblent insuffisamment appliquées, notamment par les médecins généralistes et les professionnels de santé des maternités, y compris les médecins du travail [18, 19]. Et pourtant, ces professionnels ont un double rôle vis-à-vis de la coqueluche et de la grippe : se protéger eux-mêmes pour éviter la transmission, et promouvoir la vaccination des parents. En effet, une insuffisance de leur couverture vaccinale peut possiblement avoir un impact négatif sur leurs pratiques en termes de promotion de la vaccination.

Les sages-femmes, habilitées à prescrire des vaccins (article L.4151-4 du Code de la santé publique, selon la liste fixée par l'arrêté du 4 février 2013), apparaissent comme des relais cruciaux, à la fois comme vecteurs possibles de l'infection et comme prescriptrices ou actrices des vaccinations chez les femmes

pendant le suivi et le séjour à la maternité.

Dans ce contexte, une étude multicentrique en 3 phases successives (observation initiale, intervention, évaluation) a été conduite dans 4 maternités d'Île-de-France. Son objectif était d'évaluer la mise en place d'interventions adaptées à la structure locale visant à améliorer les pratiques de vaccination coqueluche et grippe tant des femmes enceintes ou en *post-partum* suivies en maternité que des professionnels les prenant en charge (Étude GriCoVax). Sont présentés ici les résultats de la phase 1 d'observation initiale chez les professionnels de santé, qui avait comme objectifs de conduire un état des lieux de leurs couvertures vaccinales, de connaître leur perception et connaissances de la maladie et leur acceptabilité de la vaccination.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

MATERNITÉ CONCERNÉES

L'étude transversale descriptive multicentrique, de type déclaratif, a été conduite d'avril à septembre 2019 dans 4 maternités :

- Port-Royal - Assistance publique-Hôpitaux de Paris (AP-HP) - Groupe hospitalo-universitaire (GHU) Paris Centre Cochin (établissement public, maternité de niveau 3, > 5 000 accouchements/an), 339 personnes ;
- Hôpital Jean Verdier AP-HP – GHU Paris Saint-Denis (établissement public, maternité de niveau 2B, > 2 000 naissances/an), 168 personnes ;
- Hôpital privé d'Antony-Ramsay Générale de Santé (établissement privé, maternité de niveau 2A, > 3 000 naissances/an), 130 personnes ;
- Notre-Dame de Bon Secours -

GH Paris St-Joseph (établissement privé, maternité de type 2B, > 3 000 accouchements/an), 130 personnes. Le recrutement des établissements a été conduit selon les critères d'inclusion suivants :

- maternités situées en Île-de-France, de statuts juridiques différents, et accueillants des publics de différents niveaux sociaux ;
- engagement du responsable du site (chef de service ou Direction de la structure) ;
- identification d'un coordonnateur local ;
- constitution d'un comité de pilotage local (médecin ou infirmière – IDE – du service de santé au travail, pharmacien, cadre de santé).

Les critères d'inclusion des personnels exerçant dans la maternité étaient : tout personnel de santé, homme ou femme, âgés de 18 ans et plus. Ont été exclus les personnels de santé intérimaires.

RECUEIL DES DONNÉES

Le recueil de données a comporté quatre volets et a été réalisé à l'aide de questionnaires standardisés :

- un questionnaire renseigné par le coordonnateur local, portant sur les caractéristiques générales de la maternité et sa politique vaccinale contre la coqueluche et la grippe vis-à-vis de ses personnels de santé ;
- un questionnaire renseigné par le pharmacien, afin de décrire les modalités d'achat et de mise à disposition des vaccins ;
- un autoquestionnaire destiné aux personnels exerçant dans la maternité, à renseigner sur la base du volontariat, portant sur leurs caractéristiques sociodémographiques, leurs connaissances sur la coqueluche et leurs statuts vaccinaux vis-à-vis de la grippe et de la coqueluche, ainsi que leur perception de la vaccination ;
- un questionnaire destiné au médecin du travail, pour décrire

les couvertures vaccinales contre la grippe et la coqueluche documentées de l'ensemble des personnels de santé de la maternité (dont le listing, récupéré auprès du cadre de service, lui a été transmis), ainsi que les pratiques du service de santé au travail en matière de vaccination contre la grippe et la coqueluche des personnels de la maternité.

Les données, centralisées au Centre d'investigation clinique en vaccinologie Cochin-Pasteur (CIC), ont été enregistrées dans un fichier informatisé mis en œuvre conformément à la réglementation française (loi Informatique et libertés modifiée) et européenne (Règlement général sur la protection des données - RGPD). Les 4 maternités ont été post-codées A, B, C, D, pour la présentation et la discussion des résultats par site.

ANALYSE STATISTIQUE

Les résultats sont exprimés en moyenne avec écart type (SD) ou médiane avec écart interquartile (EIQ) pour les variables continues et N (%) pour les variables binaires ou catégorielles. Le test du Chi 2 a été utilisé pour effectuer des comparaisons des variables quantitatives.

ASPECTS ÉTHIQUES ET LÉGAUX

Le Groupe d'étude sur le risque d'exposition des soignants aux agents infectieux (GERES) est le promoteur de cette recherche. Une déclaration à la Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL) a été faite avant le début de la recherche (récépissé de déclaration de conformité à une méthodologie de référence N° MR3 2207220 v o). L'étude a été enregistrée à l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM) sous le N° ID RCB : 2019-A00346-51. Le protocole de l'étude a reçu un avis favorable du

Comité de Protection des Personnes Île-de-France V (n° d'enregistrement 19.02.11.46334). Le protocole de l'étude est enregistré dans la base de données *ClinicalTrials.gov* sous le n° NCT04494581. Une note d'information et de non-opposition a été remise aux personnels de santé participants.

RÉSULTATS

POLITIQUE VACCINALE CONTRE LA GRIPPE ET LA COQUELUCHE EN PLACE À DESTINATION DES PERSONNELS DE MATERNITÉ

Dans les 4 maternités, une politique vaccinale était en place à l'échelle de l'établissement, mais également du pôle ou du service. Une information (affichage dans les services, le lieu de restauration, service de santé au travail) était ainsi donnée aux personnels de santé sur la prévention vaccinale, à l'échelon de l'établissement et de la maternité pour la grippe dans les 4 sites, et pour la coqueluche à l'échelon de l'établissement dans 2 sites (B, C) et également à l'échelon de la maternité dans le site B. Dans 2 sites (B, C) tous les personnels de santé étaient concernés ; dans le site D étaient ciblés les personnels médicaux et paramédicaux et dans le site A uniquement les personnels médicaux. Un protocole de service ou des recommandations spécifiques à l'établissement sur la prévention vaccinale pour le personnel de santé étaient présents dans 2 sites (C, D) pour la grippe, et dans un site (C) pour la coqueluche et concernaient tous les personnels de santé.

La programmation d'une campagne de vaccination pour le personnel était en place uniquement contre la grippe dans les 4 établissements. Ce programme s'adressait à

tous les personnels dans les maternités B et C, et plus spécifiquement aux personnels médicaux et paramédicaux dans les 2 autres maternités. Les modalités de diffusion de l'information sur cette campagne étaient variables selon les établissements : affiche, mail ou dépliant. Des formations systématiques dédiées pour le personnel de santé sont réalisées chaque année dans 2 des 4 sites (A, B) pour la grippe et dans un site (B) pour la coqueluche. Concernant l'approvisionnement en vaccins antigrippal et anti-coqueluche au niveau de la Pharmacie à usage intérieur (PUI), les deux types de vaccins figuraient dans le livret thérapeutique de l'établissement pour les 4 sites, avec un marché dimensionné pour le personnel de l'établissement. Dans un site (D), la Commission du médicament et des dispositifs médicaux (COMEDIMS) s'est intéressée au rôle de l'établissement dans la vaccination, en particulier contre le risque professionnel de coqueluche et de grippe pour les soignants.

La vaccination coqueluche est organisée au sein du service de santé au travail (SST) dans les 4 sites, avec des modalités variables : à l'occasion de tout passage dans le SST dans les 4 sites, sur convocation de l'agent pour vaccination dans 3 sites (A, B, D). Elle est également réalisée directement au sein des services par le SST dans 2 sites (B, C). La vaccination est réalisée par le médecin du travail ou l'IDE du travail et est tracée dans le dossier médical et le carnet de vaccination ou de santé.

La vaccination grippe est organisée au sein du SST dans les 4 sites, à l'occasion de tout passage dans le SST, et dans 2 sites (A, B) sur convocation de l'agent pour la vaccination. Elle est également réalisée dans les services dans les 4 sites.

Connaissances et couvertures vaccinales contre la grippe et la coqueluche des personnels dans 4 maternités d'Île-de-France

La vaccination est assurée par le médecin du travail et/ou l'IDE du travail et est tracée (dossier médical ou carnet de vaccination ou de santé notamment).

ÉTAT DES LIEUX DES CONNAISSANCES ET DE LA PERCEPTION DES VACCINATIONS COQUELUCHE PAR LES PERSONNELS DE MATERNITÉ

Un total de 226 professionnels des 4 maternités ont renseigné l'auto-questionnaire. Le taux global de participation est de 29,5 % (226/767), allant de 18,3 à 48,5 % selon les maternités. Les taux de participation par profession sont respectivement de 44,4 % (26,3 à 48,6 % selon les maternités) pour les médecins (63/142), de 33,8 % (25,9 - 48,6 %) pour les sages-femmes (69/204), de 28,2 % (10,4-75,0 %) pour les IDE et puéricultrices (40/142) et de 20,2 % (5,3-48,9 %

pour les auxiliaires puéricultrices, aides-soignantes (AS) et agents hospitaliers (AH) (49/243), de 13,9 % (5/36) pour les personnels autres (assistant médical, secrétaire, psychologue) ou non renseignés.

Le **tableau I** présente les caractéristiques sociodémographiques et professionnelles des répondants selon la maternité d'appartenance. Les agents sont majoritairement de sexe féminin (n = 200 ; 88,5 %) ; l'âge médian est de 34 ans (EIQ : 20-65). La représentation des différentes professions, est significativement différente selon les maternités (p = 0,00001) ; on retrouve, par ordre décroissant de représentation : les sages-femmes (n = 69 ; 30,5 %), les médecins, attachés, internes et externes (n = 63 ; 27,9 %), les auxiliaires de puériculture, aides-soignants et agents hospitaliers (n = 49 ; 21,7 %), les IDE et puéricultrices (n = 40 ; 17,7 %), et les professions autres (assistant

médical, secrétaire médicale, psychologue) ou non renseignés (n = 5 ; 2,2 %). Concernant la traçabilité personnelle des vaccinations, 182 (80,5 %) ont déclaré disposer d'un carnet de santé et 92 (40,7 %) d'un carnet de vaccination, sans différence entre les maternités.

L'état des lieux conduit dans le cadre de l'auto-questionnaire indique globalement une bonne connaissance de la maladie coqueluche, une perception très positive de la vaccination et une bonne acceptabilité de celle-ci par les 226 participants. Une large majorité des personnels déclarent que l'agent de la coqueluche est une bactérie (74,8 %), que la maladie est contagieuse (97,8 %), grave, notamment pour le nourrisson (99,6 %) et potentiellement mortelle ou pouvant nécessiter un séjour en réanimation (89,4 %), que le personnel soignant peut la transmettre aux patients (95,6 %), sans différence entre les maternités. Ils

➤ **TABLEAU I : CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES ET PROFESSIONNELLES DES 226 PERSONNELS DE SANTÉ AYANT RÉPONDU À L'ENQUÊTE DANS LES 4 MATERNITÉS**

Maternité	A (n=62)	B (n=63)	C (n=55)	D (n=46)	p
Caractéristiques sociodémographiques					
Femme, n (%)	51 (82,3)	56 (88,9)	51 (92,7)	42 (91,3)	0,29
Âge médian [EIQ]	32 [21-58]	41 [26-65]	37 [24-62]	28 [20-55]	
Profession, n (% des répondants)					0,00001***
Médecin*	28 (45,2)	12 (19,0)	5 (9,1)	18 (39,1)	
Sage-femme	21 (33,9)	20 (31,7)	13 (23,6)	15 (32,6)	
IDE, Puéricultrice	7 (11,3)	9 (14,3)	15 (27,3)	9 (19,6)	
Auxiliaire puéricultrice, AS, AH	6 (9,7)	22 (34,9)	17 (30,9)	4 (8,7)	
Autre** et NR	0	0	5 (9,1)	0	
Traçabilité des vaccinations					
Dispose d'un carnet de santé	51 (82,3)	47 (74,6)	42 (76,4)	42 (91,3)	0,13
Dispose d'un carnet de vaccination	23 (37,1)	28 (44,4)	24 (43,6)	17 (37,0)	0,76

* Médecin sénior, attaché, interne, externe (spécialité médicale : pédiatrie, gynéco-obstétrique, gynécologie médicale, généraliste...)

** Autre : assistant médical, secrétaire, psychologue.

*** Différence significative entre les établissements

EIQ = écart interquartile

IDE : Infirmière ; AS : Aide-soignant ; AH : Agent hospitalier

NR : non renseigné

ne sont que 47,3 % (de 35,5 à 63,6 % selon les maternités, $p = 0,007$) à considérer que la maladie peut être grave pour eux-mêmes. Pour une large majorité d'entre eux également, la vaccination coqueluche est recommandée pour le personnel de santé (94,2 %), pour la femme non vaccinée juste après l'accouchement (85,4 %), pour l'entourage du nourrisson (93,4 %), sans différence entre les maternités. Ils ne sont que 79 (35,0 %) à considérer que la vaccination est recommandée chez la femme en début de grossesse (ce qui est conforme aux recommandations en vigueur de ne pas vacciner contre la coqueluche en cours de grossesse).

COUVERTURES VACCINALES COQUELUCHE ET GRIPPE DÉCLARATIVES DES PERSONNELS DE MATERNITÉ

Les couvertures vaccinales coqueluche et grippe déclarées par les 226 participants sont présentées selon la maternité d'appartenance dans les **tableaux II et III** respectivement.

La couverture vaccinale coqueluche déclarée (*Pensez-vous être à jour de la vaccination ?*) est au global de 78,3 % (177/226), sans différence entre les maternités. Chez les médecins, la couverture vaccinale est de 84,1 %, allant de 66,7 % à 100 % selon les maternités ($p = 0,035$). Elle est respectivement de 81,2, 77,5 et 69,4 % chez les sages-femmes, les IDE et puéricultrices, les auxiliaires puéricultrices, AS, AH, sans différence entre les maternités. Les principaux vaccinés sont les professionnels de santé au travail, médecin ou IDE (39,5 % des cas), le médecin traitant (34,5 %), l'entourage ou la personne elle-même (19,2 %). Parmi les personnels qui pensaient n'être pas vaccinés ($n = 15$; 6,6 %) ou pas à jour de leur vaccination ($n = 34$; 15,0 %), seuls 7 ont répondu à la question

➤ **TABLEAU II : COUVERTURE VACCINALE COQUELUCHE DÉCLARATIVE* SELON LA PROFESSION POUR LES 4 MATERNITÉS, N (%)**

Maternité	A (n=62)	B (n=63)	C (n=55)	D (n=46)	p
Médecin**	22/28 (78,6)	8/12 (66,7)	5 (100)	18 (100)	0,035
Sage-femme	16/21 (76,2)	17/20 (85,0)	9/13 (69,2)	14/15 (93,3)	0,36
IDE, Puéricultrice	6/7 (85,7)	8/9 (88,9)	11/15 (73,3)	6/9 (66,7)	0,77
Auxiliaire puéricultrice, AS, AH	4/6 (66,7)	17/22 (77,3)	10/17 (58,8)	3/4 (75,0)	0,65
Autre***	-	-	3/5 (60,0)	-	-
Total	48/62 (77,4)	50/63 (79,4)	38/55 (69,1)	41/46 (89,1)	0,11

* Pensez-vous être à jour de la vaccination coqueluche ?

** Médecin sénior, attaché, interne, externe

*** Assistant médical, secrétaire médicale, psychologue

IDE : Infirmière ; AS : Aide-soignant ; AH : Agent hospitalier

➤ **TABLEAU III : COUVERTURE VACCINALE GRIPPE DÉCLARATIVE* SELON LA PROFESSION POUR LES 4 MATERNITÉS, N (%)**

Maternité	A (n=62)	B (n=63)	C (n=55)	D (n=46)	p
Médecin**	23/28 (82,1)	9/12 (75,0)	3/5 (60,0)	10/18 (55,6)	0,22
Sage-femme	14/21 (66,7)	9/20 (45,0)	8/13 (61,5)	8/15 (53,3)	0,56
IDE, Puéricultrice	2/7 (28,6)	1/9 (11,1)	0/15	1/9 (11,1)	0,137
Auxiliaire puéricultrice, AS, AH	3/6 (50,0)	7/22 (31,8)	5/17 (29,4)	1/4 (25,0)	0,84
Autre***	-	-	0/5	-	-
Total	42/62 (67,7)	26/63 (41,3)	16/55 (29,1)	20/46 (43,5)	0,0003

* Pensez-vous être vacciné contre la grippe saisonnière cette année ?

** Médecin sénior, attaché, interne, externe

*** Assistant médical, secrétaire médicale, psychologue

IDE : Infirmière ; AS : Aide-soignant ; AH : Agent hospitalier

concernant leur acceptation d'une proposition de vaccination à l'issue de l'enquête : 2 accepteraient et 5 refuseraient.

La couverture vaccinale grippe déclarée est globalement de 46,0 % (104/226), allant de 29,1 à 67,7 % selon les maternités ($p = 0,0003$). Les couvertures vaccinales par profession, selon la maternité, ne sont cependant pas différentes : pour les médecins (71,4 %), les sages-femmes (56,5 %), les auxiliaires puéricultrices, AS, AH (32,7 %), et les IDE et puéricultrices (10,0 %). Les principaux vaccinés sont ici le service de santé au travail (dans 61,5 % des cas) et l'entourage

ou la personne elle-même (26,9 %). Parmi les personnels ayant déclaré n'être pas vaccinés ($n = 122$), 102 ont répondu à la question concernant leur acceptation de la vaccination grippe l'année suivante : 23 accepteraient et 79 refuseraient. Les principales raisons de refus évoquées étaient : l'inefficacité du vaccin ($n = 30$) ; le refus de se faire vacciner chaque année ($n = 25$) ; la peur des effets indésirables ($n = 23$) ; le fait de ne jamais attraper la grippe ($n = 17$) ; le fait d'avoir eu une mauvaise expérience ($n = 16$) ; le fait de n'avoir pas peur de la maladie jugée bénigne ($n = 6$) ou de préférer l'homéopathie ($n = 5$).

Connaissances et couvertures vaccinales contre la grippe et la coqueluche des personnels dans 4 maternités d'Île-de-France

COUVERTURES VACCINALES COQUELUCHE ET GRIPPE DOCUMENTÉES PAR LE SERVICE DE SANTÉ AU TRAVAIL

Les données n'ont pu être documentées que pour deux des quatre maternités (B et D). Le statut vaccinal vis-à-vis de la coqueluche est inconnu du service de santé au travail pour 71 personnes (essentiellement médecins attachés et internes) qui ne figurent donc pas

au **tableau IV** qui présente les couvertures vaccinales documentées des 227 autres personnels, dont 99 dans la maternité B et 128 dans la maternité D. Parmi ceux-ci, 33 (15 %) n'ont pas eu de rappel à l'âge adulte. La couverture vaccinale moyenne est de 85 % (194/227), allant de 72 % dans la maternité B à 96 % dans la maternité D. Elle est proche de la couverture vaccinale déclarative moyenne, qui est de 82 %.

La couverture vaccinale grippe moyenne est de 37 % (36 % pour la maternité B et 37 % pour la maternité D), variant de 58 % pour les médecins à 20 % pour les auxiliaires puéricultrices, AS et AH. Elle est proche de la couverture vaccinale déclarative moyenne, qui est de 42 %. Le détail des couvertures vaccinales grippe selon les professions, pour les deux maternités, est présenté dans le **tableau V**.

► **TABLEAU IV : COUVERTURES VACCINALES COQUELUCHE DES PERSONNELS DE SANTÉ DOCUMENTÉES EN MÉDECINE DU TRAVAIL, SELON LA PROFESSION, POUR LES MATERNITÉS B ET D**

Profession	Maternité B		Maternité D	
	CV documentée**, % de l'effectif avec statut vaccinal renseigné	Rappel de la CV déclarative***	CV documentée**, % de l'effectif avec statut vaccinal renseigné	Rappel de la CV déclarative***
Sage-femme	72 % (26/36)	85 % (17/20)	100 % (35/35)	93 % (14/15)
IDE, Puéricultrice	71 % (12/17)	89 % (8/9)	95 % (36/38)	67 % (6/9)
Auxiliaire puéricultrice, AS, AH	74 % (31/42)	77 % (17/22)	94 % (45/48)	75 % (3/4)
Autre*	50 % (2/4)	–	100 % (7/7)	–
Total	72 % (71/99)	82 % (42/51)	96 % (123/128)	82 % (23/28)

* Secrétaire, psychologue, assistante sociale...

** Au moins un rappel à l'âge adulte

*** Pensez-vous être à jour de la vaccination coqueluche ?

CV : couverture vaccinale ; IDE : infirmier ; AS : aide-soignant ; AH : agent hospitalier

► **TABLEAU V : COUVERTURES VACCINALES GRIPPE DES PERSONNELS DE SANTÉ DOCUMENTÉES EN MÉDECINE DU TRAVAIL, SELON LA PROFESSION, POUR LES MATERNITÉS B ET D**

Profession	Maternité B		Maternité D	
	CV documentée	CV déclarative	CV documentée	CV déclarative
Médecin*	56 % (14/25)	75 % (9/12)	59 % (22/37)	56 % (10/18)
Sage-femme	42 % (16/38)	45 % (9/20)	40 % (14/35)	53 % (8/15)
IDE, Puéricultrice	12 % (2/17)	11 % (1/9)	45 % (17/38)	11 % (1/9)
Auxiliaire puéricultrice, AS, AH	27 % (12/45)	32 % (7/22)	14 % (7/50)	25 % (1/4)
Autre**	60 % (3/5)	–	25 % (2/8)	–
Total	36 % (47/130)	41 % (26/63)	37 % (62/168)	44 % (20/46)

* Médecin, attaché, interne

** Secrétaire, psychologue, assistante sociale...

CV : couverture vaccinale ; IDE : infirmier ; AS : aide-soignant ; AH : agent hospitalier

LA DÉMARCHE DE PRÉVENTION VACCINALE ET LES PRATIQUES VACCINALES EN DIRECTION DES PATIENTES

Elles ont été explorées chez les 165 personnels soignants habilités à prescrire le vaccin ou à vacciner (les médecins dont les internes, les sages-femmes, les IDE et les puéricultrices).

Parmi ces personnels, une minorité déclare vacciner très souvent ou souvent, tant contre la coqueluche (n = 39 ; 24,1 %) que contre la grippe (n = 46 ; 28,6 %). Une information (orale ou écrite) sur la prévention vaccinale est donnée aux femmes enceintes ou en post-partum par un peu plus de la moitié des personnels, cependant seul un quart d'entre eux déclare donner cette information systématiquement pour la coqueluche (n = 26 ; 27,7 %) et encore moins pour la grippe (n = 15 ; 15,3 %). Pour les femmes enceintes ou avec un projet de grossesse ou en post-partum immédiat et non encore vaccinées, la vaccination contre la coqueluche, est conseillée par moins de la moitié des personnels (n = 79 ; 47,8 %) et prescrite par un tiers d'entre eux (n = 59 ; 35,8 %) ; la vaccination contre la grippe en période épidémique est conseillée par un peu plus de la moitié des personnels (n = 93 ; 56,3 %) et prescrite par environ un quart d'entre eux (n = 46 ; 27,9 %).

DISCUSSION

Quatre maternités d'Île-de-France, de statuts juridiques différents et accueillant des publics de différents niveaux socio-économiques, recrutées conformément aux critères d'inclusion ont participé à l'étude. Dans ces 4 sites, une politique vaccinale grippe et coqueluche était en

place à destination des personnels de santé, tant à l'échelle de l'établissement, de la pharmacie à usage intérieur, du service de santé au travail qu'au niveau de la maternité. Les mesures de prévention vaccinale étaient cependant plus systématiquement présentes contre la grippe que contre la coqueluche, plus particulièrement dans les maternités A et D.

Parmi l'ensemble des personnels, 226 ont répondu à l'enquête et renseigné l'auto-questionnaire les concernant. Le taux global de participation était de 29,5 % (226/767), allant de 18,3 à 48,5 % selon les maternités. Toutes les professions étaient représentées, les taux de participation variant de 44 % pour les médecins à 20 % pour les auxiliaires puéricultrices, AS, AH, et 14 % pour les personnels autres (assistant médical, secrétaire médical, psychologue).

Si 80,5 % des personnels ont déclaré disposer d'un carnet de santé et 40,7 % d'un carnet de vaccination, la traçabilité personnelle des vaccinations n'a pas été explorée plus avant. Cette dernière suppose la disponibilité du support et la consignation de la vaccination dans ce support. Les connaissances sur la maladie coqueluche, la perception et l'acceptabilité de la vaccination coqueluche semblent satisfaisantes. Ces aspects n'ont pas été explorés pour la grippe.

La couverture vaccinale coqueluche déclarative est en moyenne de 78 %, sans différence entre les maternités. Elle est de 82 % dans les deux maternités pour lesquelles des données documentées ont pu être obtenues), ce qui est proche de la couverture vaccinale moyenne documentée en santé au travail, de 85 %. Avec ces réserves, la couverture vaccinale pour la coqueluche des personnels soignants apparaît ici plus élevée que dans la dernière

enquête nationale chez les personnels de santé conduite en 2019 et donnant une estimation de 54 % [11]. L'enquête avait retrouvé une couverture vaccinale coqueluche plus élevée pour les sages-femmes (70 %) et dans les services de pédiatrie (73 %) et de gynécologie-obstétrique (62 %). L'enquête présente indique une couverture vaccinale de 69 % déclarative et de 86 % documentée chez les sages-femmes. Ces données semblent confirmer la progression de la couverture vaccinale coqueluche des personnels soignants déjà observée entre les enquêtes nationales conduites en 2009 et 2019 [11, 12] et dans une enquête conduite en 2017 dans 5 maternités publiques : 76 % des professionnels de santé se déclaraient à jour de leur vaccination coqueluche et la couverture vaccinale coqueluche documentée (au moins un rappel à l'âge adulte) était de 69 % [20].

Les principaux vaccinoteurs sont, dans près de 75 % des cas, les professionnels de santé au travail ou le médecin traitant (34,5 %), l'auto-vaccination ne représentant que moins de 20 % des cas.

La couverture vaccinale grippe déclarative est globalement de 46 %, variant de 29 à 68 % selon les maternités. Elle est de 42 % dans les deux maternités pour lesquelles des données documentées ont pu être obtenues, ce qui est un peu supérieure à la couverture vaccinale moyenne documentée, de 37 %. Le principal vaccinoteur est ici le service de santé au travail (dans 62 % des cas) mais l'auto-vaccination, qui compte pour près d'un tiers des cas et dont la traçabilité est certainement réduite, est susceptible de rendre compte en partie des différences relevées entre couvertures vaccinales déclarative et documentée, notamment pour les médecins. Si les couvertures vaccinales pour une même profession ne sont pas

Connaissances et couvertures vaccinales contre la grippe et la coqueluche des personnels dans 4 maternités d'Île-de-France

différentes selon la maternité, elles sont plus élevées pour les médecins (71 % déclarative et 58 % documentée) et les sages-femmes (57 % déclarative et 41 % documentée) que pour les professions paramédicales : auxiliaires puéricultrices, AS, AH (33 % déclarative et 20 % documentée) et IDE et puéricultrices (10 % déclarative et 35 % documentée). Ce gradient est retrouvé dans de nombreuses études sur la vaccination contre la grippe. Ainsi, la couverture vaccinale antigrippale chez les personnels de santé était estimée à 35 % dans les établissements de santé pour la saison 2018-2019, variant selon la profession : 67 % pour les médecins, 48 % pour les sages-femmes, 36 % pour les infirmiers et 21 % pour les aides-soignants [8].

Une démarche de prévention vaccinale en direction des patientes est également effective, même si elle reste perfectible, de la part des personnels habilités à prescrire le vaccin et à vacciner. Si une minorité de ces personnels a déclaré dans ses pratiques vacciner très souvent ou souvent, tant contre la coqueluche (24 %) que contre la grippe (29 %), une information (orale ou écrite) sur la prévention vaccinale, même si elle n'est pas systématique, est cependant donnée aux femmes enceintes ou en post-partum par environ la moitié des personnels, concernant la coqueluche et la grippe.

De même, pour les femmes enceintes ou avec un projet de grossesse ou en post-partum immédiat et non encore vaccinées, la vaccination coqueluche est conseillée par près de la moitié des personnels (48 %), et prescrite par un tiers d'entre eux (36 %) ; la vaccination contre la grippe en période épidémique est conseillée par plus de la moitié des personnels (56 %)

et prescrite par environ un quart d'entre eux (28 %).

Les données recueillies indiquent que si des mesures de prévention vaccinales sont effectives dans ces maternités, tant en direction des personnels que des patientes, des améliorations restent à apporter. Des pistes sont proposées. Une information renforcée sur la coqueluche à destination des personnels de santé est projetée dans les maternités A et B ; une information renforcée sur la grippe et la coqueluche à destination des personnels de santé est projetée dans les maternités C et D. Une diffusion d'information par affichage doit être poursuivie dans tous les sites. Si la dotation du service de santé au travail couvre sans problème les besoins en regard des personnels, des actions sont envisagées pour favoriser la dotation en vaccins en maternité et consultation externe afin d'améliorer la prise en charge vaccinale des patientes (renforcer la sensibilisation/l'information sur la grippe et la coqueluche et les vaccinations, proposer les vaccins, simplifier le circuit de vaccination, améliorer la traçabilité des vaccinations dans le dossier médical). La mise en place d'un carnet de vaccination électronique dans tous les sites, avec des items bloquants (champs à remplissage obligatoire) pour les statuts vaccinaux grippe et coqueluche, est également souhaitable.

Les résultats de cette enquête d'état des lieux, réalisée localement dans 4 maternités d'Île-de-France ne peuvent prétendre être représentatifs de l'ensemble des maternités. Cependant, les constats et les recommandations émises sont probablement transposables et utiles à l'ensemble des maternités pour dégager des priorités d'actions afin de renforcer/améliorer la prévention vaccinale des personnels.

CONCLUSIONS

Les couvertures vaccinales des personnels des maternités semblent progresser, avec la réserve que les données d'enquête ne sont pas représentatives. L'information sur les risques infectieux et leur prévention par la vaccination, la proposition, la prescription et l'administration des vaccins avec un circuit simplifié sont des objectifs essentiels à relayer auprès de l'ensemble des personnels des maternités accompagnant les femmes enceintes. Il apparaît à ce titre nécessaire d'améliorer la promotion du rôle des personnels dans la prévention vaccinale afin d'obtenir une augmentation des couvertures vaccinales, tant des personnels que des femmes suivies.

REMERCIEMENTS

À tous les participants et facilitateurs et plus particulièrement :

Pour le CIC Cochin Pasteur : M. Jerbi et S. Saleh-Mghir

Pour la maternité Port-Royal, Groupe hospitalier Cochin Broca Hôtel-Dieu : Pr P.Y. Ancel, J. Rotureau, V. Buth, Dr F. Lecieux, M.L. Brunet.

Pour la maternité Notre-Dame de Bon Secours, Groupe Hospitalier Paris Saint-Joseph : J. Fournier, Dr N. Castreau, Dr A. De Chevigny, Y. Stehr, S. Brochon.

Pour l'Hôpital privé d'Antony : C. Audouin, M. Dehais, C. Waibel, Dr A.L. Pouliquen

Pour l'Hôpital Jean Verdier : L. Nickel, Dr S. Kabiche, D. Dahan.

POINTS À RETENIR

- Une enquête par questionnaire a été faite auprès de 4 maternités franciliennes pour connaître la couverture vaccinale vis-à-vis de la grippe et de la coqueluche, la perception de ces maladies et l'acceptabilité de la vaccination par les personnels de santé.
- Les mesures de prévention vaccinale contre la grippe sont plus systématiquement présentes que celles contre la coqueluche.
- Les personnels de santé ont une bonne connaissance de la coqueluche et de sa gravité mais la minimise pour eux-mêmes.
- La couverture vaccinale anti coquelucheuse déclarée (pensez-vous être à jour de la vaccination ?) est globalement de 78 %, celle pour la vaccination anti grippale de 45 %.
- Les informations fournies par les services de santé au travail montrent une couverture vaccinale anticoquelucheuse de 85 % et anti grippale de 37 %.
- Il est à noter que pour les médecins, les services de santé au travail disposent de très peu de données.
- Il est nécessaire d'améliorer la promotion de ces deux vaccinations dans les maternités, tant auprès des personnels de santé que des patientes.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 | **CAMPESE C** - Surveillance de la grippe en France, saison 2018-2019. *Bull. Épidémiol. Hebd.* 2019 ; 28 : 552-63.
- 2 | **MERTZ D, GERACI J, WINKUP J, GESSNER BD ET AL.** - Pregnancy as a risk factor for severe outcomes from influenza virus infection: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Vaccine.* 2017 ; 35 (4) : 521-28.
- 3 | **OMER SB, GOODMAN D, STEINHOFF MC, ROCHAT R ET AL.** - Maternal influenza immunization and reduced likelihood of prematurity and small for gestational age births: a retrospective cohort study. *PLoS Med.* 2011 ; 8 (5) : e1000441.
- 4 | Vaccines against influenza. WHO position paper. November 2012. *Wkly Epidemiol Rec.* 2012 ; 87 (47) : 461-76
- 5 | Vaccination contre la grippe saisonnière. Actualisation des recommandations : femmes enceintes et personnes obèses. Avis et Rapport du 16 février 2012. Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP), 2012 (<https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=260>).
- 6 | **LOUBET P, LAUNAY O** - Vaccination antigrippale chez la femme enceinte. *J Anti Infect.* 2015 ; 17 (4) : 173-78.
- 7 | **DESCAMPS A, LAUNAY O, BONNET C, BLONDEL B** - Seasonal influenza vaccine uptake and vaccine refusal among pregnant women in France: results from a national survey. *Hum Vaccin Immunother.* 2020 ; 16 (5) : 1093-1100.
- 8 | **VAUX S, FONTENEAU L, LÉVY-BRUHL D** - Couverture vaccinale antigrippale chez les professionnels de santé. Bulletin de santé publique vaccination. Octobre 2019. Santé publique France, 2019 (<https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/vaccination/documents/bulletin-national/bulletin-de-sante-publique-vaccination.-octobre-2019>).
- 9 | Coqueluche. Données. Santé publique France, 2019 (<https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/maladies-et-infections-respiratoires/coqueluche/donnees/#tabs>).
- 10 | **GAUDELUS J** - Coqueluche : renforcer la prévention par la vaccination. *Rev Prat. Méd Gen.* 2010 ; 24 (845) : 560-61.
- 11 | **VAUX S, FONTENEAU L, LÉVY-BRUHL D** - Vaccination. Couvertures vaccinales des professionnels de santé : rougeole, coqueluche, varicelle. Bulletin de santé publique vaccination. Édition nationale. Novembre 2020. Santé publique France, 2020 (<https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/vaccination/documents/bulletin-national/bulletin-de-sante-publique-vaccination.-novembre-2020>).
- 12 | **GUTHMANN JP, FONTENEAU L, CIOTTI C, BOUVET E ET AL.** - Vaccination coverage of health care personnel working in health care facilities in France: results of a national survey, 2009. *Vaccine.* 2012 ; 30 (31) : 4648-54.
- 13 | **BONMARIN I, POUJOL I, ALLEAUME S, THIOLET JM ET AL.** - Infections nosocomiales

Connaissances et couvertures vaccinales contre la grippe et la coqueluche des personnels dans 4 maternités d'Île-de-France

BIBLIOGRAPHIE (suite)

grippales et soignants, France, 2001-2010. *Bull Epidemiol Hebd.* 2011 ; 35-36 : 379-81.

14 | BELCHIOR E, BONMARIN I, POUJOL I, ALLEAUME S ET AL. - Épisodes de coqueluche nosocomiale, France, 2008-2010. *Bull Epidemiol Hebd.* 2011 ; 35-36 : 381-84.

15 | Vaccination contre la grippe saisonnière chez les personnes âgées et les professionnels de santé. Avis et rapport du 28 mars 2014. Haut Conseil de la Santé publique (HCSP), 2014 (<https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=424>).

16 | Recommandations vaccinales contre la coqueluche. Avis du 19 mars 2008. Haut Conseil de la Santé publique (HCSP), 2008 (<https://www.hcsp.fr/Explore.cgi/>

[avisrapportsdomaine?clefr=25](https://www.hcsp.fr/avisrapportsdomaine?clefr=25)).

17 | Stratégie vaccinale contre la coqueluche chez l'adulte. Avis du 20 février 2014. Haut Conseil de la Santé publique (HCSP), 2014 (<https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=410>).

18 | TISON C - La vaccination contre la coqueluche chez l'adulte. Connaissance et application des recommandations par les médecins généralistes. Enquête auprès de 248 médecins du réseau Sentinelles. Thèse soutenue pour obtenir le grade de Docteur en Médecine. Lyon : Université Claude Bernard Lyon I, Faculté de médecine Lyon Nord ; 2007 : 54 p.

19 | LASSERE A, RIVIÈRE M, BLANCHON T,

ALVAREZ F ET AL. - Connaissance et application des recommandations vaccinales concernant la coqueluche par la médecine du travail des établissements de santé de Paris. *Méd Mal infect.* 2009 ; 39 (5) : 325-29.

20 | PELLISSIER G, LOLOM I, CAIRATI N, CHERIFI C ET AL. - Maternity staff immunization coverage against pertussis and maternal vaccination practices: Results of a 2017 cross-sectional survey in five public maternity hospitals. *Méd Mal Infect.* 2020 ; 50 (4) : 361-67.

Automatisation du travail

Journées Marcel Marchand, Institut de santé au travail du nord de la France

Conférence en ligne, 22 octobre 2020

AUTEURS :

M. Héry, A. Delépine, INRS

EN
RÉSUMÉ

Ces journées consacrées à l'automatisation du travail ont permis de rappeler, à travers l'exemple d'entreprises mondiales, que l'usage de nouvelles technologies pour améliorer les conditions de travail peut avoir des conséquences sur la santé des travailleurs. D'où l'importance de reconsidérer la relation homme-machine à travers son histoire et de cerner la place de l'homme dans l'acte de travail. L'exemple de l'automatisation et de la mécanisation dans le Bâtiment et les travaux publics, grand utilisateur de dispositifs d'assistance physique (robots, exosquelettes...), ainsi que la présentation d'un projet de conception d'une usine 4.0 illustrent l'importance de la prévention dans ce domaine.

MOTS CLÉS

Conditions de travail / Organisation du travail / Technologie avancée / Technologie de l'information et de la communication (TIC)

La crise de la Covid-19 a généré une accélération des changements dans le monde du travail : développement du e-commerce avec des retentissements sur la logistique et la livraison du dernier kilomètre, télétravail lorsque c'était possible avec pour corollaire une numérisation des échanges via les visioconférences, une remise en cause de fait d'un certain nombre de règles d'organisation hiérarchique... Tout ceci a été rendu possible par le développement et l'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC).

DU BON USAGE DE L'AUTOMATISATION POUR AMÉLIORER LES CONDITIONS DE TRAVAIL

En s'appuyant sur de nombreux exemples, **M. Malenfer et M. Héry (INRS)** ont illustré quelles consé-

quences l'utilisation de ces nouvelles technologies peut avoir sur les risques professionnels. Les premiers exemples concernaient de grosses entreprises nord-américaines : Amazon et Tesla. La première a entrepris d'automatiser ses ateliers afin d'augmenter la productivité. Les tâches les plus simples telles que la collecte des objets dans les rayonnages avant la mise en paquets a été automatisée, ce qui constitue une nette amélioration puisque les distances parcourues par les opérateurs pouvaient atteindre 25 kilomètres par jour. Pourtant, la sinistralité a fortement augmenté dans les ateliers robotisés. En cause le fait que les actions de *picking* (scan et mise en colis) des opérateurs sont passées de 100 à 400 par heure. De fait, les entrepôts robotisés d'Amazon ont une sinistralité de 50 % supérieures à celle des ateliers non robotisés, eux-mêmes ayant aussi une sinistralité supérieure de 50 % à celle de ses concurrents. En cause, le fait

Automatisation du travail, Journées Marcel Marchand, Institut de santé au travail du nord de la France

de faire passer la satisfaction client avant tout, y compris en neutralisant par exemple des outils ou des organisations du travail vertueux pendant les périodes de forte demande parce qu'ils diminuent la productivité.

L'exemple de Tesla est celui d'une entreprise qui a surestimé la qualité de la production assurée par les robots. Dès le début la production du Model 3 sur deux chaînes, elle avait décidé d'automatiser à 100 %. L'expérience s'est révélée catastrophique avec une production réduite à quelques pourcents de l'objectif en raison de nombreux dysfonctionnements. Il a fallu réintroduire des travailleurs sur les deux chaînes et en créer une troisième mixte robots-hommes. Tout cela s'est fait sans les aménagements indispensables et dans ce cas aussi la sinistralité a explosé bien au-dessus des résultats de l'industrie automobile nord-américaine, entraînant comme dans le cas d'Amazon, une dégradation des relations sociales et une conflictualité qui s'est traduite par l'intervention des administrations du travail et de nombreux procès à l'initiative de l'inspection du travail et des victimes. Ces procès étaient la plupart du temps liés à des refus de reconnaissance du caractère professionnel de la sinistralité, orchestrés par les sous-traitants gérant les infirmeries.

Si les capacités des robots ont été fortement surestimés, deux exemples de PME françaises ont montré tout le potentiel de l'association homme-robot. Le premier concerne un atelier de conditionnement de volailles dans lequel de nombreux troubles musculo-squelettiques (TMS) avaient été enregistrés. La cobotisation (collaboration homme-robot) a consisté à suppri-

mer les postures pénibles que les travailleurs étaient amenés à adopter dans la préparation des paniers de volailles : le travail s'effectue dorénavant à une hauteur située un peu au-dessus du niveau des hanches de l'opérateur, sans maintenance des paniers. Le transport vers stockage en chambre froide s'effectue au moyen d'un automate piloté par un travailleur sans aucun effort. Le travail est devenu inclusif. Les travailleurs ont été largement associés à la conception de la nouvelle installation, les cadences n'ont pas augmenté, il n'y a pas eu de suppression de postes. Cela est d'autant plus remarquable dans un secteur hautement concurrentiel, aux marges très réduites.

Autre exemple de cobotisation, celui d'une PME spécialisée dans la déconstruction des véhicules hors d'usage (VUH). La réglementation impose que 95 % de la matière soient réutilisés (portières, pare-chocs...) ou recyclés. Compte tenu de la diversité des modèles et de l'état des véhicules traités, une robotisation n'était pas possible. Les nouvelles technologies ont été mises au service du travailleur. D'abord, les caractéristiques techniques de chaque modèle sont mises à disposition des opérateurs à leur entrée dans l'atelier et figurées sur un écran. À partir de ces schémas, le travailleur peut organiser son travail pour déterminer le devenir des différentes pièces en fonction de leur position et de leur état. Ensuite, toutes les postures difficiles ont été éliminées : pour accéder à des pièces situées au-dessous de la caisse de la voiture, celles-ci sont retournées pour ne pas obérer la posture du travailleur. Les outils utilisés sont assistés (d'une façon analogue à celle utilisée pour les outils de désincarcéra-

tion pour les voitures accidentées) pour éviter qu'il ne soit nécessaire d'exercer une pression mettant à terme en danger les articulations du travailleur.

Cette automatisation peut aussi concerner les activités de service. L'expérience montre que l'utilisation des TIC permet par exemple de :

- mieux gérer et partager l'information ;
- se débarrasser des tâches les plus ingrates (gestion de données dématérialisées facilitant les tâches d'archivage, mais aussi la gestion d'une bibliographie, la réalisation de traductions instantanées...), donc d'alléger la charge de travail ;
- avoir du temps pour développer sa créativité ;
- favoriser les coopérations.

On retrouve toutes ces propriétés dans l'usage de l'outil d'intelligence artificielle (IA) Marcel, développé par Publicis et Microsoft. L'objectif est de faire travailler à travers les frontières les 80 000 collaborateurs de Publicis présents dans 130 pays regroupant plus de 200 compétences différentes. Accessible par téléphone portable ou ordinateur personnel, l'outil permet la constitution de groupes de travail associant des talents variés et complémentaires. En fonction des besoins identifiés pour la réalisation d'un projet, l'IA est en mesure de proposer les collaborateurs dont les compétences seront les plus adaptées. Marcel donne aussi accès à l'ensemble des travaux en cours de réalisation dans le groupe et à un fonds documentaire (campagnes déjà effectuées, doctrine du groupe ou de certaines agences...). Il offre également une assistance à son exploitation. C'est aussi un outil qui propose des formations en ligne. Il a été très largement déployé dans

le groupe où, d'après Publicis, il a reçu un excellent accueil.

Un examen critique des fonctionnalités de l'application met en évidence des caractéristiques qui peuvent avoir des conséquences significatives sur les conditions de travail. Ainsi, les travailleurs sont invités à avoir un rôle proactif dans le choix des équipes. Cette possibilité existe déjà dans un système classique mais Marcel en facilite la mise en œuvre, engendrant une mise en concurrence accrue au sein de l'entreprise. À terme, on peut craindre un écrasement de la hiérarchie, voire une élimination des moins performants. Cet outil est également propice à une externalisation renforcée des travaux vers des indépendants. Toutes ces évolutions possibles font craindre à terme un affaiblissement des collectifs de travail dont on connaît le rôle protecteur, notamment face aux risques psychosociaux (RPS).

La généralisation de ce type d'organisation du travail fait craindre la délocalisation d'emplois de cols blancs. Certains freelancers localisés dans le monde entier sont déjà payés au contrat (voire par PayPal). Il s'agit là d'une menace sérieuse pesant sur le financement des systèmes de protection sociale et de prévention des risques professionnels. Cela pose aussi la question récurrente de la protection sociale des sous-traitants ou des indépendants dont la crise de la Covid-19 a montré la fragilité.

La fin de l'exposé a été consacrée à des conséquences inattendues du développement du e-commerce dans le domaine de la *fast fashion*¹. Fashion Nova est une compagnie californienne de mode qui propose chaque semaine à l'achat sur le net des centaines de nouveaux modèles. L'objectif est une réacti-

1. « Expression anglo-saxonne utilisée pour désigner le renouvellement, le plus rapide possible, des collections d'articles de la mode vestimentaire. La fast fashion concerne le plus souvent des produits à prix peu élevés et qui ne sont pas destinés à être conservés d'une saison sur l'autre par l'acheteur » (Wikipedia)

tivité maximale permettant qu'un modèle accepté par l'entreprise le dimanche soir soit disponible à la vente le mardi matin pour une livraison possible à partir de l'après-midi. Cette entreprise a pour particularité d'avoir pour seul actif un site Instagram (avec plus de 17 millions d'abonnées !) sur lequel des influenceuses incitent à l'achat des modèles. Tout le reste (conception des vêtements, fabrication, vente digitale, livraison) est confié à des sous-traitants. Pour obtenir la réactivité maximale, il a été nécessaire de rapatrier la fabrication des vêtements. Compte tenu du prix de vente modique, les fabricants exploitent souvent des ateliers semi-clandestins, dans lesquels est employée une main-d'œuvre souvent clandestine et sous-payée, travaillant dans des conditions ne respectant pas les normes. Ces ateliers ont aussi pour particularité une durée de vie de l'ordre d'un mois, c'est-à-dire inférieure à celle nécessaire pour être identifiés par les services officiels. Ils déménagent alors leur matériel pour rouvrir un nouvel atelier (source : <https://www.nytimes.com/2019/12/16/business/fashion-nova-underpaid-workers.html?smid=tw-nytimes&smtyp=cur>). Boohoo a développé un modèle similaire au Royaume-Uni. La crise de la Covid-19 a entraîné un fort développement de l'entreprise (11 millions de *followers*...) mais a aussi mis en évidence ses pratiques douteuses. La production est effectuée pour une part significative dans une partie des mille ateliers textiles de Leicester, employant à des tarifs illégaux (parfois inférieurs à 3 £ par heure) une main-d'œuvre clandestine dans des conditions proches de l'esclavage. Y compris pendant la crise sanitaire, cette population n'a eu d'autre choix que

de continuer à venir travailler dans des ateliers souvent insalubres. La ville de Leicester a été la première ville reconfinée au Royaume-Uni dès le 29 avril 2020 (source : https://www.lemonde.fr/economie/article/2020/07/21/travail-illegal-au-royaume-uni-le-vilain-secret-de-leicester_6046797_3234.html)...

RECONSIDÉRER LA RELATION HOMME-MACHINE

À partir d'exemples, **L. Huglo (Caisse d'assurance retraite et de la santé au travail – CARSAT – des Hauts-de-France)** a retracé l'histoire de cette relation. Depuis toujours, l'homme a cherché à augmenter sa force musculaire avec l'usage de machine. Ainsi, dès l'Antiquité, le recours à la roue cage écureuil a pour but la démultiplication de la force humaine. Plus tard, la roue à aube apporte une autre dimension en disposant d'une force mécanique à profusion (ici l'eau) qui épargne à l'homme des efforts. Ainsi, lorsque l'homme n'est pas là, la roue peut continuer à tourner, c'est l'autonomie matérielle. Une autre étape est celle du passage de la force à la précision du geste, avec, par exemple, les automates de Vaucanson ou les métiers à tisser Jacquard.

L'automatisation, qui est la juxtaposition d'automates divers, amène progressivement à une substitution de l'intelligence par l'asservissement des sens, en rajoutant à ces automates des capacités sensorielles (voir, entendre, palper ce qui les entourent). De ce fait, les formes de travail changent. Mais elles ouvrent aussi des espaces de création puisque en automatisant des tâches, il peut être laissé

Automatisation du travail, Journées
Marcel Marchand, Institut de santé
au travail du nord de la France

le champ libre à d'autres activités. Ainsi l'automatisation permet de travailler dans des milieux hostiles (comme les fonds marins ou les milieux contaminés par la radioactivité) ou de développer des actions que l'homme seul ne pouvait pas envisager avec sa seule intelligence, sa seule force et ses seuls gestes (comme par exemple une centrale de réservation hôtelière capable de traiter 10 000 appels simultanément en 36 langues).

La question de base est de savoir en quoi l'automatisation, sous toutes ses formes, est « formatante » sur les personnes directement impactées et jusqu'à quel point elle les oblige à reconsidérer une situation de travail, à évaluer ce qui est bon de faire ou de ne pas faire. Nombre de systèmes d'information mis en place ont conduit à des révisions de modes opératoires et de pratiques allant parfois jusqu'à l'asservissement de l'homme à la machine et donc à interroger la place de l'homme dans l'acte du travail. En effet, l'activité permet la réalisation et la structuration de l'homme si on y retrouve deux dimensions : d'une part, une dimension extérieure par l'utilité sociale de l'activité et, d'autre part, une dimension intérieure par la réalisation personnelle de talents (créativité, initiative...) dans cette utilité sociale. Quand l'une et/ou l'autre de ces dimensions manque, apparaît l'asservissement de l'homme à la machine. Ainsi, le risque de l'automatisation peut être rattaché à la famille des risques psychosociaux. Devant ce risque, quelle prévention mettre en œuvre ? Parmi les 9 principes généraux de prévention, 4 apparaissent prépondérants :

- adapter le travail à l'homme et non le contraire ;
- combattre le risque à la source,

en impliquant l'homme à la source du projet pour construire autour de lui et non l'inverse afin qu'il ne soit pas la variable d'ajustement ;

- tenir compte de l'état de la technique, en permettant une interaction homme-machine équilibrée et progressive pour laisser objectivement à l'homme le contrôle et la décision ultimes. En effet, si la machine est constante, l'homme ne l'est pas et la machine n'est pas forcément compensatrice de cette défaillance, alors que si la machine est déficiente, l'homme est souvent obligé de la compenser... ;

- remplacer ce qui est dangereux par ce qui ne l'est pas ou moins, en assurant la sécurité de l'homme au travers de ce qu'il doit faire. Ici la formation, l'appropriation des systèmes d'automatisation, l'existence d'un collectif de travail rassurant... prennent toute leur importance.

AUTOMATISATION ET MÉCANISATION DU TRAVAIL DANS LE BTP : LA QUESTION DES EXOSQUELÈTTES ET AUTRES ÉQUIPEMENTS D'ASSISTANCE PHYSIQUE

P. Girardot (Organisme professionnel de prévention du Bâtiment et des travaux publics – OPPBTP) rappelle que le BTP s'est engagé depuis longtemps dans la mécanisation pour faire face à un certain nombre de défis modernes mais il reste encore une importante composante physique dans l'activité des compagnons, notamment dans les tâches d'approvisionnement terminal du poste. La question des dispositifs d'assistance physique (DAP) est centrale dans ce secteur avec comme positionnement ac-

tuel de l'OPPBT de être centré sur la soutenabilité du travail et donc la prévention de la santé et de la sécurité des travailleurs, à travers un contrôle des performances qui leur sont demandées et une réduction des contraintes qu'ils subissent. De nombreux défis à l'usage de ces DAP sont à l'œuvre, par exemple la co-activité, le besoin de réactivité pour faire face aux aléas, le fait qu'il y ait plusieurs prescripteurs, l'espace de travail, les possibilités de stockage, l'exposition aux poussières, aux conditions météorologiques, la grande variabilité des situations de travail... Donc pour être performants, les DAP devront être bien adaptés aux tâches à réaliser tout en étant assez polyvalents pour couvrir un nombre suffisant de situations pour faire accepter le matériel par les opérateurs (et donc les entreprises) et pour offrir un marché aux fabricants.

Il existe une très forte dynamique d'innovation sur les robots dans le BTP (par exemple robots de peinture, de pose de carrelage, de ponçage... engins de terrassement réellement autonomes...). Cependant, ce développement se fait surtout dans le cadre de la recherche et développement et peu sur le terrain, limitant ainsi les retours d'expérience. De plus, ces robots sont souvent inspirés de l'industrie automobile ce qui les rend trop lourds, trop gros mais surtout trop fragiles pour le secteur du BTP. Enfin, les interactions hommes machines sont très variées et nécessitent une évaluation précise. Une large part de l'automatisation concerne le secteur de la préfabrication. À l'heure actuelle, les robots autonomes sont réservés principalement aux travaux de grande ampleur avec des conditions suffisamment stabilisées pour éviter la gestion d'aléas.

Enfin, les robots doivent prendre en compte l'environnement dans lequel ils évoluent et donc les obstacles physiques qu'ils rencontrent. En revanche, il y a plus de retours d'expérience sur les exosquelettes. Actuellement trois gammes prédominent en termes d'offres et de demandes : le port et la manipulation d'outils lourds, les maintenances finales au sol et en hauteur, les postures maintenues. Une enquête faite il y a quelques années par l'OPPBTB montrait plusieurs limites ou points de vigilance :

- l'influence du dispositif sur le schéma corporel et l'équilibre ;
- la compatibilité des matériels avec la grande variabilité de la morphologie des opérateurs et la question du confort ;
- les effets sur la sécurité, notamment les interactions avec les équipements de protection individuelle ;
- les efforts réels et les compensations opérées, le ressenti de la fatigue ;
- l'acceptabilité sociale et technique du dispositif ;
- l'utilisabilité du dispositif sur l'ensemble des tâches à réaliser ;
- les effets sur l'organisation du travail ;
- la façon dont est accompagnée l'introduction de ces dispositifs dans la réalité des situations.

COLLABORATION ARACT/ SNCF DANS UN PROJET D'USINE 4.0

Dans un premier temps, **L. Théry (Agence régionale de l'amélioration des conditions de travail – ARACT – Hauts-de-France)** précise que toute demande d'accompagnement d'un projet de conception

par l'ARACT nécessite d'être vigilant sur 4 points :

- la construction du projet et des transformations futures qu'il engendre avec l'ensemble des acteurs concernés, ce qui renvoie notamment à la place des acteurs du dialogue social mais aussi des opérateurs qui seront les utilisateurs, donc comment l'ensemble des acteurs va contribuer à réfléchir et à infléchir le projet ;
- la place de la discussion et de la controverse dans les échanges pour faire avancer le projet au regard des enjeux de prévention, santé et conditions de travail et les enjeux d'efficacité et de performance ;
- l'importance de la simulation avec des outils supports pour co-construire au plus près du travail réel et intégrer les dimensions futures de l'activité, en identifiant notamment des situations caractéristiques afin d'avoir des marges de manœuvre pour rediscuter, renégocier avec les concepteurs des orientations du projet ;
- la nécessaire attention à la variabilité de l'activité, ce qui est rarement pris en compte au niveau des projets de conception.

C. Nasse (ergonome de la SNCF) et **O. Boudouin (ergonome extérieur)** ont détaillé le projet qui consiste à réorganiser totalement le technicentre SNCF d'Hellemmes où se font la maintenance, la fabrication de certaines pièces constitutives stratégiques des trains (essieux, transformateurs, cartes électroniques) et la réparation des rames de TVG. Le site initial de 25 hectares, dont 9 hectares de bâtiments, s'étend sur 3 km. Le projet consiste à regrouper dans un seul atelier de 27 000 m² le démontage des trains, les traitements spéciaux et ceux des pièces déposées puis le remon-

tage. Les buts sont d'améliorer l'efficacité par optimisation des flux, de réduire les surfaces d'atelier et de transformer un site historique en une usine 4.0. Les concepts imposés par la direction étaient l'absence de rails, de fosses, de ponts de levage, de stockage provisoire, d'engins à fourche, d'outils individuel et de déchets entrants, le fait que chaque caisse (wagons ou locomotives) ne devait pas rester au même endroit plus de 3 jours, l'approvisionnement des matériels devait être fait au « pied de la caisse » et surtout qu'il n'y ait pas de dégradation voire plutôt une amélioration des conditions de travail. Devant ces modifications importantes remettant en question le contenu et l'organisation du travail, l'inclusion de l'ergonomie dès l'amont du projet a facilement été acceptée par la direction. Des moyens humains ont été mis à disposition, notamment par le détachement d'une ergonome spécifiquement dédiée à ce projet, le recours à un cabinet extérieur et à l'ARACT pour être sûr de ne négliger aucune composante ou conséquence du travail effectué lors de ces opérations (ce qui était arrivé lors d'un précédent projet dans un autre centre). Le suivi du projet s'est fait par un comité paritaire. Ce projet a pris 3 ans entre son élaboration et la mise en service du bâtiment. L'ARACT a commencé par réaliser une collecte de données. Un quart des agents a été interrogé collectivement ou individuellement et de nombreuses visites d'ateliers ont été effectuées. Des situations d'actions caractéristiques ont été simulées sur des maquettes au 1/50^e ciblées sur le démontage d'une voiture duplex. En interne, les ergonomes ont effectué, entre autres, une trentaine d'observations aboutissant à la

Automatisation du travail, Journées
Marcel Marchand, Institut de santé
au travail du nord de la France

survenue d'événements critiques redoutés et de diagnostics sur des situations de travail à fort enjeu du point de vue des travailleurs. Quarante-quatre simulations sur maquettes réduites ou à l'échelle 1 ont aussi été faites. Les scénarios de simulation ont été co-construits avec l'ARACT.

L'exemple détaillé de l'automatisation du métier « mouvement » montre que chaque activité a été redéfinie avec les opérateurs, qu'il y a eu allègement des contraintes physiques et développement de nouveaux savoir-faire. Dans le cas présent, il s'agit de positionner chaque caisse le long de plateformes à partir desquelles seront réalisées les activités de maintenance. Jusque-là, les caisses étant sur les rails, le parallélisme avec la plateforme était forcément maintenu. Maintenant, la suppression des rails amène à développer une nouvelle compétence pour l'opérateur, celle de trouver la bonne parallèle et la bonne distance par rapport à la plateforme. Et la réflexion entre tous les acteurs a abouti à l'utilisation de cales fabriquées spécifiquement pour cette opération...

Silice cristalline : expositions professionnelles et surveillance médicale

Société française de médecine du travail
Conférence en ligne, 5 février 2021

AUTEURS :

A. Karsenty, L. Meissonnier-Cirille, département Études et assistance médicales, INRS.

EN RÉSUMÉ

Le 5 février 2021 s'est tenue la journée de la Société française de médecine du travail (SFMT) portant sur la thématique « *Silice cristalline : expositions professionnelles et surveillance médicale* ». Cette journée avait pour objectif de présenter les recommandations de bonne pratique élaborées par la SFMT, en partenariat avec la Société de pneumologie de langue française, la Société française de radiologie, la Société nationale française de médecine interne, et labellisées par la Haute Autorité de santé (HAS) : « *Surveillance médico-professionnelle des travailleurs exposés ou ayant été exposés à la silice cristalline* ». Elles font suite à la publication du rapport d'expertise collective de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) « *Dangers, expositions et risques relatifs à la silice cristalline* ».

MOTS CLÉS

Silice /
Recommandation /
Surveillance
médicale /
Surveillance post-
professionnelle /
Suivi médical

CONTEXTE DES RECOMMANDATIONS DE BONNE PRATIQUE

C. Piron (Direction générale du travail - DGT) a introduit cette journée en rappelant l'importance de la prévention primaire : ces recommandations visent en premier lieu à diminuer au maximum l'exposition des salariés.

La doctrine en matière de prévention du risque chimique évolue, notamment en ce qui concerne la notion de mesurage. Une mesure régulière obligatoire annuelle des contaminants CMR (agents cancérogènes, mutagènes et reprotoxiques) dans l'atmosphère des lieux de travail est la règle. Mais cette règle n'est pas respectée par tous, avec des mesures potentiellement réalisées à un moment ou un endroit non représentatifs de l'exposition réelle des travailleurs. La DGT et les partenaires sociaux souhaitent faire évoluer ces obligations pour prendre en compte la réalité du monde du travail. Il a notamment été évoqué que la vérification du respect des VLEP (valeurs limites d'exposition professionnelle) ne serait plus à réaliser chaque année et les prélèvements ne seraient plus systématiques et obligatoires.

Néanmoins, les mesurages gardent leur utilité pour vérifier l'efficacité des mesures de prévention prises au sein de l'entreprise. Il est essentiel que ces derniers soient mutualisés et compilés pour créer des bases de données afin de les mettre à disposition de tous les préventeurs, à l'instar de CARTO amiante. Un projet regroupant l'Organisme professionnel de prévention du bâtiment et des travaux publics (OPPBTP), le réseau des Caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (CARSAT) et l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS) est en cours pour constituer ces matrices tâches-expositions, afin d'évaluer au mieux l'exposition de chaque salarié. Le but est de mieux connaître les expositions pour mieux prévenir.

LES SITUATIONS D'EXPOSITIONS PROFESSIONNELLES À LA SILICE CRISTALLINE, LES MODALITÉS D'ÉVALUATION DES EXPOSITIONS ET LA PRÉVENTION À METTRE EN ŒUVRE

A. Paillat (ANSES) a présenté les principales conclusions du rapport

Silice cristalline : expositions professionnelles et surveillance médicale

d'expertise collective de l'ANSES sur les « dangers, expositions et risques relatifs à la silice cristalline ».

Suite à de multiples signalements de cas de silicozes graves liées à l'usage de pierres reconstituées, l'ANSES s'est autosaisie, en 2015, pour la réalisation d'une expertise visant à mettre à jour les connaissances concernant les dangers, les expositions et les risques relatifs à la silice cristalline (SC), et proposer d'éventuelles mesures de réduction des risques.

La SC est classée en tant que substance cancérigène avérée pour l'Homme (groupe 1 du Centre international de recherche sur le cancer - CIRC). En 2017, la directive européenne 2017/2398 a classé cancérigènes les travaux exposant aux poussières de SC et définit une valeur limite d'exposition sur 8 heures à $0,1 \text{ mg.m}^{-3}$ pour la poussière de silice alvéolaire, quel que soit le polymorphe (quartz, cristobalite...). Les méthodes de mesure de SC font intervenir un prélèvement de la fraction alvéolaire de l'aérosol, suivi d'une analyse. Les principales méthodes d'analyse sont la diffraction des rayons X (DRX) et l'analyse par infrarouge à transformée de Fourier (IRTF). La DRX permet l'identification des matériaux cristallins présents dans l'échantillon. L'IRTF analyse les vibrations des liaisons moléculaires. Elle présente l'avantage de pouvoir anticiper des éventuelles interférences lors de l'analyse quantitative, et ainsi de choisir le pic de diffraction le plus adapté. Il ne faut pas extrapoler l'exposition à la SC à partir du taux de SC dans les matériaux bruts mais à partir des résultats de mesures de la fraction alvéolaire.

Les expositions à la silice concernent les industries extractives, les secteurs utilisateurs des

matériaux extraits et les secteurs transformateurs des matériaux extraits. Les secteurs d'activité concernés sont notamment l'agriculture, les mines, les carrières de roches siliceuses, la construction, la verrerie. L'évaluation des expositions à la SC s'appuie sur les données de la littérature, les bases de données de mesures françaises (COLCHIC et SCOLA) croisées à celles des enquêtes SUMER (Surveillance médicale des expositions des salariés aux risques professionnels).

Au total, les secteurs les plus exposés en France, avec un dépassement fréquent des VLEP, sont la construction, la fabrication de produits minéraux non métalliques, la métallurgie et l'industrie extractive. Il n'a pas été mis en évidence de secteurs d'activité émergents. Une exposition dépassant la VLEP ($> 0,1 \text{ mg.m}^{-3}$) concerne 23 000 à 30 000 travailleurs. Plus de 60 000 personnes sont exposées à des niveaux supérieurs à $0,025 \text{ mg.m}^{-3}$. Le pourcentage de travailleurs exposés à des niveaux de SC supérieurs aux seuils a augmenté entre 2011 et 2015. Les secteurs touchés sont les industries extractives, l'industrie chimique, la fabrication de produits métalliques, à l'exception des machines et équipements, et les secteurs du génie civil et des travaux de construction spécialisée.

Les mesures qui découlent de cette expertise sont :

- la hiérarchisation des mesures de prévention selon les principes généraux de prévention ;
- l'identification en amont des travaux exposant à la poussière de SC ;
- la révision des VLEP pour la SC sans faire de distinction entre les différents polymorphes ;
- la généralisation des mesures de prévention telles que le travail

à l'humide et/ou le captage à la source, y compris dans les chantiers mobiles, et la vérification de leur efficacité au préalable ;

- la sensibilisation des professionnels aux risques liés à l'exposition à la SC et aux mesures de prévention.

LES PATHOLOGIES SUSCEPTIBLES D'ÊTRE INITIÉES OU AGGRAVÉES PAR L'EXPOSITION À LA SILICE CRISTALLINE

C. Paris (Centre hospitalier universitaire, Rennes) a rappelé les principales pathologies susceptibles d'être initiées ou aggravées par l'exposition à la SC : silicose, cancers, pathologies bronchopulmonaires, maladies auto-immunes et pathologies rénales.

La silicose est longtemps restée, dans l'inconscient général, la pathologie des mineurs. Pourtant, une publication récente dans *The Lancet Respiratory Medicine*, accompagnée de son éditorial, rappelle que la silicose, maladie pourtant évitable, reste d'actualité. La SC fait partie des composés normaux que l'on retrouve sur des biopsies pulmonaires de patients non exposés professionnellement. La présence de nodules silicotiques dans les poumons ou dans les ganglions, en revanche, est signe de la silicose. La silicose ganglionnaire peut être considérée comme un stade précoce (expositions cumulées peu importantes) de la silicose pulmonaire. L'association a une silicose pulmonaire est plus tardive. Parmi les autres pathologies respiratoires, le cancer bronchopulmonaire reste bien sûr la pathologie la plus redoutée. Mais se pose toujours la question du rôle de la

silicose dans la survenue d'un cancer. Un sur-risque de cancer existe chez des sujets exposés à la silice en l'absence de silicose, avec une relation dose-réponse permettant de conclure au risque cancérigène de la silice indépendamment de la présence ou non d'une silicose.

Une diminution du VEMS (volume expiratoire maximal par seconde) est également rapportée, de l'ordre de 5 %. Le risque d'augmentation de bronchopneumopathie chronique obstructive est significatif, quelles que soient les tranches d'âge, indépendamment du tabagisme. L'exposition à la silice est un facteur de risque de la tuberculose indépendamment de la silicose ; même si ce risque reste plus important en présence d'une silicose. Enfin, une association existe entre silice, silicose et PID (pneumopathies interstitielles diffuses) dont les FPI (fibroses pulmonaires idiopathiques).

Parmi les pathologies dysimmunitaires, trois sont associées de manière certaine : la polyarthrite rhumatoïde, la sclérodermie et le lupus. Ces pathologies peuvent survenir indépendamment de l'existence d'une silicose, comme le stipulent bien les tableaux de maladies professionnelles. Le lien de causalité avec les vascularites à ANCA (anticorps anticytoplasme des polynucléaires neutrophiles) est quant à lui plus difficile à confirmer.

Le risque de maladies rénales est majoré chez les travailleurs exposés à la SC (insuffisances rénales chroniques) mais les études disponibles ne permettent pas de prendre en compte les autres facteurs de confusion associés.

Les effets cardiovasculaires de la SC et leur impact sur la survenue de cancers extrapulmonaires (en particulier digestifs) restent pour

le moment possibles mais non confirmés.

QUELLES AFFECTIONS DÉPISTER APRÈS EXPOSITION PROFESSIONNELLE À LA SILICE CRISTALLINE ? AVEC QUELS OUTILS ?

J.C. Pairon (Centre hospitalier intercommunal, Créteil) a détaillé les différentes affections consécutives à une exposition à la SC et a fourni les éléments à disposition pour les dépister.

Les travailleurs exposés ou ayant été exposés à la SC sont susceptibles de développer les pathologies suivantes :

- silicose chronique ;
- maladies chroniques obstructives des voies aériennes ;
- infection tuberculeuse latente ;
- insuffisance rénale chronique.

Il est recommandé d'effectuer le dépistage de ces pathologies en s'aidant des informations recueillies lors de l'interrogatoire et de l'examen physique, puis de différents examens complémentaires qui répondent aux critères de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) :

- imagerie par radiographie thoracique en première intention (ou scanner) ;
- explorations fonctionnelles respiratoires (courbe débit-volume) ;
- exploration de la fonction rénale (créatininémie) ;
- test *Interferon-Gamma-Release Assay* (IGRA) ou intradermoréaction (IDR) à la tuberculine.

F. Laurent (Centre hospitalier universitaire, Bordeaux) a apporté des informations sur les techniques d'imageries utilisées lors du dépistage de la silicose. La radiographie thoracique est l'outil préconisé

dans le dépistage et la surveillance de la silicose. Le cliché doit être réalisé avec une incidence postéro-antérieure, bénéficier d'un archivage numérique et d'une interprétation selon la classification internationale des radiographies de pneumoconioses du Bureau international du travail (BIT). Cette interprétation est réalisée par des radiologues ayant reçu une formation spécifique à cette lecture. L'existence de centres de téléradiologie permet de mettre en place un dispositif de relecture de ces clichés. La classification BIT facilite le suivi du patient. Elle classe les anomalies radiographiques selon leur type (parenchymateuse, pleurale) et leur taille (petites opacités : < 1 cm ou grosses opacités : > 1 cm). Pour le dépistage d'une silicose sont recherchées les anomalies parenchymateuses avec de petites opacités arrondies siégeant de façon prédominante dans les hémichamps supérieurs (les anomalies pleurales peuvent exister mais sont moins fréquentes).

Le scanner thoracique est utile dans les formes compliquées (emphysème, fibrose, connectivite et suspicion de cancer). Son intérêt dans le dépistage est débattu.

Le PET scanner est utile dans la découverte ou la suspicion d'un cancer broncho-pulmonaire chez un sujet présentant une silicose.

L'IRM, quant à elle, est réservée à la recherche.

COMMENT CARACTÉRISER L'EXPOSITION À LA SILICE CRISTALLINE AU NIVEAU INDIVIDUEL ?

P. Brochard (Centre hospitalier universitaire, Bordeaux) explique comment définir l'exposition

Silice cristalline : expositions professionnelles et surveillance médicale

professionnelle à la SC au niveau individuel. Pour cela, le médecin du travail et l'équipe pluridisciplinaire doivent au préalable **identifier le danger**, puis **évaluer l'exposition** à la SC des travailleurs concernés.

Identifier les dangers exige la connaissance des différentes sources de SC et des secteurs professionnels concernés. Certains documents facilitent le repérage de ces expositions (se référer au site internet de l'INRS, www.inrs.fr au site internet FORSAFRE, www.forsapre.fr par exemple).

Afin **d'évaluer l'exposition** à la SC, il est important de maintenir la traçabilité des informations obtenues chez le travailleur exposé, pour permettre d'établir une surveillance médicale adaptée.

Les professionnels peuvent s'appuyer sur divers outils, dont :

- le dossier médical de santé au travail (DMST) ;
- les résultats des mesures d'exposition disponibles ;
- les données existantes dans l'entreprise (dont les fiches de données de sécurité) ;
- les fiches du fichier actualisé des situations de travail (FAST) liées à l'exposition à la SC listées dans la fiche actualisée de nuisances (FAN) concernant la SC sur le site FORSAFRE.

La métrologie reste un outil essentiel dans l'évaluation de l'exposition à la SC. **La mesure de l'exposition** à la SC est effectuée au moins une fois par an. C'est une méthode quantitative à laquelle il convient d'ajouter des déterminants qualitatifs (pics d'exposition, silice fraîchement fracturée, granulométrie).

Il faut différencier les expositions moyennes sur une période donnée (exprimées en mg.m^{-3}) et les expositions moyennes cumulées sur l'ensemble de la vie

professionnelle (exprimées en $\text{mg.m}^{-3}.\text{années}$). Les expositions cumulées sont divisées en deux catégories : niveau d'exposition **intermédiaire** ($< 1 \text{ mg.m}^{-3}.\text{années}$) ou **fort** ($> 1 \text{ mg.m}^{-3}.\text{années}$).

Au total, caractériser l'exposition à la SC au niveau individuel permet d'adapter les mesures de prévention primaires et secondaires, d'accompagner les procédures de réparation et de transmettre l'information au salarié et à son médecin traitant. Elle est également indispensable pour établir un programme de surveillance médicale adéquat.

OBJECTIF ET CONTENU D'UNE VISITE DE SUIVI DE L'ÉTAT DE SANTÉ APRÈS EXPOSITION À LA SILICE CRISTALLINE

S. Hulo (Centre hospitalier universitaire, Lille) a présenté les modalités d'une visite de suivi de l'état de santé des travailleurs après exposition à la SC.

Les travaux exposants à la poussière alvéolaire de SC sont reconnus comme cancérogènes au titre de l'article R.4412-60 du Code du travail (et de l'arrêté du 26 octobre 2020 fixant la liste des substances, mélanges et procédés cancérogènes au sens du Code du travail). Cela implique un suivi individuel renforcé (SIR), un suivi post-exposition (SPE) et un suivi post-professionnel (SPP) chez les travailleurs exposés ou ayant été exposés à la SC.

L'objectif de ces visites est de mettre en place des actions d'information, de prévention et le suivi médical des travailleurs exposés ainsi que de renseigner le DMST (traçabilité).

Le contenu et la fréquence de ces

visites, notamment la périodicité des examens complémentaires, sont détaillés dans les recommandations. **Chez les travailleurs intérimaires**, en l'absence d'informations précises permettant d'évaluer le niveau d'exposition cumulée à la SC, le protocole de surveillance du groupe intermédiaire est appliqué.

Chez les travailleurs non suivis par un service de santé au travail (SST), le suivi fait par le médecin traitant devra être analogue à celui présenté chez les travailleurs suivis en SST.

Le médecin traitant peut faire appel à un centre de pathologies professionnelles pour l'aider à évaluer l'exposition cumulée mais également pour obtenir des conseils de modalités de suivi médico-professionnel.

Concernant les co-expositions (SC et amiante, plomb, fumées de soudure...), les modalités de suivi pourront être adaptées. À titre d'exemple, lors d'une co-exposition aux fibres d'amiante (actuelles ou passées), il est recommandé, pour l'amiante, d'utiliser le scanner thoracique pour la surveillance médicale actuelle, le SPE ou le SPP. Toutefois, lors du suivi médical et du SPE pour la SC, le suivi spécifique amiante ne dispense pas de réaliser, dans l'intervalle des « bilans amiante », les examens prévus par la recommandation pour la SC (radiographie thoracique, courbe débit-volume, créatinémie).

CONCLUSION

J.C. Pairon a conclu ce séminaire en énumérant les points importants de cette journée.

La SC est classée en tant que

cancérogène en droit français depuis novembre 2020, avec efficacité depuis le 1^{er} janvier 2021 (transposition de la Directive européenne 2017/2398-UE).

La surveillance médicale nécessite une évaluation des expositions en amont. Il faut distinguer les expositions actuelles et les expositions cumulées (niveau d'exposition intermédiaire ou fort).

La métrologie, la traçabilité des expositions et la prévention primaire sont incontournables.

Il convient de connaître les pathologies initiées ou aggravées par l'exposition à la SC, lesquelles

justifient un dépistage dans les populations exposées ou ayant été exposées.

Divers outils de dépistage sont à disposition des médecins du travail en fonction des pathologies recherchées. Le niveau d'exposition cumulée conditionne la périodicité des examens.

Concernant les circuits de dépistage et relecture des radiographies thoraciques, elles doivent être au format DICOM⁽¹⁾ et interprétées selon la classification du Bureau international du travail.

Enfin, une évaluation du programme de surveillance est

souhaitable. Les recommandations et examens de surveillance peuvent évoluer, plusieurs questions non résolues nécessitant des recherches.

La synthèse des recommandations est disponible sur le site de *Références en santé au Travail* (www.rst-sante-travail.fr). Les recommandations complètes, avec l'argumentaire, sont disponibles sur le site de la Haute Autorité de santé : https://www.has-sante.fr/jcms/p_3215112/fr/label-surveillance-medico-professionnelle-des-travailleurs-exposes-ou-ayant-ete-exposes-a-la-silice-cristalline.

1. Digital Imaging and Communications in Medicine. *Il s'agit d'un format standard et international pour visualiser, stocker, récupérer et partager des images médicales.*



Découvrez nos supports sur les risques
liés au travail par forte chaleur

Pour en savoir plus :
www.inrs.fr/chaleur

Prévention des risques liés au travail de nuit, un colloque de l'INRS

Conférence en ligne, 11 mars 2021

AUTEURS :

A. Karsenty, L. Meissonnier-Cirille, département Études et assistance médicales, INRS

EN RÉSUMÉ

Ce colloque de l'INRS a été l'occasion de rappeler les effets sur la santé du travail de nuit (risques cardiovasculaires, métaboliques, troubles du sommeil...). La présentation des avancées de la recherche en chronobiologie (régulation du système circadien, étude épidémiologique dans la cohorte Constances...) a permis de mieux comprendre les facteurs mis en cause (alimentaires, environnementaux, socio-économiques et comportementaux) dans l'impact du travail de nuit chez les salariés et, ainsi, d'explorer des pistes de prévention. Pour cela, l'offre variée des outils de l'INRS sur cette thématique a complétée cette journée.

MOTS CLÉS

Horaires atypique / Travail de nuit / Organisation du travail / Sommeil

R. Buronfosse (président du conseil d'administration de l'INRS) a ouvert cette journée consacrée, en première partie aux avancées de la recherche en chronobiologie, puis en seconde partie fait l'état des connaissances en termes d'impact sur la santé. Les principales complications (troubles du sommeil, métaboliques et cardiovasculaires) sont la conséquence à la fois de la désynchronisation de l'horloge biologique et de la dette de sommeil.

Environ 3 millions et demi de personnes sont concernées par le travail de nuit, en France, avec des chiffres en augmentation. Le travail de nuit est également pratiqué dans de nombreux secteurs (logistique, maintenance, services hospitaliers).

L'homme est un animal diurne et le travail de nuit n'est pas un travail de jour effectué la nuit. Les coûts économiques (accidents de travail, absentéisme), mais aussi et surtout pour la santé et la sécu-

rité des travailleurs rappellent que le travail de nuit doit rester limité autant que possible.

LA THÉMATIQUE DU TRAVAIL DE NUIT À L'INRS : UNE OFFRE DE PRÉVENTION MISE EN PERSPECTIVE

M.A. Gautier et L. Weibel (département Études et assistance médicales, INRS) ont rappelé les nombreux articles de l'INRS et communications existants sur ce thème ; preuve de son importance pour les acteurs en santé au travail et les préventeurs.

En 2016, une première journée était déjà organisée par l'INRS sur ce sujet. Depuis, de nombreuses ressources sont mises à disposition de tous sur le site de l'INRS : dossier Web « Travail de nuit et travail posté »¹, foire aux questions, dépliants, affiche sur la microsieste, fiches pratiques sur les conseils en

1. <https://www.inrs.fr/risques/travail-de-nuit-et-travail-poste/ce-qu-il-faut-retenir.html>

Prévention des risques liés au travail de nuit, un colloque de l'INRS

2. <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=Anim-257>

prévention, articles publiés dans la revue *Références en Santé au Travail*. Un webinaire² (octobre 2020) est également accessible en ligne. Enfin, une formation organisée sur 2 jours est proposée deux fois par an, aux préventeurs des CARSAT et services de santé au travail pour aller plus loin dans les connaissances.

LE TRAVAIL DE NUIT : IMPORTANCE DANS LE MONDE DU TRAVAIL, EFFETS SUR LA SANTÉ ET MESURES DE PRÉVENTION

G. Costa (École de spécialisation en médecine du travail, Milan) a présenté les données de la 6^e enquête européenne sur les Conditions de travail réalisée en 2015 et portant sur 44 000 travailleurs dans 35 pays. La proportion de travailleurs postés est de 40 % dans le domaine de la santé, 33 % dans les transports, 28 % dans l'industrie et 27 % dans le commerce et l'hôtellerie. Les horaires atypiques concernent principalement les professions assurant la continuité de la vie sociale, la permanence des services de soins et la sécurité des personnes.

Cette tendance à des horaires de plus en plus variables se confirme en France, avec les chiffres de l'enquête emploi de l'INSEE 2020. Le travail de nuit concernerait 19 % des travailleurs français (salariés et non-salariés).

Le travail posté a des répercussions à la fois sur la santé des travailleurs mais aussi sur leur vie sociale et familiale. Un juste équilibre doit donc être trouvé pour s'adapter aux contraintes économiques, démographiques et technologiques.

Au cours d'une journée normale,

la vigilance est élevée le matin et dans l'après-midi puis diminue progressivement en fin de journée. Le niveau de vigilance vers 23 h est encore de 60 % (ce qui correspond à un niveau de performance psychomotrice comparable à celui existant avec un taux d'alcoolémie de 0,05 %) mais le risque de faire des erreurs ou d'avoir des accidents s'accroît. Les effets sur la santé à court terme se manifestent par des troubles de sommeil et une somnolence, des troubles digestifs, des troubles cognitifs (équivalents aux symptômes retrouvés dans le *jet-lag*).

Dans le secteur industriel travaillant en 3^e8, les accidents sont plus nombreux (risque relatif augmenté de + 18 %) les après-midis et les nuits (+ 30 %) par rapport au matin. Le risque augmente avec le nombre de nuits consécutives travaillées (+ 6 % la 2^e nuit, + 17 % la 3^e, + 36 % la 4^e). La durée du poste de travail est également un facteur de risque avec une augmentation quasi exponentielle des accidents du travail après la 8^e heure travaillée (risque accru de 13 % et 27 % respectivement pour des postes de 10 heures et 12 heures de travail).

Une vigilance doit être portée sur deux secteurs particulièrement impactés. Dans le **secteur des transports**, la prévalence de la somnolence est beaucoup plus élevée dans le quart de nuit mais aussi dans le quart tôt le matin. Un tiers des conducteurs de train de nuit déclare des épisodes de baisse de vigilance mis en évidence lors d'EEG par l'enregistrements d'épisodes de micro-sommeil de 5 à 50 sec. Conduire après le quart de nuit multiplie par quatre le risque d'accident. Dans le **secteur de la santé**, aussi bien chez les médecins que chez les infirmières, le travail prolongé (> 24 heures) a des répercussions cognitives et com-

portementales qui peuvent mettre en danger la vie des patients.

L'expertise collective de juin 2016 de l'Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) sur l'évaluation des risques sanitaires liés au travail de nuit conclut que cette organisation horaire du travail a un effet avéré sur le sommeil, la somnolence, la vigilance et le syndrome métabolique ; un effet probable sur les performances cognitives, la santé psychique, le surpoids et l'obésité, le diabète non insulino-dépendant (DNID), les maladies coronariennes et le cancer ; un effet possible sur les dyslipidémies, l'hypertension artérielle (HTA) et l'accident vasculaire cérébral (AVC) ischémique.

Les troubles du sommeil dus au travail posté ont été inclus dans la classification internationale des troubles du sommeil en 2005 (*International Classification of Sleep Disorders – ICSID, 2005*). La prévalence est plus élevée pour les travailleurs de nuit (14 %) que pour ceux en travail posté (8 %). Selon les études, la somnolence excessive et l'insomnie liées au travail posté varient de 32 à 54 % contre 10 à 15 % chez les travailleurs de jour. Les personnes très sensibles au sommeil sous contrainte (situation de stress) présentent un risque 5 fois plus élevé d'avoir des troubles du sommeil quand elles sont en travail posté rotatif.

Concernant les effets métaboliques du travail posté et de nuit, une association significative est notée avec la prise de poids (augmentation de l'index de masse corporelle – IMC – et de l'obésité) ; un risque plus élevé de dyslipidémies (augmentation des triglycérides et baisse du HDL cholestérol) ; un risque relatif de syndrome métabolique multiplié par 2 en asso-

ciation avec les quarts rotatifs de 12 heures ; une augmentation du risque de DNID (dose effet) avec une augmentation de 5 % tous les 5 ans.

En 2007, le travail perturbant le rythme circadien a été classé comme probablement cancérigène pour l'homme (groupe 2A) par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). L'exposition à la lumière la nuit aurait un rôle sur le développement des cancers, et la privation de sommeil aurait également des impacts sur le système neuroendocrinien et le système immunitaire. Une évaluation en 2019 par le CIRC a conclu à des preuves limitées entre travail de nuit et cancers du sein, de la prostate et colorectal.

Il existe une forte variabilité interindividuelle sur la tolérance au travail posté. L'âge avancé (affaiblissement du système circadien, tendance à la désynchronisation interne, amplitude réduite des rythmes avec une phase plus avancée et réduction de durée et de la qualité du sommeil) mais aussi le sexe féminin (contraintes familiales plus grandes aggravant la fatigue chronique) seraient des facteurs de moins bonne tolérance au travail posté.

Des schémas de travail posté plus respectueux des rythmes chronobiologiques sont néanmoins possibles et recommandés :

- limiter autant que possible le travail de nuit ;
- préférer les rotations à vitesse rapide (1, 2 ou 3 jours) ;
- préférer les rotations en retard de phase dans les sens des aiguilles d'une montre (matin, après-midi, nuit) ;
- éviter le début du poste trop tôt le matin ;
- prévoir au moins 11 heures de pause entre deux postes ;
- poste de travail limité à une

durée de 10 à 12 heures maximum seulement si la charge de travail est légère ;

- pauses appropriées pour le repas et le repos ;
- systèmes de roulement réguliers et flexibles ;
- travail permanent de nuit en conditions particulières et bien contrôlées.

Aucun schéma n'est plus recommandé qu'un autre. Néanmoins, le sens de rotation des équipes est important, en privilégiant le travail en rotation rapide en retard de phase (en avance de phase seules 8 heures d'intervalle séparent deux services durant lesquelles se font le trajet travail-domicile, le repas et les soins personnels avec un temps de sommeil réduit à 3-4h). Les quarts de 12 heures, de plus en plus fréquents dans de nombreux secteurs comme la santé, ont un effet négatif sur la vigilance et les performances.

La surveillance médicale clinique peut être complétée par des examens plus spécialisés (enregistrement du sommeil, bilan cardiovasculaire et métabolique, conseils nutritionnels).

RÉGULATION DU SYSTÈME CIRCADIEN ET DU SOMMEIL : IMPORTANCE FONDAMENTALE DE LA LUMIÈRE ET DE L'OBSCURITÉ

C. Gonfrier (INSERM, Centre de recherche en Neurosciences, Lyon)

rappelle que l'organisme est soumis à des rythmes de 24 heures, les rythmes circadiens. Ces rythmes circadiens sont d'origine génétique et reposent sur l'activité rythmique de quelques gènes. Presque toutes les fonctions biologiques, dont le sommeil, le système nerveux autonome, les fonctions co-

gnitives, les fonctions psychiques, l'humeur, l'activité motrice, la production d'hormones, la régulation du cycle cellulaire..., dépendent de ces rythmes. L'horloge centrale, située dans le cerveau au niveau des noyaux suprachiasmatiques, est resynchronisée chaque jour, principalement grâce à la lumière captée par l'œil (« synchronisation photique »).

Toutes les fonctions biologiques qui dépendent de cette horloge centrale sont donc dérégulées chez le travailleur de nuit.

En l'absence d'exposition à la lumière au bon moment, l'horloge centrale se désynchronise et, au cours des jours, le cycle du sommeil se décale en moyenne de 10 minutes par 24 heures.

Les chronotypes d'individus se répartissent entre :

- les couche-tôt (avant 23 h), ceux ayant une horloge de courte durée. Ils sont étiquetés chronotypes du matin, peu enclins à travailler la nuit ;
- les couche-tard (après 23 h), ceux ayant une horloge de longue durée. Ce sont les chronotypes du soir.
- les intermédiaires (ni couche-tôt – ni couche-tard) représentent 80 à 90 % de la population qui travaille de jour, avec un sommeil entre 23 h et 7 h du matin dans les pays occidentaux.

L'œil ne sert pas qu'à voir. En plus d'être perçue par les cônes et les bâtonnets des cellules de la rétine, la lumière est captée au niveau de cellules photoréceptrices particulières, les cellules ganglionnaires à mélanopsine, reliées aux noyaux suprachiasmatiques, qui permettent de resynchroniser l'horloge biologique. Ces cellules sont plus sensibles à la lumière bleue. Ainsi, l'horaire d'exposition à la lumière a des effets variables sur la sécrétion de mélatonine

Prévention des risques liés au travail de nuit, un colloque de l'INRS

et sur le sommeil, et c'est tout le problème du travailleur de nuit. Chez un individu bien synchronisé, la sécrétion de mélatonine est nocturne. Lors de l'exposition à la lumière le soir ou en début de nuit (entre 17h et 5h du matin), l'horloge est retardée. Si la sécrétion de mélatonine est décalée plus tard et l'exposition a lieu le matin c'est l'inverse, l'horloge est avancée. Si cette exposition à la lumière, le soir et le matin, est régulière, l'horloge sera bien synchronisée. Mais chez le travailleur de nuit qui dort la journée, ce rythme est perturbé et modifié.

L'intensité et la qualité de la lumière vont également avoir un impact sur le sommeil. Les effets de la lumière sur l'horloge biologique s'observent à des intensités très basses. La lumière bleue des diodes électroluminescentes (LED) émise par les écrans des ordinateurs, téléviseurs, smartphones... active cent fois plus les cellules à mélanopsine que la lumière blanche d'une lampe « ordinaire ». Par contre, la lumière solaire est celle qui contient le plus de bleu.

Environ la moitié des travailleurs de nuit ont des troubles du sommeil, le plus souvent consécutifs aux perturbations du cycle de lumière-obscureté (régularité et *timing*) ; et cela même chez des travailleurs de nuit de longue date car leur horloge ne se resynchronise plus.

L'augmentation de l'intensité lumineuse pendant le poste de nuit serait favorable à la synchronisation du système circadien en améliorant la vigilance nocturne, le sommeil de jour et donc la récupération.

En conclusion, la désynchronisation de l'horloge est impliquée dans les effets sur la santé du travail de nuit chez les travailleurs exposés. Les approches photiques (lumière/obscurité) et non-pho-

tiques (hygiène de sommeil, siestes) sont favorables à la synchronisation de l'horloge biologique au travail de nuit. Ces approches améliorent le sommeil de jour, la vigilance durant le poste de travail et peuvent resynchroniser l'horloge lorsque la lumière est appliquée au bon moment. Mais elle nécessite un poste stable avec des horaires qui n'alternent pas. Les recommandations actuelles sont d'augmenter la vigilance durant le poste de travail et d'optimiser le sommeil durant le jour. La combinaison d'une exposition à plus de lumière durant le poste, de port de lunettes de soleil après le poste (avant le sommeil, en l'absence de conduite de véhicule), de pratique de siestes avant ou durant le poste sont à préconiser.

RÉGULATION DES HORLOGES CIRCADIENNES : EFFETS DES FACTEURS NON PHOTIQUES ET DERNIÈRES AVANCÉES DE LA RECHERCHE

E. Challet (Centre national de la recherche scientifique – CNRS, Strasbourg) apporte des informations sur la régulation des horloges circadiennes et les effets des facteurs non-photiques sur celle-ci.

Les horloges circadiennes se composent d'une horloge principale représentée par les noyaux supra-chiasmatisques de l'hypothalamus et d'horloges secondaires disséminées dans l'organisme (épiphyse, foie, rétine, tissus adipeux, cœur...). L'horloge principale, essentiellement synchronisée par la lumière, impose son rythme à ces horloges secondaires par le biais de signaux transmis par le système nerveux autonome. Entre autres, ces signaux vont initier la sécrétion de facteurs

hormonaux, essentiellement :

- la mélatonine, sécrétée par la glande pinéale le soir qui « prépare » l'organisme pour la phase de repos ;
- le cortisol, d'origine surrénalienne et dont le pic de sécrétion intervient le matin, qui permet à l'organisme d'affronter la période d'activité.

Des facteurs externes photiques ou non photiques (activité physique, privation de sommeil, alimentation...) sont susceptibles d'entraîner un déphasage de l'horloge principale comme des horloges périphériques. Cette désynchronisation circadienne peut favoriser l'apparition de désordres métaboliques (obésité et diabète) et des perturbations du sommeil.

Deux ensembles de facteurs non photiques sont à retenir.

■ **Les facteurs alimentaires.** La nature des prises alimentaires (régimes gras entre autres) a une action sur la synchronisation de l'horloge principale, tandis que l'heure des repas agit sur les horloges périphériques (foie, pancréas, tissu adipeux...). Une modification du rythme alimentaire, liée par exemple au travail posté ou au décalage horaire, module la prise ou la perte de masse, ainsi qu'une perturbation de la tolérance au glucose, pouvant ainsi entraîner à terme un risque accru d'obésité et de diabète. Il est à noter cependant que, même si le cycle veille-sommeil est déphasé, en maintenant les prises alimentaires pendant la période habituelle d'activité, les effets sur ces facteurs métaboliques peuvent être limités.

■ **Les facteurs socio-économiques et comportementaux.** Le travail de nuit, le travail posté, le *jet-lag* chronique ont une action de déphasage des horloges, notamment en raison des alternances irrégulières

d'activités de jour et de nuit.

L'exercice physique provoque un déphasage de l'horloge interne en agissant un peu comme la lumière. L'association de l'exercice physique et d'une stimulation lumineuse intense potentialise ce déphasage, ce qui a un impact sur les travaux physiques ou stressants nocturnes en lumière artificielle.

En conclusion, **l'exercice, la privation de sommeil, les facteurs nutritionnels** modifient la rythmicité circadienne (l'horaire des repas est un puissant synchroniseur des horloges périphériques). **La désynchronisation circadienne** favorise les désordres métaboliques.

EFFETS D'UN MANQUE DE SOMMEIL SUR L'ORGANISME ET DERNIÈRES AVANCÉES DE LA RECHERCHE

L'intervention de **M. Chennaoui (Institut de recherche biomédicale des armées – IRBA, Paris)** traite des récentes études concernant la dette de sommeil et ses conséquences sur l'organisme.

La dette de sommeil impacte tous les grands systèmes de l'organisme (endocrinien, cardiovasculaire, immuno-inflammatoire, neurologique) et a des conséquences néfastes sur la santé à long terme. C'est un facteur favorisant certaines pathologies chroniques telles que l'hypertension artérielle, l'obésité ou la tolérance au glucose... L'altération des réponses endocriniennes et immuno-inflammatoires est marquée, entre autres, par une inhibition de l'action de l'hormone de croissance et une augmentation des processus inflammatoires, peu propices aux phénomènes de régénérations tissulaires.

La dette de sommeil peut également favoriser des risques d'accidents comparables à ceux induits par l'alcoolisation, ainsi qu'une augmentation de la sensibilité à la douleur et une diminution de la fonction endothéliale des petits vaisseaux (en favorisant l'apparition des gelures).

Des études en laboratoire, à la suite d'une restriction du sommeil, ont évalué les performances cognitives ainsi que leurs mécanismes neurobiologiques. L'imagerie par résonance magnétique (IRM) et la morphométrie à base de voxel (VBM) permettant d'observer le volume de matière grise ont montré que le manque de sommeil modifiait certaines zones cérébrales chez les adolescents.

Une étude de l'IRBA visait à déterminer la prévalence des troubles du sommeil auprès d'une brigade de sapeurs-pompiers, et leurs conséquences sur leur capacité au travail. Les résultats montrent l'existence d'une hypersomnolence diurne chez ces sujets, comparable à celle des travailleurs postés.

Une autre étude de l'IRBA a suivi le personnel navigant de l'aéronavale sur des vols de longue durée (> 8 heures). L'apparition d'épisodes d'hypovigilance et de somnolence ont pu être notés.

Au vu de ces travaux, on peut donc incriminer la privation de sommeil comme facteur délétère sur certains processus physiologiques et comportementaux chez l'homme.

Des actions préventives pourraient limiter ces effets. Outre une formation de la population aux règles fondamentales d'hygiène du sommeil, la gestion des rythmes veille/sommeil pourrait être adaptée pour chaque travailleur en fonction de la connais-

sance de son profil individuel de sommeil. À l'aide d'outils standardisés (questionnaires du sommeil, tests, agenda du sommeil...), il serait donc envisageable de procéder à la mise en place de stratégies adaptées selon les cas : siestes optimisées, provision de sommeil, activité physique...

TRAVAIL DE NUIT ET RISQUES CARDIOVASCULAIRES : PREMIERS RÉSULTATS D'UNE ÉTUDE ÉPIDÉMIOLOGIQUE MENÉE DANS LA COHORTE CONSTANCES

S. Boini et E. Bourgard (département Épidémiologie en entreprises, INRS) ont présenté les premiers résultats d'une étude s'intéressant au lien entre le travail de nuit (TN) et les facteurs de risques de maladies cardiovasculaires (MCV) (syndrome métabolique, obésité abdominale, hypertension artérielle (HTA), hypertriglycéridémie, hypoHDLémie et hyperglycémie).

Cette étude épidémiologique de type cas-témoins utilise la cohorte Constances (cohorte qui suit le devenir de 200 000 adultes vivant en France et destinée à fournir des informations descriptives et étiologiques sur la santé).

La population étudiée comporte 68 062 sujets issus de cette cohorte.

Cinq groupes d'exposition ont été définis :

- les travailleurs en horaire de nuit fixe ;
- les travailleurs en horaire alternant avec nuit ;
- les travailleurs en horaire alternant sans nuit ;
- les travailleurs de jour avec un passé de TN ou travail posté (TP) ;
- les travailleurs de jour sans

Prévention des risques liés au travail de nuit, un colloque de l'INRS

TN/TP au cours de leur carrière (groupe de référence).

Des modèles de régression logistique ajustés (âge, sexe, catégories socio-professionnelles, hygiène de vie et antécédents personnels de MCV) ont été réalisés pour estimer le risque de survenue de facteurs de risque de MCV en fonction des différents groupes d'exposition.

Les travailleurs en nuit fixe présentent un risque élevé d'hypoHDLémie.

Les travailleurs de jour avec un passé de TN/TP présentent un risque élevé d'obésité abdominale et d'hypoHDLémie.

Chez les travailleurs alternant sans nuit, il n'a pas été mis en évidence de risques particuliers.

Un lien entre TN et apparition de dyslipidémie est observé (avec excès de risque chez les travailleurs alternant avec nuit).

En revanche, il n'y a pas d'éléments en faveur d'un lien entre travail de nuit et HTA.

Ces premiers résultats confortent la nécessité d'un suivi renforcé sur le plan cardiovasculaire des personnes exposées au TN ainsi que des travailleurs de jour actuels ayant un passé de TN.

Il est attendu que ces résultats favorisent la diffusion et la mise en place de mesures de prévention spécifiques en entreprises sur le thème des maladies cardiovasculaires ischémiques.

SYNTHÈSE ET PERSPECTIVES

B. Siano (département Études et Assistance médicales, INRS) a conclu cette journée.

En France, le travail de nuit (TN) et de *week-end* concerne environ 19 % de la population de travailleurs. Il est donc important en termes de santé au travail.

Les conséquences du travail de nuit pour la santé sont liées à la fois à la désynchronisation des horloges biologiques et à la dette en sommeil. Elles ont un coût pour la santé, pour la sécurité, pour l'entreprise et aussi des conséquences sur la vie sociale et familiale des salariés. Elles représentent de ce fait un enjeu majeur pour les entreprises et pourtant, elles semblent sous-évaluées et mal prises en compte.

L'importance de la prévention a été soulignée au cours de cette journée, avec des recommandations :

- poser la question de la pertinence d'une activité de nuit ;
- limiter autant que possible le travail de nuit ;
- préférer les horaires stables aux horaires alternants de travail ;
- préférer des rotations rapides, même s'il y a encore débat ;
- préférer des rotations en retard de phase (dans le sens horaire) en étant vigilant aux chronotypes ;
- éviter le début du travail tôt le matin (avant 6 heures) ;

- augmenter la vigilance durant le poste de travail de nuit en apportant le plus de lumière possible ;

- éviter la lumière, même de faible intensité, durant le sommeil de jour ;

- promouvoir l'intérêt des siestes (provision de sommeil avant le poste ou siestes durant les postes de nuit), siestes courtes ;

- appliquer les règles d'hygiène du sommeil, notamment pendant les jours de récupération ;

- maintenir des heures de repas fixes et promouvoir l'activité physique ;

- renforcer le suivi de l'état de santé des travailleurs de nuit.

Il y a besoin d'informer et de former les employeurs, les salariés et leurs représentants. Il est également important de prendre l'avis de l'ensemble des personnes impliquées lorsque des changements organisationnels sont prévus dans une entreprise et notamment les salariés et le Conseil social et économique – CSE – ou la Commission santé, sécurité et conditions de travail – CSST – quand elle existe.

Pour la recherche, il faut également souligner l'importance d'une meilleure caractérisation de l'exposition au travail de nuit et également de tenir compte, dans ces études, de l'ensemble du parcours professionnel afin d'appréhender plus finement les effets des horaires postés et de nuit sur la santé.

En ligne sur le site de l'INRS, à l'adresse : <https://www.inrs.fr/footer/actes-evenements/colloque-prevention-travail-nuit.html>, sont disponibles les présentations et les vidéos des intervenants.

Poussières, nanoparticules et santé. L'invisible éclairé...

26^e Journée Recherche de l'IIMTPIF* Conférence en ligne, 24 mars 2021

EN
RÉSUMÉ

AUTEURS :

Meissonnier-Cirille I, Karsenty A, Caetano Martins G, Département Études et assistance médicales, INRS

La 26^e Journée Recherche de l'IIMTPIF était dédiée à l'exposition professionnelle et/ou environnementale aux particules. Une première partie a été consacrée à la définition des polluants particulaires, aux méthodes de mesure et aux valeurs de référence disponibles pour l'évaluation des expositions. Une deuxième partie s'est attachée aux effets sanitaires des particules. La dernière partie a été dédiée aux particules de taille nanométrique et à la démarche de prévention des risques professionnels.

Les exposés dédiés à la silice cristalline ne feront pas l'objet de résumé dans ce compte rendu, car une journée de la Société française de médecine du travail (SFMT) a été dédiée à ce sujet.

MOTS CLÉS

Nanoparticule / Particule / Poussière / Métrologie / Évaluation des risques / Produit chimique / Risque chimique

* Institut interuniversitaire de médecine du travail de Paris-Île-de-France

QUALIFIER – POLLUANTS PARTICULAIRES DANS L'AIR DES LIEUX DE TRAVAIL : DE QUOI PARLE-T-ON ?

O. Witschger (département Métrologie des polluants, INRS) a démarré son intervention par quelques rappels de définitions. Une particule est un fragment de matière solide ou liquide, aux contours physiques bien définis, et composée d'une ou plusieurs substances. Elle peut être de nature inorganique (ex. : silice), organique (ex. : bois), ou avoir une origine biologique (microorganismes ou dérivés [fragments, toxines]). Les particules peuvent avoir différentes morphologies (sphérique, feuillet, fibre...) ou structures internes (pleine, poreuse, cœur-coquille...). Elles se trouvent le plus souvent sous forme d'agglomérats ou d'agrégats. Pour ce qui est de leur taille, on considère comme nano-objets les matériaux dont une, deux ou trois dimensions externes se situent à l'échelle nanométrique, c'est-à-dire approximativement entre 1 et 100 nm. Les nanoparticules

sont des nano-objets dont les trois dimensions externes se situent à l'échelle nanométrique.

Un aérosol est un ensemble de particules en suspension dans un milieu gazeux, où la phase particulaire ne représente qu'une faible fraction en masse. Les aérosols peuvent être catégorisés selon la forme physique ou la composition de leurs particules, ou selon le mode de génération (poussières, fumées, brouillards...). Lors de l'étude d'un aérosol, la distribution granulométrique des particules s'exprime en nombre, en volume (masse) ou en surface. Par exemple, dans le cas de l'aérosol urbain, les particules de taille inférieure à 100 nm correspondent à 97 % des particules en nombre et à 82 % de la surface mais à seulement 27 % de la masse.

La taille des particules a une incidence sur leur comportement, notamment la persistance dans l'air (la vitesse de sédimentation diminue avec la diminution de la taille) et les phénomènes de coagulation (de très petites particules peuvent migrer sur de plus grosses), ainsi que sur les mécanismes de dépôt dans les voies respiratoires ou

Poussières, nanoparticules et santé.
L'invisible éclairé... 26^e Journée
 Recherche de l'IIMTPIF

transfert dans l'organisme, et sur les méthodes de filtration ou mesure. En milieu professionnel, on retrouve de nombreuses particules avec une grande diversité de tailles (ex. : poussières de bois et de farines plutôt micrométriques, émissions de moteurs diesel et fumées de soudage avec fraction nanométrique) à des niveaux de concentration très variables. Elles peuvent pénétrer dans l'organisme par plusieurs voies, la principale étant la voie respiratoire. Au cours d'une journée de travail, plus de 10 milliards de particules sont inhalées. Certaines d'entre elles agissent à l'endroit du dépôt, d'autres migrent et s'accumulent dans les organes cibles (rein, foie, vessie, système nerveux).

En santé au travail, l'évaluation des expositions professionnelles est guidée par des référentiels (normes NF EN481 et ISO7708) qui définissent les fractions inhalable, thoracique et alvéolaire selon l'efficacité de pénétration ou de dépôt des particules dans les voies respiratoires, en fonction de leur taille. La connaissance de ces « fractions conventionnelles » permet de faire le bon choix des instruments de mesure et d'évaluer des effets éventuels sur la santé dus à l'inhalation de particules en suspension dans l'air des lieux de travail.

RÉVÉLER – QUELLES MÉTHODES DE MESURE DES EXPOSITIONS PROFESSIONNELLES PAR INHALATION ?

X. Simon (département Métrologie des polluants, INRS) a dressé le panorama des méthodes de mesure de l'exposition aux aérosols disponibles en milieu de travail. Mesurer les expositions professionnelles

relève de la démarche générale de prévention des risques chimiques, l'objectif de chaque mesure doit être clairement identifié afin d'orienter l'élaboration de la stratégie de prélèvement (ex. : estimer le niveau réel des expositions au cours d'une tâche donnée ou sur la durée totale du poste de travail, évaluer si un procédé émet des polluants, évaluer l'efficacité des moyens de prévention ou déterminer ceux à mettre en place).

L'approche de métrologie conventionnelle consiste à mesurer des concentrations de polluants en masse (mg/m^3 ou $\mu\text{g}/\text{m}^3$; ou pour certaines fibres, $\text{fibres}/\text{cm}^3$) avec une analyse en différé. Le prélèvement individuel dans la zone respiratoire du salarié est à privilégier car il tient compte des déplacements du salarié et intègre l'influence des gestes professionnels, évitant ainsi une sous-estimation des concentrations. Si le salarié ne peut pas être équipé en individuel, et selon les objectifs de la campagne de mesure, des prélèvements peuvent être effectués à poste fixe, en plaçant le dispositif proche d'un poste de travail, à hauteur des voies respiratoires.

Différents dispositifs de prélèvements existent en fonction de la fraction spécifique de l'aérosol visée : les cassettes fermées pour mesurer la fraction inhalable sont les dispositifs les plus utilisés, la famille des cyclones pour mesurer la fraction thoracique ou alvéolaire. Le dispositif « CIP 10 », au contraire des autres dispositifs, a l'avantage de n'avoir pas besoin de pompe externe, et d'avoir trois têtes à adapter, selon la fraction à analyser, mais il sous-estime les particules submicroniques en fraction alvéolaire.

Les impacteurs en cascade permettent de mesurer la distribution granulométrique moyenne des aérosols.

L'extraction des polluants des supports de collecte par différentes techniques permet d'analyser et de caractériser ensuite les échantillons (composition chimique ou biologique, morphologie des particules avec, notamment, des observations microscopiques).

L'approche de métrologie en temps réel concerne la mesure en instantané des particules (concentration en masse ou en nombre instantanée). Elle peut être complémentaire de l'approche conventionnelle. Les dispositifs disponibles pour ce type de mesures peuvent utiliser une méthode optique (détection et analyse de la lumière diffusée par les particules) ou électrique (détection et analyse des charges électriques portées par les particules).

Enfin, les méthodes de mesure doivent s'articuler avec la charge de travail et les paramètres physiologiques. La base de données MétroPol de l'INRS détaille les méthodes d'évaluation et fait des recommandations pour mener à bien une campagne d'évaluation de l'exposition professionnelle à des aérosols.

ATTRIBUER – LES VALEURS DE RÉFÉRENCE EN MILIEU DE TRAVAIL ET DANS L'ENVIRONNEMENT : LEUR ÉLABORATION, LEUR UTILISATION

M. Keirsbulck (*Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail – ANSES, Maisons-Alfort*) a détaillé le panorama des valeurs de référence établies et recommandées par l'ANSES, en précisant leurs définitions, objectifs et méthodes de construction. Trois types de valeurs limites atmosphériques d'exposition en milieu professionnel

sont recommandées par l'ANSES depuis 2007, visant à protéger les travailleurs exposés par inhalation des effets :

- aigus d'un agent chimique, en limitant les pics d'exposition. Il s'agit des valeurs limites de courte durée sur 15 minutes (VLCT-15 min) ;
- chroniques, considérant l'exposition régulière pendant la durée d'une vie de travail à l'agent chimique considéré. Il s'agit des valeurs limites d'exposition professionnelle sur huit heures (VLEP-8h) ;
- graves et potentiellement irréversibles à très court terme (cas des irritants forts ou corrosifs). Il s'agit des valeurs plafonds (VP), concentration atmosphérique d'un agent chimique dans la zone de respiration d'un travailleur à ne jamais dépasser.

Pour compléter les VLEP atmosphériques, deux spécificités existent : la mention « peau », pour tenir compte de la pénétration cutanée d'une substance aux effets systémiques (ex. : styrène, toluène) ; la mention « bruit » quand il existe des effets ototoxiques de la coexposition bruit/substance chimique (ex. : styrène, monoxyde de carbone).

L'expertise scientifique de l'ANSES est indépendante et basée sur des critères sanitaires. La méthode comprend le choix de l'effet critique, de l'étude clé, de la dose critique et l'application d'ajustements et facteurs d'incertitude. Dans les suites du rapport scientifique, plusieurs étapes se suivent (établissement de projet réglementaire, consultation, proposition définitive de texte, impliquant notamment la Direction générale du Travail – DGT et le Conseil d'orientation des conditions de travail – COCT), et des VLEP réglementaires peuvent être fixées (contraignantes fixées par décret et indicatives fixées par arrêté). Au niveau européen, une démarche similaire peut

aboutir à une directive de l'Union Européenne.

L'ANSES complète le travail de construction des VLEP par un recensement des protocoles de mesure des niveaux d'exposition professionnelle disponibles, puis les classe en fonction de leur qualité et faisabilité technique.

Concernant les particules, des différences de référentiels existent entre les domaines professionnel et environnemental. En santé au travail les fractions de référence sont les fractions inhalable, alvéolaire et thoracique alors qu'en santé environnementale on parle de (*Particulate matter*) PM 10 et PM 2,5. Néanmoins, les PM 10 ne correspondent pas forcément à la fraction thoracique ni les PM 2,5 à la fraction alvéolaire. Des travaux sont en cours à l'ANSES pour comparer ces référentiels et objectiver leur pertinence.

INVESTIGUER – LES DÉTERMINANTS DE L'EFFET DES PARTICULES SUR LA SANTÉ

J. Boczkowski (Institut national de la santé et de la recherche médicale – INSERM, Université de Paris-Est Créteil) a rappelé que les effets des particules sur la santé dépendent de facteurs liés à l'exposition, à l'organisme exposé et aux caractéristiques physicochimiques des particules. Ces dernières sont nombreuses : taille, forme, composition chimique, structure cristalline, aire, réactivité de surface, charge électrique, état d'agrégation ou d'agglomération et solubilité.

Ces différents facteurs sont capables d'interagir entre eux. Ils peuvent conditionner les effets observés au niveau cellulaire (inflammation, stress oxydatif, altération des molécules endogènes) pouvant

aboutir à des effets généraux sur la santé (cancérogénèse, remaniement des structures d'un tissu, anomalies de la reproduction...).

Les caractéristiques physicochimiques des particules sont donc capables de conditionner les mécanismes d'interaction avec le vivant, pouvant conduire à des effets toxiques. Quatre grands mécanismes se dégagent : la génération de formes réactives d'oxygène, des phénomènes de dégradation, la phagocytose frustrée et l'adsorption de biomolécules sur la surface des particules.

DIAGNOSTIQUER – L'IMPACT SUR LA SANTÉ DES PARTICULES SANS EFFET SPÉCIFIQUE

B. Housset (Centre hospitalier intercommunal de Créteil) a commencé par définir la pollution atmosphérique ou domestique comme un « cocktail » de différents polluants présentant une grande variabilité temporelle et spatiale. Pour ce qui est de la fraction particulaire, il est important de tenir compte de leur taille, leur nombre et nature. En effet, exprimer la pollution en masse/volume est actuellement inadapté, il faudrait privilégier le nombre de particules (selon leur taille) par unité de volume.

Ce sont les interactions entre les polluants (action synergique ou antagoniste) qui déterminent les effets sanitaires.

La pollution atmosphérique environnementale a été associée à la morbidité et à la mortalité respiratoire et cardiovasculaire, ainsi qu'à diverses pathologies. Les principales altérations ont été mises en évidence au niveau :

- respiratoire (troubles de la fonc-

Poussières, nanoparticules et santé.
L'invisible éclairé... 26^e Journée
 Recherche de l'IIMTPIF

tion respiratoire, pneumopathies, cancer du poumon), avec un effet plus marqué chez les personnes souffrant d'une pathologie pulmonaire préexistante, chez le sujet âgé ou sur le poumon en développement ;

- cardiovasculaire (arythmie, infarctus, insuffisance cardiaque congestive, hypertension artérielle, thrombose veineuse profonde) ;
- métabolique (diabète) ;
- neurologique (accident vasculaire cérébral, maladies neurodégénératives) ;
- cutanée (vieillesse accélérée) ;
- reproductif (naissances prématurées, faibles poids à la naissance).

La pollution atmosphérique, y compris spécifiquement la fraction particulaire de la pollution environnementale, est reconnue comme cancérigène avéré pour l'homme (groupe 1) par le Centre international de recherche sur le cancer.

Il existerait un lien entre la pollution par PM 2,5 et les infections respiratoires. Ceci est mis en évidence par une étude qui montre un risque plus élevé d'infection aiguë des voies respiratoires inférieures lorsqu'il y a une augmentation de l'exposition aux PM 2,5 lors des 21-27 jours précédant la maladie. Aux États-Unis, une autre étude a montré une association entre les niveaux d'exposition aux PM 2,5 pendant 17 ans et la mortalité par Covid-19. Les PM 2,5 semblent aussi liées aux exacerbations de maladies chroniques, notamment de BPCO.

Au total, il a été estimé que la pollution (environnementale et domestique) était à l'origine de 7,6 % de la mortalité globale en 2015.

L'outil *Global Burden of Disease* permet d'identifier des centaines de causes de décès ou de maladies,

ainsi que des facteurs de risque, dont la pollution particulaire.

LES NANOMATÉRIAUX : QUELLES SITUATIONS D'EXPOSITION ET QUELLE PRÉVENTION EN MILIEU DE TRAVAIL

M. Ricaud (département Expertise et conseil technique, INRS) a présenté les situations d'exposition aux nanomatériaux et leur prévention en milieu de travail.

Plusieurs définitions du terme « nanomatériau » ont été établies par divers organismes ou instances. Selon la Commission européenne (CE), « *on entend par nanomatériau un matériau naturel, formé accidentellement ou manufacturé, contenant des particules libres, sous forme d'agrégat ou sous forme d'agglomérat, dont au moins 50 % des particules, dans la répartition numérique par taille, présentent une ou plusieurs dimensions externes se situant entre 1 nm et 100 nm. Tout matériau est à considérer comme relevant de la définition mentionnée ci-dessus dès lors qu'il présente une surface spécifique en volume supérieure à 60 m²/cm³.* ».

En milieu professionnel, les situations d'exposition aux nanomatériaux sont nombreuses, variées et concernent divers secteurs d'activités. On distingue :

- les nanomatériaux générés par l'homme de manière non intentionnelle ou accidentelle. Il s'agit des particules ultrafines – PUF (émissions de moteur, fumées de soudage et de coupage de métaux, fumées de bitumage et d'asphaltage, fumées chirurgicales, brasure, générées lors de procédés

thermiques, mécaniques, combustions...);

- les nanomatériaux générés par l'homme de manière intentionnelle. Il s'agit des nanomatériaux manufacturés – NM (nanoparticules de dioxyde de titane, argent, silice amorphe, nanotubes/nanofibres de carbone, cellulose, bore, nanofeuillets de graphène, argile, nanocomposites...). L'exposition est liée à la production et l'utilisation intentionnelle de NM en vue de propriétés nouvelles (ex. : manipulation d'une nanopoudre, pulvérisation d'une peinture nano-additivée...).

Les salariés peuvent être exposés tout au long du cycle de vie de ces produits.

Le site Ev@lutil fournit des bases documentaires sur les particules nanométriques et l'exposition des salariés à celles-ci.

Sur le plan réglementaire, une déclaration annuelle à l'ANSES est obligatoire (site R-Nano) pour les entreprises produisant, fabricant ou important plus de 100 g par an de substance à l'état nanoparticulaire. D'autre part, depuis le 1^{er} janvier 2020, des informations spécifiques doivent être apportées par les entreprises sur les substances nanométriques enregistrées dans REACH et mises sur le marché au-delà d'une tonne par an (par entreprise).

En matière de prévention, les règles générales de prévention du risque chimique s'appliquent. Il importe, tout d'abord, de repérer, identifier et inventorier tous les NM ou les produits qui en contiennent dans le milieu de travail, ainsi que tous les procédés thermiques, mécaniques et les combustions susceptibles de générer des PUF. Il faut instaurer des mesures de limitation des

expositions professionnelles dans tous les environnements mettant en œuvre des NM et PUF et tout au long du cycle de vie des produits. Il importe de privilégier la protection collective et la protection intégrée aux procédés et d'assurer la traçabilité des expositions des salariés. Actuellement, il n'existe pas de VLEP réglementaire associée à un nanomatériau.

Les nanomatériaux constituent un véritable enjeu pour la santé et la sécurité au travail, mais également de santé publique et environnementale.

TOXICITÉ DU DIOXYDE DE TITANE SOUS FORME NANOPARTICULAIRE : LES CONNAISSANCES ACTUELLES ET CONTROVERSES

P. Guillou (ANSES) a présenté les caractéristiques relatives à la toxicité du dioxyde de titane sous forme nanoparticulaire (TiO₂-NP).

Le TiO₂ existe sous forme micro ou nanométrique. Sous sa forme nanométrique, il est catalogué selon la taille (1 à 100 nm), la forme (sphère, tube, fibre...), la phase cristalline (anatase, rutil, brookite), le type de revêtement (présent ou non, organique, inorganique...).

Le TiO₂-NP possède des propriétés utilisées dans de nombreux domaines d'activité, notamment en cosmétologie (filtre UV des crèmes solaires...), dans le bâtiment (rôle photocatalyseur utilisé dans la fabrication de ciment de verre), dans le domaine environnemental (traitement de l'eau), ou dans l'industrie alimentaire (revêtement, coloration).

Au niveau réglementaire, le TiO₂

(sous forme de poudre contenant 1 % ou plus de particules de diamètre aérodynamique $\leq 10 \mu\text{m}$) possède une classification harmonisée dans le cadre du règlement européen CLP : cancérigène de catégorie 2 (« susceptible de provoquer le cancer »).

La toxicité du TiO₂-NP par voie respiratoire a été évaluée suite à la saisine de l'ANSES par diverses instances en 2017. L'objectif était de définir une valeur toxicologique de référence (VTR) chronique par inhalation de TiO₂-NP ainsi qu'une valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP). D'après les études disponibles chez l'animal, aucune étude épidémiologique n'étant utilisable, le principal effet rapporté concerne une toxicité pulmonaire. Les études mettent en évidence une surcharge pulmonaire, conduisant à une cytotoxicité, et une réaction inflammatoire à l'origine de lésions des cellules alvéolaires (hypertrophie, hyperplasie). Au niveau systémique, des effets ont aussi été observés au niveau cardiovasculaire (altération des capacités de vasodilatation, apparition d'athérosclérose), neurologique (translocation et accumulation de TiO₂-NP dans le cerveau, altérations histologiques) et rénal (perte de la bordure en brosse, dilatation tubulaire, modification de marqueurs).

À la suite de l'expertise collective, l'ANSES a retenu comme effet critique les effets pulmonaires, identifié la dose critique à 0,5 mg/m³ (NOAEL - dose sans effet toxique observable issue d'une étude chez l'animal) et après application des facteurs d'incertitude/ajustement, proposé les valeurs de références suivantes pour le TiO₂-NP :

- VTR chronique par inhalation de 0,12 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$;

- VLEP sur 8 heures à 0,8 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Cependant, de nombreuses incertitudes persistent concernant la toxicité du TiO₂, parmi lesquelles l'absence de données sur les effets systémiques concomitants avec la toxicité pulmonaire (les doses utilisées pour l'étude des effets systémiques étant beaucoup plus importantes que celles utilisées pour évaluer la toxicité pulmonaire), la pertinence du modèle rongeur (différences de sensibilité entre les espèces et extrapolation à l'homme), le rôle des paramètres physico-chimiques du TiO₂-NP, le mécanisme d'action génotoxique (génotoxicité indirecte et secondaire identifiées, mais mécanisme direct supposé majeur à confirmer). Autant d'éléments qui nécessitent des études supplémentaires et complémentaires aux travaux déjà effectués.

OUTILS REPÈRES

P. 81 **VOS QUESTIONS/NOS RÉPONSES**

P. 87 **TABLEAUX DE MALADIES PROFESSIONNELLES :
COMMENTAIRES**

Vos questions / nos réponses

Suivi individuel de l'état de santé du salarié : qui prend en charge le coût des examens complémentaires ?



La réponse de Jennifer Shettle, département Études, veille et assistance documentaires, Service juridique de l'INRS

Annule et remplace la QR 78 parue en 2013.

La prise en charge financière des examens complémentaires prescrits par le médecin du travail a, par le passé, suscité de nombreuses interrogations. La rédaction de l'article R. 4624-36 du Code du travail, modifiée par décret du 27 décembre 2016, est venue clarifier ce point.

Pour mémoire, en application de l'article R. 4624-35 du Code du travail, le médecin du travail peut prescrire les examens complémentaires nécessaires :

- à la détermination de la compatibilité entre le poste de travail et l'état de santé du travailleur, notamment au dépistage des affections pouvant entraîner une contre-indication à ce poste de travail ;
- au dépistage d'une maladie professionnelle ou à caractère professionnel susceptible de résulter de l'activité professionnelle du travailleur ;
- au dépistage des maladies dangereuses pour l'entourage professionnel du travailleur.

Auparavant, ces examens avaient vocation, entre autres, à déterminer « l'aptitude médicale du salarié au poste de travail ». Désormais, l'avis d'aptitude n'est plus systématique et est essentiellement réservé aux salariés en suivi individuel renforcé et affectés à des postes à « risques particuliers » (au sens de l'article R. 4624-23 du Code du travail). Ces examens complémentaires sont par conséquent destinés plus particulièrement à s'assurer que l'état de santé du salarié est compatible avec le poste auquel il est affecté. En ce qui concerne la prise en charge du coût de ces examens, deux situations sont à distinguer :

- lorsque l'employeur dispose d'un service autonome de santé au travail, les examens complémentaires sont à sa charge ;

- dans les autres cas, les examens complémentaires sont à la charge du service de santé au travail interentreprises.

Il est à noter que l'article D. 4622-22 du Code du travail apporte des précisions sur le contenu de l'échange obligatoire d'informations au moment de l'adhésion d'une entreprise au service de santé au travail interentreprises. Ainsi, selon cet article : « Les droits et obligations réciproques du service de santé au travail interentreprises et de ses adhérents sont déterminés dans les statuts ou le règlement intérieur de celui-ci. Ces statuts et ce règlement sont communiqués à l'entreprise, lors de la demande d'adhésion, avec la grille des cotisations du service de santé au travail interentreprises et un document détaillant les contreparties individualisées de l'adhésion ».

Il apparaît, au regard de ces dispositions relatives à la transparence de coût, que la prise en charge des examens complémentaires par le service de santé au travail interentreprises soit un élément à mentionner dans le document détaillant les contreparties individualisées de l'adhésion.

Les examens peuvent être prescrits par le médecin du travail à un salarié, soit en raison de son état de santé en particulier, soit en application de dispositions réglementaires spécifiques à certains risques, directement liés à la nature de l'activité de l'entreprise exposant à ces risques. Quoi qu'il en soit, le médecin du travail réalise ou fait réaliser ces examens au sein du service de santé au travail, ou choisit l'organisme chargé de pratiquer les examens.

En tout état de cause, et peu importe le contexte, ces examens doivent être réalisés dans des conditions

garantissant le respect de leur anonymat au sein de l'entreprise et permettant de ne pas enfreindre cette règle déontologique primordiale (article R. 4624-36 du Code du travail).

En ce qui concerne les salariés d'entreprises extérieures (EE), la réalisation des examens complémentaires rendus nécessaires par la nature et la durée des travaux réalisés par ces derniers dans l'entreprise utilisatrice (EU), doit être assurée par le médecin du travail de l'EU, pour le compte de l'EE. Les résultats de ces examens sont ensuite communiqués au médecin du travail de l'EE (article R. 4513-11 du Code du travail).

Compte tenu des dispositions précédemment exposées, à défaut d'accord entre les employeurs de l'EU et de l'EE et les médecins du travail intéressés, la charge financière des examens complémentaires incombe en principe à l'employeur, c'est-à-dire à l'EE. En effet, si c'est le médecin de l'EU qui assure la réalisation de ces examens, il le fait pour le compte de l'EE.

Ainsi, en application des dispositions précitées issues de l'article R. 4624-36 du Code du travail, si l'EE, en sa qualité d'employeur :

- a son propre service de santé au travail (service autonome), les examens complémentaires restent à sa charge ;
- adhère à un SSTI, il revient au SSTI concerné de prendre en charge le coût des examens

complémentaires conformément au principe posé par l'article R. 4624-36 du Code du travail.

En ce qui concerne les entreprises d'intérim, aucune disposition particulière n'étant prévue par la réglementation concernant la réalisation de ces examens, il convient d'appliquer les règles générales précitées, l'entreprise d'intérim restant l'employeur.

Il convient de noter que des dispositions spécifiques ont été intégrées dans le Code du travail avec le décret n° 2016-1908 du 27 décembre 2016 relatif à la modernisation de la médecine du travail dans le cadre du suivi des **travailleurs de nuit**. Pour ces travailleurs, le médecin du travail peut prescrire, s'il le juge utile, des examens complémentaires, qui pourraient s'avérer nécessaires au regard des risques auxquels ces derniers sont exposés et des travaux qu'ils effectuent. Dans ce cas, ils seront systématiquement à la charge de l'employeur (article R. 4624-37 du Code du travail).

En cas de désaccord entre l'employeur et le médecin du travail sur la nature et la fréquence de ces examens complémentaires, la décision est prise par le médecin inspecteur du travail (article R. 4624-38 du Code du travail).

Vos questions / nos réponses

Pratiques addictives dans les TPE : quelle prévention mettre en place ?

La réponse du Dr Philippe Hache,
département Études et assistance médicales, INRS.



Médecin du travail chargé du suivi des salariés d'une très petite entreprise (TPE), je m'interroge sur la prévention à mettre en place concernant les pratiques addictives ?

Les risques liés aux pratiques addictives en milieu de travail concernent l'ensemble des entreprises, y compris les TPE. De manière générale, l'amélioration de la prévention des risques professionnels dans ces structures peut être difficile en raison, entre autres, de la non-perception du risque par l'employeur ou du manque de temps et de moyens à y consacrer [1, 2]. Une enquête réalisée en 2014 par l'INRS montre que le premier interlocuteur de référence des TPE en matière de santé et sécurité est le service de santé au travail, suivi par l'organisation professionnelle à laquelle adhère la TPE [3]. De même, afin que les TPE s'approprient les recommandations en matière de prévention, il est conseillé de proposer des outils ou des actions simples à mettre en œuvre [1].

Le service de santé au travail a pour mission de conseiller l'employeur, les salariés et leurs représentants sur les dispositions et mesures nécessaires afin de prévenir la consommation d'alcool et de drogue sur le lieu de travail (article L. 4622-2 du Code du travail). Aussi, il peut être intéressant que l'équipe pluridisciplinaire de santé au travail sensibilise l'employeur d'une TPE aux risques liés aux pratiques addictives ainsi qu'à leurs origines liées tant à la vie privée qu'à certains facteurs professionnels. Ensuite, il peut être utile de fournir au chef d'entreprise un ensemble de questions commentées afin d'évaluer ce risque, de l'inscrire dans le document unique et d'orienter le plan d'action de prévention. Ces questions sont présentées ci-dessous, de manière non exhaustive. Une réflexion commune entre l'employeur, les salariés et le service de santé au travail peut être conseillée pour déterminer les mesures adaptées à l'entreprise.

La consommation d'alcool est-elle encadrée dans l'entreprise ?

Conformément à l'article R. 4228-20 du Code du travail, aucune boisson alcoolisée autre que le vin, la bière, le cidre et le poiré n'est autorisée sur le lieu de travail. Si la consommation de boissons alcoolisées est susceptible de porter atteinte à la sécurité et la santé physique et mentale des travailleurs, l'employeur prévoit dans le règlement intérieur ou, à défaut, par note de service des mesures pouvant prendre la forme d'une limitation voire d'une interdiction de cette consommation et devant être « proportionnées au but recherché ».

À titre d'information, un verre d'alcool standard augmente le taux d'alcoolémie de 0,2 à 0,25 gramme par litre de sang (g.l⁻¹). Il est éliminé en 1 h 30 environ. La conduite sous l'influence de l'alcool multiplie par 17,8 le risque d'être responsable d'un accident routier mortel [4]. La consommation chronique d'alcool peut s'accompagner de dépression, d'une dépendance à cette substance psychoactive, de maladies cardiovasculaires, de cirrhose, de cancers... Au sein de la population générale, 41 000 décès sont dus chaque année à l'alcool. Actuellement, Santé publique France recommande de ne pas consommer plus de 2 verres par jour et de ne pas dépasser 10 verres par semaine [5]. Enfin, l'alcoolémie au volant doit être inférieure à 0,2 g.l⁻¹ chez le conducteur d'un véhicule de transport en commun, chez le conducteur dont le droit de conduire est limité aux seuls véhicules équipés d'un dispositif homologué d'anti-démarrage par éthylotest électronique, ainsi que chez le conducteur titulaire d'un permis de conduire soumis au délai probatoire (article R. 234-1 du Code de la route). Cette alcoolémie doit être inférieure à 0,5 g.l⁻¹ chez les autres conducteurs. Si l'employeur autorise les boissons alcoolisées lors des pots ou des moments de convivialité, les consignes minimales à respecter sont [6] :

- seuls le vin, la bière, le cidre et le poiré peuvent être

proposés. Les quantités sont limitées à 1 ou 2 verres par personne présente ;

- fournir systématiquement des boissons non alcoolisées ;
- mettre à disposition des salariés de quoi se restaurer afin de limiter le pic d'alcoolémie ;
- prévoir un délai suffisant avant la reprise d'une activité dangereuse ou la conduite d'un véhicule ;
- ne pas inciter les apprentis ou les mineurs à consommer de l'alcool ;
- ne pas insister quand un collègue ne souhaite pas boire d'alcool.

Des actions ont-elles été mises en œuvre afin de prévenir les facteurs professionnels de pratiques addictives ?

Les consommations de substances psychoactives relèvent de facteurs liés à la vie privée, mais aussi à certaines conditions de travail. Parmi ces dernières, ont été identifiés les pots ou repas d'affaires, les risques psychosociaux, le travail en horaires atypiques, l'exposition au froid ou à la chaleur, le port de charges lourdes... Aussi, il est nécessaire de mettre en œuvre des mesures de prévention vis-à-vis de ces facteurs.

Les salariés connaissent-ils la procédure à suivre en cas de troubles du comportement d'un de leurs collègues ?

Un état supposé d'ivresse peut cacher une autre pathologie telle qu'une hémorragie méningée, un accident vasculaire cérébral, une hypoglycémie, une intoxication... Aussi, il est recommandé que la conduite à tenir face à tout trouble du comportement comprenne les points suivants [7] :

- alerte de l'employeur et des secours,
- retrait du salarié de toute activité dangereuse,
- suivre les prescriptions des secours extérieurs (SAMU, sapeurs-pompiers) : gestes de secourisme, surveillance durant l'attente des secours, voire transport de la victime vers un service d'urgence...

Lors du retour du salarié dans l'entreprise, il est recommandé que l'employeur le rencontre et demande une visite médicale par le médecin du travail. Cette demande est à accompagner d'une argumentation écrite basée sur les faits constatés.

Les salariés sont-ils informés des risques ou des règles concernant l'usage d'alcool, de drogues, de tabac et de cigarette électronique ?

Les informations et règles relatives à l'alcool ont été citées plus haut.

Le cannabis, la cocaïne ou l'héroïne comportent des effets secondaires pouvant altérer la vigilance et les capacités de raisonnement de l'utilisateur. En fonction de la substance et du mode d'administration, une dépression, une pathologie cardiopulmonaire, une pathologie infectieuse, un cancer peuvent survenir. Actuellement, ces produits sont inscrits dans la liste des stupéfiants, conformément à l'arrêté du 22 février 1990 modifié fixant la liste des substances classées comme stupéfiants. Leur usage est interdit (article L. 3421-1 du Code de la Santé publique). Il en est de même pour le transport, la détention, l'offre, la cession, l'acquisition ou l'emploi illicites (article 222-37 du Code pénal). Enfin, la conduite sous l'influence du cannabis multiplie par 1,65 le risque d'être responsable d'un accident routier mortel [4].

Le tabac est responsable de la survenue de bronchopneumopathie chronique obstructive et de cancers (poumon, sphère ORL, vessie...). Il intervient également dans l'infarctus du myocarde, l'accident vasculaire cérébral et l'hypertension artérielle. Au sein de la population générale, 75 000 personnes décèdent chaque année du tabac. Conformément à l'article R. 3512-2 du Code de la Santé publique, il est interdit de fumer dans des lieux fermés et couverts qui accueillent du public ou qui constituent des lieux de travail. Ceci concerne notamment les locaux d'accueil, de réception, de restauration collective, les salles de réunion, de formation, de repos, les ateliers et les bureaux tant collectifs qu'individuels [8]. Une signalisation sur l'interdiction de fumer doit être mise en place. Dans quelques cas définis par les articles R. 3512-3 et R. 3512-4, un emplacement peut être mis à la disposition des fumeurs.

L'usage de la cigarette électronique est une aide potentielle à l'arrêt du tabac et un mode de réduction des risques du tabac en usage exclusif. Si ce dispositif apparaît moins toxique que la cigarette classique, des études à long terme sont nécessaires pour en connaître les risques. Conformément à l'article

R. 3513-2 du Code de la Santé publique, il est interdit de vapoter dans les locaux recevant des postes de travail situés ou non dans les bâtiments de l'établissement, fermés et couverts, et affectés à un usage collectif, à l'exception des locaux qui accueillent du public. Une signalisation apparente sur l'interdiction de vapoter doit être mise en place.

Les règles relatives aux différentes substances psychoactives (alcool, tabac, drogues) peuvent être reprises dans le règlement intérieur ou dans une note de service.

Les salariés sont-ils informés des aides possibles en cas de problème de pratique addictive ?

Les travailleurs qui se sentent en difficulté avec leur consommation de substances psychoactives peuvent demander une visite auprès du médecin du travail, dans le cadre de l'article R. 4624-34 du Code du travail. Cette visite se fait dans le respect du secret médical.

Les travailleurs peuvent également consulter leur médecin traitant ou se rendre dans des centres spécialisés, tels les CSAPA (Centre de soins, d'accompagnement et de prévention en addictologie). Les consultations au sein de ces structures sont gratuites et peuvent être anonymes.

Il existe des sites internet ou des numéros de téléphone dédiés (*cf. ci-dessous*) où peuvent être trouvés des renseignements et des aides sur les pratiques addictives, dont les adresses des CSAPA :

■ **Addict'aide** : www.addictaide.fr/ ; ce site contient également un portail dédié au milieu professionnel : www.addictaide.fr/pro/

■ **Alcool info service** : www.alcool-info-service.fr ; téléphone : 0 980 980 930

■ **Drogues info service** : www.drogues-info-service.fr ; téléphone : 0 800 23 13 13

■ **Tabac info service** : <https://www.tabac-info-service.fr/> ; téléphone : 3989

BIBLIOGRAPHIE

1 | CAROLY S, GAUDIN D, LAINE P, MALENFER M - Micro- et petites entreprises : le rôle des intermédiaires dans la prévention des risques. Notes techniques NT 56. *Hyg Secur Trav.* 2017 ; 249 : 52-58.

2 | CHAUSSAROT P, LAURENCE M - Quelle prévention dans les TPE ? 14^e journée de l'AFISST. Paris, 20 juin 2019. Suivi pour vous TD 266. *Réf Santé Trav.* 2019 ; 159 : 129-35.

3 | LAINE P, MALENFER M - Risques professionnels et prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles : perception dans les entreprises de moins de 50 salariés. Infos à retenir AC 77. *Réf Santé Trav.* 2015 ; 141 : 13-16.

4 | MARTIN JL, GADEGBEKEU B, WU D, VIALON V ET AL. - Cannabis, alcohol and fatal road accidents. *PLoS One.* 2017 ; 12 (11) : e0187320.

5 | MARQUES C, QUATREMÈRE G, ANDLER R, NGUYEN-THANH V - De nouveaux repères de consommation d'alcool pour limiter les risques sur sa santé. *Santé Action.* 2020 ; 452 : 40-41.

6 | HACHE P - Alcool et travail. Grand angle TC 152. *Réf Santé Trav.* 2015 ; 144 : 29-48.

7 | HACHE P, CHEVILLARD F - Quelle conduite à tenir face à un trouble du comportement au travail ? Vos questions / nos réponses QR 141. *Réf Santé Trav.* 2019 ; 159 : 146-48.

8 | DUJORRIER C, SHETTLE J - L'interdiction de fumer sur les lieux de travail. Questions-réponses. *Droit en pratique. Trav Secur.* 2018 ; 793 : 52-54.

POUR EN SAVOIR +

○ Addictions : Alcool, tabac, drogues... INRS, 2018 (<https://www.inrs.fr/risques/addictions/ce-qu-il-faut-retenir.html>).

○ Addiction. Index de la Revue de A à Z > ADDICTION (33 résultats). INRS (https://www.rst-sante-travail.fr/rst/header/sujets-az_parindex.html?rechercheIndexAZ=addiction___ADDICTION).

○ Hache P - Benzodiazépines et travail. Mise au point TP 32. *Réf Santé Trav.* 2019 ; 157 : 151-58.

○ Hache P - Cannabis et travail. Grand angle TC 160. *Réf Santé Trav.* 2017 ; 152 : 37-51.



MUTATION RAPIDE DES PROCÉDÉS

Quels risques professionnels ?
Quelles démarches
de prévention ?

Espace Prouvé, Nancy, France

Appel à communications

Date limite de soumission des résumés :
15 octobre 2021

28.29.30
juin
2022

Inscription : www.inrs-procedesenmutation2022.fr

Contact : procedesenmutation2022@inrs.fr

Tableaux des maladies professionnelles : commentaires

Décret n° 2021-636 du 20 mai 2021 révisant et complétant les tableaux des maladies professionnelles annexés au livre IV du Code de la Sécurité sociale

Journal Officiel n° 0118 du 22 mai 2021, texte n° 26

Ce décret crée le tableau n° 101 « Affections cancéreuses provoquées par le trichloréthylène » au régime général de la Sécurité sociale.

Ce nouveau tableau est exposé ici accompagné de commentaires établis par le Dr A. Delépine (département Études et assistance médicales, INRS) sur la base du rapport présenté à la Commission spécialisée relative aux pathologies professionnelles (CS4) du Conseil d'orientation des conditions de travail (COCT) du ministère chargé du Travail.

Le Premier ministre,

Sur le rapport du ministre des Solidarités et de la Santé,

Vu le Code de la Sécurité sociale, notamment ses articles L. 461-1, L. 461-2 et R. 461-3 ;

Vu l'avis de la Commission spécialisée relative aux pathologies professionnelles du Conseil d'orientation des conditions de travail en date du 23 mars 2021 ;

Vu l'avis de la Commission des accidents du travail et des maladies professionnelles en date du 14 avril 2021,

Décrète :

Article 1

Après le tableau n° 100 annexé au livre IV (partie réglementaire) du Code de la Sécurité sociale, il est inséré un tableau n° 101 ainsi rédigé :

TABLEAU N° 101

« Affections cancéreuses provoquées par le trichloréthylène »

Désignation des maladies	Délai de prise en charge	Liste limitative des travaux susceptibles de provoquer ces maladies
Cancer primitif du rein	40 ans (sous réserve d'une durée d'exposition de 10 ans)	Travaux exposant aux vapeurs de trichloréthylène : dégraissage et nettoyage de l'outillage, des appareillages mécaniques ou électriques, de pièces métalliques avant 1995

Article 2

Le ministre du Travail, de l'Emploi et de l'Insertion, le ministre des Solidarités et de la Santé, le secrétaire d'État auprès du ministre du Travail, de l'Emploi et de l'Insertion, chargé des retraites et de la santé au travail, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel de la République française*.

Fait le 20 mai 2021

Par le Premier ministre :

Jean Castex

Le ministre des Solidarités et de la Santé,

Olivier Véran

La ministre du Travail, de l'Emploi et de l'Insertion,

Élisabeth Borne

Le secrétaire d'État auprès de la ministre du Travail, de l'Emploi et de l'Insertion, chargé des retraites et de la santé au travail,

Laurent Pietraszewski

COMMENTAIRES

Ces commentaires s'appuient sur le rapport des experts scientifiques (Pr B. Charbotel des Hospices civils de Lyon et R. Vincent de l'INRS). Plusieurs autres experts ont été auditionnés : le Dr P. Petit (Caisse nationale de l'assurance maladie) pour la présentation des avis des Comités régionaux de reconnaissance des maladies professionnelles (CRRMP) relatifs aux cas de cancer du rein associés à une exposition professionnelle au trichloréthylène, C. Pilorget qui a présenté la matrice emploi exposition élaborée par Santé Publique France pour le trichloréthylène et le Dr B. Escudier (Institut Gustave Roussy) pour l'épidémiologie et l'histoire naturelle des cancers du rein. Les discussions du groupe de travail ont été animées et présidées par le Dr R. Garnier (Université Paris-Diderot et Hôpital Fernand Widal).

Ces travaux s'inscrivent dans l'étude de la pertinence et des modalités éventuelles de l'indemnisation des pathologies cancéreuses associées à l'exposition professionnelle à certains hydrocarbures aliphatiques chlorés.

TITRE

Le titre définit à la fois la maladie et le facteur causal.

Le trichloréthylène (TCE) ou trichloroéthylène (CAS n° 79-01-6) est une substance créée au milieu du XIX^e siècle. Il a été produit industriellement à partir des années 1920. À partir des années 1980, son utilisation et sa production ont beaucoup diminué. Ainsi, en France, la consommation de TCE a diminué de 84 % entre 1984 et 2006. Les enquêtes SUMER (surveillance médicale des expositions professionnelles) ont estimé

que le nombre de salariés exposés est passé de 153 000 en 2003 à 50 000 en 2010. Cette décroissance se retrouve également dans les autres pays d'Europe et d'Amérique du nord.

Utilisé principalement pour le dégraissage des métaux (à chaud et à froid) et, dans une moindre mesure, des matières plastiques, le TCE a également été employé pour le nettoyage à sec et/ou le pré-détachage des textiles. D'autres utilisations ont aussi été possibles, surtout avant les années 1980, avec toutefois des populations exposées moins nombreuses que dans le secteur du dégraissage.

En 2012, le TCE a été classé dans le groupe 1 des agents cancérigènes certains pour l'homme par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC), avec des preuves épidémiologiques suffisantes d'un excès de risque de cancer du rein et des preuves épidémiologiques limitées d'excès de risque de lymphome non-hodgkinien et de cancers du foie et des voies biliaires.

Une quinzaine d'études épidémiologiques évaluent l'association entre exposition professionnelle au TCE et le risque de cancer du rein. Leur méta-analyse montre un excès de risque modéré (25 à 30 %), mais statistiquement significatif (m-RR : 1,27 [IC 95 % : 1,13-1,43]). Les études les plus récentes indiquent une augmentation du risque avec la dose cumulée et le nombre de pics d'exposition, et ce, y compris en prenant compte d'autres facteurs de risques tels que le tabagisme. Dans l'étude conduite chez les décolleteurs de la vallée de l'Arve (l'une des mieux documentées et qui a servi de base à la dernière évaluation du CIRC) il y avait une co-exposition fréquente à des huiles minérales, dont d'autres études indiquent

qu'elles sont un possible facteur de risque de cancer des voies urinaires et du rein. Quand ce facteur de confusion est pris en compte, le risque associé à l'exposition au TCE reste élevé mais il n'est plus statistiquement significatif (peut-être seulement par manque de puissance statistique).

DÉSIGNATION DE LA MALADIE

En France, le cancer du rein arrive au 7^e rang des cancers diagnostiqués et au 11^e rang pour la mortalité. L'incidence s'accroît avec l'âge avec un pic vers 75 ans. Il est deux fois plus fréquent chez l'homme que chez la femme. Un certain nombre de facteurs de risque ont été identifiés : l'obésité, l'hypertension artérielle, le diabète, une maladie rénale chronique, des antécédents familiaux de cancer du rein. En dehors des expositions au TCE, des expositions environnementales telles que la consommation chronique d'antalgiques, la consommation de végétaux (notamment *Aristolochia fangchi*, plante médicinale chinoise donnée à visée amaigrissante) contenant des acides aristolochiques, le tabagisme ou encore l'exposition professionnelle à des hydrocarbures aromatiques polycycliques (en particulier émissions de moteurs diesel et brouillards d'huiles pleines) sont des facteurs de risque possibles.

Il existe plusieurs types histologiques de cancer du rein : à cellules claires (75 % des cas), papillaire de type 1 (5 %), papillaire de type 2 (10 %), chromophile (5 %), oncocytes (5 %). Il n'y a pas de type histologique particulier associé à l'exposition au TCE.

Le pronostic du cancer du rein est bon quand le diagnostic est précoce (survie à 5 ans > 90 %), mauvais quand le diagnostic est fait à un stade avancé (survie à 5 ans < 10 %).

DÉLAI DE PRISE EN CHARGE

En l'absence d'information sur la latence des cancers du rein induits par le TCE, il a été unanimement décidé de retenir le délai de prise en charge indiqué dans d'autres tableaux de maladies professionnelles pour d'autres types de tumeurs solides : soit 30 ou 40 ans, selon les tableaux. Après discussion, c'est un **délai de prise en charge de 40 ans** qui est finalement retenu.

DURÉE MINIMALE D'EXPOSITION AU RISQUE

Du fait de l'augmentation du risque avec la dose cumulée et le nombre de pics d'exposition, une durée minimale d'exposition de 10 ans a été demandée.

LISTE DES TRAVAUX

Selon les bases de données de l'INRS, les expositions les plus fortes rapportées en France l'ont été lors des tâches de décolletage, de traitement de surface, de fabrication de matières plastiques et dans l'imprimerie. Les niveaux d'exposition sont en baisse puisque la médiane des concentrations mesurées est passée de 106 mg/m³ en 1987 à 12 mg/m³ en 2014, et le 90^e percentile de 536 mg/m³ à 53 mg/m³. La même diminution de 80-90 % est observée dans le secteur de la métallurgie. Cette diminution drastique des médianes des concentrations n'exclut pas la persistance de fortes expositions sporadiques.

Par comparaison, la valeur limite d'exposition professionnelle réglementaire contraignante entrée en vigueur le 1^{er} juin 2021 est de 54,7 mg/m³ pour 8 heures et de 164,1 mg/m³ pour 15 minutes, avec la mention « peau ».

Sans être exhaustive, la matrice emploi-exposition de Santé pu-

blique France, permet de repérer les principales activités exposant ou ayant exposé au TCE selon l'intensité de l'exposition (<https://exppro.santepubliquefrance.fr/consultation-nuisance;jsessionid=15Do29174Fo9oF6189698oFBD1D727CE>).

Eu égard aux données d'expositions, la négociation sociale a abouti à prendre en compte les niveaux d'expositions importants antérieurs à 1995.

Ainsi, comme c'est généralement le cas pour les tableaux prenant en compte des affections cancéreuses, la liste des travaux est limitative et retient les « *Travaux exposant aux vapeurs de trichloréthylène : dégraissage et nettoyage de l'outillage, des appareillages mécaniques ou électriques, de pièces métalliques avant 1995* ».

MÉTIERS DU TRANSPORT

Les accidents
et les maladies
au travail ne sont
pas une fatalité



SANTÉ AU TRAVAIL : PASSEZ À L'ACTION !

Découvrez des solutions simples et libres d'accès
pour votre entreprise et vos salariés

→ Un outil en ligne adapté à votre métier
pour évaluer les risques professionnels.



→ Une sélection de publications

👉 www.inrs.fr/transport

→ Un accompagnement et des aides

👉 www.ameli.fr/transport



En partenariat
avec :



Sntl — Syndicat national
des transports légers

+ **COVID-19**
Reportez-vous
à l'outil **Plan
d'actions
Covid-19**

Retrouvez toutes ces solutions
sur les sites ameli.fr et inrs.fr

Agenda

À noter que les dates ou les modalités des événements ou des formations sont susceptibles d'être modifiées en fonction de la situation sanitaire. Pour plus d'informations, il est conseillé de consulter régulièrement les sites Internet.

6-9 JUILLET 2021

EN LIGNE

XXI^e Congrès international de psychologie du travail (Association internationale de psychologie du travail en langue française – AIPTLF) : Changements et innovations au travail, quels enjeux pour les personnes et les organisations ?

Parmi les thèmes :

- Changements organisationnels et technologiques, digitalisation, transformations sociotechniques du travail
- Sens, valeurs, efficacité au travail
- Émotions et activités de travail
- Sécurité, risques professionnels, pénibilité et santé au travail
- Environnement de travail, espace de travail, poste de travail

RENSEIGNEMENTS

<https://www.aiptlf2020.fr/inscription/>

20-21 SEPTEMBRE 2021

MONTROUGE (France)

32^{es} Journées d'aide médicale urgente en milieu de travail – JAMU

Parmi les thèmes :

- Stress et psychotraumatismes
- Réalisation d'un ECG en urgence et son interprétation
- Prise en charge d'une détresse médicale (simulation)

RENSEIGNEMENTS

<https://jamu.fr/>

20-23 SEPTEMBRE 2021

EN LIGNE

22^e Congrès mondial sur la sécurité et la santé au travail : la prévention dans le cadre de l'ère de la connectivité

Parmi les thèmes :

- Innovations visant à relever des défis de longue date liés à la sécurité et à la santé
- Conséquences de l'évolution du monde du travail au niveau de la sécurité et de la santé au travail
- Promotion d'une culture de prévention

RENSEIGNEMENTS

XXII World Congress on Safety and Health at Work 2021
<https://www.safety2021canada.com/fr/home-fr/>

7-8 OCTOBRE 2021

PARIS (France)

XI^e Colloque international de psychodynamique et psychopathologie du travail

Thème :

- Plaisir au travail

RENSEIGNEMENTS

<https://www.ipdt.fr/index.php/component/content/article/8-actualites/46-xieme-colloque-international-de-psychodynamique-et-psychopathologie-du-travail?Itemid=101>

7-8 OCTOBRE 2021

TOURS (France)

XXXIV^e congrès de la SHMTAIA (Société d'hygiène et de médecine du travail dans les armées et industries d'armement)

Thèmes

- Leviers pour optimiser la prévention et le dépistage des effets sur la santé de l'exposition au risque chimique en médecine de prévention
- Repérage et prévention des troubles musculosquelettiques en médecine de prévention
- Rôle de la médecine de prévention dans la gestion de la crise sanitaire
- Perspective de la médecine du travail dans les armées pour 2030

RENSEIGNEMENTS

<https://www.shmtaia.fr>



12-13 OCTOBRE 2021

PARIS (France)

Journées santé-travail de Présanse

Thème :

→ Sens et enjeux des données en santé au travail

RENSEIGNEMENTS

<https://www.presanse.fr/>

21-22 OCTOBRE 2021

ANGERS (France)

Journée de la Société de médecine et de santé au travail de l'Ouest (SMSTO)

Thème :

→ Crise sanitaire en milieu de travail, Covid-19 : avant, pendant, après

RENSEIGNEMENTS

www.smsto.fr

18 NOVEMBRE 2021

CRÉTEIL (France)

7^e journée de l'Institut Santé-travail Paris-Est (IST-PE)

Thème :

→ Santé, travail et milieux de soins

RENSEIGNEMENTS ET INSCRIPTION

Julie Capon

Tél. : 01 57 02 28 77

julie.capon@chicreteil.fr

6 DÉCEMBRE 2021,

PARIS (France)

Association pour le développement des études et recherches épidémiologiques en santé travail (ADEREST)

Parmi les thèmes :

→ Grossesse
→ Covid

RENSEIGNEMENTS ET INSCRIPTION

<https://www.aderest.org/info-11>

8-10 JUIN 2022

NANTES (France)

Journées nationales d'études et de formation du Groupement des infirmiers de santé au travail (GIT)

Thème :

→ IST : de la santé préventive à la reconnaissance de praticien en santé au travail

RENSEIGNEMENTS ET INSCRIPTION

<https://jef.git-france.org/>

14-17 JUIN 2022

STRASBOURG (France)

36^e Congrès national de médecine et santé au travail

Thèmes :

→ Enjeux de la révolution numérique et de l'innovation technologique : impact sur le travail, les risques professionnels et la santé au travail
→ Préserver la santé des soignants et des médecins : de l'hôpital au domicile, en passant par le secteur médico-social
→ Allergies professionnelles - immunotoxicité - interactions gènes-environnement - épigénétique et travail
→ Maintien dans l'emploi et santé au travail : recommandations, expériences et bonnes pratiques
→ Nouvelles pratiques en santé au travail pour une meilleure prévention : retours d'expériences, nouvelles modalités d'exercice en pluridisciplinarité, nouveaux outils
→ Une organisation du travail peut-elle être bienveillante ? : implications pour le travailleur, l'entreprise et la société
→ Œil et travail : évolutions des affections de l'œil et de leur prise en charge, œil et étiologies professionnelles, impact sur le travail et suivi médical
→ Secteur des transports et de la logistique : évolution du travail et des risques, impact sur la santé et prévention

RENSEIGNEMENTS

www.medecine-sante-travail.com

Formation

en santé et sécurité au travail



Stage de l'INRS : Passer du diagnostic précoce individuel à l'action de prévention collective des troubles musculosquelettiques (Saltsa)

PUBLIC

→ Médecins du travail. Ce stage s'inscrit dans un parcours de développement professionnel continu (DPC).

PRÉREQUIS

→ Les participants doivent posséder une expérience avérée en matière de conduite d'actions de prévention des TMS du membre supérieur (TMS-MS).

OBJECTIF DE FORMATION

→ Prendre en main le protocole Saltsa afin de renforcer ses compétences dans le diagnostic clinique des TMS-MS.

OBJECTIFS PÉDAGOGIQUES

- S'approprier le protocole Saltsa.
- Positionner l'outil Saltsa dans les pratiques de l'équipe médicale.
- Mettre en perspective l'outil Saltsa dans la structuration d'une action de prévention collective.

CONTENU

- L'outil Saltsa : origine, principes, place dans la démarche de prévention et positionnement dans le panel des outils existants.
- Présentation des différentes pathologies que Saltsa permet de diagnostiquer à l'aide des supports proposés dans l'outil.
- Expérimentation en salle des « manoeuvres cliniques ».
- Traitement et interprétation des données recueillies à l'aide de l'outil Saltsa.
- Élaboration d'une stratégie d'actions en matière de prévention collective des TMS à partir du suivi individuel.

MÉTHODES PÉDAGOGIQUES

→ Le stage s'appuie sur des exposés, des débats et des mises en situation.

VALIDATION

→ À l'issue de la formation, une attestation de fin de formation est remise à chaque participant.

DATES ET LIEU

→ Durée 2 jours : 1 session à Paris du 02/11/2021 début d'après-midi au 04/11/2021 à midi

RENSEIGNEMENTS ET INSCRIPTIONS

Responsable pédagogique : Alexandre VASSELIN
 Programme complet et inscriptions sur www.inrs.fr -> taper BB2130
 Par courrier : INRS, département Formation, 65 boulevard Richard Lenoir, 75011 Paris
 ou secretariat.forp@inrs.fr

Stage de l'INRS : Évaluer et prévenir les risques pour la reproduction

PUBLIC

→ Médecins du travail. Ce stage s'inscrit dans un parcours de développement professionnel continu (DPC).

PRÉREQUIS

→ Aucun

OBJECTIF DE FORMATION

- Informer les salariés et prendre les mesures nécessaires pour les soustraire à certains risques pour la reproduction.
- Conseiller les employeurs en ce qui concerne les facteurs professionnels et les expositions aux risques pour la reproduction en entreprise.

OBJECTIFS PÉDAGOGIQUES

- Repérer et évaluer les risques liés à la reproduction au poste de travail.
- Participer à la mise en oeuvre des moyens de prévention en tenant compte de toutes les spécificités liées à ce risque en tant que médecin du travail.

CONTENU

- Facteurs professionnels et expositions aux risques (agents chimiques dont les perturbateurs endocriniens, travail de nuit, charge physique, stress, bruit, agents biologiques, rayonnements ionisants, champs électromagnétiques...).
- Effets sur la santé :
 - effets sur la fertilité,
 - effet sur le développement lors d'exposition durant la grossesse,
 - effet sur l'allaitement.
- Démarche de prévention.
- Réglementation.

MÉTHODES PÉDAGOGIQUES

- Le stage s'appuie sur des exposés, des discussions, des sessions de questions réponses, des études de cas réels et des recherches dans des bases de données.

VALIDATION

- À l'issue de la formation, une attestation de fin de formation est délivrée à chaque participant.

DATES ET LIEU

- Durée 3 jours : 1 session à Paris du 06/12/2021 début d'après-midi au 09/12/2021 à midi.

RENSEIGNEMENTS ET INSCRIPTIONS

Responsable pédagogique : Gaëlle AVON
Programme complet et inscriptions sur www.inrs.fr -> taper BB1540
Par courrier : INRS, département Formation, 65 boulevard Richard Lenoir, 75011 Paris
ou secretariat.forp@inrs.fr

5 octobre 2021

QUELLE FORMATION À LA SANTÉ ET SÉCURITÉ AU TRAVAIL EN 2030 ?



INSCRIPTION :

www.inrs-formationst2030.fr

CONTACT :

formationst2030@inrs.fr

Important : uniquement diffusé sur internet

Comment doit évoluer la formation à la santé & sécurité au travail dans les dix prochaines années pour répondre au mieux aux enjeux de transformation du travail ? Quels sont les défis des prochaines années ?

L'INRS a animé une démarche de prospective impliquant experts issus de divers organismes et partenaires sociaux pour tenter de répondre à cette question. Ces travaux seront restitués lors de cette matinée de la prospective INRS en ligne. L'objectif est de proposer aux acteurs concernés un diagnostic de la situation et des chantiers d'avenir, pour adapter le levier de prévention que constitue la formation à la santé & sécurité au travail.



**l'Assurance
Maladie**

RISQUES PROFESSIONNELS

Agir ensemble, protéger chacun



CHARGES LOURDES, GESTES RÉPÉTITIFS, POSTURES INCONFORTABLES

Protégez vos salariées et votre entreprise

Les troubles musculosquelettiques coûtent cher à votre entreprise :
absentéisme, baisse de productivité, désorganisation...

Découvrez comment agir avec TMS Pros sur
www.ameli.fr/entreprise

L'image de cette annonce a été prise avant la crise sanitaire. Dans le contexte actuel, le respect des gestes barrières au travail s'impose à tous.