A2C
préfa

© Pierre Morel pour l'INRS / 2024

Dossier

PRÉVENTION DES RISQUES PROFESSIONNELS : VERS UNE MEILLEURE PRISE EN COMPTE DES DIFFÉRENCES ENTRE FEMMES ET HOMMES ?

❶ Sexe, genre et prévention des risques professionnels
P. 22

❷ Traitement du sexe dans la réglementation française en lien avec les conditions de travail
P. 28

❸ Prise en compte des différences entre les femmes et les hommes en épidémiologie professionnelle
P. 32

❹ Prévention des risques liés à la charge physique et aux ambiances thermiques : quelles spécificités selon le sexe ?
P. 39

❺ Évaluation du danger des substances chimiques : des différences selon le sexe mieux comprises, mais des lacunes à combler
P. 49

La réalité du travail des femmes et des hommes diffère en raison des métiers exercés, des secteurs d'activité investis et des activités de travail menées au sein d'un même secteur/métier, inégalement répartis. Les parcours professionnels dépendent aussi des activités hors travail et des attributions de rôles, déterminées socio-culturellement, avec pour conséquence des expositions différenciées aux facteurs de risque professionnels. Les caractéristiques physiques et physiologiques des femmes et des hommes conduisent également à des impacts différenciés de certains risques au travail sur leur santé.
Les données de sinistralité contrastées entre hommes et femmes traduisent en partie la réalité de ces phénomènes. Ce dossier a pour objectif d'apporter un éclairage sur ces questions, à partir des connaissances les plus récentes issues de disciplines variées.
Il fait un point sur les dispositifs réglementaires existants. Il traite de la prise en compte du sexe dans les études épidémiologiques. Il revient sur les principales différences liées au sexe biologique, concernant l'appareil locomoteur ou les fonctions cardiorespiratoires et thermorégulatrices. Le sexe est aussi considéré comme une variable essentielle à intégrer au moment de l'évaluation d'un danger et de la caractérisation de la toxicité des substances chimiques au travail.

OCCUPATIONAL RISK PREVENTION: TOWARDS BETTER ACKNOWLEDGEMENT OF SEX-RELATED DIFFERENCES? – The physical and physiological characteristics of women and men lead to distinct health effects for some occupational risks.
The reality of these phenomena is partly reflected in the contrasting work-related accidents recorded for women and men. The objective of this dossier is to shed light on this issue, based on the most recent knowledge from a variety of disciplinary fields.

Dossier coordonné par **Agnès Aublet-Cuvelier, INRS, Direction des Études et recherche.**

SEXE, GENRE ET PRÉVENTION DES RISQUES PROFESSIONNELS

Il est aujourd'hui démontré que certaines situations professionnelles ont des impacts différents sur les hommes et sur les femmes, que des expositions différenciées aux facteurs de risque sont constatées, que des écarts de sinistralité sont observés. Cet article introductif propose un tour d'horizon des notions qui sont développées dans ce dossier et s'intéresse notamment aux conséquences, en matière de prévention, d'une évaluation différenciée des risques en fonction du sexe et du genre.

AGNÈS AUBLET-CUVELIER
INRS, direction des Études et recherche

FLORENCE CHAPPERT
Anact, mission Égalité, direction technique et scientifique

Contexte

D'après les dernières données du secteur privé dépendant du régime général de la Sécurité sociale, une analyse longitudinale de la sinistralité révèle une poursuite de la baisse du nombre total des accidents du travail (AT) de 25 % entre 2000 et 2023, ce qui confirme les tendances publiées précédemment par l'Anact[1] et la Cnam[2]. Celle-ci masque en fait une hausse globale des AT de 26 % pour la population féminine et une baisse de 40 % pour la population masculine. Les accidents des hommes représentent encore 62 % du total des AT en 2023. Les maladies professionnelles, les troubles musculo-squelettiques, les lésions eczématiformes d'origine allergique et les épisodes dépressifs (hors tableau) concernent surtout les femmes, tandis qu'une écrasante majorité d'hommes (96 %) sont concernés par les cancers d'origine professionnelle, mais aussi la surdité ou les maladies non cancéreuses liées à l'inhalation de certaines poussières (bois, silice…) ou fumées (bitume, soudage…).

Pourquoi de telles différences entre les hommes et les femmes sont-elles observées ? Comment mieux prendre en compte les spécificités liées au « sexe » et au « genre » *(Cf. Encadré)* dans l'évaluation des risques ? Comment rendre la prévention en milieu de travail plus efficiente pour améliorer la santé de toutes et tous ? Les articles qui suivent visent à apporter un éclairage non exhaustif sur ces questions, à travers une approche pluridisciplinaire.

Historique du sujet

En 2023, le rapport du Sénat « *Santé des femmes au travail : des maux invisibles* », pour lequel l'Anact et l'INRS ont été auditionnés, soulignait « *un défaut durable et préjudiciable d'approche genrée en matière de santé au travail* », « *des risques professionnels sous-estimés, méconnus et différenciés* » et la prise en compte insuffisante « *des problématiques de santé sexuelle et reproductive au travail*[3] ».

Pourtant si sa prise en compte opérationnelle en matière de prévention des risques demeure complexe, la santé au travail abordée *via* le prisme du sexe et du genre n'est pas un sujet de préoccupation récent du point de vue de la recherche. De nombreuses disciplines scientifiques (épidémiologie, physiologie, toxicologie, ergonomie, sociologie, etc.) s'intéressent depuis des décennies aux problématiques de santé au travail d'un point de vue sexué et genré, à la fois pour documenter des différences d'exposition et d'effets sur la santé, mais aussi pour en comprendre la dynamique et pour progresser dans la prévention des risques professionnels, au bénéfice de tous les travailleurs et travailleuses.

Sur le plan institutionnel, à l'Anact, le point de départ des travaux sur le sujet a été le conseil d'administration, qui a décidé en 2008 d'intégrer le genre dans ses méthodes d'amélioration des conditions de travail. Dès 2012, l'Anact a ainsi mis en lumière le fait que les inégalités entre les femmes

À noter

En fonction des disciplines, les notions de « sexe » et de « genre » sont susceptibles d'être utilisées de façon non différenciée, le genre étant souvent considéré par excès comme la traduction littérale de « gender » *en anglais. Nous soulignons néanmoins la pertinence de distinguer ces deux termes conceptuellement différents. Dans les articles qui suivent, le* sexe *fait référence aux différences biologiques et donc à l'impact différencié des risques selon le sexe. Le* genre*, quant à lui, fait référence aux différences sociales (métiers, parcours, vie hors travail…) et donc, aux expositions différenciées. Les questions de sexe et de genre au travail traitées dans ce dossier sont par ailleurs essentiellement abordées sous un angle binaire homme/femme, ce qui ne doit pas pour autant occulter la réalité de ce que vivent au travail les personnes non binaires, dont les spécificités en lien avec la santé au travail sont encore très peu documentées.*

© Gaël Kerbaol / INRS / 2025

Vérification des formulaires de chargement lors d'une réception de matériel avec la conductrice d'un véhicule de livraison.

et les hommes ne concernaient pas seulement le salaire ou la carrière, mais aussi la santé au travail. C'est d'ailleurs à partir des données sexuées de sinistralité de la Cnam, analysées et publiées par l'Anact, qu'a été voté en 2014 un article de loi modifiant le Code du travail (article L.4121-3) ; celui-ci impose d'intégrer « *l'impact différencié de l'exposition au risque en fonction du sexe* » dans l'évaluation des risques professionnels. C'est la formule qui, suite aux débats parlementaires, a fait consensus, tout en n'explicitant pas comment comprendre et mettre en œuvre chacun de ces termes. En 2016, la loi pour la modernisation du système de santé rendait obligatoire la production de données sexuées par la Cnam et leur prise en compte dans les fiches d'entreprise produites par les services de prévention et de santé au travail.

L'Anact a mené des interventions ou réalisé des projets dans les milieux de travail qui, à partir d'une capitalisation des expériences, ont conduit à la production de ressources pour les entreprises sur la santé des femmes au travail[4]. À titre d'exemples, un kit « *Endométriose et travail* », cinq monographies relatant des démarches de prévention des violences sexistes et sexuelles (VSST) accompagnées par les Aract et un guide méthodologique pour réaliser une évaluation différenciée des risques professionnels pour les femmes et les hommes dans le document unique d'évaluation des risques professionnels (DUERP). En 2025, l'Anact a également lancé un appel à projets du Fonds d'amélioration des conditions de travail « *Améliorer la santé au travail des femmes*[5] », spécifiquement dédié aux PME.

Du côté de l'INRS, sont menés depuis de nombreuses années des travaux de recherche qui intègrent systématiquement la question du sexe dans les analyses produites. C'est le cas en particulier dans les domaines de l'épidémiologie, de la physiologie et de la toxicologie. Sont plus généralement abordées les questions de genre dans les activités relevant des sciences humaines et sociales, qui visent à documenter des secteurs ou des catégories de personnel spécifiques (par exemple, l'aide et le soin à la personne, l'hôtellerie-restauration, le bâtiment et les travaux publics, les femmes à risque de décrochage professionnel), pour faire progresser le travail de prévention.

Des travaux conséquents sont également menés sur les risques liés à certaines expositions chimiques. Les toxicologues notamment ont besoin de documenter ces risques, s'agissant de l'exposition à des perturbateurs endocriniens, avec un tropisme hormonal sexuel, ou de l'exposition à des agents chimiques suspectés d'effets toxiques pour la reproduction, éventuellement transgénérationnels. Enfin, l'INRS a développé des ressources (outils de sensibilisation, d'information et de prévention) à destination des préventeurs, des employeurs et des salariés sur des sujets très spécifiques tels que le harcèlement sexuel et les agissements sexistes[6], qui touchent très majoritairement les femmes et les personnes non binaires.

En France, d'autres travaux d'organismes tels que ceux de la Dares[7], Santé publique France, l'Anses[8], la MSA[9], des services de prévention et de santé au travail (SPST) ou encore le réseau Présanse, ainsi que des laboratoires universitaires, notamment le groupe de recherche Genre – activité – santé[10], contribuent également à l'alimentation des connaissances, dans une perspective d'amélioration de la prévention. Il n'est pas possible d'en proposer ici une synthèse exhaustive.

→

Pour autant, traduire la connaissance en actions reste un défi. De la même façon, la réglementation doit être accompagnée de ressources et d'outils pour en favoriser l'application sur le terrain. À titre d'exemple, depuis l'entrée en vigueur en 2014 de l'obligation d'évaluer les risques en tenant compte de l'impact différencié des expositions en fonction du sexe, peu d'entreprises ont intégré cette dimension dans la mise à jour ou l'enrichissement de leur DUERP. Les travaux relatifs à la santé des femmes et des hommes au travail du Plan national de santé au travail (PNST) n° 4 pilotés par l'Anact, et de certains Plans régionaux de santé au travail (PRST) n° 4, ont donné lieu à plusieurs actions relatives aux sujets suivants : données sexuées de sinistralité, approche sexuée de la prévention, adaptation des équipements de protection individuelle selon le sexe, conciliation grossesse et travail, ou encore outils pour la prévention des violences sexistes et sexuelles au travail.

Partant de l'ensemble de ces constats, l'INRS a décidé de consacrer ce dossier à ce sujet, dans l'objectif d'apporter aux acteurs de la prévention un état de l'art et des ressources documentaires pour les sensibiliser et progresser dans la prise en compte du sexe et du genre dans le travail de prévention, au bénéfice de toutes et tous les travailleurs. Introduire ce sujet de concert avec l'Anact s'inscrit dans la continuité des actions communes et complémentaires menées au cours de ces dernières années, en particulier à l'occasion de l'audition des deux organismes par le Sénat en 2023 et de la journée du 8 mars 2024 à Strasbourg, consacrée au travail des femmes, à l'initiative du Comité régional d'orientation des conditions de travail.

Centre de formation en onglerie : chaque table de travail est équipée d'un bras d'aspiration pour limiter l'exposition aux produits chimiques.

© Claude Almodovar pour l'INRS / 2018

Que veut dire prendre en compte le sexe et le genre en prévention ?

L'évaluation et la prévention des risques professionnels doivent s'enrichir des deux dimensions que sont le **sexe et le genre.**

- La réalité du travail des femmes et des hommes n'est pas la même, compte tenu des métiers, activités de travail et parcours différents menés, mais aussi des activités hors travail. Cela a pour conséquence des expositions différenciées aux facteurs de risque professionnels. La surexposition des femmes aux agissements sexistes et au harcèlement sexuel est une autre composante de la différenciation des risques. Des déterminants socio-culturels influencent ces expositions. **On parle de problématiques de genre.**
- Les spécificités physiques et physiologiques des femmes et des hommes conduisent à des impacts différenciés de certains risques du travail sur leur santé, notamment reproductive, mais pas seulement. Ces spécificités peuvent être de nature biologique (hormonale, immunitaire), avec un retentissement sur des facteurs de vulnérabilité spécifiques selon le sexe et la période de vie (agents allergisants ou perturbateurs endocriniens, par exemple). Elles peuvent être de nature physiologique avec un impact sur les capacités fonctionnelles cardiorespiratoires et musculaires, entre autres. Les différences morphologiques sont également concernées, le mobilier, les outils de travail, les équipements de protection individuelle n'étant pas toujours adaptés à la diversité des morphotypes. **On parle de problématiques liées au sexe.**

Ainsi, selon le quatrième principe général de prévention (article L. 4121-2 du Code du travail), « adapter le travail à l'Homme » doit tenir compte à la fois de la réalité différenciée du travail des femmes et des hommes et des spécificités féminines/masculines, dans le but de promouvoir la santé pour toutes et tous.

Comme le souligne le deuxième article de ce dossier *(Cf. pp. 28-31)* le législateur, dès le XIX^{e} siècle, a considéré comme essentiel de protéger les femmes en âge de procréer. Néanmoins, il a depuis supprimé quasiment toute référence relative au sexe, excepté en ce qui concerne des questions hygiénistes (vestiaires et sanitaires séparés), mais aussi la grossesse et l'allaitement, ainsi que l'expression de valeurs limites à ne pas dépasser relatives au

port de charges ; ou encore des valeurs limites biologiques à interpréter en fonction du sexe (concernant notamment la concentration urinaire de certains métaux). Quant à l'interdiction du travail de nuit des femmes dans l'industrie, inscrite dans le droit français depuis 1892, elle a pris fin en 2001, dix ans après que la Cour de justice des Communautés européennes a considéré qu'une interdiction du travail de nuit des femmes était discriminatoire et contraire au principe d'égalité professionnelle. Comme le développe cet article, la prise en compte du genre dans la réglementation, en lien avec les conditions de travail, suscite toutefois des interrogations pour les préventeurs, comme pour les employeurs, entre l'analyse différenciée des risques professionnels auxquels les femmes et les hommes sont confrontés et l'approche universelle de la prévention, qui vise à concevoir des organisations et postes de travail adaptés à toutes et à tous. L'article apporte des éléments du droit pour pouvoir mettre en place une démarche d'évaluation différenciée et de prévention qui permette de ne pas discriminer et de remédier aux inégalités de fait entre les femmes et les hommes.

© Guillaume J. Plisson pour l'INRS / 2023

Prise en charge d'une personne par une société d'ambulances à l'aide d'une chaise électrique.

Expositions différenciées aux facteurs de risque : une analyse multifactorielle

Dès 2003, Karen Messing [1] avait pointé la faiblesse de certaines études épidémiologiques ajustant leurs modèles sur le sexe, ce qui revenait à en neutraliser l'effet sans pouvoir l'analyser, selon le principe de « *toutes choses égales par ailleurs* », la question du sexe/genre se trouvant ainsi nvisibilisée au regard des risques liés à certaines expositions professionnelles.

Le modèle de l'Anact « *Égalité – santé "toutes choses inégales par ailleurs"* » se développe dès 2013 [2-3] en contrepoint à ce constat, en expliquant les différences d'indicateurs de santé au travail entre les femmes et les hommes à partir de quatre axes d'analyse : la répartition sexuée des métiers et des activités, les expositions différenciées à certains facteurs de risque et leurs effets, particulièrement invisibilisés pour les femmes, les parcours caractérisés par une usure professionnelle plus marquée pour les femmes et enfin, le cumul des activités du travail et du hors-travail s'accompagnant potentiellement d'un cumul d'exposition à des facteurs de risque biomécaniques et psychosociaux.

S'agissant de la répartition sexuée des métiers et activités, les déterminants socio-culturels ont un rôle majeur. Ainsi, les attributions de rôle, d'aptitudes et de compétences supposées selon le sexe débutent très tôt dans l'existence et vont influer sur les attitudes, les orientations scolaires puis professionnelles, mais aussi sur les comportements extra-professionnels dans la sphère familiale et personnelle – incluant les engagements citoyens, les loisirs ou encore la vie amicale. On attribue ainsi préférentiellement aux femmes des aptitudes « naturelles » dans les domaines relationnel, littéraire, psychologique et linguistique, ce qui les conduirait plus volontiers à prendre soin d'autrui, à agir dans la sphère sociale ou éducative, tandis que l'on attribue aux hommes plus de capacités dans les domaines mathématique, physique et mécanique, les orientant naturellement vers des professions plutôt techniques et « ingénieriques ». Au plan physique, les femmes seraient réputées plus méticuleuses dans la réalisation de tâches de précision, alors que les hommes seraient plus aptes aux tâches nécessitant des efforts intenses ou réalisées en milieu physiquement hostile (intempéries, bruit, poussière…). Ces aptitudes supposées conduisent à des orientations professionnelles stéréotypées, avec des secteurs d'activité très majoritairement masculins (BTP, travaux publics, transport) et d'autres très majoritairement féminins (assistantes maternelles, secrétaires, aides à domicile, soignantes, agents de propreté, agents de saisie).

De ces orientations, découlent des expositions différenciées aux facteurs de risque, qui s'accompagnent globalement d'une surexposition des hommes à certains facteurs de risque physiques (manutentions lourdes, exposition au bruit, vibrations, poussières minérales…) et d'une sous-évaluation de certains risques dans les acti-

→

vités à prédominance féminine, en particulier les risques psychosociaux mais aussi physiques (aide à la mobilité de personnes, par exemple). À titre d'illustration, les critères de pénibilité retenus pour bénéficier du compte professionnel de prévention sont tels que les bénéficiaires sont pour les trois quarts d'entre eux des hommes[11] : à l'exception du travail répétitif, ce sont les risques traditionnellement présents dans les métiers exercés par des hommes (milieu hyperbare, températures extrêmes, bruit, travail de nuit ou alternant).

À cette situation s'ajoute le fait que les trajectoires d'évolution professionnelle des femmes sont globalement moins favorables que celles des hommes, avec des parcours morcelés, de moindres possibilités de promotion, voire une déqualification au cours du temps[12]. Comme l'ont montré les travaux du Creapt[13] notamment, elles les exposent ainsi plus durablement à des conditions de travail à risque pour leur santé, dont elles ont plus de mal à s'extraire que leurs homologues masculins. Enfin, le cumul des activités de travail et hors travail est globalement plus défavorable aux femmes, avec une somme de travail rémunéré et non rémunéré supérieure à celle des hommes, et un rôle d'aidant trois fois plus fréquent. Ceci entraîne en particulier un cumul d'exposition à des contraintes biomécaniques et psychosociales, réduisant les capacités de récupération fonctionnelle et accentuant le risque d'atteinte à la santé. Le fait que les femmes ont désormais un niveau d'éducation supérieur à celui des hommes, de même que l'implication croissante des hommes dans les activités domestiques et familiales, pourrait constituer un facteur de réduction de ces inégalités à terme.

Le troisième article de ce dossier *(Cf. pp. 32-38)* présente, à partir d'exemples d'études en entreprises menées par l'INRS, les différentes façons de prendre en compte, sur un plan méthodologique, les différences entre les femmes et les hommes, qu'elles soient anatomiques, physiologiques ou sociétales en épidémiologie (conception des études et analyse des données). Les auteurs mettent en discussion la question de l'interprétation et de la généralisation des résultats, ainsi que les messages de prévention qui peuvent en découler, en concluant sur la nécessité de prendre en compte à la fois le genre et le sexe, à toutes les étapes de la recherche en épidémiologie.

Impacts différenciés des risques : des connaissances scientifiques encore lacunaires

La prise en compte du sexe au niveau de l'évaluation des risques professionnels revient à considérer les impacts différenciés de certaines expositions physiques en fonction des différences biométriques, morphologiques, physiologiques ou hormonales.

Les auteurs du quatrième article *(Cf. pp. 39-48)* décrivent précisément comment certaines contraintes physiques, comme le port de charges ou encore l'exposition à certaines ambiances thermiques, ont des effets différenciés sur la santé des corps féminins ou masculins (appareil locomoteur, fonctions cardiorespiratoire et thermorégulatrice), tout en restant prudents quant à l'interprétation de résultats « moyens », compte tenu de l'hétérogénéité intra- et inter-individuelle, qui n'est pas seulement liée au sexe, mais qui dépend de nombreux autres facteurs de variabilité. Ils formulent des recommandations pour mettre en place une prévention primaire qui permette de protéger tous les salariés quel que soit leur sexe/genre lors de la conception ou de la transformation des situations de travail (solutions techniques, process, organi-

SEXE ET GENRE

- **Selon l'OMS, le mot sexe** *« se réfère aux caractéristiques biologiques et physiologiques qui différencient les hommes des femmes, comme les organes reproductifs, les chromosomes, les hormones, etc. ».*
- **Le mot genre** *« sert à évoquer les rôles qui sont déterminés socialement, les comportements, les activités et les attributs qu'une société considère comme appropriés pour les hommes et les femmes ».* Variable d'une société à l'autre et modifiable, le concept de genre comprend cinq dimensions importantes : relationnelle, hiérarchique, historique, contextuelle et institutionnelle. Bien que la plupart des gens naissent de sexe masculin ou féminin, on leur enseigne les normes et les comportements appropriés – y compris la façon dont ils doivent interagir avec d'autres personnes du même sexe ou de sexe opposé dans les ménages, les communautés et les lieux de travail. Lorsque des individus ou des groupes ne « correspondent » pas aux normes de genre établies, ils sont souvent victimes de stigmatisation, de pratiques discriminatoires ou d'exclusion sociale, qui ont toutes des effets négatifs sur la santé.
- **Selon l'Institut européen pour l'égalité entre les hommes et les femmes,** *« **Le mot sexe se réfère** aux caractéristiques biologiques et physiologiques qui différencient les hommes des femmes. Bien que ces caractéristiques biologiques ne s'excluent pas mutuellement, puisque certaines personnes possèdent les deux, elles tendent à différencier les êtres humains en tant qu'hommes et femmes. […] **Le genre fait référence** aux attributs et opportunités sociaux associés à la masculinité et à la féminité et aux relations entre les femmes et les hommes, les filles et les garçons, ainsi qu'aux relations entre les femmes et celles entre les hommes. Ces attributs, opportunités et relations sont socialement construits et appris à travers les processus de socialisation. Ils sont ponctuels, variables et liés à un contexte spécifique. Le genre détermine ce qui est attendu, permis et estimé chez une femme ou un homme dans un contexte donné […] ».*

sations de travail, rythme…). Les auteurs invitent enfin à une utilisation précautionneuse des valeurs limites d'exposition, conçues le plus souvent pour une population masculine.

S'agissant de la problématique des expositions chimiques, les auteurs du cinquième article *(Cf. pp. 49-56)* mettent en relief le fait que les connaissances acquises sur les différences liées au sexe sont de mieux en mieux comprises, mais que certaines lacunes subsistent. En particulier, les études de toxicologie qui intègrent la variable sexe mettent en évidence des différences de toxicité de certains agents chimiques selon le sexe. Celles-ci concernent par exemple le risque d'allergie cutanée ou respiratoire, qui prédomine chez les femmes du fait d'un système immunitaire renforcé, mais aussi le développement de certains cancers, avec des facteurs de vulnérabilité variables. Enfin, les effets sur le système reproducteur, différents chez les hommes et les femmes, ont un impact potentiel sur la fertilité et sur la descendance, pouvant agir sur plusieurs générations.

Au-delà des différences sexuées, l'article souligne que l'épigénétique enseigne qu'il convient désormais de prendre en compte le genre, les comportements et des facteurs environnementaux étant susceptibles de modifier les réponses de l'organisme aux produits dangereux.

Karen Messing, avec sa question « *Santé des femmes au travail et égalité professionnelle : des objectifs conciliables ?*[14] », a fait ressortir dès 2009 le fait que les enjeux d'égalité pouvaient entrer en conflit avec l'amélioration de la santé au travail.

Conclusion

Comme cela est abordé à travers l'ensemble du dossier, la prise en compte du sexe et du genre dans la prévention des risques devrait amener à développer de nouvelles recherches, notamment sur les impacts différenciés des risques professionnels, mais aussi sur l'interaction santé publique / santé au travail, avec notamment les enjeux de santé reproductive spécifiques aux femmes, dont par exemple la question émergente dans le débat public des troubles menstruels ou de la ménopause[15].

Cette prise en compte du sexe et du genre peut aussi amener les acteurs de la prévention à une remise en cause de certaines normes de la prévention au travail : valeurs limites d'exposition, tableaux et critères de reconnaissance des maladies professionnelles et accidents, critères de pénibilité, caractéristiques des équipements de protection individuelle (EPI), fiches entreprise des SPST en sont quelques exemples. D'ores et déjà, le contenu du dossier devrait être très utile aux entreprises qui ont à mettre en œuvre l'évaluation différenciée des risques professionnels pour les femmes et les hommes et à rédiger leur DUERP. ●

1. Agence nationale pour l'amélioration des conditions de travail. Voir : Photographie statistique 2022 Anact. *Accessible sur : https://www.anact.fr/photographie-statistique-de-la-sinistralite-au-travail-en-france-selon-le-sexe*

2. Caisse nationale de l'assurance maladie. Voir : Rapport annuel des risques professionnels 2023. *Accessible sur : https://www.assurance-maladie.ameli.fr/etudes-et-donnees/2023-rapport-annuel-assurance-maladie-risques-professionnels*

3. Accessible sur : https://www.senat.fr/rap/r22-780-1/r22-780-1-syn.pdf

4. Accessible sur : https://www.anact.fr/ressources?f%5B0%5D=region%3A12101&f%5B1%5D=theme_1%3A12041&f%5B2%5D=theme_1%3A12212&f%5B3%5D=theme_1%3A12222

5. Accessible sur : https://www.anact.fr/appel-projets-sante-travail-femmes

6. Voir : https://www.inrs.fr/risques/harcelements-sexuel-agissements-sexistes/ce-qu-il-faut-retenir.html

7. Direction des analyses, des études et de la statistique auprès du ministère en charge du Travail. Voir : Conditions de travail et mixité : quelles différences entre professions, et entre femmes et hommes ?

8. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Voir par exemple les travaux sur les expositions des professionnels du nettoyage et de la propreté, ou la saisine en cours sur les polyexpositions liées au cancer du sein. Accessibles sur : https://www.anses.fr/fr

9. Mutualité sociale agricole. Voir : https://www.msa.fr/lfp/livre-blanc-femmes-en-agriculture

10. Voir : https://www.genreactivitesante.org/

11. Voir : https://evaluation.securite-sociale.fr/home/at-mp/AT18.html

12. Voir : https://shs.cairn.info/revue-travailler-2009-2-page-43?lang=fr

13. Centre de recherche sur l'expérience, l'âge et les populations de travail.

14. Accessible sur : https://veille-travail.anact.fr/osiros/result/notice.php?queryosiros=id:11676

15. Accessible sur : https://sante.gouv.fr/IMG/pdf/la_menopause_en_france-rapport_et_annexes-04-25.pdf

BIBLIOGRAPHIE

[1] Messing K., Punnett L., Bond M. *et al.* – Be the fairest of them all: challenges and recommendations for the treatment of gender in occupational health research. *American journal of industrial medicine,* 2003, 43, pp. 618-629.

[2] Chappert F. – *L'apport du genre aux démarches de prévention des risques professionnels en santé au travail.* In : Devreux A.M. – *Les sciences et le genre.* CNRS, 2016.

[3] Chappert F., Mercieca P. – *La santé en action,* 2017, 441, p. 22-23. Accessible sur : https://www.santepubliquefrance.fr/regions/normandie/documents/article/2017/sante-et-travail-une-approche-par-le-genre-pour-ameliorer-la-prevention

TRAITEMENT DU SEXE DANS LA RÉGLEMENTATION FRANÇAISE EN LIEN AVEC LES CONDITIONS DE TRAVAIL

Cet article propose un éclairage sur la législation en vigueur en matière de prise en compte du sexe dans la prévention des risques professionnels. Face à des connaissances scientifiques démontrant que certaines situations professionnelles ont des impacts différenciés sur les hommes et sur les femmes, il fait le point sur les dispositifs réglementaires existants, en lien avec la santé et la sécurité au travail ainsi que sur des perspectives d'évolution éventuelles.

JENNIFER SHETTLE
INRS, département Études, assistance et veille documentaires

La prise en compte des questions liées au sexe en droit du travail n'est pas nouvelle. En effet, historiquement, dès le XIXe siècle, les premières lois sociales visant à protéger la classe ouvrière, mais également la santé des femmes en âge de procréer, ont été adoptées, en réponse aux préoccupations de l'état vis-à-vis de la préservation de l'ordre public et de la stabilité démographique.

La catégorie « femmes » est ainsi mobilisée depuis longtemps par le droit du travail pour lui attacher un certain nombre de droits spécifiques ou pour imposer à l'employeur soit des interdictions, soit des obligations particulières.

À cet égard, les premiers textes publiés en matière de santé et sécurité au travail avaient notamment pour vocation, soit d'interdire, soit de limiter les travaux dangereux, notamment aux femmes considérées comme « plus vulnérables[1] », pour protéger leur intégrité physique, leur morale, ou leur capacité de procréation. Le travail de nuit dans les industries a ainsi pendant longtemps été interdit aux femmes[2], pour finalement être rétabli *via* la réglementation européenne, dans certaines conditions, au nom de l'égalité de traitement entre les hommes et les femmes.

Les années passant et le taux d'activité des femmes augmentant, les objectifs ont changé, et la volonté d'éviter les discriminations et de garantir l'égalité entre les hommes et les femmes a fait évoluer la réglementation. En effet, alors qu'au début des années 1970 la moitié des femmes âgées de 25 à 59 ans étaient actives, aujourd'hui, le taux d'activité des femmes de 15 à 64 ans est de 71,5 %[3]. Préserver leur santé apparaît donc comme un enjeu majeur de santé au travail et de santé publique.

Toutefois, les dispositions prévues par le Code du travail sont essentiellement envisagées autour de la femme enceinte et ont vocation à protéger la mère, la future mère et l'enfant à naître. C'est la fonction reproductive qui est avant tout prise en compte par le Code du travail, et non le genre.

Pourtant, il est aujourd'hui scientifiquement démontré que certaines situations professionnelles (travail de nuit, manutention manuelle, exposition aux produits chimiques…) ont des effets sur la santé différents pour les hommes et pour les femmes. Ces différences ne sont pas prises en compte de manière systématique par la réglementation française.

Une évolution essentielle a cependant été apportée, avec l'entrée en vigueur de la loi n° 2014-873 du 4 août 2014 pour l'égalité réelle entre les femmes et les hommes. Depuis le 6 août 2014, les entreprises doivent en effet tenir compte de « *l'impact différencié de l'exposition au risque en fonction du sexe* », dans le cadre de leurs démarches d'évaluation des risques. Cette loi est venue compléter les dispositions de l'article L. 4121-3 du Code du travail, lequel fait désormais le lien entre l'évaluation des risques et la prise en compte du sexe, tout en suscitant en parallèle un certain nombre d'interrogations.

L'évaluation des risques professionnels : tenir compte de l'impact différencié en conservant une approche universelle et collective

Puisque la nature de certaines expositions et leurs conséquences sur la santé des salariés peuvent s'avérer différentes selon le sexe, l'employeur doit procéder à une évaluation des risques en fonction du sexe pour mettre en place des actions de prévention adaptées aux situations. Les documents

uniques d'évaluation des risques professionnels (DUERP) doivent donc comporter une évaluation des risques intégrant les disparités femmes – hommes vis-à-vis de certaines expositions.
Afin de garantir la santé et la sécurité des salariés, il appartient à l'employeur d'initier des réflexions pour préparer cette évaluation des risques, en mettant en place une démarche concertée, en lien avec les représentants du personnel (membres du comité social et économique, s'il existe au sein de l'entreprise) et le service de prévention et de santé au travail (SPST) notamment.
Dans le cadre de ces travaux, la première étape consiste à identifier des unités de travail[4]. Il peut être alors opportun de s'interroger sur celles à prédominance féminine et de s'appuyer sur des données sexuées en santé au travail. Ces données peuvent permettre de s'interroger sur la présence éventuelle d'une surreprésentation d'accidents de travail, de maladies ou d'absentéisme dans ces unités de travail à prédominance féminine pour en tirer des conséquences, par la mise en place de mesures de prévention adaptées.
Il convient également de prendre en compte les situations de travail et les facteurs de risque des femmes enceintes et allaitantes. En pratique, certaines entreprises font par exemple le choix de lister les tâches interdites pour les femmes enceintes. Mais si cela peut avoir du sens dans le cadre de l'évaluation des risques, dans la mise en œuvre de la prévention, à l'exception des femmes enceintes qui relèvent de dispositions réglementaires spécifiques en droit du travail, l'approche doit rester universelle.

Mise en place de mesures de prévention en tenant compte des disparités : quelle méthodologie mettre en place ?

Une évaluation des risques en fonction du sexe pourrait aboutir à des différences de traitement entre les hommes et les femmes, destinées à corriger les écarts liés à des différences d'exposition. Cette évaluation des risques doit permettre la mise en place de mesures de prévention appropriées, pour garantir la santé et la sécurité de tous les salariés de l'entreprise, quels que soient leurs caractéristiques physiques et physiologiques, leur âge, leur sexe et leur état de santé.
La réglementation ne précise pas la méthodologie à mettre en place. Concrètement, il convient de diagnostiquer et d'analyser les situations de travail, de manière différenciée. Cette analyse permettra ensuite de concevoir des organisations de travail et des postes de travail qui conviennent à toutes et tous et d'adapter les tâches, les équipements et les outils, les procédures, les horaires, à toutes les situations.
Ainsi, par exemple, la surexposition des femmes à certains facteurs de risque peut être liée au fait

© Gaël Kerbaol / INRS / 2016

que le matériel, les équipements de protection individuelle, les cadences de travail ne sont pas toujours adaptés à la taille, à la morphologie et à la force physique des femmes. Pour prévenir les risques liés au port de charge, certaines entreprises ont abaissé le poids maximum des sacs à manutentionner à 15 kg pour tous (hommes et femmes), alors que le Code du travail autorise 25 kg pour les femmes et 55 kg pour les hommes.

Mise en place d'une démarche de prévention sans discrimination

Cette approche sexuée fait émerger une difficulté : celle du risque de discrimination. En effet, l'introduction dans le document unique d'évaluation des risques, de considérations sur le sexe des personnes ne pourrait-elle pas être considérée comme discriminante ?
La loi définit la discrimination comme une situation dans laquelle, en fonction de son sexe, entre autres, une personne est traitée de manière moins favorable qu'une autre ne l'est, ne l'a été ou ne l'aurait été dans une situation comparable[5].
En droit du travail, les différences de traitement sont toutefois justifiées « *lorsqu'elles répondent à une exigence professionnelle essentielle et déterminante et pour autant que l'objectif soit légitime et l'exigence proportionnée*[6] ». Il est par exemple possible de procéder au choix d'un artiste en fonction de son sexe, selon le rôle qu'il est appelé à interpréter.
À partir de là, si l'on considère que les hommes et les femmes ne sont pas dans une situation comparable face à certains risques et que la préservation de la santé et de la sécurité constitue un objectif légitime, la différence de traitement est justifiée.
Les différences opérées sur la base du sexe, qu'elles résultent d'une décision unilatérale de l'employeur

ou d'une disposition réglementaire, sont en général prévues pour « *établir l'égalité des chances entre les femmes et les hommes, en particulier en remédiant aux inégalités de fait qui affectent les "chances des femmes"*[7] ».

Ces mesures, qui existent au profit d'autres travailleurs (travailleurs handicapés, jeunes travailleurs entre autres), permettent de faire de la différenciation positive et temporaire.

Rôle des services de prévention et de santé au travail (SPST) dans le choix des mesures de prévention adaptées

Au-delà du suivi de l'état de santé des salariés, les SPST ont un rôle majeur dans la prévention des risques professionnels et peuvent être d'une aide importante pour l'employeur, notamment dans l'évaluation des risques professionnels.

Ils peuvent conseiller les employeurs sur les mesures de prévention à mettre en place et sur les choix à faire concernant les matériels, outils, équipements de protection individuelle, en prenant en compte les différences physiologiques et physiques entre les femmes et les hommes. Les SPST peuvent également développer des dispositifs de maintien en activité à l'intention des personnes à risque de désinsertion professionnelle pour des raisons de santé, en tenant compte des problèmes de santé spécifiques des femmes.

Des dispositions réglementaires spécifiques aux femmes

Certains états physiologiques rendent plus difficile le maintien à certains postes de travail, comme cela est par exemple le cas au cours de la grossesse.

Le défaut d'aménagement de poste à un stade précoce des grossesses risque ensuite de complexifier la fin de grossesse et d'entraîner des arrêts de travail précoces qui auraient pu être évités par une adaptation des conditions de travail. Il peut également nuire à la santé de l'enfant à naître. C'est la raison pour laquelle le Code du travail prévoit des dispositions spécifiques pour les femmes afin de prendre en compte soit leur état de grossesse, soit le fait qu'elles allaitent leur enfant, soit leurs caractéristiques physiologiques, y compris hors contexte de grossesse ou d'allaitement. C'est ainsi notamment que :

- l'article L. 4152-1 du Code du travail interdit aux femmes enceintes ou venant d'accoucher ou allaitant d'effectuer certaines catégories de travaux qui, en raison de leur état, présentent des risques pour leur santé ou leur sécurité[8] ;
- l'article R. 4541-9 du Code du travail interdit aux femmes de « *porter des charges supérieures à 25 kilogrammes ou [de] transporter des charges à l'aide d'une brouette supérieures à 40 kilogrammes, brouette comprise* ».

Concernant le suivi de l'état de santé des femmes, des dispositions spécifiques existent, mais là encore, elles sont justifiées par un état de grossesse ou d'allaitement.

C'est ainsi que lors de la visite d'information et de prévention (VIP), le professionnel de santé (*i.e.* le médecin du travail ou bien, sous son autorité, le collaborateur médecin, l'interne en médecine du travail ou l'infirmier) doit, dans le cadre de son rôle de conseiller de l'employeur et des salariés sur les conditions de travail, informer les femmes en âge d'être enceintes sur les risques éventuels auxquels les expose leur poste de travail. Lors de cette visite, organisée au plus tard dans les trois mois suivant leur embauche, le professionnel de santé doit en outre les sensibiliser sur les moyens de prévention à mettre en œuvre[9].

Le Code du travail prévoit également que, si la VIP n'a pas été réalisée par le médecin du travail, toute femme enceinte, allaitante ou venant d'accoucher peut être, si elle le souhaite, orientée vers le médecin du travail à tout moment, afin que celui-ci propose des adaptations du poste ou l'affectation à d'autres postes si nécessaire[10].

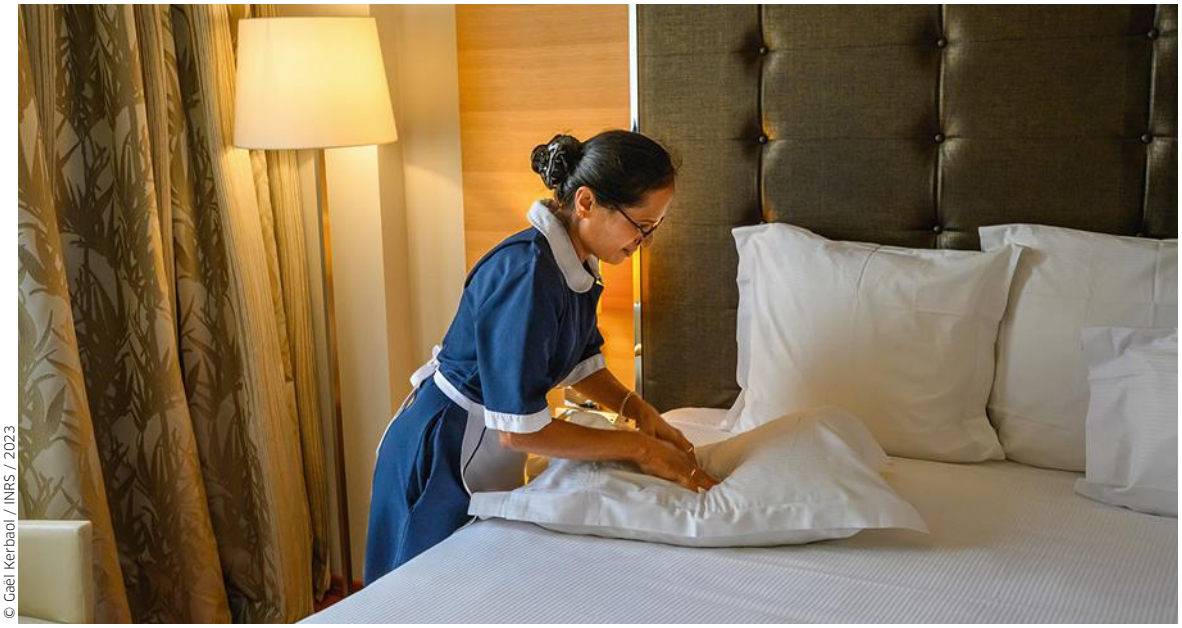
Enfin, il convient de noter que la salariée bénéficie d'une autorisation d'absence pour se rendre aux examens médicaux obligatoires prévus dans le cadre de la surveillance médicale de la grossesse et des suites de l'accouchement. Ces absences n'entraînent aucune diminution de la rémunération[11].

La mise en place d'un congé menstruel : un sujet en débat

Au-delà de ces dispositions, une nouvelle étape a été amorcée récemment, avec l'émergence d'un débat autour de « *la reconnaissance et de la protection de la santé menstruelle et gynécologique dans le monde du travail*[12] ».

Bien qu'il ait été mis en place dans d'autres États européens, notamment en Espagne, le congé menstruel n'est pas encore acquis en France, même si le sujet a été au cœur de discussions et a fait l'objet d'une proposition de loi, finalement rejetée. En effet, le 20 février 2024, le Sénat examinait une proposition de loi visant à créer un congé menstruel de deux jours par mois, pour les femmes atteintes de règles douloureuses et invalidantes. Le texte a été rejeté par la majorité sénatoriale, mais aussi par le gouvernement.

Lors des débats ressortait notamment la crainte que ce congé supplémentaire entraîne une désorganisation au sein des entreprises et décourage les employeurs d'embaucher des femmes. Des entreprises se sont pourtant déjà lancées. Les modalités peuvent différer d'une entreprise à une autre, mais le dispositif prévoit en général l'octroi d'un jour de congé facultatif chaque mois pour les salariées concernées.



© Gaël Kerbaol / INRS / 2023

Face à ces réserves, il convient de préciser que la Cour de cassation, dans un arrêt rendu le 12 juillet 2017[13], a considéré que prévoir des mesures spécifiques en entreprise uniquement en faveur des salariées est admissible et justifié, dans la mesure où cela permet de réduire les inégalités entre les femmes et les hommes. À titre d'illustration, un salarié contestait le fait que son entreprise octroyait une demi-journée de congé supplémentaire à des collègues femmes, le 8 mars, à l'occasion de la Journée internationale des droits de la femme. Ce collaborateur a demandé à bénéficier lui aussi de cette mesure, considérant qu'il s'agissait d'une inégalité de traitement. Pour les magistrats, à l'inverse, cette mesure permettait d'*«établir l'égalité des chances entre les hommes et les femmes en remédiant aux inégalités de fait qui affectent les chances des femmes »*. Ils n'ont donc pas donné gain de cause au salarié.

La mise en place d'un « congé menstruation » recentre une nouvelle fois le débat sur un aspect physiologique de la femme qui nécessiterait la création d'un arsenal juridique spécifique, aménageable de diverses façons, mais entraînerait nécessairement des débats autour de la discrimination.

En effet, pour certains, dans la mesure où il s'agit d'une spécificité pour les femmes, leur accorder un congé spécifique est discriminant, et finalement pour quelle raison serait-il plus légitime de reconnaître un congé spécifique aux femmes, alors que des hommes peuvent aussi présenter des problèmes chroniques ? Pour d'autres, l'instauration de mesures de protection spécifiques pour les femmes pourrait dissuader certains employeurs de recruter celles-ci.

Ainsi, au lieu d'envisager une réflexion sur la mise en place de congés supplémentaires, il pourrait être opportun de réfléchir aux moyens permettant d'adapter l'organisation du travail, le rythme de travail ou les exigences de productivité, en tenant compte des capacités des salariés, pour parvenir à concilier des situations particulières avec le travail et éviter ainsi des arrêts maladie. ●

1. Voir : Loi du 19 mai 1874 sur le travail des enfants et des filles mineures employés dans l'industrie, article 7 : « Aucun enfant ne peut être admis dans les travaux souterrains des mines, minières et carrières avant l'âge de douze ans révolus. Les filles et femmes ne peuvent être admises dans ces travaux. »

2. Voir : Loi du 2 novembre 1892 sur le travail des enfants, des filles et des femmes dans les établissements industriels.

3. Voir : Insee – Enquêtes Emploi, séries longues sur le marché du travail.

4. Voir : Article R. 4121-1 du Code du travail et circulaire DRT n° 6 du 18 avril 2002 : l'évaluation des risques est effectuée par unité de travail. Aucune indication n'est donnée quant à la manière de les déterminer. Il est uniquement précisé que la notion d'unité de travail doit s'entendre au sens large afin de couvrir des situations d'organisation du travail très diverses.

5. Voir : Loi n° 2008-496 du 27 mai 2008 portant diverses dispositions d'adaptation au droit communautaire dans le domaine de la lutte contre les discriminations.

6. Voir : Articles L. 1133-1 et L. 1142-2 du Code du travail.

7. Voir : Article L. 1142-4 du Code du travail.

8. Pour plus de précisions sur les travaux interdits, voir notamment les articles R. 4152-1 et suivants du Code du travail.

9. Voir : Articles R. 4624-10 et suivants du Code du travail.

10. Voir : Article R. 4624-19 du Code du travail.

11. Voir : Article L. 1225-16 du Code du travail.

12. Voir : Proposition de loi visant à reconnaître et protéger la santé menstruelle et gynécologique dans le monde du travail, enregistrée à la Présidence de l'Assemblée nationale le 20 février 2024.

13. Voir : Cour de cassation (Chambre civile, Chambre sociale), 12 juillet 2017, 15-26.262.

PRISE EN COMPTE DES DIFFÉRENCES ENTRE LES FEMMES ET LES HOMMES EN ÉPIDÉMIOLOGIE PROFESSIONNELLE

La prise en compte du sexe est incontournable dans les études épidémiologiques. Elle permet d'intégrer les différences entre les hommes et les femmes, qu'elles soient biologiques ou sociétales. Cependant, elle peut poser question quant aux messages de prévention qui peuvent être préconisés à la suite de ces études. Cet article illustre cette problématique, à partir d'exemples d'études menées dans le département Épidémiologie en entreprise de l'INRS.

STÉPHANIE BOINI, ÈVE BOURGKARD, RÉGIS COLIN, VALÉRIE DEMANGE, MICHEL GRZEBYK, ROMAIN PONS, ANCA RADAUCEANU, HARIELLE SAMBA
INRS, département Épidémiologie en entreprise

L'épidémiologie s'intéresse à la fréquence et la répartition dans le temps et dans l'espace des problèmes de santé dans des populations humaines, ainsi qu'au rôle des facteurs qui les déterminent. Une spécificité du département Épidémiologie en entreprise de l'INRS est de mener des recherches en milieu professionnel. Les études se déroulent en situation d'observation et non d'expérimentation, afin de rendre compte des conditions de travail réelles au sein de l'entreprise. Ces études ont pour objectif de rechercher s'il existe un lien entre une exposition à des facteurs physiques, chimiques, biologiques ou psychosociaux rencontrés en milieu professionnel et un effet sur la santé [1-2]. Pour ce faire, elles comparent l'état de santé de groupes de sujets exposés et non exposés, ou l'exposition de groupes de sujets présentant des effets sur leur santé et d'autres n'en présentant pas. Les analyses mises en œuvre pour répondre aux objectifs de ces études conduisent à utiliser des tests statistiques qui nécessitent un nombre suffisant de sujets à observer dans les différents groupes.

Afin de déterminer le rôle d'une exposition professionnelle sur l'état de santé des populations au travail, il est nécessaire de prendre en compte toute information professionnelle et extra-professionnelle potentiellement liée à l'exposition, à la santé, ou aux deux (facteur d'ajustement ou facteur de confusion) [3]. Parmi ces informations, la caractéristique individuelle « sexe » doit être considérée dans les études épidémiologiques [4], mais elle est souvent abordée de manière interchangeable sous le vocable de « sexe » ou « genre » [5, 6]. Il s'agit finalement de pouvoir prendre en compte les différences qui existent entre les hommes et les femmes, qu'elles soient anatomiques, physiologiques ou psychosociales.

Dans une première partie, cet article illustre les différentes façons de considérer cette question à partir d'exemples d'études réalisées dans le département Épidémiologie en entreprise de l'INRS. Tout d'abord, lors de la conception de l'étude, le choix d'inclure des hommes ou des femmes dans la population d'étude peut être conditionné par l'effet sanitaire/état physiologique étudié, mais également par l'exposition professionnelle étudiée. Puis lors de l'analyse des données, dans des populations d'étude mixtes, le choix peut être fait de les traiter séparément, conduisant à des résultats spécifiques aux hommes et aux femmes. Le choix peut être également fait d'analyser les données pour l'ensemble de la population de l'étude avec, le cas échéant, des méthodes adaptées à la mise en évidence d'effets différenciés selon le sexe. Dans une seconde partie, les conséquences sur l'interprétation et la généralisation des résultats et sur les messages de prévention qui peuvent découler de ces études sont discutées.

Comment prendre en compte les différences entre les femmes et les hommes ?

Lors de la conception de l'étude

La question de prendre en compte le sexe se pose à différentes étapes de la conception de l'étude : formulation de l'hypothèse de recherche, des objectifs et définition de la population de travailleurs étu-

diée. Ce choix résulte d'un compromis entre l'effet sanitaire ou l'exposition professionnelle étudié et la nécessité d'inclure un nombre suffisant de sujets pour mettre en évidence un risque, s'il existe (puissance statistique).

➔ Effet sanitaire / état physiologique étudié

Les différences anatomiques et physiologiques imposent une sélection de la population à inclure suivant le sexe concerné par l'objectif de la recherche. Il peut s'agir d'études sur la perturbation endocrinienne des hormones sexuelles ou sur le thème « grossesse et travail ». Ainsi, pour analyser les propriétés anti-androgéniques des phtalates, une étude a été menée afin d'examiner les effets d'une exposition professionnelle au diisononyl phtalate sur les niveaux de testostérone sériques [7]. Des salariés de sexe masculin ont été recrutés dans des usines de l'industrie des plastiques. Le critère d'inclusion relatif au sexe masculin a été interrogé à partir des données administratives, sans qu'un recueil d'information spécifique au sexe n'ait été réalisé auprès des sujets. Une autre illustration où le choix du sexe est déterminé par l'objectif de la recherche est la problématique de la grossesse au travail. Une étude, menée auprès de femmes suivies dans les services de prévention et de santé au travail d'Île-de-France, avait pour objectif de décrire le déroulement des grossesses au travail et les expositions professionnelles potentiellement à risque pour l'évolution d'une grossesse jusqu'à l'accouchement. Par ailleurs, la reprise du travail dans le *post-partum* est un moment important à étudier. Combinée à la division « genrée » des temps (travail, tâches ménagères et parentales), la reprise du travail demande de jongler avec de multiples rôles pouvant entrer en conflit (salariée, mère, épouse, charge du foyer). Ainsi, cette étude avait également pour objectif d'analyser, après le retour au travail, les relations entre certaines caractéristiques organisationnelles et de contenu de l'emploi, le niveau de conflit famille / travail et la santé mentale [8].

Un autre exemple de critères d'éligibilité liés au sexe concerne une étude recherchant une association entre une exposition professionnelle aux mycotoxines et des effets biologiques éventuels, dont des biomarqueurs de stress oxydant. Cette étude a inclus des hommes et des femmes. Cependant, du fait d'un manque de connaissances sur les conséquences hormonales de la grossesse ou de l'allaitement sur les biomarqueurs de stress oxydant, les femmes enceintes ou allaitantes n'ont pas été incluses.

➔ Exposition professionnelle étudiée

La prédominance masculine ou féminine de la main-d'œuvre dans un secteur d'activité peut expliquer le choix de la population cible pour les recherches s'intéressant à des expositions professionnelles particulières.

© Gael Kerbaol / INRS / 2021

Postes de travail dans la sidérurgie.

Une étude épidémiologique menée dans le secteur de la sidérurgie avait pour objectif de rechercher une association entre des expositions à des fluides de coupe et le cancer de la vessie. Pour ce faire, une étude cas-témoins avait été mise en place au sein d'une cohorte de 22 795 travailleurs de la sidérurgie des Hauts-de-France [9]. La population ciblée était uniquement composée d'hommes, en raison du très faible nombre de femmes exposées aux fluides de coupe dans ces métiers de production et de transformation de l'acier. Ce très faible effectif n'aurait pas permis de mettre en évidence, parmi les femmes, une association entre l'exposition et le cancer de vessie si elle existait réellement, en raison d'un manque de puissance statistique.

À l'inverse, le secteur de la coiffure est un secteur très largement féminin, avec environ 90 % de femmes exposées à de multiples substances chimiques contenues dans les produits capillaires. Une étude en cours, menée en partenariat avec des services de prévention et de santé au travail, a pour objectifs d'évaluer l'exposition professionnelle au résorcinol et à d'autres perturbateurs endocriniens présents dans les produits capillaires en s'appuyant sur la mesure de biomarqueurs urinaires, et de mesurer la relation entre cette exposition et la concentration en hormones thyroïdiennes. Dans cette étude, le choix de recruter exclusivement des femmes repose sur différentes considérations. En effet, certaines études ont montré que les relations entre les perturbateurs endocriniens et les hormones thyroïdiennes étaient différentes selon le sexe. Il est donc nécessaire d'étudier ces relations séparément chez les hommes et chez les femmes.

→

© Georges Bartoli pour l'INRS / 2018

Préparation des teintures et couleurs en espace ventilé dans un salon de coiffure.

Cependant, les coiffeurs ne représentent que 10 % de la profession, bien qu'ils réalisent les mêmes tâches que les coiffeuses et utilisent les mêmes produits. Ainsi, le recrutement d'un effectif suffisant de coiffeurs n'a pas été jugé faisable dans le cadre de cette étude.

Un troisième exemple d'étude, qui se déroule dans des établissements d'hébergement pour personnes âgées dépendantes (Ehpad), a pour objectif de déterminer l'impact sur la sinistralité de la mise en œuvre des compétences « accompagnement de la mobilité de la personne aidée » (ALM[1]) par les salariés aidants dans leur pratique professionnelle. En effet, dans le secteur de l'aide et du soin à la personne, la fréquence des accidents du travail (AT) est parmi les plus élevées du régime général de la Sécurité sociale. L'activité de mobilisation de personnes est un facteur de risque majeur dans la survenue de ces AT pour les professionnels du secteur. Pour les réduire, la mise en place d'interventions visant la réduction de la charge physique, avec pour objectif la disparition du port de charge et de la mobilisation manuelle de personnes, semble une piste de prévention pertinente. Dans ce secteur à forte prédominance féminine, le choix a été fait de ne pas restreindre la population d'étude aux femmes, l'apprentissage des compétences ALM étant dispensé à l'ensemble des salariés, qu'ils soient hommes ou femmes. Par ailleurs, il n'y a pas de raisons de penser que les effets de la mise en application de ces compétences sur la diminution des AT et des troubles musculosquelettiques (TMS) se traduisent différemment chez les hommes et chez les femmes. La répartition femmes/hommes est caractérisée sur la base des données administratives des établissements, et la question du sexe est également posée aux salariés participants, ce qui permettra d'en tenir compte lors des analyses.

➔ Autres considérations soulevées lors de la conception d'une étude

Outre la réalité de terrain, ne pas inclure de femmes ou d'hommes dans l'échantillon peut relever du respect de la sécurité de la personne volontaire, d'aspects éthiques, ou encore de la complexité des informations à recueillir, ces éléments pouvant être plus ou moins associés.

En France, les aspects de sécurité et éthiques, entre autres, sont examinés par le Comité de protection des personnes (CPP) qui autorise les recherches impliquant la personne humaine. Le dossier qui lui est soumis pour autorisation demande de mentionner expressément si des femmes enceintes ou allaitantes participent à la recherche. Une contre-indication, en cas de grossesse ou d'allaitement, à la réalisation d'un examen nécessaire pour mesurer l'effet sanitaire étudié peut amener à ne pas inclure d'emblée les femmes, en particulier lorsqu'elles sont peu nombreuses dans le secteur d'activité étudié. Il est possible de citer par exemple le test à la métacholine pour une recherche d'hyperréactivité bronchique non spécifique lorsque l'on s'intéresse à l'asthme professionnel. Il s'agit dans ce cas d'une contre-indication relative, par manque de connaissance des effets de la métacholine sur le fœtus et de son passage dans le lait maternel [10]. En revanche, si les femmes sont présentes dans le secteur d'activité, la non-inclusion des femmes enceintes ou allaitantes conduit à interroger la volontaire ou à lui faire réaliser un test de grossesse. Cela peut soulever des questions de confidentialité, si l'entretien est mené dans les locaux de l'entreprise à proximité de collègues, et éthiques, si une femme volontaire apprend à l'occasion de l'étude qu'elle est enceinte par exemple.

Pour simplifier le recueil d'information, des dosages d'hormones sexuelles peuvent être, par exemple, réalisés uniquement chez les hommes. Ce choix méthodologique s'est présenté pour l'étude recherchant une association entre une exposition professionnelle aux mycotoxines et des effets biologiques éventuels. Ces substances peuvent interagir avec les hormones sexuelles, notamment en raison de leur structure chimique proche de celle des œstrogènes. L'évaluation de leurs effets hormonaux chez les femmes aurait nécessité d'interroger différemment les femmes selon leur statut vis-à-vis de la ménopause, de demander des informations très précises sur les traitements et les cycles hormonaux, par exemple. Ces éléments, qui auraient alourdi le protocole de l'étude, n'ont pas été retenus dans ce cas précis.

Lors de l'analyse des données

La prise en compte des différences entre les hommes et les femmes peut intervenir après la conception de l'étude et le recueil de données, au moment de l'analyse statistique. Les données peuvent être analysées globalement (ajustement) ou traitées séparément.

→ Analyses ajustées

Une étude s'est intéressée aux effets de la multi-exposition aux facteurs de risque physiques et psychosociaux sur la survenue d'AT. La population d'étude était constituée de travailleurs du secteur médico-social, secteur sujet à une fréquence accrue des AT [11]. La prédominance de femmes dans ce secteur d'activité s'est traduite par un nombre insuffisant d'hommes, afin de disposer d'une puissance statistique convenable pour conduire des analyses séparées. Afin de tenir compte de la perception différente des expositions psychosociales entre les hommes et les femmes, l'information a été prise en compte en tant que variable d'ajustement dans les modèles statistiques.

Parfois, le sexe peut faire partie ou non des informations à prendre en compte dans l'analyse des relations entre une exposition professionnelle et différents effets sur la santé. Par exemple, dans une étude analysant la relation entre une exposition professionnelle aux fluides de coupe et différents effets évalués par des biomarqueurs d'effets et des symptômes respiratoires, recueillis par questionnaire, la population était constituée d'hommes et de femmes. Lors des analyses statistiques des données, un ajustement sur le sexe a été effectué dans la modélisation de la relation entre l'exposition professionnelle aux fluides de coupe et les symptômes respiratoires évoquant un asthme. Cela permet de prendre en compte la plus grande sensibilité aux symptômes chez les femmes asthmatiques par rapport aux hommes [12]. En revanche, dans l'analyse de la relation entre l'exposition professionnelle aux fluides de coupe et la présence de micronoyaux au niveau des cellules de la muqueuse buccale (biomarqueurs de génotoxicité), le sexe n'a pas été pris en compte. En effet, la fréquence de micronoyaux ne diffère pas entre les hommes et les femmes [13].

→ Analyses séparées

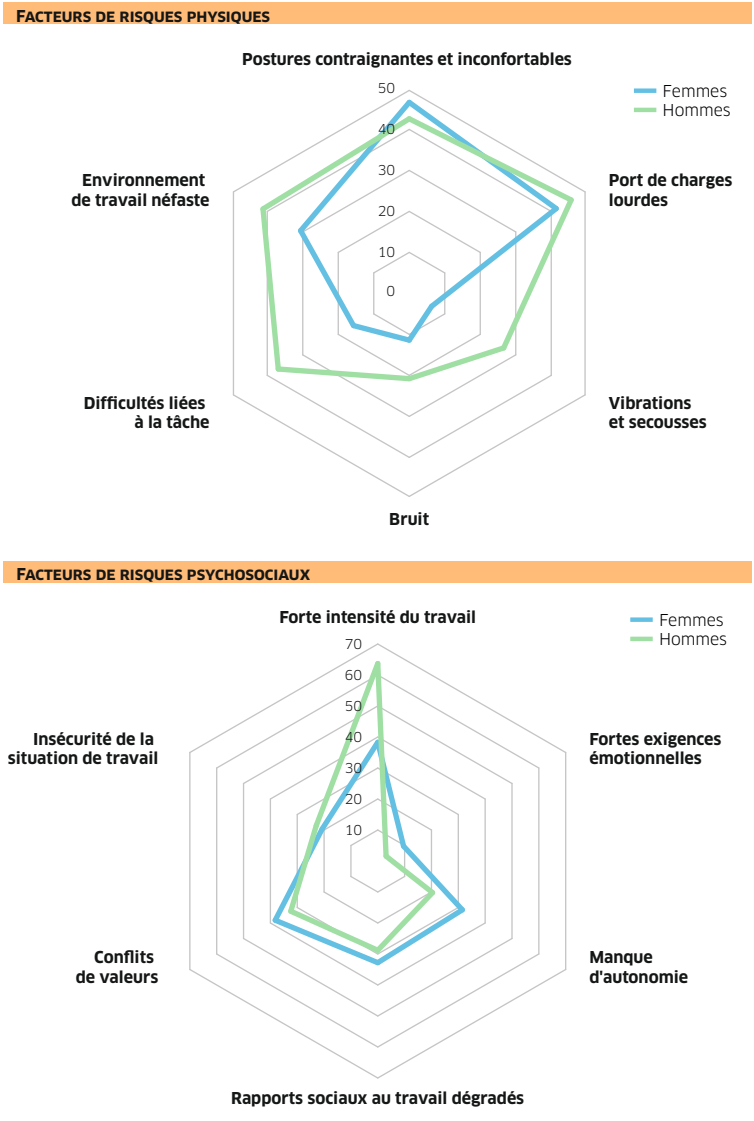
Des analyses séparées selon le sexe sont réalisées dans les recherches pour lesquelles des différences sont observées entre hommes et femmes en matière d'expositions professionnelles et/ou de santé.

Reprenons l'exemple de l'étude qui avait pour objectif d'identifier les facteurs de risque psychosociaux (RPS) et les facteurs de risque physiques dans la survenue d'AT. Selon la littérature, la nature et la fréquence des AT peuvent différer chez les hommes et chez les femmes. Il en est de même pour les expositions professionnelles, qu'elles soient physiques ou psychosociales. Or, les travailleurs de certains secteurs d'activité sont composés en majorité d'hommes (BTP par exemple) quand d'autres le sont en majorité de femmes (médico-social par exemple). Afin d'éviter de confondre les effets liés au sexe avec ceux liés au secteur d'activité, l'analyse a porté sur l'ensemble des travailleurs en activité, tous secteurs confondus. Grâce à un effectif suffisamment large, des analyses séparées ont pu être menées pour les femmes et pour les hommes.

La répartition des travailleurs déclarant une exposition élevée à des facteurs de risque physiques ou RPS est présentée sur la *Figure 1*. Il est intéressant de constater que les hommes déclarent globalement être plus exposés aux facteurs de risque physique, à l'exception des postures contraignantes et inconfortables. En revanche, les femmes déclarent être davantage exposées aux RPS, excepté pour l'intensité du travail.

Les analyses séparées ont montré un effet significatif de l'exposition aux différents facteurs de risque

↓ FIGURE 1
Pourcentages de travailleurs déclarant une exposition élevée à des facteurs de risques professionnels.



physiques sur la survenue d'AT, aussi bien pour les femmes que pour les hommes. En revanche, le *Tableau 1* illustre des différences selon le sexe, quant aux effets des RPS sur la survenue d'AT. En effet, si l'ensemble des catégories d'exposition aux facteurs de RPS était associé à un sur-risque d'AT pour les femmes, ce n'était pas le cas pour les hommes. Il est à noter en particulier une absence d'effet d'une forte intensité du travail ou de fortes exigences émotionnelles sur la survenue d'AT pour les hommes. Les conflits de valeurs et l'insécurité de la situation de travail sont associés à des arrêts de travail faisant suite à un AT plus courts pour les hommes que pour les femmes. Il est cependant intéressant d'observer que le cumul d'expositions psychosociales est associé à un sur-risque d'AT avec arrêt de travail supérieur à 10 jours, aussi bien pour les hommes que pour les femmes.

Le choix a également été fait de réaliser les analyses séparément chez les hommes et chez les femmes dans le cadre d'une recherche s'intéressant aux conséquences cardiovasculaires du travail de nuit [14]. En effet, les hommes et les femmes occupent des emplois dans des secteurs différents ayant des modalités d'exposition au travail de nuit différentes (travail de nuit fixe ou alternant). Ces organisations de travail sont susceptibles d'affecter la santé des hommes et des femmes différemment. Comme présentés dans le *Tableau 2*, des excès de risque pour tous les facteurs de risque cardiovasculaires, excepté le diabète, ont été observés chez les travailleurs de nuit alternant. À l'inverse, des excès de risque de troubles lipidiques ont été mis en évidence chez les travailleuses de nuit fixe.

Dans le cadre d'une recherche s'intéressant aux troubles musculosquelettiques (TMS), une étude a analysé, en tenant compte des conditions de travail, l'effet de la conduite de véhicule utilitaire léger sur les TMS des postiers, exercée dans le cadre des activités de distribution du courrier et de colis [15]. La population de l'étude, composée d'hommes et de femmes, a été analysée séparément, ce qui a permis de mettre en évidence des facteurs de risque, ainsi que des facteurs potentiellement protecteurs, propres aux hommes et aux femmes *(Cf. Figure 2)*. Par exemple, la latitude décisionnelle diminue le risque de lombalgies et de TMS des membres supérieurs chez les hommes, alors que le fait de devoir cacher ses émotions est associé à une augmentation du risque de lombalgie chez les femmes.

De plus, les effets des facteurs peuvent également être différents. À titre illustratif, le fait de réaliser une tournée urbaine plutôt qu'une tournée rurale ou mixte diminue le risque de lombalgie chez les

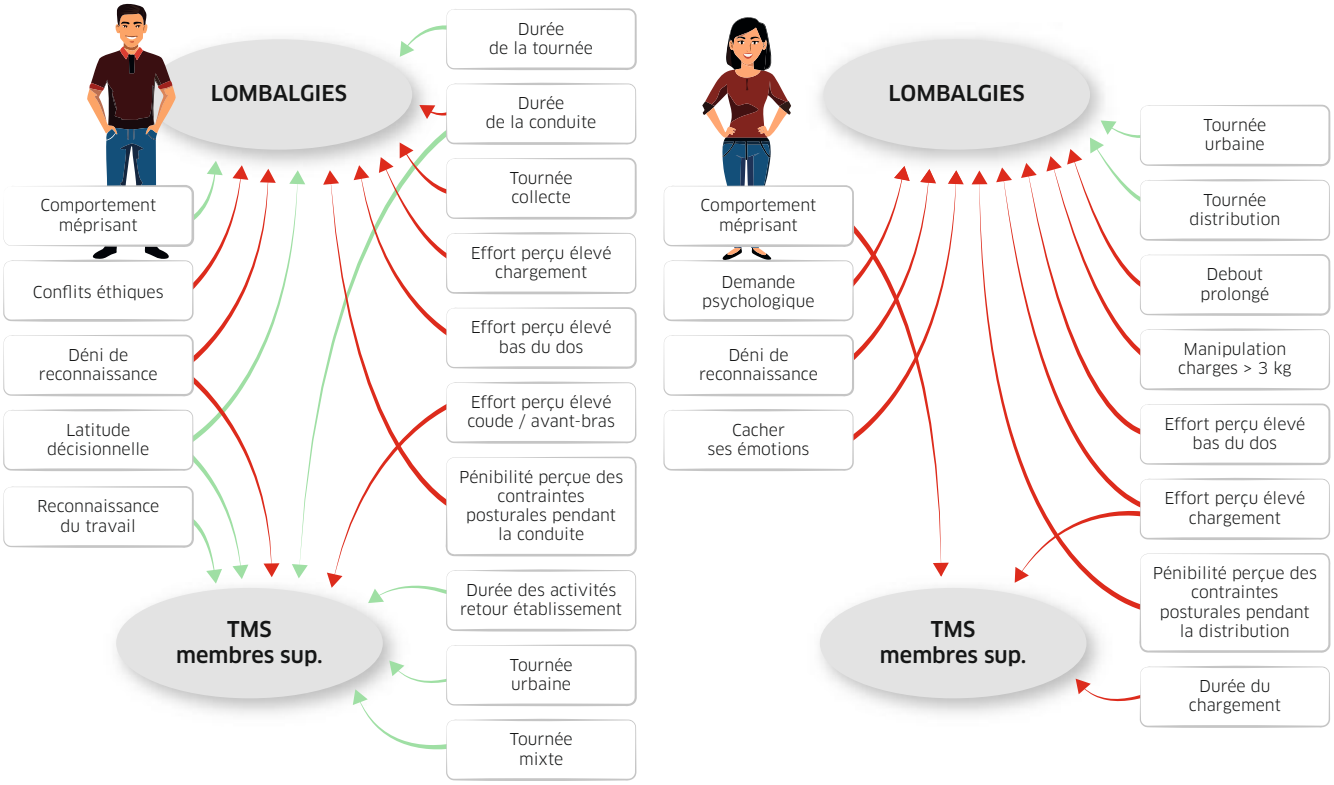
TABLEAU 1 →
sur-risque d'AT en fonction des facteurs de risques psychosociaux, toutes choses égales par ailleurs.

EXPOSITIONS AUX FACTEURS DE RISQUE PSYCHOSOCIAUX	HOMMES				FEMMES			
	AT tous	sans ITT	ITT ≤ 10 jours	ITT > 10 jours	AT tous	sans ITT	ITT ≤ 10 jours	ITT > 10 jours
Forte intensité du travail								
Fortes exigences émotionnelles								
Manque d'autonomie								
Rapports sociaux au travail dégradés								
Conflits de valeurs								
Insécurité de la situation de travail								
Multi-exposition aux facteurs de risque psychosociaux								

TABLEAU 2 →
Excès de risque cardiovasculaires en fonction des modalités de travail de nuit chez les hommes et chez les femmes.

	MODALITÉS DE TRAVAIL DE NUIT	OBÉSITÉ	OBÉSITÉ CENTRALE	HTA	TG ÉLEVÉS	HDL-C BAS	NON-HDL-C	DIABÈTE T2
	Fixe	50 %	42 %					86 %
	Alternant	66 %	43 %	18 %	71 %	19 %	31 %	
	Fixe	42 %	28 %		88 %	36 %		
	Alternant			40 %	48 %		28 %	

Obésité : IMC ≥ 30 kg/m²; obésité centrale : tour de taille ≥ 102 ♂ / ≥ 88 ♀ cm; hypertension HTA : pression artérielle ≥140/90 mmHg ou antécédents ou traitement ; triglycérides TG ≥1,7 mmol/L ou traitement ; HDL-C bas < 1,04 ♂ / < 1,29 ♀ mmol/L ou traitement ; Non-HDL-C ≥ 4,2 mmol/L ou traitement ; diabète de type 2 : glycémie ≥ 7 mmol/L ou antécédents ou traitement. Case jaune : résultats statistiquement significatifs (p ≤ 0,05). Case bleue : résultats à la limite de la significativité statistique (p ≤ 0,10). Case beige : résultats non significatifs.



Flèches rouges : la présence du facteur augmente le risque ; flèches vertes : la présence du facteur diminue le risque.

↑ FIGURE 2
Facteurs associés aux lombalgies et aux troubles musculosquelettiques des membres supérieurs chez les hommes et chez les femmes lors de la conduite de véhicules utilitaires légers dans le cadre des activités de distribution de courrier et de colis.

femmes et de TMS des membres supérieurs chez les hommes.

Conséquences sur l'interprétation et la généralisation des résultats et sur la prévention

L'épidémiologie est une discipline scientifique qui permet de répondre à une question en observant un groupe d'individus. Les études épidémiologiques menées en milieu professionnel ont pour finalité de généraliser les résultats obtenus dans ce groupe à la population cible visée par l'étude afin de produire des connaissances utiles à tous. L'accumulation de résultats issus de différentes études traitant de la même question contribue à la formulation de messages de prévention.

Lorsque les études sont menées dans une seule catégorie de sexe, les résultats obtenus et les messages de prévention en découlant ne peuvent pas être élargis à l'autre catégorie. La conséquence de ce choix, réalisé au moment de la conception des études, peut contribuer à l'invisibilité des risques, du fait de la non-production de données d'exposition et de santé concernant la catégorie non étudiée. Ce déficit d'information est généralement en défaveur des femmes [16] et contribue ainsi aux inégalités de santé, s'agissant par exemple des effets cancérigènes de l'exposition à l'amiante étudiés dans des secteurs où les femmes sont peu nombreuses. Ainsi, le risque amiante n'a pas été étudié chez les femmes, alors que cette exposition professionnelle concernait en particulier la fabrication de textiles non inflammables. Classé cancérogène avéré pour le poumon et la plèvre dès 1977 par le Centre international de recherche sur le cancer, l'amiante a été reconnu comme cancérogène certain pour les ovaires en 2012.

Lorsque la restriction à une catégorie est liée à la prédominance masculine ou féminine dans un secteur d'activité, les connaissances acquises en lien avec l'exposition professionnelle étudiée peuvent s'appliquer à l'ensemble de la population cible, par précaution. Pour reprendre l'exemple du résorcinol étudié chez les coiffeuses, les messages contribueront à améliorer les stratégies de prévention, tant sur la réglementation de l'usage des substances considérées comme dangereuses que sur les stratégies de prévention du risque chimique, au bénéfice de tous les professionnels de la coiffure, hommes et femmes.

Lorsque les deux catégories de sexe sont considérées dans les analyses, les résultats et les messages de prévention produits peuvent s'appliquer à l'ensemble de la population cible. L'identification des facteurs qui sont modifiables en milieu de travail permet d'élaborer des stratégies adaptées et des messages de prévention qui tiennent compte des spécificités liées au sexe. Dans l'exemple relatif aux déterminants des AT, les analyses séparées ont permis de mettre en évidence des effets différen-

ciés des expositions aux facteurs de risque psychosociaux sur la survenue d'AT chez les hommes et les femmes. Toutefois, mener des analyses séparées se traduit par une perte de puissance statistique. Une alternative consiste à mener une analyse globale employant une méthode statistique adaptée à la mise en évidence d'effets différenciés selon le sexe. En revanche, si l'effet du sexe n'est *a priori* pas déterminant, il est possible de ne pas le prendre en compte dans l'analyse.

Sexe, genre ou les deux ?

La prise en compte de la caractéristique « sexe » nécessite son recueil. Celui-ci peut correspondre à une assignation *a priori* sur le physique de la personne, par exemple lors d'un entretien médical, où la question ne sera pas posée explicitement aux personnes volontaires. L'attribution peut se faire également sur la base de la déclaration de la personne interrogée sous la forme d'une variable binaire telle que : « *Vous êtes : un homme/une femme ?* » ou encore « *Quel est votre sexe : masculin/féminin ?* ». Enfin, cette attribution peut être issue de bases administratives et correspondre à l'identité sexuelle attribuée à la naissance.

Derrière ce questionnement unique, il peut s'agir de tenir compte des différences biologiques ou physiologiques, et donc du concept de sexe. Il peut s'agir également de différences sociales, liées en particulier à une ségrégation professionnelle, et donc du concept de genre. D'autre fois encore, les deux concepts sont visés. Certains auteurs plaident pour une différenciation des concepts de sexe et de genre et de leur mesure, car la non-explicitation peut conduire à une mauvaise évaluation des risques [6]. Afin de recueillir une information appropriée vis-à-vis de l'objectif de la recherche, ce questionnement unique devrait donc évoluer vers un questionnement multiple, permettant de rendre compte des différentes dimensions du sexe et du genre, dans le respect de la réglementation et d'une démarche éthique et bienveillante tout en considérant les contraintes financières et logistiques liées à ce recueil d'information supplémentaire. ●

1. Voir : ED 6415, INRS. Accessible sur : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206415

BIBLIOGRAPHIE

[1] Bourgkard E., Demange V., Aubry C. – L'épidémiologie en santé au travail. (I) Définitions et concepts. *Documents pour le Méd. du Trav.,* 2007, 112, pp. 477-486.

[2] Bourgkard E., Demange V., Aubry C. – L'épidémiologie en santé au travail. (II) Étapes d'une étude épidémiologique en milieu professionnel. *Documents pour le Méd. du Trav.,* 2008, 113, pp. 7-19.

[3] Bourgkard E., Demange V., Aubry C. – L'épidémiologie en santé au travail. (III) Clés pour une lecture efficace d'études épidémiologiques analytiques. *Documents pour le médecin du travail,* 2008, 114, pp. 175-188.

[4] Messing K., Lederer V. – Gender should be considered and reported in epidemiology, but why should it be measured? *Lancet Reg Health Eur.,* 2024, 43, 100985.

[5] Krieger N. – Genders, sexes, and health: what are the connections-and why does it matter? *Int J Epidemiol,* 2003, 32 (4), pp. 652-657.

[6] Bauer G.R. – Sex and gender multidimensionality in epidemiologic research. *Am J Epidemiol.,* 2023, 192 (1), pp. 122-132.

[7] Henrotin J.B. *et al.* – Decrease in serum testosterone levels after short-term occupational exposure to diisononyl phthalate in male workers. *Occupational and environmental medicine,* 2020, 77 (4), pp. 214-222.

[8] Radauceanu A. *et al.* – Grossesse au travail : le retour au travail après un congé maternité. *Références en santé au travail*, 2023, 173, pp. 31-53.

[9] Colin R. *et al.* – Bladder cancer and occupational exposure to metalworking fluid mist: a counter-matched case-control study in French steel-producing factories. *Occup Environ Med*, 2018, 75 (5), pp. 328-336.

[10] Coates A.L. *et al.* – Bronchoprovocation testing task force: general considerations and performance of methacholine challenge tests. *Eur Respir J.*, 2017, 49 (5).

[11] Colin R. *et al.* – Co-exposures to physical and psychosocial work factors increase the occurrence of workplace injuries among French care workers. *Front Public Health*, 2022, 10, 1055846.

[12] Lisspers K. *et al.* – Sex-differences in quality of life and asthma control in Swedish asthma patients. *J Asthma*, 2013, 50 (10), pp. 1090-1095.

[13] Bonassi S. *et al.* – The HUman MicroNucleus project on eXfoLiated buccal cells (HUMN(XL)): the role of life-style, host factors, occupational exposures, health status, and assay protocol. *Mutation research*, 2011, 728 (3), pp. 88-97.

[14] Bourgkard E., Boini S. *et al.* – Duration of exposure to night work and cardiovascular risk factors: results from 52,234 workers of the CONSTANCES study. *BMC Public Health*, 2025, 25 (1), p. 356.

[15] Radauceanu A. *et al.* – Association entre conduite de véhicule léger et troubles musculosquelettiques dans les activités de distribution du courrier et des colis. *Références en santé au travail*, 2019, 158, pp. 57-83.

[16] Betansedi C.O., Vaca-Vasquez P. – Quelle prise en compte du sexe en épidémiologie professionnelle ? Analyse du biais de genre à travers une revue systématique d'études sur les cancers du poumon entre 2003 et 2014. *Archives des maladies professionnelles et de l'environnement*, 2016, 77 (3).

PRÉVENTION DES RISQUES LIÉS À LA CHARGE PHYSIQUE ET AUX AMBIANCES THERMIQUES : QUELLES SPÉCIFICITÉS SELON LE SEXE ?

Cet article vise à décrire, d'une manière générale et en se basant sur des moyennes englobant les variabilités interindividuelles (*i.e.* moyenne des hommes *versus* moyenne des femmes), les principales différences liées au sexe biologique, autour de trois parties successives concernant l'appareil locomoteur et les fonctions cardiorespiratoire et thermorégulatrice. Une quatrième partie s'attache à proposer des éléments de réflexion autour de ces disparités dans le cadre d'une démarche de prévention des risques professionnels.

LAURENT CLAUDON, KÉVIN DESBROSSES, KAREN RÉMINY
INRS, département Sciences appliquées au travail et aux organisations

Contexte

L'exposition à des contraintes physiques (port de charges, postures contraignantes, gestes répétitifs…) ou thermiques (travail à la chaleur et au froid) concerne de nombreux salariés et s'observe dans divers secteurs d'activité comme l'industrie, le bâtiment, l'agroalimentaire, le transport, l'aide et soin à la personne, ou encore celui de la propreté.

Si globalement en France**,** les hommes sont davantage exposés aux contraintes physiques que les femmes, les résultats de l'enquête Sumer de 2017 indiquent qu'une proportion non négligeable de femmes est également concernée par ces expositions professionnelles [1]. En effet, si 43 % des hommes, contre 26 % des femmes, déclarent être exposés à de la manutention manuelle, la part relative des hommes et des femmes déclarant être exposée aux postures pénibles (respectivement 15 % et 17 %) ainsi qu'aux gestes répétitifs à cadence élevée (15 % pour les hommes et autant pour les femmes) apparaît similaire.

Ces contraintes physiques peuvent résulter en une sollicitation importante de l'appareil locomoteur et du système cardiorespiratoire, pouvant provoquer à plus ou moins long terme des atteintes à la santé. Pour l'appareil locomoteur, cela concerne principalement la survenue de troubles musculosquelettiques (TMS) du membre supérieur et du dos. Ainsi, la prévalence des TMS du membre supérieur en population active s'établit à 31 % chez les femmes et 28 % chez les hommes, et celle des TMS du dos à 48 % et 42 %, respectivement [2]. Concernant le système cardiorespiratoire, s'il est démontré que la pratique d'activités physiques de loisirs est bénéfique pour la santé, les sollicitations physiques induites par l'activité de travail peuvent en revanche accroître le risque de survenue de maladies cardiovasculaires [3], qui sont la deuxième cause de mortalité en France. Ce paradoxe serait lié aux différences de caractéristiques des activités physiques, avec une intensité plutôt élevée et une durée relativement courte pour celles de loisirs et, au contraire, une intensité plus faible sur de longues périodes avec une absence de récupération suffisante, lors d'une activité souvent contrainte, pour celles de travail.

L'exposition aux contraintes thermiques en milieu professionnel est également un facteur de risque physique courant, auquel contribuent les conditions environnementales, telles que la température ou le taux d'hygrométrie ambiant, mais également l'intensité de l'effort physique, vecteur de production de chaleur corporelle. Selon les résultats de l'enquête précédemment citée, les hommes sont généralement plus exposés que les femmes à ces contraintes. Ainsi, le travail à la chaleur (> 24 °C), comme le travail au froid (< 15 °C), concernent 8 % des hommes et 4 % des femmes [1]. Ces expositions, en plus de solliciter plus intensément l'appareil locomoteur et le système cardiorespiratoire, peuvent aussi induire, dans les cas les plus graves, une élévation ou une diminution dangereuse de la température corporelle, entraînant par exemple pour les températures élevées un épuisement à la chaleur ou un coup de chaleur potentiellement mortel, et pour les faibles températures, le déclen-

→

chement d'un phénomène de Raynaud ou une hypothermie sévère, voire mortelle. Il a ainsi été rapporté, par la direction générale du travail (DGT) et Santé publique France (SpF), sept accidents du travail mortels en 2022 en lien possible avec les périodes de forte chaleur.

Les atteintes à la santé, différenciées entre les hommes et les femmes, peuvent tout d'abord s'expliquer par des différences d'exposition aux contraintes physiques et thermiques liées aux activités et/ou métiers exercés par chacun. Toutefois, certaines spécificités morphologiques, biomécaniques, physiologiques ou encore comportementales liées au sexe biologique, peuvent aussi contribuer à la survenue différenciée de ces atteintes à la santé. Cet article propose ainsi une description des principales différences liées au sexe biologique relatives à l'appareil locomoteur et aux fonctions cardiorespiratoire et thermorégulatrice. La prise en compte de ces disparités dans le cadre d'une démarche de prévention des risques professionnels est ensuite discutée.

Appareil locomoteur et différences liées au sexe biologique

L'appareil locomoteur comprend les os, les muscles, les tendons et les ligaments ; il est particulièrement mobilisé lors de la réalisation de tâches de travail impliquant des efforts physiques et/ou des mouvements.

La première différence qui peut être relevée entre l'homme et la femme (déterminée par le sexe biologique) concerne l'anthropométrie : l'homme est en moyenne plus grand et plus lourd que la femme, la masse maigre corporelle est plus élevée chez l'homme et les masses grasses sont différemment localisées (principalement au niveau de l'abdomen pour l'homme, et du bassin et des cuisses pour la femme). Aussi, la masse musculaire de la femme représente environ 65 % de celle de l'homme et approximativement 30 % du poids du corps, alors que cette valeur avoisine 40 % du poids de corps chez l'homme. Enfin, une différence de répartition de la masse musculaire des membres supérieurs et inférieurs est également observée entre les deux sexes : chez la femme, la masse musculaire des membres supérieurs représente environ 60 % de celle de l'homme et celle des membres inférieurs environ 70 %. La production de testostérone, nettement plus importante chez l'homme à partir de la puberté, joue un rôle déterminant dans la croissance des os et des muscles, contribuant à ces différences anthropométriques [4].

Parallèlement, la force musculaire est significativement plus élevée chez l'homme que chez la femme, avec également une différence généralement plus marquée pour les muscles du haut du corps que pour ceux du bas du corps. Ainsi, la force des muscles du haut du corps chez la femme est environ 50 % à 60 % celle de l'homme, alors que ce rapport est plutôt de l'ordre de 60 % à 70 % pour les muscles du bas du corps et de 60 % pour les muscles du tronc. Ces valeurs sont des moyennes qui peuvent masquer une variabilité importante entre les personnes selon les muscles considérés et le type de contraction (excentrique[1] : allongement du muscle ; concentrique[2] : raccourcissement du muscle ; et isométrique[3] : longueur constante) [4].

Contrairement à la force musculaire, l'endurance musculaire, qui caractérise la capacité à maintenir

© Claude Almodovar pour l'INRS / 2018

Préparation de commande dans le secteur logistique : montage d'une palette.

un effort musculaire dans le temps et à limiter la survenue de la fatigue musculaire, est généralement plus élevée chez la femme que chez l'homme. Toutefois, cette différence, qui a surtout été observée lors de contractions statiques (isométriques), semble moins évidente lors de contractions dynamiques (concentriques et excentriques) et apparaît dépendre des muscles et des intensités de contraction considérés. Par exemple, lors de contractions isométriques de faible intensité, il a été observé une endurance plus grande chez la femme pour les muscles fléchisseurs du coude et aucune différence pour les muscles extenseurs du coude. Cette différence d'endurance entre les deux sexes lors de contractions isométriques semble diminuer également avec l'augmentation de l'intensité de l'effort, mais aussi lors de la réalisation d'une tâche cognitive concomitante. Concernant les contractions dynamiques, la différence homme/femme apparaît moins marquée et dépend également du groupe musculaire considéré, de l'intensité et de la vitesse du mouvement. Plus globalement, des études ont permis d'observer une fatigue musculaire moindre chez la femme lors d'exercices plus ou moins longs impliquant le corps entier. La différence homme/femme concernant l'endurance musculaire apparaît donc dépendante de la tâche réalisée et des muscles mobilisés, du type et de l'intensité des contractions. Par ailleurs, chez la femme, il existe des variations de performance d'endurance au cours du cycle menstruel ; elles apparaissent toutefois généralement très faibles au regard des différences homme/femme. Enfin, il est important de noter que la différence entre les sexes relative à l'endurance musculaire tend à se réduire avec l'âge [5-6].

Les différences de capacités musculaires (force et endurance) constatées ont plusieurs origines physiologiques. La masse et le volume musculaire plus élevés ainsi que des fibres musculaires plus grosses chez l'homme favorisent une production de force accrue. Des différences dans la répartition de la typologie des fibres musculaires ont également été observées, avec une proportion de fibres de type I (dites fibres lentes) qui tend à être plus élevée chez la femme et donc une proportion de fibres de type II (dites fibres rapides) qui tend également à être plus élevée chez l'homme [7]. Par rapport aux fibres de type II, celles de type I sont plus petites, se contractent plus lentement, développent moins de force, sont activées à des niveaux d'excitation plus faibles (et donc en premier lors d'une contraction musculaire) et sont moins fatigables (les fibres de type II s'épuisant très vite). Cette disparité dans la répartition des types de fibres peut ainsi expliquer à la fois les différences de capacité de production de force et d'endurance musculaire. La pratique d'activités physiques plus fréquente pour les hommes (notamment dans l'enfance et à l'adolescence) et à des intensités plus élevées, combinée aux différences hormonales existant entre l'homme et la femme, pourraient expliquer cette disparité dans la proportion de chaque type de fibres [7].

Par ailleurs, une spécificité liée au sexe dans l'utilisation des substrats au niveau métabolique, ainsi qu'une vascularisation intramusculaire plus élevée pour certains muscles (favorisant une meilleure oxygénation tout en limitant l'accumulation de métabolites), peuvent également contribuer à expliquer une endurance musculaire accrue chez la femme [5]. Il est aussi important de mentionner le rôle joué par les hormones sexuelles (androgènes et ovariennes) dans les observations rapportées ci-dessus : par exemple, la testostérone intervient dans l'augmentation de la masse musculaire et les œstrogènes ont un rôle dans l'oxydation des lipides, favorisant la capacité d'endurance [8].

Enfin, les différences liées au sexe peuvent concerner les propriétés morphologiques et mécaniques de divers autres éléments de l'appareil locomoteur. Par exemple, la surface d'une section, une résistance à l'effort ou une raideur plus faibles chez la femme ont été observées sur certains tendons (par exemple, le tendon d'Achille) ou ligaments (par exemple, le ligament croisé antérieur). Notamment, influencée par des concentrations d'œstrogènes sanguins supérieurs chez la femme, la raideur moindre de ces tissus conjonctifs permet d'expliquer une plus grande souplesse articulaire chez la femme ainsi qu'un risque différencié, selon le sexe, de survenue de certaines atteintes ligamentaires ou tendineuses [9].

Toutes les différences évoquées peuvent ainsi contribuer à expliquer une part liée au sexe dans la survenue des atteintes de l'appareil locomoteur.

© Claude Almodovar pour l'INRS / 2022

Centre de rééducation fonctionnelle : manipulation d'un patient par deux soignants à l'aide d'un dispositif de rouleaux.

© Fabrice Dimier pour l'INRS / 2024

De plus, pour un niveau de sollicitation externe identique (comme la manutention de charges de 10 kg), la capacité de production de force plus faible chez la femme peut s'accompagner de sollicitations musculotendineuses plus élevées qui, répétées dans le temps, peuvent expliquer la survenue d'atteintes plus nombreuses. *A contrario*, des tâches impliquant des efforts statiques de faible intensité et prolongés pourraient être moins défavorables pour la femme en termes de survenue de fatigue musculaire. Les différences anthropométriques, de morphologie (orientation et forme du sacrum), de répartition de capacité de production de force entre le haut et le bas du corps, de raideur des tendons ou encore de répartition de la masse grasse ont également été avancées pour expliquer des différences de stratégies de mobilisation des hanches et du rachis lors de tâches de manutention manuelle, pouvant exposer la femme à des contraintes lombaires plus élevées et à un risque accru de lombalgie [10]. Aussi, une proportion plus importante de fibres de type I associée à une plus faible variabilité motrice (limitant le turnover dans la sollicitation des différentes fibres musculaires) pourraient, chez la femme, contribuer à expliquer, au moins partiellement, le mécanisme de survenue d'atteintes musculaires au niveau du cou et des épaules, lors de la réalisation de tâches maintenues de faible intensité [11].

Toutes les spécificités liées au sexe présentées ici doivent donc être identifiées et prises en compte lors de l'élaboration d'une démarche de prévention des risques professionnels efficace pour tous.

Système cardiorespiratoire, métabolisme énergétique et différences liées au sexe biologique

Le système cardiorespiratoire permet d'apporter du dioxygène (O_2) aux cellules des différents organes du corps humain et d'évacuer le dioxyde de carbone (CO_2), produit du métabolisme énergétique (*i.e.* la transformation de substrats en énergie).

Ce système, composé des poumons, du cœur et des vaisseaux sanguins, est continuellement sollicité et il l'est d'autant plus quand la charge physique de travail augmente. S'il a été mis en évidence qu'une charge physique de travail élevée était associée à divers effets délétères sur la santé et à l'élévation de l'absentéisme, il apparaît toutefois qu'une bonne capacité cardiorespiratoire permet de réduire ou d'éviter certains de ces effets [12]. Or, la femme et l'homme présentent en moyenne des différences quant à leurs capacités cardiorespiratoires.

Le $\dot{V}O_2$ max, qui représente le volume maximal d'O_2 que l'organisme est capable d'utiliser au cours d'un effort physique et qui est un très bon indicateur du niveau de capacité cardiorespiratoire, est par exemple plus faible chez la femme que chez l'homme [13]. Cette différence est notamment liée au débit cardiaque, qui est le produit de la fréquence cardiaque (*i.e.* le nombre de battements du cœur par minute) et du volume d'éjection systolique (*i.e.* la quantité de sang expulsé par le cœur à chaque battement). La fréquence cardiaque maximale étant similaire entre les deux sexes, la différence de débit cardiaque, et donc de $\dot{V}O_2$ max, proviendrait en partie du volume d'éjection systolique plus faible chez la femme [13]. Ceci est à mettre en regard des caractéristiques dimensionnelles du cœur, la femme présentant un organe dont le poids et le volume du ventricule gauche sont plus faibles que ceux de l'homme. À noter que ces différences morphologiques et fonctionnelles subsistent après ajustement par rapport à la corpulence des individus [14]. Le volume total de sang et la quantité de globules rouges sont également réduits chez la femme, contribuant aussi à limiter leur $\dot{V}O_2$ max par rapport à l'homme [13]. Par ailleurs, si la fréquence cardiaque maximale est similaire entre les deux sexes, la fréquence cardiaque de repos est quant à elle plus élevée chez la femme [14]. De ce fait, la fréquence cardiaque de réserve (*i.e.* la différence entre le maximum et le minimum) s'en trouve réduite. Or, cette fréquence cardiaque de réserve correspond à la plage possible de régulation cardiaque lors d'efforts physiques. En moyenne, pour une même tâche physique de travail, la femme sollicitera son système cardiovasculaire à un pourcentage plus élevé de sa capacité maximale, conduisant à une contrainte accrue de celui-ci et à une apparition possible de fatigue plus rapide [13]. Des différences de capacités respiratoires sont éga-

lement relevées et contribuent à cet écart de capacités fonctionnelles entre les deux sexes.
Le pic de ventilation, représentant le débit maximal d'air que l'on est capable d'inspirer/expirer (en litre par minute), est ainsi plus faible chez la femme que chez l'homme [15]. Ceci est en partie lié au fait que la femme a, en moyenne, des poumons plus petits et des volumes fonctionnels plus faibles que l'homme, même après ajustement en fonction de la corpulence des individus [15]. Enfin, il est à noter que ces capacités cardiorespiratoires, chez l'adulte, se dégradent avec l'âge. Toutefois, cette altération est plus marquée au fil du temps pour l'homme que pour la femme [13], réduisant ainsi la disparité observée entre les deux sexes au fur et à mesure de l'avancée en âge.
Lors d'efforts prolongés, en parallèle de la sollicitation du système cardiorespiratoire, le métabolisme énergétique apparaît également essentiel dans l'accomplissement d'une tâche physique de travail. Il correspond à l'ensemble des réactions chimiques au niveau des cellules de l'organisme, permettant la production d'énergie, nécessaire notamment lors de la sollicitation des muscles squelettiques. Ici encore, femme et homme ne sont pas égaux d'un point de vue physiologique. En général, durant des exercices d'intensité faible ou moyenne (typiques d'une activité physique de travail), la femme utiliserait davantage le métabolisme des lipides, alors que l'homme favoriserait celui des glucides [16]. Les mécanismes sous-jacents sont liés à des différences entre les deux sexes concernant les hormones sexuelles (majoritairement testostérone pour l'homme, œstrogène et progestérone pour la femme), l'activation adrénergique (différents taux et effets des neurotransmetteurs), la distribution des fibres musculaires (davantage de type I chez la femme), le taux et la distribution de la masse grasse (davantage chez la femme et localisée préférentiellement dans le bas du corps) ou encore la quantité de substrats au repos (de glycogène notamment) [16]. Si cette différence dans le métabolisme énergétique semble privilégier l'homme pour des efforts de courte durée à haute intensité (pour lesquels les glucides sont préférés), elle avantagerait la femme pour des efforts de plus longue durée (utilisation préférée des lipides et préservation des glucides). Néanmoins, de nombreux facteurs, tels que l'âge, l'apport alimentaire, la génétique ou encore des événements du cycle de la vie chez la femme (périodes du cycle menstruel, grossesse, ménopause), pourraient impacter l'utilisation des substrats et donc moduler ces différences de métabolisme entre les deux sexes.
En résumé, lors d'une tâche physique de travail, le système cardiorespiratoire et le métabolisme énergétique de l'homme et de la femme ne sont globalement pas sollicités à l'identique. Il est alors possible que les conséquences en termes d'astreintes physiques et d'atteintes à la santé puissent être différentes entre les deux sexes.

Thermorégulation et différences liées au sexe biologique

La thermorégulation fait référence à un ensemble de mécanismes permettant à l'être humain de maintenir sa température corporelle centrale constante, dans une large gamme d'environnements (chauds, froids, humides…) et de niveaux d'activité physique (plus ou moins intenses). Ces mécanismes visent à maintenir un équilibre entre les apports (thermogénèse) et les pertes (thermolyse) de chaleur. La thermogénèse est un sous-produit du métabolisme cellulaire et/ou de l'exposition à des températures extérieures supérieures à la surface du corps. La thermolyse se produit par conduction, convection, rayonnement et évaporation, dont les taux sont régis par les propriétés physiques de la peau (surface, température de la peau et mouillure) et de l'environnement (température de l'air ambiant, hygrométrie, vitesse de l'air, coefficient d'isolation des vêtements…) [17].
Les contraintes thermiques vont ainsi provoquer des déséquilibres transitoires ou persistants entre les apports et les pertes de chaleur et induire une élévation ou une baisse de la température corpo-

© Claude Almodovar pour l'INRS / 2024

Soignante et jeunes patients dans un centre hospitalier.

relle centrale. Lors d'une exposition au froid, pour éviter la diminution excessive de la température corporelle, les réponses homéostatiques autonomes (thermogénèse et vasoconstriction), visant à maintenir la stabilité de la température corporelle, vont augmenter le métabolisme cellulaire par le biais de la thermogénèse, avec et sans frissons (mécanisme contribuant à la production de chaleur) et augmenter l'isolation périphérique par le biais d'une diminution du flux sanguin cutané. Lors d'une exposition passive (sans effort physique) ou dynamique (avec effort physique) à la chaleur, la température corporelle centrale augmente [18]. Cette augmentation provoque la dilatation des vaisseaux sanguins périphériques cutanés, entraînant un accroissement de la température cutanée et une perte de chaleur par convection et rayonnement. Si ce mécanisme ne rétablit pas l'équilibre thermique, une perte de chaleur supplémentaire se produit par la transpiration, qui est d'ailleurs l'un des mécanismes les plus efficaces, à condition que la sueur puisse s'évaporer.

Les hormones sexuelles féminines influencent significativement la thermorégulation en induisant des variations tout au long du cycle menstruel, qui modifient notamment la température corporelle de base et les seuils de déclenchement des mécanismes d'échange thermique [19]. Cette influence soulève des questions sur l'efficacité comparative de la thermorégulation entre l'homme et la femme dans diverses conditions thermiques et d'effort physique. Les recherches indiquent que les femmes pourraient être plus vulnérables à une astreinte cardiovasculaire et thermique accrue, particulièrement lors d'exercices physiques en environnement chaud, et que ces dernières pourraient ressentir un inconfort plus prononcé lors d'expositions au froid ou au chaud, par rapport aux hommes (du fait d'une plus grande sensibilité thermique). Aujourd'hui, les différences homme/femme s'expliquent en grande partie par des différences de masse et de surface corporelle, de condition physique, d'état d'acclimatation ainsi que de conditions environnementales, telles que l'humidité relative. Ainsi, indépendamment du sexe biologique, il est important de noter que la masse, la répartition (masse grasse, masse maigre) et la surface corporelle vont influencer la thermorégulation. La masse corporelle sert en effet de puits de chaleur interne, qui agit sur le stockage de celle-ci. Les changements de température centrale sont donc inversement liés à la masse corporelle : par exemple, pour une masse corporelle importante, l'augmentation de la température centrale est moins élevée grâce, entre autres, à un stockage de chaleur potentiellement plus grand. La composition corporelle est tout aussi importante à considérer dans le stockage de chaleur, la masse maigre ayant une plus grande capacité de stockage que la masse grasse (charge thermique de 3,65 contre 2,51 $J.g^{-1}.C^{-1}$). Cela signifie que les individus ayant un fort pourcentage de masse grasse connaissent plus rapidement une augmentation de leur température centrale [20]. La surface corporelle détermine l'espace d'échange de chaleur avec l'environnement. Cela suggère que plus la surface est grande, plus les possibilités de perdre ou gagner de la chaleur est importante. Ainsi, les personnes ayant une plus grande surface corporelle devraient, lors d'expositions à la chaleur, être avantagées par rapport à celles possédant une moindre surface corporelle. Cependant, cela n'est vrai que si la masse corporelle est identique.

Le facteur réellement déterminant est le rapport surface/masse. Un rapport élevé favorise une dissipation de la chaleur plus efficace, en raison d'une plus grande zone d'échange avec l'environnement, alors qu'un rapport plus faible limite la perte de chaleur en environnement froid mais est moins efficace pour dissiper la chaleur en environnement chaud. Toutefois, les mécanismes actifs de la thermorégulation (sudation, débit cardiaque) et les conditions environnementales peuvent moduler ces effets de dissipation. Ainsi, l'ensemble de ces facteurs liés aux caractéristiques anthropométriques induit une élévation plus rapide de la température centrale et mobilise plus précocement les mécanismes de thermorégulation chez la femme

© Gael Kerbaol / INRS / 2019

Ligne de découpe manuelle dans un abattoir de volailles.

© Gael Kerbaol / INRS / 2025

que chez l'homme, la rendant plus sensible aux contraintes thermiques.

La combinaison entre la charge physique et l'exposition à un environnement thermique contraignant (comme une chaleur élevée) représente, par ailleurs, un défi pour le système cardiovasculaire. En effet, dans cette situation, le volume sanguin doit être partagé entre les muscles actifs (pour leur fournir l'oxygène dont ils ont besoin) et la peau (pour dissiper la chaleur), afin de répondre à la double demande en apport sanguin (effort et thermorégulation). Or, le volume sanguin a tendance à être plus faible chez les personnes ayant une plus faible capacité aérobie (la femme par rapport à l'homme), représentant par conséquent une contrainte cardiovasculaire plus importante pour ces dernières. De plus, lorsque les besoins en dissipation de chaleur (métabolique et environnementale) sont très élevés, le taux de transpiration est inférieur chez les femmes comparativement aux hommes (pour des populations d'âge, de taille, de masse et de condition physique similaires) [21]. Cette observation est probablement due à une production réduite de sueur des glandes sudoripares [22]. La diminution de la transpiration peut être considérée comme un inconvénient (c'est-à-dire moins de perte de chaleur) ou un avantage (c'est-à-dire moins de perte de volume hydrique/déshydratation). Il est toutefois important de souligner, que ces différences n'apparaissent que dans des situations spécifiques (un environnement très chaud et sec). Par conséquent, bien que les différences observées soient statistiquement et physiologiquement significatives dans ces situations, il est relativement peu probable que ce type d'environnement soit rencontré dans une majeure partie des milieux professionnels.

En dehors des différences entre l'homme et la femme mentionnées précédemment, il semblerait que l'état hormonal résultant de la phase du cycle menstruel ou de l'utilisation de contraceptifs oraux et des différentes périodes de la vie (grossesse et ménopause) peut moduler la réponse thermorégulatrice autonome aux contraintes thermiques chez la femme [19]. Au cours du cycle menstruel, la variation de température fluctue entre 0,5 °C et 0,8 °C, avec une légère diminution avant l'ovulation lorsque la concentration d'œstrogènes est élevée. Les œstrogènes tendent à favoriser la dissipation de la chaleur en favorisant la vasodilatation périphérique cutanée [23]. Lorsque la concentration de progestérone endogène ou exogène est élevée (comme pendant la phase lutéale moyenne ou avec un contraceptif oral combiné), la température centrale et les seuils de déclenchement des réponses autonomes sont modifiés pour atteindre des températures plus élevées. Par exemple, le début de la transpiration se produit à une température corporelle interne plus élevée par rapport à la phase folliculaire (concentration de progestérone plus faible), ce qui prouve l'impact du cycle menstruel sur la thermorégulation, sans toutefois préjuger des conséquences possibles en termes d'effet sur la santé.

Des différences, bien que mineures, existent aussi en matière de perception thermique [24]. La femme est généralement plus sensible aux variations de température et déclare ressentir un inconfort plus marqué dans des environnements chauds ou froids. Elle a également tendance à préférer des températures légèrement plus élevées [25]. Ces différences peuvent être attribuées à plusieurs facteurs physiologiques et comportementaux : une densité et

→

une profondeur différentes des récepteurs sensoriels, une épaisseur de l'épiderme moindre, une température de peau généralement plus basse, ainsi que des différences de la composition et de la surface corporelles déjà mentionnées.
Chez la femme, la sensibilité thermique ou la réactivité des réponses autonomes (vasodilatation/vasoconstriction, sudation) peut être accentuée tout au long du cycle menstruel en raison des variations hormonales. En réponse à ces différences, la femme adopte souvent des stratégies de thermorégulation comportementale plus précoces et proactives. Par exemple, elle ajuste son rythme d'activité ou prolonge ses périodes de récupération pour mieux gérer les contraintes thermiques.
En résumé, les mécanismes d'adaptation aux ambiances thermiques apparaissent influencés par le sexe biologique. Ces spécificités doivent donc être considérées dans la mise en œuvre d'une démarche de prévention qui vise à limiter les astreintes thermiques.

Intégration du sexe biologique dans la prévention des risques professionnels associés aux contraintes physiques et thermiques

La mise en place d'une démarche de prévention primaire des risques professionnels doit permettre de protéger tous les salariés, quel que soit leur sexe. Ainsi, les différences physiologiques homme/femme évoquées précédemment doivent être considérées dans une telle démarche, et tout particulièrement lors des étapes d'évaluation des risques à des fins de transformation des situations de travail.

© Fabrice Dimier pour l'INRS / 2018

Concernant les contraintes physiques, qui peuvent solliciter fortement l'appareil locomoteur et le système cardiorespiratoire, il est notamment possible, lors de l'évaluation des risques, de se référer à des normes et valeurs de référence (issues de publications scientifiques) relatives au dimensionnement des postes, à la manutention manuelle de charge, aux postures, à la répétitivité des gestes, aux efforts à exercer, à la fréquence cardiaque ou encore au métabolisme énergétique. Ces documents de référence proposent des valeurs limites visant à protéger l'ensemble des salariés, quel que soit leur sexe bien sûr, mais également leur âge.
Lors de la conception ou de la transformation des situations de travail, il est également possible de s'appuyer sur ces recommandations afin d'éviter des contraintes physiques de travail trop élevées. Des solutions techniques permettant de prendre en compte les différences interindividuelles, qu'elles soient liées au sexe biologique ou non, doivent également être privilégiées pour limiter l'exposition à certains facteurs de risque. Ainsi, le réglage de la hauteur ou de l'emplacement des différentes zones d'atteintes des postes de travail doit permettre d'éviter des contraintes posturales liées aux différences anthropométriques observées entre l'homme et la femme. Au niveau organisationnel, il est important de considérer l'alternance des tâches, la rotation de postes ou de permettre une variabilité motrice dans les tâches réalisées, afin de limiter les sollicitations des mêmes structures musculotendineuses et potentiellement, la survenue de la fatigue musculaire. En effet, ces mesures permettraient d'aider à la fois les hommes qui seraient plus sensibles à la survenue de fatigue musculaire sur des efforts prolongés, mais également les femmes chez qui il a été observé des altérations de fibres musculaires de type I lors de la réalisation de certaines tâches de faible intensité sur de longues périodes de travail. L'organisation de pauses régulières au regard de l'activité réalisée et des caractéristiques de chacun permet en outre une récupération pour l'appareil locomoteur et le système cardiorespiratoire. D'une manière générale, la conception et la transformation des situations de travail doivent permettre la mise à disposition de tout un ensemble de ressources (techniques, organisationnelles…) offrant à tous les salariés (hommes, femmes, jeunes, travailleurs âgés…) la possibilité de construire les marges de manœuvre nécessaires à la préservation de leur santé [26].
Concernant les expositions aux ambiances thermiques, l'évaluation des risques peut également s'appuyer sur des valeurs repères [27]. Pour le travail à la chaleur, l'objectif est de prévenir tout risque d'augmentation de la température corporelle centrale supérieure à 1,5 °C (vis-à-vis d'un seuil au repos de 37 °C), correspondant à une élé-

vation dangereuse et pouvant prédisposer à un coup de chaleur. Ces valeurs repères, bien qu'utiles à ce jour, sont toutefois essentiellement basées sur des données issues d'une population exclusivement masculine. Ainsi, au regard des différences homme/femme (les hommes dissipant notamment mieux la chaleur grâce à une transpiration plus efficace), il apparaît important de considérer avec prudence les valeurs limites d'exposition lors d'une analyse des risques liés au travail à la chaleur. De nouveaux travaux de recherche doivent être encouragés pour faire évoluer ces valeurs, de manière à tenir compte de la différence de thermorégulation liée au sexe et de les rendre protectrices pour tous. Pour ce qui est du travail au froid, il n'existe pas de valeurs repères d'exposition réglementaires. Il est toutefois important de considérer une température centrale de 35 °C comme un premier stade d'hypothermie. Des valeurs repères d'exposition au froid devront également considérer l'impact du sexe, notamment le fait que la femme tend à être plus sensible au froid que l'homme.

En conception ou lors de la transformation des situations de travail, les actions de prévention concernant le travail à la chaleur doivent, comme pour les contraintes physiques, articuler à la fois des mesures techniques telles que l'aménagement des locaux (isolation thermique du bâtiment, climatisation, fontaines à eau…) ou des process (réduction de la puissance des sources de chaleur…) et des mesures organisationnelles. Ces dernières doivent viser, par exemple, à limiter les temps d'exposition et l'intensité de l'effort physique, à ajuster la stratégie d'alternance des temps de travail et de repos, ou encore à aménager les horaires de travail en privilégiant les heures de travail les plus fraîches. Des mesures individuelles, comme le port d'une tenue de travail ou d'EPI adaptés, peuvent aussi être envisagées [17]. Il convient dans ce cas de s'assurer que ces équipements individuels de travail soient adaptés à toutes les morphologies. Enfin, il est à noter une spécificité liée au sexe dans le processus d'acclimatation à la chaleur, lequel représente une certaine forme de protection contre l'hyperthermie excessive, en influençant positivement la thermotolérance. En effet, ce processus est généralement plus long chez la femme que chez l'homme. Cette différence doit aussi être considérée dans l'organisation du travail, notamment lors des transitions saisonnières (en début de périodes chaudes, par exemple) ou pour tout salarié nouvellement exposé à la chaleur. En ce qui concerne le travail au froid, il est recommandé d'appliquer des mesures similaires au travail à la chaleur afin de s'adapter, cette fois, aux basses températures (chauffage des locaux, organisation de pauses dans des espaces chauffés, port de vêtements chauds…) [28].

© Gael Kerbaol / INRS / 2019

Atelier de travail manuel et de soufflerie dans une entreprise de verrerie.

Dans cet article, si l'accent est mis sur des différences moyennes entre une population d'hommes et une population de femmes, il convient également de rappeler que l'hétérogénéité interindividuelle au sein d'une même population (d'hommes ou de femmes) est large et conséquente. Ainsi, pour un même sexe, il est possible de retrouver une plage de variation tout aussi importante que la seule différence de moyenne entre hommes et femmes. Il est donc important de considérer toute la variabilité humaine et de s'appuyer sur un échantillon représentatif de la population considérée, à la fois lors de l'établissement de valeurs limites d'exposition, et aussi lors de l'étape d'évaluation des risques dans une démarche de prévention.

Conclusion

Sans être exhaustif, cet article permet d'illustrer les principales différences homme/femme relatives à l'appareil locomoteur, à la fonction cardiorespiratoire et à la thermorégulation. À contrainte de travail identique, ces différences sont susceptibles d'occasionner des astreintes spécifiques. Il est donc important de les considérer dans le cadre d'une démarche de prévention des risques professionnels, tant au niveau de l'étape d'évaluation des risques que lors de la conception ou de la transformation des situations de travail. En effet, la prévention doit être collective dans le sens où elle doit permettre de protéger tous les salariés, quel que soit leur sexe, leur âge… Si pour certains risques, les spécificités physiologiques liées au sexe ont été prises en compte dans les valeurs limites préconisées (comme les valeurs de port de charges), il appa-

→

raît toutefois que, pour d'autres, ces valeurs seuils ont été établies à partir de travaux scientifiques ne considérant que les hommes (par exemple, les contraintes thermiques). Ce constat démontre la nécessité d'intégrer une approche sexuée dans les futurs travaux de recherche en physiologie du travail, visant à caractériser les astreintes au travail et à établir des préconisations favorables à tous les salariés. ●

1. Contraction excentrique : contraction musculaire avec mouvement durant laquelle la longueur du muscle augmente (cas du biceps brachial durant l'extension du coude).

2. Contraction concentrique : contraction musculaire avec mouvement durant laquelle la longueur du muscle diminue (cas du biceps brachial durant la flexion du coude).

3. Contraction isométrique : contraction musculaire sans mouvement durant laquelle la longueur du muscle ne varie pas.

BIBLIOGRAPHIE

[1] MATINET B. *ET AL.* – Les expositions aux risques professionnels – Les contraintes physiques. *Synthèse Stat',* 2020. 33, p. 225.

[2] BRIÈRE J., FOUQUET N. – *Prévalence de troubles musculosquelettiques en France, dans la population générale et dans la population des actifs occupés selon la catégorie socio-professionnelle.* Santé publique France, 2024.

[3] HOLTERMANN A. *ET AL.* – The physical activity paradox in cardiovascular disease and all-cause mortality: the contemporary Copenhagen general population study with 104 046 adults. *Eur Heart J,* 2021, 42 (15), pp. 1499-1511.

[4] NUZZO J.L. – Narrative review of sex differences in muscle strength, endurance, activation, size, fiber type, and strength training participation rates, preferences, motivations, injuries, and neuromuscular adaptations. *Journal of strength and conditioning research,* 2023, 37 (2), pp. 494-536.

[5] HUNTER S.K. – Sex differences in human fatigability: mechanisms and insight to physiological responses. *Acta Physiol (Oxf),* 2014, 210 (4), pp. 768-789.

[6] HUNTER S.K. – The relevance of sex differences in performance fatigability. *Medicine and science in sports and exercise,* 2016, 48 (11), pp. 2247-2256.

[7] NUZZO J.L. – Sex differences in skeletal muscle fiber types: a meta-analysis. *Clin Anat,* 2024, 37 (1), pp. 81-91.

[8] LANDEN S. *ET AL.* – Physiological and molecular sex differences in human skeletal muscle in response to exercise training. *J Physiol,* 2023, 601 (3), pp. 419-434.

[9] CHIDI-OGBOLU N., BAAR K. – Effect of estrogen on musculoskeletal performance and injury risk. *Front Physiol,* 2018, 9, p. 1834.

[10] PAN F. *ET AL.* – Sex-dependent differences in lumbo-pelvic coordination for different lifting tasks: A study on asymptomatic adults. *J Biomech,* 2020, 102, p. 109505.

[11] CÔTÉ J.N. – A critical review on physical factors and functional characteristics that may explain a sex/gender difference in work-related neck/shoulder disorders. *Ergonomics,* 2012, 55 (2), pp. 173-182.

[12] VAISANEN D. *ET AL.* – Moderating effect of cardiorespiratory fitness on sickness absence in occupational groups with different physical workloads. *Sci Rep,* 2023, 13 (1), p. 22904.

[13] BARNES J.N., FU Q. – Sex-specific ventricular and vascular adaptations to exercise. *Adv Exp Med Biol,* 2018, 1065, pp. 329-346.

[14] LEVY B.I. – Existe-t-il des différences entre les systèmes cardiovasculaires des hommes et des femmes ? *Archives des maladies du cœur et des vaisseaux – pratique,* 2023, 317, pp. 2-8.

[15] LOE H. *ET AL.* – Cardio-respiratory reference data in 4631 healthy men and women 20-90 years: the HUNT 3 fitness study. *PLoS One,* 2014, 9 (11), p. e113884.

[16] SANCHEZ B.N. *ET AL.* – Sex differences in energy metabolism: a female-oriented discussion. *Sports Med,* 2024, 54 (8), pp. 2033-2057.

[17] AUBRY C. *ET AL.* – Dossier – Travailler dans des ambiances thermiques chaudes ou froides : quelle prévention ? *Hygiène & sécurité du travail,* 2020, 259, pp. 36-66.

[18] MAIRIAUX P., MALCHAIRE J. – *Le travail en ambiance chaude : principes, méthodes, mise en œuvre.* Masson, 1990.

[19] CRAMER M.N., JAY O. – Biophysical aspects of human thermoregulation during heat stress. *Auton Neurosci,* 2016, 196, pp. 3-13.

[20] GAGNON D., KENNY G.P. – Sex differences in thermoeffector responses during exercise at fixed requirements for heat loss. *J Appl Physiol,* 2012, 113 (5), pp. 746-757.

[21] GAGNON D., KENNY G.P. – Sex modulates whole-body sudomotor thermosensitivity during exercise. *J Physiol,* 2011, 589 (24), pp. 6205-6217.

[22] BAKER F.C. *ET AL.* – Temperature regulation in women: effects of the menstrual cycle. *Temperature (Austin),* 2020, 7 (3), pp. 226-262.

[23] CHARKOUDIAN N., STACHENFELD N. – Sex hormone effects on autonomic mechanisms of thermoregulation in humans. *Auton Neurosci,* 2016, 196, pp. 75-80.

[24] GREENFIELD A.M. *ET AL.* – Sex differences in thermal sensitivity and perception: Implications for behavioral and autonomic thermoregulation. *Physiol Behav,* 2023. 263, pp. 114126.

[25] WANG Z. *ET AL.* – Individual difference in thermal comfort: a literature review. *Building and environment,* 2018, 138, pp. 181-193.

[26] INRS – *Démarche de prévention des troubles musculosquelettiques (TMS).* 2024, ED 6518.

[27] ACGIH – *Guide to occupational exposure values.* American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), 2023, p. 267.

[28] TURPIN-LEGENDRE E. *ET AL.* – Travailler dans une ambiance thermique froide. *Références en santé au travail,* 2019, 160, pp. 27-47.

ÉVALUATION DU DANGER DES SUBSTANCES CHIMIQUES : DES DIFFÉRENCES SELON LE SEXE MIEUX COMPRISES, MAIS DES LACUNES À COMBLER

En avril 2022, chez l'humain, on comptait 19 969 gènes codant pour des protéines. Que l'on soit homme ou femme, 99 % de ces gènes sont identiques. Pour autant, le capital chromosomique sexuel des hommes et des femmes est à l'origine de sensibilités différentes vis-à-vis de l'environnement. Le sexe est donc une variable essentielle à intégrer au moment de l'évaluation d'un danger et de la caractérisation de la toxicité des substances chimiques rencontrées en milieu professionnel ; d'autant que cette toxicité peut aussi affecter la descendance de la personne exposée. Cet article met en relief les connaissances acquises sur les différences de toxicité liées au sexe et celles restant à développer pour mieux évaluer le danger des substances chimiques et les risques professionnels auxquels les travailleuses et travailleurs sont exposés.

ISABELLE SPONNE, CHRISTIAN DARNE, SARAH VALENTINO
INRS, département Toxicologie et biométrologie

La présence du couple de chromosomes XX ou XY détermine le sexe biologique, respectivement femelle et mâle, des mammifères qui constituent l'essentiel des modèles utilisés en toxicologie pour identifier le danger des substances. C'est en étudiant les deux sexes d'un même modèle que peuvent être mises en évidence les différences dans la susceptibilité à la toxicité d'une substance chimique.
Outre l'étude des effets sanitaires, l'évaluation du danger des substances doit tenir compte également des fonctions biologiques spécifiques d'un sexe, comme la qualité du sperme pour les mâles ou les périodes de grossesse ou de lactation pour les femelles, la toxicité d'une substance pouvant se manifester au-delà de la seule santé du sujet directement exposé.

Caractérisation de la toxicité

Le processus de toxicité reliant l'exposition au toxique à ses effets sur la santé est jalonné de différentes étapes qui mettent en jeu de nombreux mécanismes biologiques. Ces étapes comprennent l'absorption de ce toxique, sa distribution, son métabolisme et sa persistance, plus ou moins longue, dans l'organisme. Elles incluent également la réponse d'une cellule, d'un tissu ou d'un organe cible face à ce toxique. Ces réponses peuvent entraîner un dysfonctionnement qui peut être associé à une pathologie ; dans ce contexte on utilise le terme de « mode d'action » du toxique. Des différences entre les sexes peuvent se manifester à chacune de ces étapes.

Absorption

La toxicité d'un produit associée à une exposition professionnelle est, en tout premier lieu, liée à son absorption par l'organisme. Au travail, les deux voies majeures d'absorption sont le contact cutané et l'inhalation.
Concernant le contact cutané, la peau diffère entre mâle et femelle, tant du point de vue des caractéristiques physicochimiques (épaisseur, pH, quantité de sébum…) que de sa composition cellulaire.
Il a par ailleurs été démontré que certaines substances sont absorbées différemment ; le trichloroéthylène par exemple, lorsqu'il est appliqué sur la peau des rats, est absorbé deux fois plus chez les femelles que chez les mâles, la testostérone*

Étude, dans un laboratoire de l'INRS, du potentiel transformant et cancérogène de nanotubes de carbone.

Gaël Kerbaol / INRS / 2023

(Cf. Glossaire p.51) contribuant à diminuer la pénétration cutanée [1].
Cependant, en raison du manque de données disponibles, l'absence de différence de perméabilité cutanée entre les deux sexes semble être admise, et les lignes directrices internationales utilisées pour tester l'absorption cutanée et réglementer les expositions professionnelles à des produits chimiques, ne recommandent pas spécifiquement de réaliser ces essais sur les deux sexes, que ce soit pour des modèles animaux ou humains (*via* les déchets chirurgicaux) [1].
Pour l'inhalation, les lignes directrices encadrant les risques toxiques associés à cette voie d'exposition mentionnent que le sexe des modèles expérimentaux animaux est une variable à considérer et recommandent notamment de choisir le sexe le plus sensible, *i.e.* avec l'effet toxique le plus important (dose létale plus faible) [2]. Cependant, les connaissances relatives à des différences d'absorption par inhalation entre les sexes demeurent également parcellaires.

Distribution

Cette absorption conditionne la charge corporelle (interne) d'un toxique. Une fois dans l'organisme, ce toxique va se distribuer dans différents organes et le sexe de l'individu interfère avec les conditions de cette distribution. Il a ainsi été démontré que, chez le rat, le *p*-dichlorobenzène (produit utilisé dans la fabrication de colorants et de disques abrasifs) s'accumule préférentiellement dans le foie des femelles et dans le rein des mâles. Les effets sanitaires observés, respectivement hépatotoxicité et néphrotoxicité, sont étroitement corrélés avec cette différence de distribution [2].

Métabolisation*

Par la suite, les substances sont métabolisées*. Les différences liées au sexe engendrent des variations de nature et de quantité de métabolites*. Clewell *et al.*, en dressant en 2002 une revue de la littérature, ont rapporté que l'activité de plusieurs enzymes, impliquées dans la métabolisation et la détoxication des xénobiotiques* (cytochromes et glucoronyl-transférases) était supérieure chez les mâles [3]. Les femmes ayant une clairance* rénale moyenne plus faible, l'élimination des substances et des métabolites est également plus lente et la persistance du toxique dans le corps plus longue, ce qui peut déterminer des effets sur la santé plus importants [4]. Ainsi, chez le rat, les femelles sont plus sensibles au DAPM (4,4'-diaminodiphénylméthane, utilisé dans la fabrication de polymères) notamment du fait d'une moins grande excrétion dans la bile et d'une capacité de détoxication moindre [5].

Modes d'action

Le toxique présent dans l'organisme conduit à des effets sur la santé par des mécanismes physiopathologiques dont la compréhension est essentielle à l'évaluation du danger. Les modes d'action conduisant à la toxicité d'un produit peuvent différer selon le sexe et ces différences sont de plus en plus étudiées, notamment dans ce qui relève des fonctions immunitaires et endocriniennes.
Le dimorphisme sexuel du système immunitaire, impliqué dans la défense de l'organisme, est de

mieux en mieux compris. L'épidémie de Covid-19 a mis l'accent sur des observations déjà établies depuis de nombreuses années, montrant que les femmes développent une réponse immunitaire plus forte, qui les protège plus efficacement de certaines infections mais qui les rend plus sujettes à d'autres pathologies[3]. Des réponses « exagérées » du système immunitaire peuvent en effet être à l'origine de symptômes inflammatoires ou d'allergies.
En milieu professionnel, cette « propension inflammatoire » du système immunitaire féminin pourrait, au moins partiellement, expliquer pourquoi les pathologies allergiques sont très majoritairement observées chez les femmes. Les dernières données de l'Assurance maladie relatives aux maladies professionnelles montrent ainsi que les eczémas (lésions cutanées) d'origine allergique touchent deux fois plus les femmes que les hommes[4]. De la même manière, la prévalence de l'asthme professionnel est plus élevée chez les femmes que chez les hommes[5].

Les mécanismes qui sous-tendent ce dimorphisme sexuel du système immunitaire sont de nature cellulaire, hormonale et génétique et ne sont pas indépendants les uns des autres. Plusieurs données expérimentales ont permis de mieux comprendre les différences liées au sexe de la réponse immunitaire.

Par exemple, dans les poumons de souris, le nombre et la fonction des cellules lymphoïdes innées de type 2 ou ILC2, qui sont impliquées dans le processus inflammatoire rencontré dans l'asthme, diminuent chez les souris mâles sous l'influence des androgènes*, soulignant le rôle protecteur de ce type d'hormone dans cette pathologie [6].
Très récemment, une étude réalisée chez la souris a montré qu'androgènes et cellules ILC2 étaient également impliqués dans le dimorphisme sexuel pour ce qui concerne l'immunité cutanée [7].
À l'heure actuelle, les conséquences sur la santé et/ou sur la sensibilité cutanée à certains composés chimiques de ces différences sexuées ne sont pas connues, d'autant que ces observations n'ont pour le moment pas été établies dans d'autres modèles animaux, ni même chez l'humain. De nouvelles études sont nécessaires pour savoir si les mêmes différences sont retrouvées chez d'autres espèces et en connaître les impacts sanitaires.
Ray *et al.* ont montré en 2019 que les souris femelles étaient plus susceptibles que les mâles de développer une inflammation pulmonaire après une exposition à des nanotubes de carbone. Ces mêmes auteurs ont par la suite établi que cette sensibilité différente pouvait être due à la présence prépondérante de macrophages* alvéolaires (poumon) de type M2a chez les femelles, vraisemblablement *via* une régulation par les œstrogènes* [8].

GLOSSAIRE

Androgène : se dit d'une hormone naturelle ou médicamenteuse, comme la testostérone, qui provoque le développement des caractères sexuels masculins.

Clairance : rapport entre le débit d'élimination d'une substance chimique et sa concentration dans le sang, reflétant le fonctionnement des organes.

Cryptorchidie : aussi appelée trouble de la migration du testicule ; absence d'un ou des deux testicules dans la bourse.

Cytokine : protéine produite par certaines cellules du système immunitaire et agissant sur d'autres cellules du même système pour en assurer la régulation.

Hypospadias : malformation congénitale et variation du développement sexuel ; se manifeste par l'ouverture de l'urètre dans la face inférieure du pénis au lieu de son extrémité.

Macrophage : grande cellule (globule blanc) ayant la propriété d'ingérer et de détruire de grosses particules (cellules lésées ou vieillies, particules étrangères…)

Métabolisation : processus biochimique par lequel une substance est convertie en d'autres composés dans l'organisme.

Métabolite : composé issu d'une transformation biochimique d'une molécule initiale.

Œstrogène : hormone secrétée par l'ovaire.

Voie de signalisation cellulaire : succession d'étapes impliquant plusieurs molécules dans une cellule ou à sa surface (récepteurs) qui fonctionnent ensemble pour contrôler les fonctions cellulaires (croissance, différenciation, mort…).

Xénobiotique : molécule d'origine étrangère à un organisme, présente exceptionnellement dans l'organisme et qui n'est ni un substrat, ni un produit habituel des réactions métaboliques.

A contrario, des nanoparticules de nickel provoquent une réponse inflammatoire plus marquée chez les souris mâles que chez les femelles, en raison d'un taux de cytokines* pro-inflammatoires et d'un nombre de lymphocytes neutrophiles plus élevés au niveau pulmonaire chez le mâle. Le taux de cytokines a ensuite été montré comme dépendant de protéines, dont le taux varie suivant le sexe [9]. Ces derniers travaux montrent qu'une vulnérabilité plus importante chez les femelles, du fait de réactions inflammatoires accrues, ne peut être généralisée et systématisée à toutes les substances chimiques.

Le plus souvent, les différences liées au sexe impliquent plus ou moins directement les hormones. L'effet toxique que certaines substances chimiques sont susceptibles d'engendrer sur le système qui coordonne le fonctionnement de ces hormones, le système endocrinien, est particulièrement étudié. Ce mode d'action spécifique définit un perturbateur endocrinien (PE) qui est, selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), *« une substance chimique d'origine naturelle ou synthétique étrangère à l'organisme et susceptible d'interférer avec le fonctionnement du système endocrinien »*, c'est-à-dire, des cellules et organes impliqués dans la production des hormones et leur action sur les cellules dites « cibles » *via* des récepteurs. Le caractère de PE est désormais obligatoirement indiqué sur l'étiquetage des produits chimiques lorsque les effets correspondants sont démontrés. Les conséquences sanitaires d'une exposition à un PE peuvent être différentes en fonction du sexe : femmes et hommes sont affectés différemment (*Cf. Encadré 1).*

Par exemple :

- le cadmium (étiqueté comme PE) est un cancérogène connu de l'appareil respiratoire ; il se retrouve également associé à certains cancers hormono-dépendants, notamment le cancer du sein et le cancer de l'endomètre chez des femmes ménopausées ou encore le cancer de la prostate [10] ;
- le bisphénol S, comme le bisphénol A (BP-A), agit également sur le système endocrinien chez l'humain, puisqu'il peut activer les récepteurs aux œstrogènes. Chez la souris, il a été démontré qu'il induisait une augmentation du poids des mâles mais pas des femelles *via* une accumulation différenciée des lipides [11].

Tous ces exemples, illustrant le devenir et le mode d'action du xénobiotique dans l'organisme, montrent l'importance de la prise en compte du sexe dans les études de leurs dangers, car les effets et les pathologies associées sont intimement liés avec celui-ci.

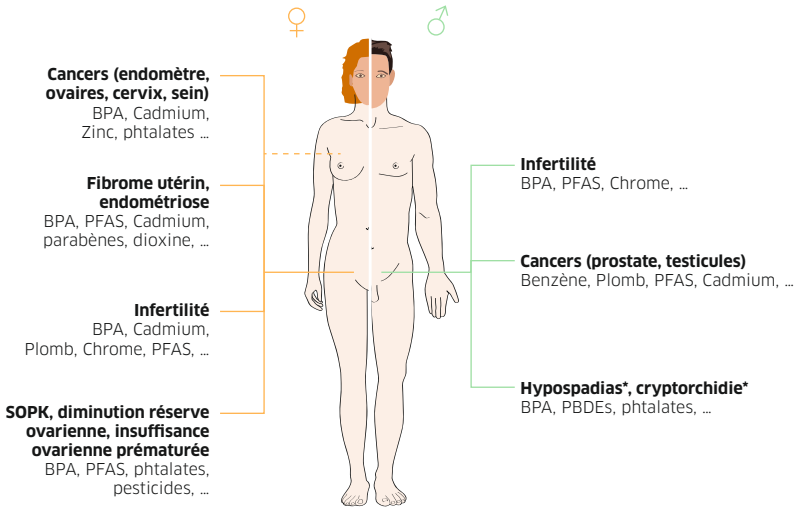
Dans ce contexte, il est essentiel de s'intéresser aux effets des expositions sur une fonction biologique spécifique comme la reproduction, les périodes qui y sont associées constituant des fenêtres de vulnérabilité particulières.

ENCADRÉ 1

EXEMPLES D'EFFETS DIFFÉRENCIÉS EN FONCTION DU SEXE DE SUBSTANCES CHIMIQUES

(adapté de Pan *et al.*, 2023 [30]).

BPA : Bisphénol A, PFAS : Substances per- et polypluoroalkylées, PBDEs : Polybromodiphénylethers.
SOPK : Syndrome.des ovaires polykystiques.



Périodes de vulnérabilité

Les atteintes des systèmes reproducteurs

Si l'on considère la période péri/pré-conceptionnelle, l'exposition paternelle aux PE peut modifier le nombre de spermatozoïdes, leur motilité et créer des altérations de l'ADN à travers le stress oxydant, ce qui réduit la fertilité et impacte le développement du futur enfant [12]. Il a été démontré chez la souris que l'état de santé du père induisait une composition altérée du plasma séminal (phase liquide du sperme), ce qui changeait la réponse utérine à la gestation (réponse immunologique, signalisation cellulaire, et remodelage vasculaire perturbés au moment de l'implantation *in utero*) et affectait ainsi la survie et la santé de la descendance [13].

Wei *et al.* ont montré que l'exposition de souris mâles à des particules de microplastique de polystyrène induisait une diminution de la spermatogénèse avec un nombre de spermatozoïdes réduits et déformés [14]. Chez les femelles, ces microplastiques génèrent un stress oxydatif plus important et la taille des ovaires et des follicules diminue. Un dosage hormonal a mis en évidence un taux d'œstrogènes augmenté et un taux de testostérone diminué chez les mâles, et inversement chez les femelles. Cette exposition a eu un impact sur la fertilité des femelles, avec moins de gestations et un nombre réduit d'embryons.

La diminution de la fertilité a également pu être démontrée après une exposition aux phtalates avec une baisse de la viabilité et de la fonctionnalité des spermatozoïdes chez l'homme. Le BPA et les dioxines induisent les mêmes effets [15].

Ces exemples mettent en évidence des impacts physiologiques d'une exposition aux agents chimiques pouvant modifier la fertilité des géniteurs et avoir des conséquences sur le développement et la viabilité de leur descendance.

Mais les effets d'une exposition lors de la période pré-conceptionnelle peuvent également modifier la lecture de la séquence de l'ADN. En effet, les facteurs environnementaux modifient les marques épigénétiques de notre génome [16]. Cela peut ainsi se traduire par une transmission paternelle de l'altération de l'expression du génome porté par le spermatozoïde qui féconde l'ovule. Phtalates, BPA, pesticides, dioxines, hydrocarbures aromatiques polycycliques induisent chez l'animal exposé mâle des modifications épigénétiques se propageant sur plusieurs générations, et souvent liées à l'apparition de maladies à la puberté ou à l'âge adulte (anomalies testiculaires ou prostatiques, troubles métaboliques, anomalies comportementales et développement de tumeurs) [17].

Grossesse – Exposition des fœtus

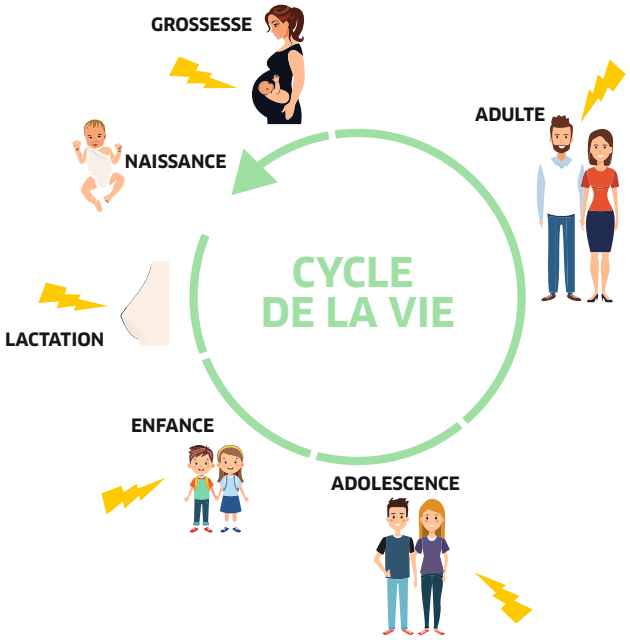
Chez la femme, les expositions durant la grossesse ont des conséquences sur la physiologie de la descendance. Ainsi, une exposition pendant la grossesse peut affecter le développement du fœtus et conduire à l'apparition de maladies à l'âge adulte. Le moment d'apparition et la gravité de ces maladies diffèrent selon le sexe fœtal (*Cf. Encadré 2*). Le placenta, organe essentiel au développement du fœtus, présente un dimorphisme sexuel et une grande plasticité. Dans des conditions défavorables, cette plasticité le conduit à des adaptations pour la survie du fœtus, qui peuvent être spécifiques au sexe, le programmant ainsi à être plus ou moins susceptible de développer des pathologies dans sa vie future [18].

ENCADRÉ 2

QU'EST-CE QUE LA PROGRAMMATION DÉVELOPPEMENTALE (DOHAD) ?

Le concept de « programmation développementale » (en anglais DOHaD : *Developmental origins of health and diseases* – Origines liées au développement de la santé et des maladies) est défini par le fait que les expositions au cours du début de la vie (dès la conception) influencent la santé à long terme. Les expositions environnementales ou professionnelles au cours du développement, et notamment à certains moments clés de celui-ci (fenêtres de vulnérabilité), peuvent provoquer des effets néfastes sur la santé à long terme et l'apparition de pathologies chez l'adulte. Cette notion de fenêtres de vulnérabilité s'appuie sur des études épidémiologiques et expérimentales.

Ces différentes fenêtres sont la préconception, la péri-conception, la grossesse/gestation, la lactation, l'enfance et l'adolescence. Selon le sexe de l'individu et l'exposition, les conséquences seront différentes.



© Gael Kerbaol / INRS / 2022

Préparation de formaldéhyde destiné aux salles d'opération en établissement hospitalier.

Chez la souris femelle, une exposition au benzène durant la gestation conduit à une résorption fœtale liée à l'activation immunitaire maternelle et à une réponse différente, selon qu'il s'agit d'un placenta mâle ou femelle [19]. Dans le cas du tricrésylphosphate (TCP, retardateur de flamme), l'exposition de rates gestantes entraîne non seulement une toxicité hépatique chez la femelle gestante, mais également dans les foies des fœtus, plus prononcée chez les fœtus femelles que mâles [20].

D'autres conséquences sexuées sur la descendance après une exposition gestationnelle ont été démontrées pour le PBDE-99 (2,2',4,4',5-pentabromodiphényléther, retardateur de flamme [21]), le GenX (substitut du PFOA, surfactant, anti-adhésif [22]), des nanoparticules de dioxyde de titane [23]. Il en va de même pour les expositions à certains métaux : arsenic, cadmium, plomb, sélénium et manganèse [24].

Si l'expertise collective menée par l'Inserm en 2019 indique des effets sexués d'une exposition professionnelle aux pesticides chez l'adulte, cette même étude indique que l'exposition maternelle a des conséquences sur les enfants, avec un risque fortement accru de malformation congénitale et de cancer de type leucémie[6].

Ces expositions semblent également avoir des effets comportementaux, comme cela a été montré chez les souris après une exposition des mères à des retardateurs de flamme organophosphorés, où les males descendants consomment plus de nourriture riche en graisses que les animaux témoins contemporains, alors que ce comportement n'est pas observé chez les femelles [25].

Lactation – Exposition de la descendance

S'il est admis qu'une exposition durant la grossesse peut avoir des effets délétères sur le fœtus et l'enfant à naitre, l'impact sur la composition du lait maternel et, par conséquent, sur l'enfant allaité est peu pris en compte. Cependant, une exposition à la pollution atmosphérique (gaz d'échappement de moteur diesel) pendant la gestation entraîne chez le lapin une perturbation du métabolisme lipidique dans les glandes mammaires, et la composition en lipides et en protéines du lait maternel s'en trouve modifiée, avec de possibles conséquences sur la progéniture allaitée [26]. Chez la souris, l'exposition de mères allaitantes à une mycotoxine (déoxynivalénol, présente dans les céréales et l'industrie agroalimentaire) entraîne des modifications morphologiques et fonctionnelles des testicules des descendants mâles qui se traduit par une spermatogénèse altérée à l'âge adulte [27].

Effets transgénérationnels

Les effets sexués d'une exposition professionnelle chez l'adulte au niveau de la descendance ont été évoqués, mais il faut aussi mentionner que les effets de ces expositions peuvent se propager sur plusieurs générations. Les effets des pesticides, dioxines, etc., *via* la modification des marques épigénétiques, en sont une illustration [17]. De même, une exposition de souris gestantes aux particules fines ($PM_{2.5}$) entraîne une modification des marques épigénétiques portées par les spermatozoïdes à la génération suivante [28]. Il a également été montré qu'une exposition de rates gestantes à des nanoparticules d'oxyde de titane (TiO_2)

entraîne non seulement une diminution du nombre de petits et du nombre de mâles par portée, mais à la génération suivante, il est à nouveau observé une diminution du nombre de petits par portée, du poids des fœtus et de l'efficacité placentaire. Les effets d'une exposition peuvent également se propager plus loin, puisque l'exposition de rates à un retardateur de flamme, le BDE-209, entraîne des malformations et une baisse de la qualité du sperme jusqu'à la troisième génération [29].

Conclusion

Les éléments présentés ici montrent qu'aucun organe ni aucune voie métabolique n'est finalement indépendant du sexe, et que l'exposition aux agents chimiques conduit à des effets sexuellement dimorphiques. L'apparition de certaines pathologies associées à ces expositions est donc intimement liée au sexe. Par ailleurs, les effets induits sur le métabolisme et l'homéostasie cellulaire empruntent des voies différentes ; la considération d'un seul des deux sexes dans les travaux de recherche n'est pas souhaitable. Pourtant, la très grande majorité des études utilisées pour caractériser la toxicité des substances chimiques ne considère pas le sexe comme une variable indispensable *(Cf. Encadré 3)*. Ce constat renforce la nécessité, comme l'a consigné tout récemment le Conseil économique social et environnemental dans son rapport sur la prévention en santé au travail, de « *produire des données sexuées*[7] », afin que le préventeur puisse s'en emparer et déployer des mesures de prévention adaptées permettant de préserver la santé de tous les salariés, femmes et hommes. Ces préconisations ne doivent pas occulter la dimension de genre qui est également à considérer dans une démarche de prévention optimale (*Cf. Encadré 3*).

Si la préoccupation initiale du préventeur est, et doit être, d'évaluer les dangers et les risques liés aux expositions professionnelles chez les travailleurs et les travailleuses et y apporter des mesures de prévention, son regard doit également se porter au-delà et considérer les effets de ces expositions sur tout le cycle de la vie et donc sur les effets reprotoxiques impactant la descendance, en s'attachant notamment à rechercher et caractériser les effets sur les fonctions biologiques spécifiques aux femmes (exposition prénatale, grossesse, allaitement,…) mais également sur les appareils reproducteurs de l'homme et de la femme. Il en va de la santé des travailleurs et travailleuses d'aujourd'hui et de demain. ●

** Les termes marqués d'un astérisque trouvent leur définition dans le glossaire p. 51.*

1. OCDE (2004) – Essai n° 427 – Absorption cutanée : méthode *in vivo. Essai n° 428 –* Absorption cutanée : méthode *in vitro. In ;* Lignes directrices de l'OCDE pour les essais de produits chimiques.

2. OCDE (2024) – Essai n° 403 – Toxicité aiguë par inhalation. *In :* Lignes directrices de l'OCDE pour les essais de produits chimiques.

3. Pathologies auto-immunes telles que sclérose en plaque, polyarthrite rhumatoïde, maladies thyroïdiennes (Gave et Hashimoto). 70 à 80 % des personnes atteintes sont des femmes. Voir : https://doi.org/10.1016/j.monrhu.2020.10.002

4. Voir : CNAM (2024) – Rapport annuel 2023 de l'Assurance Maladie – Risques professionnels.

5. Voir : Le Mouel N., Iwatsubo Y. (2025) – Surveillance des maladies respiratoires chroniques chez les travailleurs affiliés au régime général. Prévalences et secteurs d'activité et professions à risque à partir des données d'inclusion de la cohorte Constances. *Accessible sur : site de Santé publique France.*

6. Inserm – Pesticides et effets sur la santé : nouvelles données. *EDP Sciences, Collection Expertise collective, 2021.*

7. Conseil économique, social et environnemental – Prévention en santé au travail. Défis et perspectives. *Journal officiel, 2025.*

ENCADRÉ 3

DES LACUNES ET UN SUJET COMPLEXE [31]

Si les données montrent que le sexe est une variable à prendre en considération, il n'en reste pas moins qu'aujourd'hui, les études permettant de révéler des différences de toxicité des produits chimiques entre les deux sexes sont encore trop rares. Seulement 13,5 % des 4 160 études intégrées dans les trois plus grandes bases de données regroupant le profil toxicologique des produits chimiques ont été réalisées sur les femelles et les mâles. Plus de 40 % des travaux compilés ne donnent aucune information sur le sexe des sujets d'études (humains, animaux ou cultures cellulaires), ce qui ne permet pas de connaître les effets ou les modes d'action différenciés selon le sexe. Ces lacunes limitent une évaluation pertinente de la toxicité des agents chimiques, et donc la mise en place de mesures de prévention adaptées [32].

Par ailleurs, sexe et genre sont étroitement intriqués et, lors d'études de toxicologie, notamment humaine, faire la part de ce qui relève de l'un ou de l'autre est une gageure. Cet article se limite aux facteurs « biologiques » liés au sexe qui peuvent interférer dans la toxicité de produits chimiques. Mais, les marques épigénétiques régulant l'expression des gènes sont très dépendantes de l'environnement. Il est donc également important de considérer la dimension de genre dans l'évaluation du risque, les comportements contribuant aussi à modifier les réponses aux produits dangereux.

Ces comportements comprennent notamment l'exécution de tâches plus ou moins genrées, que ce soit dans le cadre professionnel ou privé, l'utilisation de cosmétiques, le port ou non d'équipements de protection individuelle plus ou moins adaptés à la morphologie, et intègrent une perception du risque perméable aux représentations genrées.

→

BIBLIOGRAPHIE

[1] Mc Cormick K., Abdel-Rahman M.S. – The role of testosterone in trichloroethylene penetration *in vitro*. *Environ Res,* 1991, 54 (1), pp. 82-92.

[2] Umemura T. *et al.* – Sex difference in inhalation toxicity of p-dichlorobenzene (p-DCB) in rats. *Toxicol Lett,* 1990, 52 (2), pp. 209-214.

[3] Clewell H.J. *et al.* – Review and evaluation of the potential impact of age- and gender-specific pharmacokinetic differences on tissue dosimetry. *Crit Rev Toxicol*, 2002, 32 (5), pp. 329-389.

[4] Anderson G.D. – Gender differences in pharmacological response. *Int Rev Neurobiol,* 2008, 83, pp. 1-10.

[5] Dugas T.R. *et al.* – Evaluation of the gender differences in 4,4'-methylenedianiline toxicity, distribution, and effects on biliary parameters. *J Toxicol Environ Health A,* 2001, 62 (6), pp. 467-483.

[6] Laffont S., Guery J.C. – Deconstructing the sex bias in allergy and autoimmunity: From sex hormones and beyond. *Adv Immunol,* 2019, 142, pp. 35-64.

[7] Chi L. *et al.* – Sexual dimorphism in skin immunity is mediated by an androgen-ILC2-dendritic cell axis. *Science,* 2024, 384 (6692), p. eadk6200.

[8] Ray J.L. *et al.* – Estrogen contributes to sex differences in M2a macrophages during multi-walled carbon nanotube-induced respiratory inflammation. *FASEB J,* 2024, 38 (1), p. e23350.

[9] You D.J. *et al.* – Sex differences in the acute and subchronic lung inflammatory responses of mice to nickel nanoparticles. *Nanotoxicology,* 2020, 14 (8), pp. 1058-1081.

[10] Cho Y.A. *et al.* – Dietary cadmium intake and the risk of cancer: a meta-analysis. *PLoS One,* 2013, 8 (9), p. e75087.

[11] Ivry Del Moral L. *et al.* – Obesogen effects after perinatal exposure of 4,4'-sulfonyldiphenol (Bisphenol S) in C57BL/6 mice. *Toxicology,* 2016, 357-358, pp. 11-20.

[12] Sumner R.N. *et al.* – Independent and combined effects of diethylhexyl phthalate and polychlorinated biphenyl 153 on sperm quality in the human and dog. *Sci Rep,* 2019, 9 (1), p. 3409.

[13] Watkins A.J. *et al.* – Paternal diet programs offspring health through sperm- and seminal plasma-specific pathways in mice. *Proc Natl Acad Sci USA,* 2018, 115 (40), pp. 10064-10069.

[14] Wei Z. *et al.* – Comparing the effects of polystyrene microplastics exposure on reproduction and fertility in male and female mice. *Toxicology,* 2022, 465, p. 153059.

[15] Watkins A.J. *et al.* – Paternal programming of offspring health. *Early Hum Dev,* 2020, 150, pp. 105-185.

[16] Darne C. *et al.* – Les modifications épigénétiques : potentiels biomarqueurs d'effet d'une exposition professionnelle. *Hygiène & sécurité du travail*, 2024, 275, pp. 105-110. Accessible sur : www.hst.fr

[17] Van Cauwenbergh O. *et al.* – Transgenerational epigenetic effects from male exposure to endocrine-disrupting compounds: a systematic review on research in mammals. *Clin Epigenetics,* 2020, 12 (1), p. 65.

[18] Yu P. *et al.*– Sexual dimorphism in placental development and its contribution to health and diseases. *Crit Rev Toxicol,* 2021, 51 (6), pp. 555-570.

[19] Maxwell A. *et al.* – Intrinsic sexual dimorphism in the placenta determines the differential response to benzene exposure. *Science,* 2023, 26 (4), p. 106287.

[20] Valentino S. *et al.* – Tricresyl phosphate gestational exposure induced endocrine and metabolic disruptions. *À paraître,* 2025.

[21] Lilienthal H. *et al.* – Effects of developmental exposure to 2,2',4,4',5-pentabromodiphenyl ether (PBDE-99) on sex steroids, sexual development, and sexually dimorphic behavior in rats. *Environ Health Perspect,* 2006, 114 (2), pp. 194-201.

[22] Cope H.A. *et al.* – Latent, sex-specific metabolic health effects in CD-1 mouse offspring exposed to PFOA or HFPO-DA (GenX) during gestation. *Emerg Contam,* 2021, 7, pp. 219-235.

[23] Griffith J.A. *et al.* – Maternal nano-titanium dioxide inhalation exposure alters placental cyclooxygenase and oxidant balance in a sexually dimorphic manner. *Adv Redox Res,* 2024, 10.

[24] Freedman A.N. *et al.* – Prenatal metal exposure alters the placental proteome in a sex-dependent manner in extremely low gestational age newborns: links to gestational age. *Int J Mol Sci,* 2023, 24 (19).

[25] Walley S.N. *et al.* – Maternal organophosphate flame-retardant exposure alters offspring feeding, locomotor and exploratory behaviors in a sexually-dimorphic manner in mice. *J Appl Toxicol,* 2021, 41 (3), pp. 442-457.

[26] Hue-Beauvais C. *et al.* – Impact of exposure to diesel exhaust during pregnancy on mammary gland development and milk composition in the rabbit. *PLoS One,* 2019, 14 (2), p. e0212132.

[27] Sun P. *et al.* – Maternal exposure to DON during lactation induces testicular toxicity in pubertal and adult offspring mice. *Ecotoxicol Environ Saf,* 2024, 279, p. 116468.

[28] Wei X. *et al.* – Inter- and trans-generational impacts of real-world PM(2.5) exposure on male-specific primary hypogonadism. *Cell Discov,* 2024, 10 (1), p. 44.

[29] Hsu P.C. *et al.* – Transgenerational effects of BDE-209 on male reproduction in F3 offspring rats. *Chemosphere,* 2021, 272, p. 129829.

[30] Pan J. *et al.* – The adverse role of endocrine disrupting chemicals in the reproductive system. *Front Endocrinol (Lausanne),* 2023, 14, p. 1324993.

[31] Darne C. *et al.* – Recherche en santé au travail : prise en compte du sexe dans les études de toxicologie. *Hygiène & sécurité du travail,* 2024, 276 , pp. 5-11. Accessible sur : www.hst.fr

[32] Im J. *et al.* – Sex and gender analysis of toxicity and epidemiology data on environmental chemicals in the three major toxicology databases. *J Womens Health (Larchmt),* 2020, 29 (10), pp. 1312-1318.