

• RAPPORT D'ÉTUDES •

AOÛT 2022
N° 031

Disparités d'exposition aux facteurs de pénibilité en milieu professionnel et inégalités sociales de santé

Responsable scientifique
Nathalie Havet

Équipe du laboratoire SAF
Nathalie Havet
Alexis Penot
Morgane Plantier



Université Claude Bernard Lyon 1



**DISPARITES D'EXPOSITION AUX FACTEURS DE PENIBILITE EN MILIEU
PROFESSIONNEL ET INEGALITES SOCIALES DE SANTE**

RAPPORT FINAL

NOM DU RESPONSABLE SCIENTIFIQUE :

Nathalie HAVET, Maître de conférences, HDR, à l'Université Claude Bernard Lyon 1, Laboratoire de Sciences Actuarielle et Financière (SAF), Membre de la Chaire Prevent'Horizon

REDACTION :

Nathalie HAVET, Maître de conférences à l'Université Claude Bernard Lyon 1, Laboratoire de Sciences Actuarielle et Financière (SAF), Membre de la Chaire Prevent'Horizon

Alexis PENOT, Maître de conférences à l'Université Claude Bernard Lyon 1, Laboratoire de Sciences Actuarielle et Financière (SAF), Membre de la Chaire Prevent'Horizon (affilié à l'ENS Lyon, Gate Lyon-Saint Etienne jusqu'en août 2020)

Morgane PLANTIER, Doctorante, Laboratoire de Sciences Actuarielle et Financière (SAF), Membre de la Chaire Prevent'Horizon

Laboratoire responsable de la recherche : Laboratoire de Sciences Actuarielle et Financière, 50 avenue Tony Garnier, 69007 Lyon.

Convention de recherche : n°CIF 17/044

Sommaire

1	Introduction	4
2	Inégalités d'exposition aux facteurs de pénibilité en milieu professionnel en France	8
2.1	L'ampleur des expositions aux facteurs de pénibilité en 2016-2017	9
2.1.1	Les facteurs de pénibilité repérables et étudiés	9
2.1.2	Résultats à partir de l'enquête SUMER 2017	12
2.1.3	Résultats à partir de l'enquête Conditions de Travail 2016	15
2.2	Les inégalités sociales dans l'exposition aux facteurs de pénibilité en 2016-2017	17
2.2.1	Méthodologie	18
2.2.2	Résultats à partir de l'enquête SUMER 2017	20
2.2.3	Résultats à partir de l'enquête Conditions de Travail 2016	37
2.3	L'évolution des expositions aux facteurs de pénibilité entre 2003 et 2017	44

<i>SOMMAIRE</i>	3
2.3.1 Bases de comparaison temporelles	45
2.3.2 Une baisse des expositions aux risques professionnels? . .	46
2.3.3 Evolution des inégalités d'exposition	51
2.4 Synthèse	58
3 Expositions aux facteurs de pénibilité et inégalités de santé	60
3.1 Liens entre indicateurs de santé et facteurs de pénibilité en 2016-2017	64
3.1.1 Les indicateurs d'inégalités de santé analysés	64
3.1.2 Méthodologie	65
3.1.3 Résultats à partir de l'enquête SUMER 2017	73
3.1.4 Résultats à partir de l'enquête Conditions de Travail 2016	83
3.2 Evolution temporelle des associations entre facteurs de pénibilité et inégalités de santé	89
3.3 Synthèse	93
4 Limites de l'étude et perspectives	95
5 Valorisation des résultats	100
6 Annexes	178
Bibliographie	189

CHAPITRE 1

Introduction

Alors que les dépenses de santé en France sont parmi les plus élevées d'Europe (12% du PIB), la France affiche une espérance de vie sans incapacité très inférieure à la moyenne européenne, ainsi qu'une mortalité précoce évitable très élevée. Au-delà de l'enjeu de santé publique évident que révèlent ces chiffres, les conséquences économiques qui en découlent n'en sont pas moins préoccupantes. La prise en charge des personnes touchées par des maladies chroniques liées aux conditions de vie représente par exemple 58% des dépenses de santé du régime général, en sachant que le nombre de personnes concernées ne cesse d'augmenter (+ 2% par an). Ces chiffres révèlent les limites d'un système dans lequel la prise en charge curative est très majoritaire, avec un niveau de dépenses affectées à la prévention d'environ 5,9% de l'ensemble des dépenses de santé en 2014 [DREES (2016)]. Qu'il s'agisse de prévention primaire, pour éviter l'apparition de certaines maladies en agissant sur les causes, de prévention secondaire, pour détecter précocement certaines maladies, ou encore de prévention tertiaire, pour éviter la survenue de complications et de rechutes des maladies ; la prévention représente un outil de réduction des risques, qui est devenue une véritable priorité compte tenu des éléments précédents.

Cependant, le développement de la prévention destinée à améliorer la santé des populations, nécessite de connaître et comprendre au préalable les liens entre l'état de santé et ses déterminants. Il est notamment indispensable d'identifier et comprendre les chaînes causales, les dynamiques d'expositions, les interactions entre déterminants individuels, environnementaux et sociaux et les mécanismes qui conduisent à ce que les inégalités sociales se traduisent par des états de santé détériorés. Parmi les facteurs importants nourrissant les inégalités sociales de santé se retrouvent identifiées les conditions de travail et la pénibilité associée. Ainsi, les connaissances sur les inégalités sociales d'exposition aux risques professionnels et d'accès aux dispositifs de prévention méritent d'être approfondies. D'ailleurs, les facteurs de pénibilité au travail ont été définis et mis au cœur de la loi de novembre 2010 sur la réforme des retraites (article L4121-31 du Code du travail) et confirmés dans la loi de janvier 2014. Tout salarié exposé à ces facteurs peut désormais accumuler des points au sein d'un « compte personnel de prévention et de pénibilité » à convertir en formation, en temps partiel payé temps plein ou en droit à un départ anticipé en retraite. En outre, la dernière déclinaison du *Plan Santé au Travail 2016-2020* a confirmé la priorité à accorder à ces facteurs en affichant comme objectif opérationnel d'agir en prévention primaire pour prévenir l'usure professionnelle et la pénibilité.

Dans ce cadre-là, quelques résultats quantitatifs concernant les expositions aux facteurs de pénibilité ont déjà été mis en avant [Rivalin & Sandret (2014); Coutrot & Davie (2014); Algava & Vinck (2015); Amira (2016); Yilmaz (2006); Algava (2014)]. Par exemple, certaines études ont mis en évidence qu'en France, certains secteurs sont plus concernés que d'autres par la pénibilité au travail : il s'agit en particulier des secteurs de la construction, de l'industrie manufacturière, du secteur du traitement de déchets et de l'agriculture [Rivalin & Sandret (2014)]. Toutefois, des différences existent selon la nature du travail pénible : les salariés de l'agriculture, de la construction et de la fonction publique sont plus touchés par les contraintes physiques et les expositions à des produits chimiques, alors que les horaires atypiques sont plus présents dans le commerce, les transports et la fonction publique hospitalière [Coutrot & Davie (2014)]. Outre le secteur d'activités, la pénibilité au travail semble davantage associée à certaines caractéristiques individuelles. Les hommes sont en effet plus exposés que les femmes et les intérimaires et les apprentis sont davantage touchés par rapport aux autres statuts d'emploi [Rivalin & Sandret (2014)]. Cependant ces résultats, pour la plupart issus de statistiques descriptives, sont à nuancer car l'interaction simultanée de plusieurs caractéristiques rend difficile la détermination du rôle précis de chacune dans la formation des inégalités d'exposition.

D'autres travaux se sont intéressés aux mesures de protections mises en place pour limiter ces risques d'exposition, et montrent par exemple de manière générale que 60% des employeurs ont mis en place des mesures de prévention des risques professionnels en 2013, ou plus spécifiquement que les comités d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail (CHSCT) sont plus présents quand les salariés sont exposés, ou encore que la présence de risques professionnels favorise l'intervention d'experts ou la définition de plan de prévention [Coutrot & Sandret (2013); Amira (2016)]. Toutefois, ces travaux restent encore trop embryonnaires ou s'intéressent aux risques professionnels de manière trop générale pour bien évaluer si ces actions pourraient être de véritables leviers pour réduire la pénibilité au travail.

Enfin, on trouve dans la littérature des études suggérant que l'état de santé des travailleurs, en fin de vie active et au-delà, dépend de la pénibilité de leur travail passé [Cassou, Derriennic, Montfort & Amphoux (1997); Gollac, Volkoff & Wolff (2014); Yilmaz (2006)]. Récemment, Rivalin & Sandret (2014) ont mis en évidence, à partir de l'enquête *Surveillance médicale des expositions aux risques professionnels 2010* que l'exposition à certains facteurs de pénibilité est associée à un état de santé perçu dégradé. Mais les liens entre intensités de la pénibilité et inégalités de santé méritent d'être étudiés de manière plus approfondie.

En conséquence, malgré quelques travaux récents en France sur la thématique de la pénibilité, il nous semble nécessaire de les approfondir, d'autant plus que la question de la pénibilité est au cœur des débats actuels de santé publique et des réformes des retraites. C'est pourquoi, le but de ce projet est d'avoir une vision globale sur la question des expositions aux facteurs de pénibilité et des inégalités de santé associées, tout en analysant les mesures déjà mises en place pour limiter les risques et celles qui pourraient être les plus pertinentes à renforcer.

Ce projet vise à compléter, affiner et également actualiser les résultats existants à partir de l'exploitation de plusieurs enquêtes nationales pour analyser les disparités et le cumul des pénibilités au travail et leurs impacts sur les inégalités de santé. En effet, malgré la prise de conscience des pouvoirs publics et la synergie entre les acteurs nationaux pour la prévention des risques professionnels et des conditions de travail pénibles, plusieurs interrogations persistent, et notamment un certain nombre qui appellent à des réponses quantitatives : quelle est la proportion de salariés exposés aux différents risques professionnels ? Quelles sont les catégories de salariés les plus exposés sur leur lieu de travail ? Quelle est l'ampleur du cumul des facteurs de pénibilité et quels salariés sont les plus concernés ? Quel est l'impact de ces facteurs de pénibilité sur la santé ? La mise en place de plans gou-

vernementaux en matière de santé publique et de santé au travail se concrétise-t-elle réellement par un recul des expositions ?

Pour y répondre, notre étude propose d'exploiter parallèlement deux enquêtes nationales (*Surveillance médicale des expositions aux risques professionnels* (SUMER), *Conditions de travail* (CdT)) qui permettent de dresser un état des lieux des expositions des salariés aux principaux risques professionnels en France (SUMER, CdT) et donc de repérer les conditions de travail pénibles. Ces sources statistiques semblent ainsi à même de bien décrire et évaluer l'exposition aux facteurs de pénibilité, en s'appuyant parallèlement sur le point de vue du médecin du travail, du salarié et de l'employeur (selon l'enquête utilisée), et donc indirectement les risques de maladies professionnelles (cancers professionnels, troubles musculo-squelettiques, etc.). Notre étude se focalisera sur deux objectifs principaux, qui définiront les axes de recherche explorés :

1. Etude des inégalités d'exposition aux facteurs de pénibilité en milieu professionnel en France et leurs évolutions sur les dernières décennies ;
2. Etude des associations entre facteurs de pénibilité et inégalités de santé.

Le premier axe vise à construire une cartographie des populations exposées aux facteurs de pénibilité et explorer de façon approfondie les inégalités en termes d'exposition et leur évolution au cours du temps grâce à la comparaison des vagues successives des enquêtes mobilisées (SUMER 2003, 2010, 2016-2017 ; CdT 2005, 2013, 2016). Une fois les différences d'expositions aux facteurs de pénibilités analysées en détails (axe 1), nous proposons d'analyser les inégalités sociales de santé qui en découlent. En particulier, les expositions et multi-expositions aux risques professionnels se traduisent-elles par un état de santé significativement dégradé et un recours plus fréquent ou plus long aux arrêts maladie ?

CHAPITRE 2

Inégalités d'exposition aux facteurs de pénibilité en milieu professionnel en France

Le poids de l'exposition professionnelle dans l'apparition d'un certain nombre de maladies graves reste élevé en France. Par exemple, on estime que 15 000 à 20 000 nouveaux cas de cancer chaque année ont une origine professionnelle [Luce & Goldberg (1997), Imbernon (2005), Diricq (2011)] et qu'au moins 20% de toutes les chirurgies du canal carpien peuvent être attribuées à des emplois impliquant des gestes répétitifs [Gilg soit Ilg & Fouquet (2017)]. Les conditions de travail physiques telles que la manutention de charges lourdes, les postures corporelles contraignantes ou les vibrations sont aussi considérées comme des expositions professionnelles car elles peuvent être à l'origine de troubles musculo-squelettiques (TMS). En 2016, les TMS - troubles périarticulaires/vibratoires, lésions méniscales chroniques et lombalgies - représentaient 87% de toutes les maladies professionnelles reconnues [Assurance Maladie (2017)].

Or, les différents *Plans de Santé au Travail* (2005-2009, 2010-2014, 2016-

2020) ont souligné que l'identification et la connaissance des situations de travail associées à un haut degré de pénibilité devraient être développées afin de fournir aux entreprises des recommandations pertinentes et efficaces pour leurs plans de prévention. Plus généralement, une meilleure compréhension des différences sociales et des inégalités qui existent entre les salariés en termes d'exposition professionnelle est une étape nécessaire pour réduire les inégalités sociales de santé. Ainsi, l'objectif de ce chapitre est de fournir une vue globale et actualisée de la prévalence d'un certain nombre de risques professionnels en France et d'examiner les disparités existantes selon différentes caractéristiques au niveau des individus, des emplois et des entreprises. Pour cela, nous utiliserons les vagues les plus récentes des enquêtes SUMER et CdT, représentatives de la population salariée française. En outre, nous appréhenderons la question de l'évolution temporelle des expositions aux facteurs de pénibilité en exploitant les différentes vagues de ces deux enquêtes.

2.1 L'ampleur des expositions aux facteurs de pénibilité en 2016-2017

2.1.1 Les facteurs de pénibilité repérables et étudiés

Pour dresser un bilan des expositions aux facteurs de pénibilité, la première réflexion méthodologique est celle de l'identification de tels facteurs à partir des réponses aux enquêtes SUMER et CdT. Or, la loi de la réforme des retraites en 2010 définit comme facteurs de pénibilité les trois éléments suivants :

1. *les contraintes physiques marquées* : manutention de charges lourdes, postures pénibles, vibrations mécaniques ;
2. *un environnement physique agressif* : agents chimiques dangereux (y compris les poussières et les fumées), travail en milieu hyperbare, températures extrêmes, bruit ;
3. *certaines rythmes de travail* : travail de nuit, travail en équipes successives alternantes, travail répétitif.

Les facteurs de pénibilité énoncés dans la loi sont tous repérables dans les enquêtes SUMER et CdT, à l'exception du travail en milieu hyperbare (qui ne sera donc pas traité dans ce projet). Certains risques professionnels seront aussi exclus

de notre champ d'analyse tels que les risques biologiques, les risques routiers ou les risques psychosociaux.

L'Annexe 1 récapitule les variables issues des deux enquêtes qui ont été utilisées pour le repérage des facteurs de pénibilité. Il faut signaler que les deux enquêtes évaluent les expositions à ces facteurs avec deux approches différentes. L'enquête SUMER se base sur l'expertise des médecins-enquêteurs et quantifie les durées/intensités d'exposition alors que les mesures de pénibilité concernent le ressenti des salariés dans l'enquête CdT. Plus précisément, le nombre de salariés exposés à des facteurs de pénibilité dépend fortement des seuils qui permettent de les définir. Or, d'une source de données à l'autre ces seuils seront par nature différents. En effet, l'enquête CdT évite volontairement la référence à des seuils chiffrés pour toutes les questions relatives aux facteurs de pénibilité physique puisque c'est l'appréciation de la personne enquêtée qui est recueillie, alors que l'enquête SUMER a quant à elle pour objectif de recueillir des données d'exposition aux facteurs de pénibilité objectivées (précodées).

Ainsi, une fois les expositions aux contraintes physiques et les conditions environnementales repérées dans l'enquête SUMER, nous avons considéré des seuils – définissables avec l'enquête SUMER – au-dessus desquels l'exposition peut être qualifiée de « pénible ». Un choix possible aurait été de qualifier un salarié d'exposé dès qu'il connaît une exposition même ponctuelle (repérée dans l'enquête par une durée d'exposition inférieure à 2h par semaine). Or, cette définition très large est sans grande signification du point de vue de la prévention. C'est pourquoi, nous avons repris la démarche de repérage retenue par Rivalin & Sandret (2014). Comme ces derniers, nous avons ici retenu des seuils plus stricts mais relativement peu contraignants et qui justifient une attention particulière des préventeurs¹. Par exemple, le seuil choisi est de 10h/semaine pour la manutention de charges lourdes, l'exposition à des températures extrêmes ou à un bruit supérieur à 85 décibels, et de 2h/semaine pour les contraintes posturales. Enfin, nous avons fait le choix pour les expositions aux produits chimiques dangereux de ne nous intéresser qu'aux produits cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques avec les enquêtes SUMER. Parmi les 89 produits ou familles de produits chimiques répertoriés dans l'enquête SUMER, 29 ont été identifiés en 2017 (28 en 2010 et 27 en 2003) comme CMR : il

1. Les seuils de pénibilité retenus sont sans rapport avec ceux du décret du 9 octobre 2014 relatif à l'acquisition et à l'utilisation des points acquis au titre du compte personnel de prévention de la pénibilité, car ces derniers renvoient dans certains cas à des grandeurs non décrites par l'enquête SUMER et que le décret privilégie la mesure des expositions sur une année alors que l'enquête SUMER les repère sur la dernière semaine travaillée.

s'agit des agents reconnus cancérigènes ou probablement cancérigènes ou mutagènes pour l'Homme (groupes 1 et 2A) ou avérés, présumés ou suspectés CMR pour l'Homme selon la classification réglementaire européenne (catégories 1 et 2 en vigueur en 2017) [Havet, Penot, Morelle, Perrier, Charbotel & Fervers (2017b), Cavet & Léonard (2013)²].

Pour les expositions à des rythmes de travail atypiques, certains seuils ont aussi été retenus, notamment pour le travail de nuit. La période de travail de nuit est définie comme la plage horaire entre 21 heures et 6 heures du matin depuis la loi du 9 mai 2001 (article L. 3122-29 du Code du travail), mais elle peut être modifiée dans certaines limites par convention collective ou accord entre les partenaires sociaux. Néanmoins, la tranche de minuit à 5 heures du matin est obligatoirement considérée comme travail de nuit, les physiologistes la décrivant comme une période pendant laquelle l'organisme fonctionne en état de moindre résistance. Est alors considéré juridiquement comme travailleur de nuit tout salarié qui accomplit une fraction de son temps de travail pendant la période de nuit (légale ou conventionnelle) : soit au moins trois heures deux fois par semaine, soit un nombre minimal d'heures de travail de nuit pendant une période de référence, défini par des accords collectifs³. Dans les enquêtes SUMER et CdT, la définition statistique du travail de nuit est plus restrictive que la définition juridique : il est considéré qu'une personne travaille la nuit quand elle déclare que sa période de travail se situe, même partiellement, dans la tranche de minuit à 5 heures du matin. Plus précisément, il est demandé aux salariés dans l'enquête SUMER : « Travaillez-vous la nuit (entre minuit et 5 heures), même occasionnellement ? Et si oui, combien de fois par an ? ». Dans l'enquête CdT, il est en plus précisé de ne reporter que le nombre de nuits par an où le salarié a travaillé sur son lieu de travail et donc de ne pas comptabiliser le travail emporté à la maison et effectué la nuit. Comme de précédentes études sur données françaises [Rivalin & Sandret (2014), Guignon, Niedhammer & Sandret (2008)], nous considérerons que le travail de nuit est régulier si le salarié a travaillé plus de 50 nuits par an. Nous nous focaliserons sur ce travail de nuit régulier dans nos analyses aux risques professionnels.

Le travail répétitif est défini de deux manières différentes dans les enquêtes CdT et SUMER. Dans la première, il correspond à "un travail qui consiste à répéter continuellement une même série de gestes ou d'opérations" et dans la seconde,

2. Par rapport à l'édition 2010, une catégorie pour les pesticides considérés comme cancérigènes a été rajoutée dans l'édition 2017.

3. Si aucun accord existe, le nombre minimal d'heures est fixé à 270 heures sur 12 mois consécutifs (article R. 3122-8 du Code du travail)

à “la répétition d’un même geste ou d’une série de gestes à une cadence élevée, plus de 10h/semaine”. La définition retenue à partir de l’enquête SUMER, qui fait référence à la notion de cadence élevée, est plus proche de celle du Code du travail (article L. 416-1) qui stipule que “le travail répétitif est caractérisé par la réalisation de travaux impliquant l’exécution de mouvements répétés, sollicitant tout ou partie du membre supérieur, à une fréquence élevée et sous cadence contrainte”.

A partir de ces identifications des facteurs de pénibilité, des statistiques descriptives ont été effectuées sur la vague la plus récente de chacune des enquêtes SUMER (2017) et CdT (2016) afin de mesurer l’ampleur des expositions à ces facteurs en milieu professionnel en France. Nous avons tenu compte des pondérations pour pouvoir extrapoler à la population salariée française. Les sections suivantes détaillent les résultats obtenus pour les deux sources mobilisées.

2.1.2 Résultats à partir de l’enquête SUMER 2017

Echantillon utilisé

Nos premières analyses ont été menées à partir de l’édition 2017 de l’enquête SUMER. Celle-ci est une enquête transversale réalisée par 1 243 médecins du travail et de prévention volontaires, auprès d’un échantillon de salariés qu’ils tirent au sort parmi ceux dont ils assurent la surveillance médicale. Les données de l’édition 2017 ont été collectées selon une procédure d’échantillonnage correspondant à un sondage à deux degrés : le premier celui des médecins et le second celui des salariés. Il était demandé à chaque médecin à temps plein de passer 30 questionnaires, et pour les médecins à temps partiel, le nombre de questionnaires était calculé au pro-rata de leur temps de travail, avec un minimum de 20 questionnaires. Au total, sur les 33 600 salariés tirés au sort par les médecins, 26 500 ont consenti à participer à l’enquête (taux de réponse de 79%)⁴. Toutefois, dans un souci d’homogénéité, l’échantillon de notre étude a été restreint aux seuls salariés travaillant en France métropolitaine, soit 25 684 salariés.

4. Pour plus de détails sur l’enquête SUMER 2017, voir Coutrot, Memmi, Rosankis & Sandret (2018).

Prévalences d'exposition

Le tableau 2.1 présente, pour ces salariés, les prévalences d'exposition aux facteurs de pénibilité identifiés dans l'enquête SUMER. A partir des seuils de pénibilité retenus, nous dénombrons au total 13 572 407 personnes, soit 60,9% des salariés, qui ont été exposés à un ou plusieurs facteurs de pénibilité lors de la semaine précédant leur visite médicale. 48,4% d'entre eux étaient soumis à des contraintes physiques marquées, 18% à un environnement physique agressif et 21% occupaient des emplois avec des rythmes de travail "atypiques" (travail de nuit régulier, travail posté, travail répétitif).

Nous dénombrons que plus de 10,7 millions de salariés en France métropolitaine étaient concernés par des contraintes physiques marquées en 2017. Plus précisément, la proportion de salariés qui étaient sujets au port répété de charges lourdes (10h par semaine ou plus) était, en 2017, de 8%, celle des salariés sujets à des contraintes posturales pénibles était de 44% et celle de ceux sujets à des vibrations était de 7,6%. Les deux principales sources de contraintes physiques marquées concernaient les postures cervicales (position fixe de la tête et du cou) et les postures accroupies ou en torsion (appelées "autres postures").

Parmi les facteurs constituant un environnement physique agressif, les nuisances thermiques sont les moins fréquentes avec une prévalence de l'ordre de 3%. Les expositions aux agents CMR et aux nuisances sonores restent encore relativement élevées en milieu professionnel en 2017, malgré les derniers Plans de santé au Travail, ayant spécifiquement dénoncés et ciblés ces risques professionnels : environ 10% de la population salariée y était exposée. Enfin, parmi les trois grandes catégories de rythmes de travail atypiques, le travail posté représente le risque principal avec une prévalence d'environ 13%, soit 3 fois plus que le travail de nuit régulier (plus de 50 nuits par an) et plus de 2 fois plus que le travail répétitif, c'est-à-dire la répétition d'un même geste ou d'une série de gestes à une cadence élevée plus de 10h par semaine.

Table 2.1 – Prévalence d'expositions aux différents facteurs de pénibilités en 2017, selon l'enquête SUMER

SUMER 2017			
	Seuils de pénibilité retenus	Prévalence d'exposition	Nbre de salariés exposés
Contraintes physiques marquées		48,44%	10 701 142
<i>Manutention de charges lourdes</i>	10h/semaine et plus	7,81%	1 755 359
<i>Postures pénibles :</i>		44,28%	9 937 166
- Maintien des bras en l'air	2h/semaine et plus	8,55%	1 980 448
- Position à genoux	2h/semaine et plus	10,45%	2 414 156
- Position fixe de la tête et du cou	2h/semaine et plus	20,32%	4 655 895
- Autres contraintes posturales (posture accroupie, en torsion, etc.)	2h/semaine et plus	26,35%	5 994 752
<i>Vibrations mécaniques :</i>		7,63%	1 772 949
- Utilisation d'outils transmettant des vibrations aux membres supérieurs	2h/semaine et plus	5,85%	1 364 526
- Vibrations créées par des installations fixes	10h/semaine et plus	2,24%	522 533
Environnement physique agressif		17,95%	4 112 797
<i>Nuisances sonores :</i>		9,18%	2 115 183
- Bruit de niveau d'exposition sonore supérieure à 85 décibels	10h/semaine et plus	4,63%	1 071 779
- Bruit comportant des chocs et des impulsions	2h/semaine et plus	6,34%	1 469 179
<i>Nuisances thermiques :</i>		3,10%	710 091
- Travail au froid (<15°C)	10h/semaine et plus	1,61%	371 341
- Travail à la chaleur (>24°C)	10h/semaine et plus	1,54%	355 946
<i>Exposition à des agents CMR[§]</i>		10,11%	2 373 320
Rythmes de travail « atypiques »		21,05%	4 800 328
<i>Travail de nuit régulier</i>	Plus de 50 nuits par an	4,60%	1 061 570
<i>Travail en équipes successives alternantes (travail posté)</i>		13,72%	3 212 783
<i>Travail répétitif</i>	10h/semaine et plus	6,02%	1 380 953

Note : [§] les produits ou familles de produits CMR repérés avec l'enquête SUMER sont au nombre de 29⁵.

Source : enquête SUMER 2017.

Champ : salariés France métropolitaine. Calculs des auteurs

5. Voir la liste dans Havet, Penot, Morelle, Fervers, Charbotel, Perrier & Plantier (2014), à laquelle s'ajoutent pour 2017 les pesticides classés cancérigènes.

2.1.3 Résultats à partir de l'enquête Conditions de Travail 2016

Echantillon utilisé

L'enquête CdT 2016 est une enquête réalisée en face à face au domicile des enquêtés par des enquêteurs de l'Insee, auprès d'un échantillon représentatif des individus actifs occupés en France. 26 640 individus ont répondu à l'ensemble des questions individuelles. De nouveau, par souci d'homogénéité, nous avons restreint notre échantillon aux répondants résidant en France métropolitaine, soit au total 23 270 salariés.

L'enquête CdT 2016 ne permet pas de repérer exactement les mêmes expositions aux facteurs de pénibilité que l'enquête SUMER 2017. Premièrement, certains aspects d'un environnement physique agressif ne sont pas identifiables : il s'agit notamment des nuisances sonores et des nuisances thermiques. Par conséquent, seules les expositions à des agents chimiques dangereux et le fait de devoir respirer des fumées ou des poussières sur son lieu de travail seront analysés pour cette dimension. En outre, comme évoqué précédemment, les réponses concernant les expositions aux facteurs de pénibilité reflètent le ressenti des individus et non l'expertise de l'emploi des médecins du travail ; elles sont plus générales et associées à aucune mesure d'intensité ou durée d'exposition.

Prévalences d'exposition

Le tableau 2.2 présente, pour ces salariés de France métropolitaine, les prévalences d'exposition aux facteurs de pénibilité identifiés dans l'enquête CdT. Les résultats sont très différents de ceux obtenus avec l'enquête SUMER 2017, en raison des différences de mesures utilisées (plus ou moins subjectives) : comme l'enquête CdT est basée sur le ressenti des salariés et que dans celle-ci, la mesure de la pénibilité ne fait référence à aucun seuil d'exposition, il n'est pas surprenant de constater des prévalences beaucoup plus élevées qu'avec SUMER. Par exemple, 41% des salariés en France métropolitaine ont déclaré que l'exécution de leur travail leur imposait de porter ou de déplacer des charges lourdes en 2016. A titre de comparaison, le taux d'exposition à la manutention répétée de charges lourdes (10h/semaine ou plus) était de 7,8% en 2017, selon l'enquête SUMER. Près de 68% ont déclaré

être sujets à des contraintes physiques marquées (charges lourdes, travailler longtemps debout, rester longtemps dans une posture pénible ou fatigante, mouvements douloureux, vibrations mécaniques). 41% ont des emplois qui leur imposaient aussi d'être en contact avec des produits dangereux et/ou de respirer des fumées ou des poussières. En ce qui concerne les trois catégories de rythmes de travail atypiques, la grande différence entre les enquêtes SUMER 2017 et CdT 2016 concerne le travail répétitif. 41% des salariés, soit près de 10,9 millions de personnes, considèrent que "leur travail consiste à répéter continuellement une même série de gestes ou d'opérations". A partir de l'enquête SUMER 2017, nous ne repérons que 6% des salariés répétant un "même geste ou une série de gestes à une cadence élevée", plus de 10 heures par semaine, définition beaucoup plus restrictive du travail répétitif.

Table 2.2 – Prévalence d'expositions aux différents facteurs de pénibilité en 2016, selon l'enquête CdT

	Enquête CdT 2016	
	Prévalence d'exposition	Nbre de salariés exposés
Contraintes physiques marquées	67,95%	17 749 614
<i>Manutention de charges lourdes</i>	41,04%	10 720 223
<i>Postures pénibles</i>	62,90%	16 449 274
- Travailler longtemps debout	50,75%	13 254 429
- Rester longtemps dans une autre posture pénible ou fatigante à la longue	35,29%	9 220 152
<i>Mouvements douloureux ou fatigants</i>	37,46%	9 790 886
<i>Vibrations mécaniques</i>	18,38%	4 804 142
Environnement physique agressif	41,25%	10 774 538
<i>Agents chimiques dangereux</i>	29,14%	7 599 568
<i>Respirer des fumées ou des poussières</i>	30,94%	8 086 236
Rythmes de travail « atypiques »	46,47%	12 097 332
<i>Travail de nuit régulier (>50 nuits/an)</i>	5,70%	1 481 139
<i>Travail en équipes alternantes</i>	7,00%	1 829 053
<i>Travail répétitif</i>	41,75%	10 897 887

Source : enquête CdT 2016.

Champ : salariés France métropolitaine. Calculs des auteurs

Ces premiers résultats mettent bien en lumière toute la difficulté d'estimer le nombre de salariés exposés à des risques professionnels. Au niveau national comme au niveau européen, il n'y a pas à l'heure actuelle de consensus sur la définition des indicateurs ou les méthodologies de mesure les plus adéquates pour évaluer les risques liés aux facteurs de pénibilité [Tynes, Aagestad, Thorsen, Andersen, Perkio-Makela, Garcia, Galiana Blanco, Vermeylen, Parent-Thirion, Hooftman, Houtman,

Liebers, Burr & Formazin (2017)]. Par conséquent, la comparabilité des résultats entre enquêtes nationales et entre pays sur ces questions reste très délicate et à réaliser avec précaution, en explicitant précisément la formulation retenue dans les questionnaires.

Néanmoins, quelle que soit l'enquête retenue ici pour la France, il s'avère que les expositions aux facteurs de pénibilité sont encore relativement importantes à l'heure d'aujourd'hui. En la matière, la France ne semble pas faire exception par rapport aux autres pays européens. La Fondation européenne pour l'amélioration des conditions de vie et de travail a montré qu'en 2015, 32% des travailleurs de l'Union Européenne ont déclaré que leur emploi consistait à porter ou déplacer des charges lourdes au moins un quart de leur temps de travail, 43% considéraient qu'il impliquait des positions douloureuses ou fatigantes et 20% considéraient être exposés à des vibrations sur le même laps de temps. A partir de cette base de données, la France avait des prévalences d'exposition à ces conditions de travail physiques de 36%, 49%, et 19% respectivement⁶, chiffres cohérents avec ceux que nous obtenons avec l'enquête CdT. L'Allemagne et le Royaume-Uni avaient des taux d'exposition plus faibles pour les charges lourdes (28% et 32% respectivement), pour les positions douloureuses ou fatigantes (42% et 31%) et les vibrations (23% et 13%).

2.2 Les inégalités sociales dans l'exposition aux facteurs de pénibilité en 2016-2017

Derrière ces mesures globales d'exposition, se cachent probablement des disparités entre différents groupes de salariés ou d'emplois que nous allons essayer de mettre en évidence. Nous cherchons en particulier à savoir si les populations les moins favorisées sur le marché du travail en termes de carrière et de salaires (ex : les femmes, les ouvriers, les travailleurs à temps partiel, *etc.*) sont aussi celles les plus exposées à la pénibilité. Nous pouvons effectivement nous demander s'il existe une correspondance entre le fort dualisme du marché du travail entre emplois précaires et stables [Bluestone (1970), Osterman (1975), Piore (1978), Dickens & Lang (1985), Amossé (2002), Ramaux (2006), de Larquier & Remillon (2008)] et la

6. Eurofound. Sixth European Working Conditions Survey : Overview report [Internet]. Luxembourg; 2017. (Publications Office of the European Union). Disponible à partir du lien : https://www.eurofound.europa.eu/sites/default/files/ef_publication/field_ef_document/ef1634en.pdf

segmentation entre emplois très exposés ou peu exposés aux contraintes physiques ou à des rythmes de travail difficiles. En d'autres termes, y a-t-il des emplois et des profils de salariés qui cumulent les préjudices sur le marché du travail, y compris celui de fortes expositions à des risques professionnels dangereux pour la santé ?

En outre, une connaissance détaillée des différences d'expositions aux risques professionnels entre groupes de salariés, d'emplois ou de secteurs d'activité permet de mieux comprendre quelles sont les stratégies de prévention à concevoir, et ainsi, de prioriser les actions de suppression ou de réduction des expositions pour les populations les plus à risques. Dans ce contexte, les résultats obtenus à partir de larges échantillons représentatifs de la population nationale salariée, tels que ceux des enquêtes SUMER et CdT, permettent d'évaluer les associations entre les principales expositions professionnelles et de nombreux facteurs liés au travail. Ces informations sont d'une grande utilité pour les responsables politiques et les partenaires sociaux nationaux et européens pour leur prise de décision en ce qui concerne la mise en place de réglementations ou l'affectation des ressources de prévention.

Des études approfondies sur les inégalités d'exposition aux produits chimiques CMR [Havet et al. (2014), Havet et al. (2017*b*), Havet, Penot, Plantier, Charbotel, Morelle & Fervers (2018), Havet, Penot, Plantier, Charbotel, Morelle & Fervers (2019*a*), Havet, Penot, Plantier, Morelle, Fervers & Charbotel (2019*b*)] ou aux risques psychosociaux sur le lieu de travail [Bué, Coutrot, Guignon & Sandret (2008), Niedhammer, Chastang & David (2008), Niedhammer, Lesuffeur, Memmi & Chastang (2017), Niedhammer, Lesuffeur, Labarthe & Chastang (2018)] ont été réalisées en mobilisant les éditions précédentes de l'enquête SUMER. En outre, Havet, Huguet & Tonietta (2017*a*) ont cherché à savoir si les travailleurs de nuit étaient plus soumis à des conditions de travail pénibles que les travailleurs de jour, à partir de l'enquête SUMER 2010. Notre étude sur les inégalités d'exposition aux différents facteurs de pénibilité (contraintes physiques, environnement agressif, rythmes de travail) complètera et actualisera donc ces travaux antérieurs, grâce à la mobilisation de données plus récentes.

2.2.1 Méthodologie

Notre analyse des inégalités sociales dans les expositions aux pénibilités a été réalisée grâce à deux méthodologies. Premièrement, nous avons effectué une **analyse descriptive** des disparités d'expositions en calculant les pourcentages de sa-

lariés exposés en fonction d'un certain nombre de critères sociodémographiques : caractéristiques de l'individu (homme/femme, âge), de son emploi (fonction, qualification, ancienneté, temps de travail, type de contrat), de son entreprise (secteur d'activité, taille de l'entreprise, public/privé) et de sa localisation géographique.

Cette analyse descriptive a ensuite été affinée par des **analyses économétriques multivariées** afin d'avoir un "raisonnement toutes choses étant égales par ailleurs", permettant de cerner l'influence propre de chaque caractéristique sociodémographique. En effet, les résultats "bruts" issus de l'analyse descriptive ne suffisent pas pour conclure définitivement sur le sens des inégalités sociales face à l'exposition aux risques professionnels. Par exemple, les statistiques descriptives montrent que les hommes sont globalement plus exposés que les femmes à un produit CMR en milieu professionnel. Mais ces différences pourraient davantage être à attribuer à des différences d'emplois ou de secteurs d'activité qu'à de réelles différences entre genres. D'où l'importance de recourir à une modélisation économétrique pour avoir une comparaison fiable des taux d'exposition, toutes choses étant égales par ailleurs.

Plus précisément, pour cerner l'influence propre de chaque caractéristique (de l'individu, de l'emploi, ou de l'entreprise), la probabilité d'être exposé au facteur de pénibilité k est modélisée à l'aide d'un modèle logit multi-niveaux. Il s'agit d'utiliser un logit à effets aléatoires [Rabe-Hesketh & Skrondal (2012), Goldstein (2010), Hox, Moerbeek & Schoot (2010)] où la constante est autorisée à varier d'un secteur à l'autre (j). L'intérêt de ce modèle est d'évaluer l'hétérogénéité du risque d'exposition entre ces secteurs d'activité à un niveau suffisamment désagrégé. En effet, comme nous suspectons que le secteur d'activité de l'établissement est probablement un déterminant important du risque d'exposition, il aurait été restrictif de le prendre en compte par une variable agrégée en 4 catégories (Agriculture, Industrie, Construction, Tertiaire). Or, avec un niveau plus désagrégé pour les secteurs d'activité (38 catégories au lieu de 4), nous n'aurions pas eu assez d'effectifs dans chaque groupe pour identifier l'ensemble des paramètres associés aux variables dichotomiques qu'il aurait été nécessaire d'introduire dans le modèle. C'est pourquoi, nous avons opté pour une modélisation via des effets aléatoires, méthodologie que nous avons déjà utilisée pour analyser les inégalités d'exposition aux produits CMR en milieu professionnel [Havet et al. (2014), Havet et al. (2017b), Havet et al. (2018), Havet et al. (2019a), Havet et al. (2019b)]. Plus précisément, la spécifi-

cation de ce modèle est la suivante :

$$Penib_{ikj} = \begin{cases} 1 & \text{si } Penib_{ikj}^* = \beta_{0j} + X_{ij}\delta + \varepsilon_{ijk} = \beta_0 + X_{ij}\delta + u_j + \varepsilon_{ijk} > 0 \\ 0 & \text{sinon,} \end{cases} \quad (2.1)$$

avec $Penib_{ikj} = 1$ si l'individu i dans le secteur d'activité j est exposé au facteur de pénibilité k , X un vecteur de caractéristiques sociodémographiques du salarié (sexe, âge), de son emploi (fonction exercée, catégorie socioprofessionnelle, ancienneté, temps de travail, type de contrat) et de son entreprise (taille de l'entreprise, localisation, présence de syndicats, d'un CHSCT, *etc.*), δ les paramètres inconnus captant leur influence, ε un terme d'erreur distribué selon une loi à valeur extrême de type II et la constante aléatoire

$$u_j \rightarrow N(0, \sigma_u^2). \quad (2.2)$$

Les paramètres du modèle ont été estimés par maximisation de la fonction de vraisemblance suivante :

$$L = \prod_{i=1}^n \int_{-\infty}^{+\infty} \prod_{j=1}^J \left\{ F(\beta_0 + X_{ij}\delta + \sigma_u u_j)^{Penib_{ikj}} \cdot [1 - F(\beta_0 + X_{ij}\delta + \sigma_u u_j)]^{(1-Penib_{ikj})} \right\} \phi(u_j) du_j \quad (2.3)$$

avec F la fonction de répartition de la loi logistique du terme d'erreur ε .

Les estimations ont été menées successivement à partir de l'édition 2017 de l'enquête SUMER (section 2.2.2) et de l'édition 2016 de l'enquête CdT (section 2.2.3).

2.2.2 Résultats à partir de l'enquête SUMER 2017

Nous examinerons successivement d'une part les contraintes physiques marquées et celles liées à un environnement agressif et d'autre part, les contraintes associées à des rythmes de travail particuliers.

Contraintes physiques marquées et environnement physique agressif

Le tableau 2.3 présente les statistiques descriptives des prévalences d'exposition aux facteurs générant des contraintes physiques marquées ou un environnement physique agressif, en fonction de caractéristiques démographiques, de l'emploi et de l'entreprise du salarié. Globalement, il ressort de l'enquête SUMER 2017, que les hommes sont plus exposés à toutes les conditions de travail physiques pénibles, à l'exception des contraintes cervicales. Les écarts les plus marqués entre genres concernent les expositions aux vibrations (16% pour les hommes contre 1,1% pour les femmes), aux agents CMR (17,4% contre 2,4%) et aux nuisances sonores (8,4% contre 0,9% pour les bruits dépassant les 85 décibels).

Les différences d'exposition sont aussi très prononcées selon les types d'emploi et les secteurs d'activité. Par exemple, les ouvriers (qualifiés ou non-qualifiés) constituent la catégorie socioprofessionnelle qui est la plus exposée aux conditions de travail physiques pénibles (à l'exception des contraintes cervicales). La prévalence d'exposition à la manutention de charges lourdes et aux basses températures (<15°C) est la plus forte parmi les ouvriers non-qualifiés (18% et 6% respectivement). Presque 61% des ouvriers qualifiés sont eux exposés à au moins une contrainte posturale pénible, 33% à au moins un agent chimique CMR et 30% à des vibrations mécaniques. Les cadres et les professions intellectuelles ainsi que les professions intermédiaires sont, quant à eux, davantage touchés par des contraintes cervicales exigeantes. D'ailleurs, les principales fonctions avec les taux d'exposition aux contraintes cervicales les plus élevées sont celles associées au secrétariat, à la saisie et à l'accueil (38%). Le port de charges lourdes est davantage fréquent dans les fonctions de manutention, d'entreposage et de logistique et dans une moindre mesure, dans les fonctions liées à la production, fabrication et aux chantiers, qui elles ont la prévalence la plus élevée pour les expositions aux bruits supérieurs à 85 décibels. Les expositions aux agents chimiques CMR sont aussi très fréquents dans les fonctions de manutention et de logistique, mais également dans les services de nettoyage et d'entretien et d'installation et de réparation. Les fonctions d'installation, de réparation et de maintenance sont également celles les plus touchées par tous les autres types de conditions de travail physiques pénibles. Au niveau agrégé des secteurs, c'est celui de la construction qui est le plus concerné par la pénibilité physique, suivi par le secteur de l'industrie et de l'agriculture. En revanche, les entreprises de 500 salariés ou plus ont les prévalences d'exposition les plus faibles, quel que soit le facteur de pénibilité considéré, hormis l'exposition aux agents CMR.

Table 2.3 – Prévalence d'expositions aux contraintes physiques en fonction de différentes caractéristiques (SUMER, 2017)

	SUMER 2017										
	Contraintes physiques marquées					Environnement physique agressif					CMR
	Manutention de charges lourdes	Bras en l'air	Postures pénibles		Autres	Vibration	Nuisances sonores		Nuisances thermiques		
Position à genoux			Contraintes cervicales	postures			Bruit >85dB	Bruit avec chocs	<15°C	>24°C	
Genre											
Femme	4,8%	6,4%	7,5%	22,0%	25,3%	1,1%	0,9%	2,1%	0,9%	1,0%	2,8%
Homme	10,9%	10,7%	13,4%	18,7%	27,4%	15,9%	8,4%	10,7%	2,3%	2,1%	17,4%
CSP											
Cadres et prof. intellectuelles	0,6%	1,3%	0,6%	24,3%	12,4%	0,7%	1,0%	1,6%	0,2%	0,3%	2,6%
Professions intermédiaires	2,4%	3,7%	5,7%	20,2%	17,0%	3,0%	2,3%	4,0%	0,7%	0,9%	6,0%
Employés administratifs	0,9%	0,8%	0,8%	34,1%	17,7%	0,2%	0,1%	1,0%	0,0%	0,3%	11,3%
Employés de service	11,0%	11,4%	13,8%	11,7%	33,8%	2,3%	0,9%	2,5%	1,2%	1,9%	5,3%
Ouvriers qualifiés	18,1%	19,5%	25,6%	20,9%	41,5%	30,4%	15,2%	19,9%	3,7%	3,3%	33,1%
Ouvriers non qualifiés	18,2%	16,9%	16,8%	13,6%	39,3%	20,6%	12,4%	11,9%	6,0%	3,0%	13,5%
Fonction principale exercée											
Production, fabrication, chantier	16,7%	16,9%	20,7%	20,1%	37,1%	23,2%	18,5%	17,9%	5,2%	5,1%	24,1%
Installation, réparation, maintenance	9,2%	23,4%	39,9%	17,0%	39,0%	37,3%	13,4%	27,1%	2,8%	1,9%	41,7%
Nettoyage, gardiennage, entretien ménager	6,3%	13,9%	17,0%	5,2%	35,8%	6,1%	1,4%	3,0%	0,7%	1,7%	40,5%
Manutention, magasinage, logistique	28,2%	10,0%	8,2%	18,7%	38,2%	13,6%	2,2%	7,6%	4,5%	1,0%	76,5%
Secrétariat, saisie, accueil	0,1%	0,1%	0,6%	38,3%	16,1%	0,2%	0,1%	0,8%	0,1%	0,2%	3,5%
Gestion, comptabilité	0,1%	0,0%	0,2%	30,0%	18,2%	0,2%	0,0%	0,6%	0,0%	0,2%	7,1%
Commerce, vente, marketing	7,2%	7,2%	5,1%	19,8%	21,6%	1,4%	0,4%	1,1%	1,1%	0,6%	2,9%
Etudes, R&D	0,3%	0,2%	0,4%	26,1%	12,2%	0,2%	0,6%	1,0%	0,1%	0,3%	4,0%
Education	1,7%	7,6%	5,6%	12,2%	14,5%	1,2%	2,9%	3,4%	0,6%	0,2%	3,5%
Soins à la personne	11,6%	7,6%	15,0%	12,3%	36,6%	0,5%	0,3%	3,4%	0,0%	0,5%	4,6%
Autres	4,0%	5,5%	4,8%	21,1%	19,4%	6,6%	3,0%	3,2%	0,8%	1,7%	10,5%
Secteur d'activité											
Agriculture	12,5%	7,4%	20,4%	9,7%	43,2%	25,7%	7,4%	5,1%	8,9%	3,6%	11,9%
Industrie	8,3%	7,8%	8,7%	23,8%	21,1%	11,9%	12,0%	11,4%	2,0%	3,3%	15,6%
Construction	18,5%	26,7%	38,8%	22,3%	38,5%	36,2%	14,6%	22,5%	3,3%	1,2%	32,7%
Tertiaire	6,9%	7,4%	8,6%	19,8%	26,1%	5,8%	2,7%	4,4%	1,3%	1,2%	7,6%
Taille de l'établissement											
1 à 9 salariés	7,1%	11,9%	12,6%	19,7%	28,3%	11,5%	4,9%	6,4%	1,7%	1,8%	12,6%
10 à 49 salariés	9,0%	10,5%	13,1%	21,2%	28,2%	10,4%	4,7%	7,9%	1,6%	1,5%	11,6%
50 à 199 salariés	9,5%	7,0%	8,6%	20,5%	27,1%	7,8%	5,5%	6,5%	1,8%	1,5%	7,5%
200 à 499 salariés	7,4%	7,0%	8,2%	22,7%	25,7%	5,9%	5,2%	5,5%	2,5%	2,0%	7,8%
500 salariés ou plus	5,1%	4,2%	7,4%	18,5%	20,2%	4,3%	2,7%	4,3%	0,8%	1,1%	9,5%
Statut de l'emploi											
Apprentis, stagiaires, intérimaires	13,6%	12,4%	13,4%	15,3%	44,0%	14,0%	10,6%	13,3%	2,0%	1,8%	14,6%
CDD, saisonnier, pigiste	6,6%	8,8%	10,5%	20,7%	25,7%	7,4%	3,9%	4,1%	2,7%	2,1%	8,0%
CDI	8,0%	8,7%	10,4%	20,4%	26,6%	8,7%	4,5%	6,4%	1,7%	1,5%	9,6%
Agent à statut	1,4%	4,1%	6,0%	38,9%	20,7%	13,4%	3,2%	7,9%	0,7%	0,6%	17,0%
Fonctionnaire	6,6%	7,1%	10,7%	18,4%	21,5%	6,4%	4,3%	4,9%	0,7%	1,7%	11,3%
Travail posté											
Non	6,8%	8,6%	10,0%	21,3%	25,2%	8,3%	3,8%	5,2%	1,4%	1,2%	9,7%
Oui	14,7%	8,3%	13,6%	13,9%	34,0%	10,1%	10,2%	13,6%	3,37%	3,7%	12,8%
Travail de nuit											
Non	7,6%	8,7%	10,4%	20,8%	26,3%	8,1%	4,1%	6,0%	1,5%	1,3%	9,3%
Oui	9,2%	7,6%	10,8%	17,4%	26,6%	11,2%	8,1%	8,6%	2,7%	3,0%	14,9%

Source : enquête SUMER 2017. Champ : salariés France métropolitaine. Calculs des auteurs.

En termes de contrats de travail, les apprentis et les travailleurs intérimaires sont plus susceptibles que les autres d'être exposés à des contraintes physiques marquées (sauf pour les contraintes cervicales). Le même phénomène s'observe généralement pour les travailleurs en équipes tournantes (à l'exception des postures des bras et de la nuque). Les travailleurs de nuit sont eux plus susceptibles d'être exposés à des charges lourdes, des vibrations, des bruits nocifs, des températures extrêmes et à des agents chimiques CMR.

Nos régressions multivariées multi-niveaux (équation 3.9), dont les résultats sont présentés dans le tableau 2.4, révèlent des différences aux trois niveaux : niveaux du salarié, de l'emploi et de l'entreprise.

Au niveau du salarié, il ressort que les femmes ont, toutes choses étant égales par ailleurs (c'est-à-dire notamment à types d'emploi et secteurs contrôlés), une probabilité plus élevée d'être exposées à des postures pénibles, alors que les hommes sont davantage exposés au port de charges lourdes (OR=1,24; $p=0,006$), aux vibrations (OR=3,2; $p<0,001$), aux bruits nocifs (OR=1,7 et 2,8; $p<0,001$), au froid (OR=1,5; $p=0,009$) et aux agents chimiques CMR (OR=2,4; $p<0,001$). Ainsi, la surexposition des hommes aux postures pénibles, observée dans le tableau 2.3, était entièrement attribuable aux différences dans les types d'emplois occupés (fonctions, CSP, secteur, etc.) selon le genre. Une fois contrôlées ces disparités, les femmes ont en moyenne des risques d'exposition à ces facteurs plus importants. Ces résultats confirment qu'au-delà de la ségrégation des métiers selon le genre dans la population active, une séparation existe au sein des emplois/secteurs présentant des conditions de travail physiques. Les femmes sont moins affectées à des tâches dont les exigences physiques sont réputées être fortes telles que la manutention de charges lourdes ou le maniement de machines portatives, rotatives ou percutantes (meuleuses, tronçonneuses, marteaux-piqueurs, ...) générant des vibrations aux membres supérieurs ou des machines mobiles (chariots de manutention, engins de chantier, matériel agricole, ...) transmettant des vibrations au corps entier. Nos résultats sont cohérents avec la répartition des tâches qu'avait pu souligner Messing (2004) sur données nord-américaines ou Eng, 't Mannetje, McLean, Ellison-Laschmann, Cheng & Pearce (2011). Toutefois, les femmes ne sont pas exemptes de toute pénibilité physique au vu des fortes contraintes posturales auxquelles elles sont sujettes. En outre, leurs effets néfastes pourraient être d'autant plus forts qu'elles sont aussi davantage sujettes à du travail répétitif (cf. section suivante sur les rythmes de travail atypiques). Par conséquent, les actions de prévention devront prendre en compte ces différences entre genre et en particulier sensibiliser les femmes et leurs employeurs pour l'amélioration de leur posture au tra-

vail.

Table 2.4 – Odd-Ratios obtenus des régressions multi-niveaux pour les contraintes physiques et les environnements agressifs (SUMER, 2017)

	SUMER 2017										
	Contraintes physiques marquées						Environnement physique agressif				CMR
	Manutention de charges lourdes	Bras en l'air	Position à genoux	Postures pénibles Contraintes cervicales	Autres postures	Vibration	Nuisances sonores Bruit >85dB	Nuisances sonores Bruit avec choes	Nuisances thermiques <15°C	Nuisances thermiques >24°C	
Caractéristiques individuelles											
Genre											
Femme	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Homme	1,240***	0,780***	0,975	0,768***	0,844***	3,226***	2,793***	1,733***	1,473***	1,021	2,367***
Age											
Moins d'un an	0,994*	0,986***	0,988***	0,995***	0,994***	0,985***	0,994*	0,988***	0,999	0,986**	0,992***
Ancienneté											
1 à 3 ans	0,848	0,638***	0,993	0,967	0,769***	0,961	0,945	0,736*	0,927	0,835	0,719**
3 à 10 ans	0,874	0,792**	1,094	0,875**	0,924	1,062	0,783**	0,995	1,134	1,026	1,101
>10 ans	0,987	0,931	1,133*	0,920*	0,974	1,114	0,903	1,036	1,024	1,078	1,123*
	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Caractéristiques de l'emploi											
Heures de travail											
Temps partiel	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Temps complet	1,696***	1,248**	1,188**	1,182***	1,010	1,560***	2,354***	2,054***	1,798**	1,729**	1,187*
Travail en équipe											
Oui	1,281***	1,002	1,137*	0,972	1,069	1,068	1,848***	1,753***	1,190	1,785***	1,201***
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Travail de nuit											
Oui	1,025	0,782***	0,883*	0,915*	0,895**	1,182**	1,317***	1,106	1,068	1,207	1,282***
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Travail le dimanche											
Oui	0,900	0,973	0,825***	1,077*	0,958	0,898	1,007	1,045	0,999	0,403***	0,848***
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Statut de l'emploi											
CDI	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Apprenti, Intérimaire, CDD	0,892	1,392***	1,075	1,095	1,050	1,112	1,065	1,098	1,182	1,558**	1,424***
Agent à statuts	0,477***	0,628***	0,924	1,820***	1,331***	1,268*	0,870	1,249	0,510*	0,617	1,791***
Fonctionnaire	1,430***	1,685***	1,465***	0,900*	0,977	0,971	0,808	1,022	0,809	1,767**	1,329***
CSP											
Professions intermédiaires	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Cadres et Prof. intellectuelles	0,369***	0,379***	0,169***	0,991	0,779***	0,739**	0,533***	0,623***	0,439***	0,601**	0,544***
Employés administratifs	1,224	1,211	0,295***	1,064	1,195**	0,176***	0,720	0,791	0,152**	0,548	0,718*
Employés de service	3,801***	3,209***	2,700***	0,661***	2,245***	1,085	0,689*	0,934	1,331	0,920	0,987
Ouvriers qualifiés	3,369***	3,436***	2,826***	1,253***	3,213***	4,915***	2,110***	2,294***	1,463**	1,442**	2,855***
Ouvriers non qualifiés et agricoles	4,404***	3,200***	2,178***	0,996	2,950***	3,432***	1,726***	1,873***	2,593***	0,970	1,811***
Fonction principale exercée											
Production, fabrication, chantier	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Installation, réparation, maintenance	0,603***	1,907***	3,333***	0,922	1,204***	1,649***	0,831*	1,369***	0,449***	0,805	1,915***
Nettoyage, gardiennage, entretien	0,476***	0,812	0,968	0,339***	1,024	0,933	0,442***	0,541***	0,322***	0,517**	0,455***
Manutention, magasinage, logistique	2,083***	0,717***	0,751**	0,796**	0,958	0,505***	0,284***	0,367***	0,879	0,290***	0,377***
Secrétariat, saisie, accueil	0,040***	0,029***	0,150***	1,959***	0,673***	0,214***	0,040***	0,154***	0,169***	0,150***	0,157***
Gestion, comptabilité	0,0152***	0,009***	0,045***	1,731***	0,856*	0,141***	0,018***	0,056***	0,052***	0,109***	0,068***
Commerce, vente, marketing	0,580***	0,405***	0,386***	1,098	0,720***	0,181***	0,077***	0,122***	0,170***	0,212***	0,218***

suite sur la page suivante

SUMER 2017											
	Contraintes physiques marquées					Environnement physique agressif					CMR
	Manutention de charges lourdes	Bras en l'air	Postures pénibles Position à genoux	Contraintes cervicales	Autres postures	Vibration	Nuisances sonores Bruit >85dB	Nuisances sonores Bruit avec chocs	Nuisances thermiques <15°C	Nuisances thermiques >24°C	
Etudes, R&D, méthodes, éducation	0,209***	0,427***	0,377***	1,236***	0,726***	0,101***	0,229***	0,214***	0,240***	0,236***	0,577***
Services à la personne	1,406**	0,479***	1,512***	0,569***	1,313***	0,231***	0,112***	0,169***	0,061***	0,088***	0,935
Autres	0,372***	0,410***	0,484***	1,208***	0,811***	0,696***	0,349***	0,356***	0,534***	0,559***	0,639***
Caractéristiques de l'entreprise											
Taille de l'établissement											
1 à 9 salariés	0,651***	0,998	1,016	0,996	1,313***	1,813***	0,776	0,818	1,119	1,222	1,568***
10 à 49 salariés	0,890	1,039	1,005	1,248***	1,510***	1,666***	1,009	1,247*	1,340	1,048	1,321***
50 à 249 salariés	1,204*	1,198*	1,017	1,232***	1,488***	1,366***	1,361***	1,417***	1,045	1,167	0,899
250 à 499 salariés	1,313**	1,291**	0,984	1,090	1,303***	1,189	1,008	1,159	1,138	0,797	0,746***
500 salariés et plus	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Présence d'un CHSCT											
Oui	0,723***	0,673***	0,803**	0,981	0,926	0,890	0,803	0,744**	1,496*	0,614**	0,833*
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Présence de représentants syndicaux											
Oui	0,844	0,880	0,782***	0,886*	0,991	0,952	0,788*	0,875	0,843	1,259	1,066
NSP	0,866	0,936	0,745***	1,003	0,988	0,870	0,900	0,781*	0,800	0,812	0,904
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Intervention d'IPRP											
Oui	0,996	1,035	0,980	0,971	1,121***	1,189**	1,174*	1,139*	0,977	0,887	1,266***
NSP	0,913	0,995	1,032	0,772***	0,941	0,973	1,060	0,852	0,688*	1,086	1,196**
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Régions											
Centre-Val de Loire	0,933	0,929	0,818	2,091***	0,984	0,909	1,339	0,977	0,722	1,884**	0,919
Bourgogne Franche-Comté	1,313**	0,881	1,197*	1,251***	1,086	1,073	1,829***	0,646***	2,024***	1,247	0,950
Normandie	1,340*	1,035	1,074	1,632***	1,166*	1,513***	1,210	1,011	1,629*	2,215***	0,970
Nord-Pas de Calais	0,831	0,793*	0,965	0,970	0,861*	0,783*	1,414**	0,502***	1,164	1,264	1,075
Picardie											
Alsace	1,047	1,018	1,190*	1,676***	1,134**	0,913	2,160***	0,969	1,100	1,150	0,898
Ardenne Lorraine											
Pays de Loire	1,465***	1,576***	1,400***	2,315***	1,061	1,355**	2,412***	1,382***	2,895***	2,064***	1,515***
Bretagne	1,645***	1,185	1,650***	1,585***	1,360***	1,598***	1,319	1,175	2,627***	1,976**	1,278**
Aquitaine	1,079	0,923	1,025	1,774***	0,916	1,443***	1,583***	0,891	1,860**	3,787***	1,337***
Limousin											
Poitou Charentes											
Languedoc	1,121	0,869	1,004	1,757***	1,066	0,982	1,137	0,736**	1,308	2,778***	0,733***
Rousillon											
Midi-Pyrénées											
Auvergne	1,255*	1,038	1,055	1,304***	0,871**	1,155	1,404**	0,860	1,816**	0,997	1,038
Rhône-Alpes											
PACA	1,009	0,954	0,843	1,567***	1,165**	1,164	1,472**	1,046	1,527	3,136***	1,163
Corse	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Ile de France											
Constante	0,042***	0,120***	0,142***	0,196***	0,225***	0,013***	0,015***	0,042***	0,003***	0,053***	0,056***
Coefficient intra-class ρ	,095***	0,099***	0,060***	0,034***	0,051***	0,182***	0,088***	0,135***	0,214***	0,144***	0,213***
Nbre observations	23 531	24 067	24 009	23 761	23 664	24 079	24 017	24 057	23 997	24 016	24 285

Note : *** significatif à un seuil de 1%, ** significatif à un seuil de 5%, * significatif à un seuil de 10%.

Source : enquête SUMER 2017.

Champ : salariés France métropolitaine. Calculs des auteurs

Globalement, les probabilités d'expositions aux pénibilités physiques et à un environnement agressif ont tendance à légèrement diminuer avec l'âge. Cela confirme les conclusions de Pailhé (2004) qui trouvait, à partir des enquêtes CdT de 1984, 1991 et 1998, que les salariés vieillissants étaient relativement moins exposés aux

pénibilités et risques que leurs cadets. Cette moindre exposition mise en évidence n'est pas due au fait qu'en vieillissant les salariés quittent les catégories socio-professionnelles les plus exposées puisque notre analyse économétrique permet de neutraliser ce type d'effets de structure. On peut supposer que de nouveau, ce soient davantage au niveau des tâches affectées au sein des différents emplois que la séparation se crée. Les employeurs peuvent confier des tâches moins pénibles aux travailleurs plus âgés afin d'éviter l'usure professionnelle et les arrêts de travail associés, surtout s'ils ont été confrontés à ces facteurs de pénibilité tout au long de leur carrière. En outre, l'objectif de maximisation des gains de productivité dans les entreprises accentue ce phénomène, les travailleurs âgés pouvant être moins productifs pour les tâches exigeant des efforts physiques.

Au niveau de l'emploi, les travailleurs à temps plein ont des probabilités significativement plus élevées d'être exposés à l'ensemble des conditions pénibles considérées, et plus particulièrement au bruit nocif. Ils sont deux fois plus exposés à ce facteur de pénibilité que les travailleurs à temps partiel (OR=2,3 ; $p<0,001$). De même, le travail en équipe alternante est beaucoup plus fréquemment associé à des prévalences d'exposition élevées aux bruits nocifs (OR=1,8 ; $p<0,001$), à la manutention répétée de charges lourdes (OR=1,7 ; $p=0,001$), ainsi qu'aux températures supérieures à 24°C (OR=1,8 ; $p<0,001$) et aux agents chimiques CMR (OR=1,2 ; $p=0,005$). Pour la majorité des conditions de travail physiques, il n'y a pas de différences significatives entre les travailleurs en CDI et les travailleurs en emplois précaires (apprentis, intérimaires, CDD), toutes choses étant égales par ailleurs. Ces derniers ont seulement une probabilité plus élevée de travailler fréquemment avec les bras en l'air (OR=1,4 ; $p=0,003$), de travailler à la chaleur (OR=1,6 ; $p=0,041$) et d'être exposés à des agents chimiques CMR (OR=1,4 ; $p=0,001$). Les fonctionnaires, ont, quant à eux, des probabilités plus élevées d'être exposés au port répété de charges lourdes, aux fortes températures, aux agents CMR et aux postures pénibles entraînant des positions soutenues de bras en l'air et de positions à genoux. Les agents à statuts particuliers sont eux plus fréquemment associés à des postures cervicales et autres postures exigeantes et à l'exposition à des agents CMR, mais ils sont moins associés au port de charges lourdes. Par rapport aux professions intermédiaires (catégorie en référence dans nos régressions), les cadres et les professions intellectuelles sont significativement beaucoup moins exposés à la pénibilité physique ou à un environnement de travail physiquement agressif, alors que les ouvriers (qualifiés ou non) le sont plus. Par exemple, la prévalence d'exposition à la manutention répétée de charges lourdes pour les ouvriers non-qualifiés et celle d'exposition aux vibrations pour les ouvriers qualifiés sont plus de 4 fois supérieures à celle de leurs homologues ayant des professions intermédiaires.

Nos régressions multivariées confirment aussi la plupart des résultats concernant les différences d'exposition selon les fonctions exercées que nous avons mis en évidence à partir des statistiques descriptives. Les contraintes cervicales sont statistiquement davantage associées à des fonctions de secrétariat, saisie, accueil ou de gestion et comptabilité. Les fonctions associées à l'installation, la réparation ou la maintenance sont celles avec les probabilités les plus élevées d'expositions au travail impliquant un maintien répété des bras en l'air ou en positions à genoux, aux vibrations, aux bruits à impulsion et aux agents chimiques CMR. Les probabilités d'exposition au bruit nocif (>85 dB) et aux températures extrêmes sont plus importantes pour les salariés effectuant des tâches de production, fabrication ou construction (catégorie de référence). Il est aussi à signaler que les services à la personne sont des activités avec des risques élevés d'exposition aux charges lourdes et aux contraintes posturales (positions à genoux, autres contraintes), toutes choses étant égales par ailleurs.

Au niveau de l'entreprise, la taille de l'établissement semble avoir des effets contrastés selon le facteur de pénibilité considéré. Travailler dans les entreprises de 10 à 249 salariés est plus fréquemment associé à des expositions aux bruits nuisibles, aux contraintes cervicales et autres postures pénibles ; travailler dans les entreprises de moins de 10 salariés accroît significativement le risque d'exposition aux vibrations et aux agents CMR, alors qu'il n'y a pas de différence significative en termes d'exposition aux températures extrêmes ou aux positions répétées à genoux en fonction de la taille de l'entreprise. Concernant la présence d'un CHSCT, lorsque celle-ci a un effet (cas de la manutention de charges lourdes, bras en l'air, position à genoux, bruit, température et agents CMR), elle a tendance plutôt à réduire les expositions à ces facteurs de pénibilité. En revanche, la présence de représentants syndicaux dans l'entreprise semble avoir peu d'influence sur les probabilités d'exposition (hormis pour les positions répétées à genoux). Enfin, nous pouvons noter qu'il y a une corrélation positive entre l'exposition à un certain nombre de facteurs de pénibilité (autres postures, vibrations, bruit, agents CMR) et l'intervention au cours des 12 derniers mois de professionnels de la prévention des risques professionnels. Nous pouvons imaginer que ces derniers se déplacent davantage dans les entreprises où les taux d'exposition sont les plus élevés.

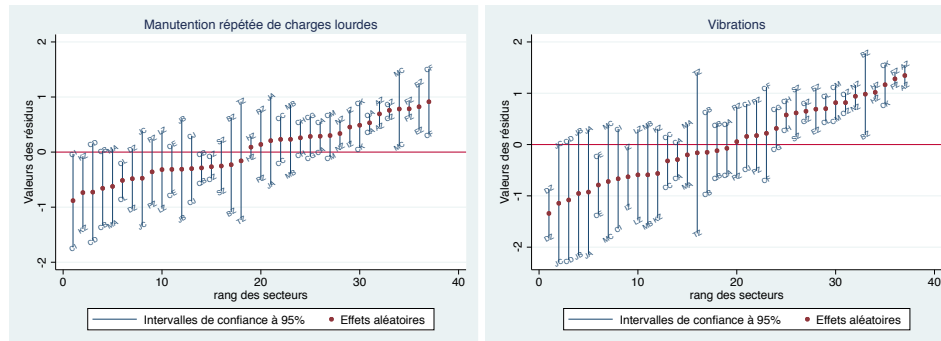
Grâce à nos estimations de modèles multi-niveaux, nous pouvons détailler les secteurs d'activité dans lesquels, toutes choses étant égales par ailleurs, les risques d'expositions aux différents facteurs de pénibilité physique sont plus élevés que la moyenne. Pour ce faire, nous avons estimé les termes d'erreurs aléatoires u_j de chaque activité ($j = 1, \dots, 38$) ainsi que leurs écarts-types. Nous avons pu ainsi

construire des figures représentant leurs intervalles de confiance, à l'image de la figure 2.1 issue des modèles expliquant l'exposition à la manutention de charges lourdes et aux vibrations. Quand un secteur est associé à un effet aléatoire supérieur à zéro pour un facteur de pénibilité donné, cela signifie que l'exposition à ce facteur est plus élevée que la moyenne dans ce secteur. De façon similaire, si un secteur est associé à un effet aléatoire négatif, cela signifie que l'exposition à ce facteur est plus faible que la moyenne dans ce secteur. Ainsi, si l'intervalle de confiance inclut la valeur 0, la différence par rapport à la moyenne n'est pas significative, dans le cas contraire elle l'est à un seuil de 5%.

Par exemple, la figure 2.1 montre que toutes choses étant égales par ailleurs, plusieurs secteurs sont plus susceptibles de générer de la manutention répétée de charges lourdes que la moyenne. Il s'agit, par ordre décroissant, de l'industrie pharmaceutique, de la production et distribution de l'eau et de la gestion des déchets, de la construction, des autres activités scientifiques et techniques, du commerce et de la réparation d'automobiles, de l'agriculture, des activités pour la santé humaine, de la fabrication de machines et équipements, de l'hébergement et la restauration et enfin des activités de services administratifs (figure 2.1a). L'agriculture, la construction et la fabrication de machines et d'équipements sont parmi les secteurs les plus exposés aux vibrations, de même que le transport et l'entreposage, l'administration publique, la fabrication de matériel de transport, la production et distribution d'eau ou encore la métallurgie (figure 2.1b). A l'inverse, la fabrication de produits informatiques et électroniques ou de matériel de transport, ainsi que les activités de finance/assurance sont moins associées aux expositions de manutention de charges lourdes.

Le tableau 2.5 résume ces effets de secteurs pour l'ensemble des régressions (les graphiques correspondants sont reportés dans l'Annexe 2). Dans ce tableau, le symbole + (case rouge) indique que le secteur est associé à un effet aléatoire significativement supérieur à zéro, c'est-à-dire que l'exposition au facteur considéré est plus élevé dans ce secteur que la moyenne générale. A l'inverse, le symbole - (case verte) indique que le secteur est associé à un effet aléatoire significativement inférieur à zéro, suggérant que l'exposition au facteur considéré est plus faible dans ce secteur que la moyenne générale. Une case vide indique une différence non significative par rapport à la moyenne.

Figure 2.1 – Intervalles de confiance des termes aléatoires associés à chaque secteur d'activité issus de l'estimation des modèle multi-niveaux d'être exposé a) à la manutention répétée de charges lourdes et b) aux vibrations



Légende : AZ : Agriculture, sylviculture et pêche; BZ : Industries extractives; CA : Fabrication de denrées alimentaires, de boissons et de produits à base de tabac; CB : Fabrication de textiles, industries de l'habillement, industrie du cuir et de la chaussure; CC : Travail du bois, industries du papier et imprimerie; CD : Cokéfaction et raffinage; CE : Industrie chimique; CF : Industrie pharmaceutique; CG : Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique ainsi que d'autres produits minéraux non métalliques; CH : Métallurgie et fabrication de produits métalliques à l'exception des machines et des équipements; CI : Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques; CJ : Fabrication d'équipements électriques; CK : Fabrication de machines et équipements; CL : Fabrication de matériels de transport; CM : Autres industries manufacturières; réparation et installation de machines et d'équipements; DN : Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné; EZ : Production et distribution d'eau; assainissement, gestion des déchets et dépollution; FZ : Construction; GZ : Commerce; réparation d'automobiles et de motocycles; HZ : Transports et entreposage; IZ : Hébergement et restauration; JA : Edition, audiovisuel et diffusion; JB : Télécommunications; JC : Activités informatiques et services d'information; KZ : Activités financières et d'assurance; LZ, LI : Activités immobilières; MA : Activités juridiques, comptables, de gestion, d'architecture, d'ingénierie, de contrôle et d'analyses techniques; MB : Recherche-développement scientifique; MC : Autres activités spécialisées, scientifiques et techniques; NZ : Activités de services administratifs et de soutien; OZ : Administration publique; PZ : Enseignement; QA : Activités pour la santé humaine; QB : Hébergement médico-social et social et action sociale sans hébergement; RZ : Arts, spectacles et activités récréatives; SZ : Autres activités de services; TZ : Activités des ménages en tant qu'employeurs; activités indifférenciées des ménages en tant que producteurs de biens et services pour usage propre; UZ : Activités extra-territoriales.

Globalement, trois grands groupes de secteurs peuvent être distingués :

- *Les secteurs avec des probabilités d'exposition supérieures à la moyenne pour au moins 4 facteurs de pénibilité* : la construction, le commerce et la réparation de voiture, les activités pour la santé humaine, l'agriculture, le transport et l'entreposage, l'administration publique et services administratifs, la fabrication et la réparation de machines, la métallurgie, l'hébergement et la restauration, la R&D scientifique et la fabrication de denrées alimentaires, boissons ou tabac.
- *Les secteurs avec des probabilités d'exposition plus faibles que la moyenne pour au moins deux facteurs de pénibilité* : la production et distribution d'électricité et de gaz, la fabrication de produits informatiques et électroniques, les activités informatiques, l'industrie chimique et la cokéfaction/raffinage (hormis pour les expositions aux agents CMR), les télécommunications et les activités financières et d'assurance.
- *Les secteurs qui n'impliquent jamais ou rarement des différences d'expositions significatives par rapport à la moyenne* : l'industrie textile, les activités d'édition et d'audiovisuel, de spectacles et d'art et les activités immobi-

lières.

Nous pouvons aussi remarquer que certains secteurs sont plus exposés que la moyenne à certaines pénibilités mais moins à d'autres. C'est par exemple le cas du secteur de l'administration publique, où les salariés sont plus fréquemment exposés aux contraintes physiques marquées, aux vibrations et aux bruits intensifs mais moins exposés à la manutention de charges lourdes et aux fortes températures. De même, dans le secteur de l'hébergement et la restauration, les salariés sont davantage sujets aux ports répétés de charges lourdes, aux nuisances sonores et aux températures extrêmes, mais moins sujets aux contraintes cervicales, aux vibrations et aux expositions à des agents chimiques CMR.

Rythmes de travail “atypiques”

Nos résultats ont mis en évidence que le travail de nuit et le travail posté étaient associés à une plus forte exposition à certains facteurs de pénibilité, générant des contraintes physiques marquées et un environnement physique agressif. Or, comme ces rythmes de travail atypiques sont aussi considérés comme des risques professionnels, ils vont dans le sens de précédentes études suggérant que les horaires atypiques tendent à se cumuler avec d'autres facteurs de risque liés à un travail plus difficile émotionnellement et physiquement [Havet et al. (2017a), Algava (2014), Rouxel (2009)]. Or, la plus grande vulnérabilité du corps humain dans le courant de la nuit le rend particulièrement vulnérable aux agressions (bruit, chaleur, agents toxiques, etc.) [ANSES (2016)]. En particulier, la tension causée par les horaires postés de nuit peut être fortement accrue lorsque d'autres facteurs de stress liés à un environnement physique agressif sont présents dans la situation de travail [Oginski, Pokorski & Rutenfranz (1987)].

Nous allons désormais analyser les caractéristiques des emplois et des entreprises au regard cette fois des rythmes de travail atypiques (travail de nuit régulier, travail posté et travail répétitif). Le tableau 2.6 présente les statistiques descriptives des prévalences d'exposition aux rythmes de travail atypiques, en fonction de caractéristiques démographiques, de l'emploi et de l'entreprise du salarié.

Table 2.5 – Effets des secteurs sur les probabilités d’être exposés aux contraintes physiques et à un environnement agressif (SUMER, 2017)

	SUMER 2017											
	Contraintes physiques marquées						Environnement physique agressif					
	Postures pénibles			Nuisances sonores			Nuisances thermiques					
	Manutention de charges lourdes	Bras en l'air	Position à genoux	Contraintes cervicales	Autres postures	Vibration	Bruit >85dB	Bruit avec choqs	Bruit avec <15°C	Nuisances thermiques >24°C	CMR	
- Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné												
- Fabrication de matériels de transport												
- Activités informatiques et services d'information												
- Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques												
- Industrie chimique												
- Télécommunications												
- Cokéfaction et raffinage												
- Activités financières et d'assurance												
- Hébergement médico-social et action sociale												
- Activités juridiques, comptables, de gestion, d'architecture, etc												
- Fabrication de textiles, industries de l'habillement												
- Edition, audiovisuel et diffusion												
- Activités immobilières												
- Arts, spectacles et activités récréatives												
- Activités des ménages en tant qu'employeurs												
- Activités extra-territoriales												
- Autres activités spécialisées, scientifiques et techniques												
- Production et distribution d'eau; assainissement, gestion des déchets												
- Fabrication d'équipements électriques												
- Travail du bois, industries du papier et imprimerie												
- Enseignement												
- Industries extractives												
- Autres activités de services												
- Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique												
- Industrie pharmaceutique												
- Fabrication de denrées alimentaires, de boissons et de produits à base de tabac												
- Réparation et installation de machines et d'équipements												
- Recherche-développement scientifique												
- Hébergement et restauration												
- Métallurgie et fabrication de produits métalliques												
- Fabrication de machines et équipements												
- Activités de services administratifs et de soutien												
- Administration publique												
- Transports et entreposage												
- Agriculture, sylviculture et pêche												
- Activités pour la santé humaine												
- Commerce; réparation d'automobiles												
- Construction												

Source : enquête SUMER 2017.

Champ : salariés France métropolitaine. Calculs des auteurs

Table 2.6 – Prévalence d'exposition aux rythmes de travail atypiques en fonction de différentes caractéristiques (SUMER, 2017)

	SUMER 2017		
	Travail de nuit régulier	Travail posté	Travail répétitif
Genre			
Femme	2,32%	12,04%	6,11%
Homme	6,89%	15,38%	5,94%
CSP			
Cadres et prof. intellectuelles	1,51%	3,96%	0,66%
Professions intermédiaires	3,66%	11,33%	1,72%
Employés administratifs	0,97%	5,36%	2,92%
Employés de service	6,51%	19,83%	8,98%
Ouvriers qualifiés	8,90%	21,03%	9,11%
Ouvriers non qualifiés	4,84%	20,26%	18,05%
Fonction principale exercée			
Production, fabrication, chantier	8,31%	25,89%	15,51%
Installation, réparation, maintenance	3,25%	12,69%	3,96%
Nettoyage, gardiennage, entretien ménager	3,79%	10,24%	8,74%
Manutention, magasinage, logistique	7,94%	20,73%	8,23%
Secrétariat, saisie, accueil	0,96%	4,71%	3,91%
Gestion, comptabilité	0,63%	1,80%	2,28%
Commerce, vente, marketing	2,15%	8,16%	5,81%
Etudes, R&D	0,50%	1,66%	0,72%
Education	3,16%	6,05%	0,43%
Soins à la personne	8,56%	31,39%	3,60%
Autres	6,55%	13,47%	3,63%
Secteur d'activité			
Agriculture	2,62%	3,38%	24,54%
Industrie	8,23%	23,57%	6,69%
Construction	1,96%	4,65%	6,01%
Tertiaire	4,23%	12,90%	5,61%
Taille de l'établissement			
1 à 9 salariés	2,09%	5,18%	7,86 %
10 à 49 salariés	4,02%	9,59%	4,75 %
50 à 199 salariés	5,55%	17,09%	6,75%
200 à 499 salariés	7,83%	23,12%	6,26%
500 salariés ou plus	6,09%	22,26%	4,12%
Statut de l'emploi			
Apprentis, stagiaires, intérimaires	5,06%	25,39%	12,90%
CDD, saisonnier, pigiste	5,23%	14,26%	6,14%
CDI	4,53%	12,43%	6,11%
Agent à statut	9,53%	19,16%	2,10%
Fonctionnaire	3,97%	15,54%	4,27%

Source : enquête SUMER 2017.

Champ : salariés France métropolitaine.

Calculs des auteurs

Il ressort de l'enquête SUMER 2017 que le travail de nuit régulier et le travail posté concernent plus fréquemment les hommes : 7% d'entre eux travaillaient plus de 50 nuits par an pour seulement 2,3% des femmes et 15,4% occupaient un travail en équipes tournantes contre 12,04% des femmes. En revanche, le genre semble peu affecter l'exposition à un travail répétitif, le taux d'exposition à ce facteur étant quand même légèrement plus élevé pour les femmes.

De nouveau, les ouvriers sont davantage exposés aux différents rythmes de tra-

vail atypiques que les autres catégories socioprofessionnelles. Les ouvriers non qualifiés doivent plus fréquemment réaliser des gestes répétitifs plus de 10 heures par semaine (18% contre 9% pour les ouvriers qualifiés et les employés de service et moins de 1% pour les cadres). Les ouvriers qualifiés travaillent eux plus souvent de nuit (9% d'entre eux contre 5% des ouvriers non qualifiés et 1,5% des cadres). Les fonctions principales les plus concernées par le travail de nuit et le travail posté sont par ordre d'importance : les soins à la personne, les fonctions de production, fabrication et chantier et celles de manutention, magasinage, logistique. Le travail répétitif se retrouve davantage dans les tâches de production, fabrication et chantier (15,5%) et dans une moindre mesure dans celles de nettoyage, gardiennage et de manutention, magasinage, logistique (plus de 8%). D'ailleurs, les emplois de l'industrie semblent les plus sujets à un travail de nuit régulier et/ou un travail posté alors que le travail répétitif est prédominant dans le secteur de l'agriculture. Enfin, nous pouvons noter que les salariés sous contrats précaires (apprentis, stagiaires, intérimaires) sont davantage exposés au travail répétitif et au travail posté alors que ce sont les agents à statuts qui sont les plus exposés au travail de nuit régulier. Les salariés en CDI sont moins fréquemment sujets au travail de nuit et au travail posté.

Les régressions multivariées multi-niveaux (Tableau 2.7) mettent en évidence qu'une fois contrôlées des caractéristiques de l'emploi occupé (fonction, catégorie socioprofessionnelle, statut, temps de travail, secteur d'activité, etc.), les différences entre genres persistent. Les hommes présentent toujours une probabilité en moyenne significativement plus élevée d'être sujets au travail de nuit régulier (OR=2,5 ; $p<0,001$) et au travail posté (OR=1,2 ; $p<0,001$) alors que les femmes sont davantage exposées au travail répétitif (OR=0,54 ; $p<0,001$). La surexposition des hommes au travail de nuit est sans doute en partie liée à l'héritage d'anciennes législations. En effet, de 1892 à 2001, le travail de nuit était interdit aux femmes. Certes, en 1976, un texte avait créé des autorisations exceptionnelles pour certains secteurs d'activités (santé, commerce, transport, etc.) et la loi de 1987 sur "l'aménagement du temps de travail" avait ouvert la possibilité du travail de nuit aux femmes dans l'industrie, sous réserve de la conclusion d'un accord patronat/syndicats au niveau de la branche et de l'entreprise, mais la règle de principe était l'interdiction. Celle-ci fut levée en 2001 dans le cadre de la loi sur l'égalité entre les hommes et les femmes dans leur travail. Toutefois, du fait de ces anciennes législations, les femmes s'inquièteraient peut-être davantage de la nocivité du travail de nuit et pourraient ainsi être plus réceptives aux messages de prévention sur le sujet et moins disposées à occuper ce type d'emplois, d'autant plus que cela peut compliquer la conciliation entre vie professionnelle et vie familiale. En particulier, les études scientifiques mettant en avant un excès de risque de cancer du sein associé au travail de nuit ont

été largement médiatisées [Ménégaux, Truong, Anger, Cordina-Duverger, Lamkarkach, Arveux, Kerbrat, Févotte & Guénel (2013); Knutsson, Alfredsson, Karlsson, Akerstedt, Fransson, Westerholm & Westerlund (2013); Akerstedt, Knutsson, Narusyte, Svedberg, Kecklund & Alexanderson (2015); Hansen & Lassen (2012); Fritschi, Erren, Glass, Girschik, Thomson, Saunders, Boyle, El-Zaemey, Rogers, Peters, Slevin, D'Orsogna, de Vocht, Vermeulen & Heyworth (2013); Ijaz, Verbeek, Seidler, Lindbohm, Ojajarvi, Orsini, Costa & Neuvonen (2013); Jia, Lu, Wu, Lin, Shen, Zhu, Huang & Chen (2013)].

Si les femmes sont globalement moins exposées aux facteurs de pénibilité, ce n'est pas le cas pour le travail répétitif et les postures pénibles. De prime abord, la division des tâches peut sembler plus favorable aux femmes, car elles exercent moins de travaux de force. Mais elles font davantage de tâches minutieuses, générant de petits gestes répétitifs qui font que leurs mains sont les premières blessées au travail. Le syndrome du canal carpien les touche particulièrement. Plus globalement, les femmes développent près de deux fois plus de troubles musculo-squelettiques que les hommes [Garoche (2016)]. Or, des études ont montré que les contraintes physiques (efforts musculaires, postures inconfortables) ainsi que les contraintes organisationnelles (gestes répétitifs, contraintes de temps) sont à l'origine de symptômes aggravés de TMS.

Table 2.7 – Odd-Ratios obtenus des régressions multi-niveaux pour les rythmes de travail atypiques (SUMER, 2017)

	SUMER 2017		
	Rythmes de travail atypiques		
	Travail de nuit régulier	Travail posté	Travail répétitif
Genre			
Femme	Réf.	Réf.	Réf.
Homme	2,471***	1,205***	0,543***
Age	0,997	0,984***	0,995
Ancienneté			
Moins d'un an	1,330*	0,987	0,879
1 à 3 ans	1,122	1,085	1,042
3 à 10 ans	1,107	0,961	0,897
>10 ans	Réf.	Réf.	Réf.
Caractéristiques de l'emploi			
Heures de travail			
Temps partiel	Réf.	Réf.	Réf.
Temps complet	1,957***	1,504***	1,096
Travail en équipe			
Oui	—	—	1,212**
Non	Réf.	Réf.	Réf.
Travail de nuit			
Oui	—	—	0,765***
Non	Réf.	Réf.	Réf.

suite sur la page suivante

SUMER 2017			
	Rythmes de travail atypiques		
	Travail de nuit régulier	Travail en équipes alternantes	Travail répétitif
Travail le dimanche			
Oui	0,115***	0,204***	0,860*
Non	Réf.	Réf.	Réf.
Statut de l'emploi			
CDI	Réf.	Réf.	Réf.
Apprenti, Intérimaire, CDD	0,849	1,042	0,955
Agent à statuts	0,761**	0,995	0,935
Fonctionnaire	0,900	1,354***	0,940
CSP			
Professions intermédiaires	Réf.	Réf.	Réf.
Cadres et Prof. intellectuelles	0,480***	0,312***	0,544***
Employés administratifs	0,742	1,522***	1,104
Employés de service	2,037***	2,045***	2,843***
Ouvriers qualifiés	1,492***	1,723***	3,824***
Ouvriers non qualifiés et agricoles	1,450***	2,165***	5,708***
Fonction principale exercée			
Production, fabrication, chantier	Réf.	Réf.	Réf.
Installation, réparation, maintenance	0,504***	0,388***	0,341***
Nettoyage, gardiennage, entretien	0,958	0,439***	0,481***
Manutention, magasinage, logistique	0,786*	0,438***	0,484***
Secrétariat, saisie, accueil	0,460***	0,279***	0,394***
Gestion, comptabilité	0,128***	0,0810***	0,367***
Commerce, vente, marketing	0,302***	0,262***	0,379***
Etudes, R&D, méthodes, éducation	0,223***	0,129***	0,208***
Services à la personne	1,861***	0,928	0,107***
Autres	0,866	0,505***	0,367***
Taille de l'établissement			
1 à 9 salariés	0,510***	0,360***	0,570***
10 à 49 salariés	0,850	0,714***	0,719**
50 à 249 salariés	1,089	0,795***	0,938
250 à 499 salariés	1,365***	0,972	1,001
500 salariés et plus	Réf.	Réf.	Réf.
Présence d'un CHSCT			
Oui	1,327**	1,959***	0,859
Non	Réf.	Réf.	Réf.
Présence de représentants syndicaux			
Oui	1,334**	1,441***	0,906
NSP	1,235	1,020	0,902
Non	Réf.	Réf.	Réf.
Intervention d'IPRP			
Oui	0,900	1,168***	1,021
NSP	1,180	1,162*	0,894
Non	Réf.	Réf.	Réf.
Régions			
Centre-Val de Loire	1,205	1,171	1,379*
Bourgogne Franche-Comté	1,229	0,956	1,087
Normandie	2,255***	1,352***	1,268
Nord-Pas de Calais Picardie	1,110	1,172	1,005
Alsace Champagne Ardennes Lorraine	1,725***	1,321***	1,537***
Pays de Loire	1,088	1,169	1,464***
Bretagne	1,753***	1,622***	1,827***
Aquitaine Limousin Poitou Charentes	1,582***	1,589***	1,715***
Languedoc Roussillon Midi-Pyrénées	1,472***	1,138	1,388**
Auvergne Rhône-Alpes	0,976	1,122	1,601***
PACA Corse	1,048	1,420***	1,080
Ile de France	Réf.	Réf.	Réf.
Constante	0,282***	1,741**	0,117***
Coefficient intra-class ρ	0,198***	0,151***	0,061***
Nbre observations	24 003	24 318	23 904

Note : *** significatif à un seuil de 1%, ** significatif à un seuil de 5%, * significatif à un seuil de 10%.

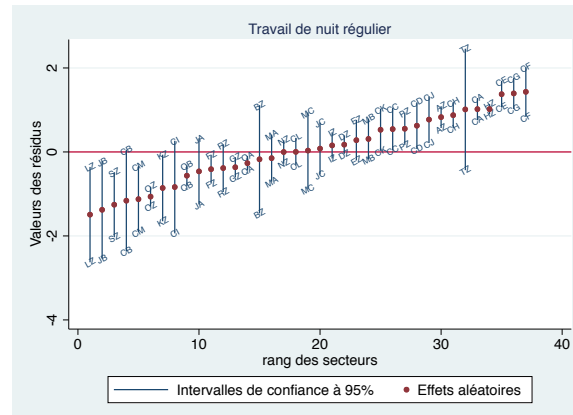
Source : enquête SUMER 2017.

Champ : salariés France métropolitaine. Calculs des auteurs

A secteur et autres caractéristiques individuelles et d'entreprises équivalentes, les ouvriers/ouvrières non qualifié(e)s et agricoles ont presque 6 fois plus de risques d'être concernés par du travail répétitif à une fréquence élevée et sous une cadence contrainte que les professions intermédiaires et près de 4 fois plus pour les ouvriers/ouvrières qualifié(e)s. Pour le travail posté, les employés de service ont autant de risques d'être exposés que les ouvriers qualifiés, soit 2 fois plus que les professions intermédiaires. En revanche, la catégorie socioprofessionnelle la plus touchée par le travail de nuit régulier est, toutes choses étant égales par ailleurs, les employés de service et non les ouvriers. D'ailleurs, les salariés exerçant des fonctions de services à la personne ont les probabilités les plus élevées d'être concernés par ces horaires de nuit (OR=1,86 ; $p<0,001$). A titre d'exemple, les métiers d'infirmiers, de sage-femmes ou d'aide soignants font partie des familles professionnelles dénombrant le plus de salariés travaillant la nuit. Il faut rappeler que la législation stipule que le recours au travail de nuit doit être exceptionnel et qu'il doit être justifié par la nécessité d'une présence sur le lieu de travail pour assurer la continuité des services d'utilité sociale ou de l'activité économique.

La figure 2.2 laisse penser que les impératifs de production dans l'industrie dictent fortement le recours au travail de nuit régulier. En effet, l'occupation d'un emploi dans les secteurs de l'industrie pharmaceutique, de la fabrication de produits en caoutchouc et en plastique, de l'industrie chimique, de la fabrication de denrées alimentaires/boissons ou encore de la métallurgie et fabrication de produits métalliques est associée à une probabilité significativement plus élevée que la moyenne de travailler la nuit régulièrement. Certains de ces secteurs (industrie chimique, fabrication de produits en caoutchouc et en plastique, fabrication de denrées alimentaires/boissons) sont aussi associés à une probabilité plus élevée d'être exposé au travail posté, auxquels s'ajoutent les secteurs de la cokéfaction et du raffinage, de la fabrication d'équipements électriques ou de matériel de transport (figure en Annexe 3). Les secteurs ayant une surexposition significative au travail répétitif sont différents car très peu associés à l'industrie : il s'agit de l'agriculture, des secteurs d'activités pour la santé humaine, autres activités scientifiques et techniques, autres activités de services ou encore le commerce/réparation d'automobiles.

Figure 2.2 – Intervalles de confiance des termes aléatoires associés à chaque secteur d'activité issus de l'estimation des modèle multi-niveaux d'être exposé au travail de nuit régulier (SUMER 2017)



Légende : AZ : Agriculture, sylviculture et pêche; BZ : Industries extractives; CA : Fabrication de denrées alimentaires, de boissons et de produits à base de tabac; CB : Fabrication de textiles, industries de l'habillement, industrie du cuir et de la chaussure; CC : Travail du bois, industries du papier et imprimerie; CD : Cokéfaction et raffinage; CE : Industrie chimique; CF : Industrie pharmaceutique; CG : Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique ainsi que d'autres produits minéraux non métalliques; CH : Métallurgie et fabrication de produits métalliques à l'exception des machines et des équipements; CI : Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques; CJ : Fabrication d'équipements électriques; CK : Fabrication de machines et équipements; CL : Fabrication de matériels de transport; CM : Autres industries manufacturières; réparation et installation de machines et d'équipements; DN : Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné; EZ : Production et distribution d'eau; assainissement, gestion des déchets et dépollution; FZ : Construction; GZ : Commerce; réparation d'automobiles et de motocycles; HZ : Transports et entreposage; IZ : Hébergement et restauration; JA : Edition, audiovisuel et diffusion; JB : Télécommunications; JC : Activités informatiques et services d'information; KZ : Activités financières et d'assurance; LZ, LI : Activités immobilières; MA : Activités juridiques, comptables, de gestion, d'architecture, d'ingénierie, de contrôle et d'analyses techniques; MB : Recherche-développement scientifique; MC : Autres activités spécialisées, scientifiques et techniques; NZ : Activités de services administratifs et de soutien; OZ : Administration publique; PZ : Enseignement; QA : Activités pour la santé humaine; QB : Hébergement médico-social et social et action sociale sans hébergement; RZ : Arts, spectacles et activités récréatives; SZ : Autres activités de services; TZ : Activités des ménages en tant qu'employeurs; activités indifférenciées des ménages en tant que producteurs de biens et services pour usage propre; UZ : Activités extra-territoriales.

Un des points communs entre travail posté et travail répétitif est que la probabilité d'y être exposé augmente avec la taille de l'entreprise. Par contre, le fait d'appartenir à une entreprise de 250 à 499 salariés multiplie le risque par 1,4 par rapport au fait d'appartenir à une entreprise de 10 à 249 salariés ou de 500 salariés ou plus. Enfin, nous pouvons signaler que le travail posté accroît significativement les risques d'exposition à un travail répétitif (OR=1,2; p=0,030) alors que le travail de nuit (régulier ou occasionnel) diminue ce risque.

2.2.3 Résultats à partir de l'enquête Conditions de Travail 2016

Même si les enquêtes SUMER et CdT ne mesurent pas exactement les mêmes expositions aux risques professionnels, elles aboutissent à des conclusions com-

parables quant aux inégalités sociales face aux facteurs de pénibilité. Les tableaux 2.8, 2.9, 2.10 et 2.11 reportent les prévalences d'exposition en fonction de certaines caractéristiques et les résultats des régressions logistiques multi-niveaux, obtenus à partir de l'enquête CdT 2016.

Contraintes physiques marquées et environnement physique agressif

Les régressions multivariées, effectuées à partir de l'enquête CdT 2016, confirment les principaux résultats obtenus avec l'enquête SUMER 2017 pour les expositions aux contraintes physiques marquées et à un environnement physique agressif. Nous retrouvons que par rapport aux professions intermédiaires, les ouvriers sont significativement beaucoup plus exposés à l'ensemble des facteurs (charges lourdes, rester debout, postures pénibles, mouvements douloureux, vibrations, agents chimiques dangereux, fumées/poussières) et dans une moindre mesure les employés, alors que les cadres y sont beaucoup moins exposés. Les travailleurs de nuit ou en équipes alternantes sont aussi globalement plus exposés que leurs homologues à horaires réguliers. L'enquête CdT 2016 suggère comme l'enquête SUMER que les travailleurs à temps plein ont davantage de risques d'être exposés à certaines pénibilités (charges lourdes, vibrations, fumées/poussières). Elle confirme aussi qu'il y a peu de différence significative entre les salariés en contrat à durée indéterminée et les autres. Avec l'enquête SUMER 2017, les salariés en CDI avaient une probabilité plus élevée d'être exposés seulement aux agents CMR et selon l'enquête CdT, ils ont une probabilité plus élevée d'être exposés aux agents chimiques dangereux, ce qui est cohérent, mais également au port de charges lourdes. De même, le tableau 2.10 conforte l'idée que les probabilités d'exposition aux pénibilités physiques et à un environnement agressif diminuent légèrement avec l'âge puisque cela se vérifie notamment pour les expositions aux charges lourdes, à la position debout prolongée, aux agents chimiques dangereux et aux fumées et poussières.

Il ressort aussi de nouveau que travailler dans une entreprise de moins de 10 salariés accroît significativement le risque d'exposition aux vibrations, alors que de travailler dans les entreprises de 500 salariés ou plus diminue fortement les risques d'exposition aux charges lourdes, aux mouvements douloureux et au fait de rester longtemps debout. Enfin, les régressions sur l'enquête CdT confirment notre précédente analyse sur les disparités d'exposition entre genres. Alors que les statistiques descriptives (tableau 2.9) mettent en évidence des prévalences d'exposition plus élevées chez les hommes pour l'ensemble des facteurs de pénibilité physique et d'environnement agressif, les régressions multivariées montrent qu'une partie de

ces écarts est liée à des différences d'emploi ou d'entreprises, puisque toutes choses étant égales par ailleurs, les femmes ont des risques plus importants d'être exposées aux postures pénibles, aux mouvements douloureux (résultats cohérents avec ceux de l'enquête SUMER) mais aussi au port de charges lourdes.

Table 2.8 – Prévalence d'expositions aux contraintes physiques en fonction de différentes caractéristiques (CdT, 2016)

	Conditions de Travail 2016						
	Charges lourdes	Contraintes physiques marquées			Environnement physique agressif		
		Rester debout	Postures pénibles	Mouvements douloureux	Vibrations	Agents chimiques dangereux	Fumées, poussières
Genre							
Femme	37,0%	47,6%	32,9%	35,0%	6,6%	20,9%	18,5%
Homme	44,8%	53,4%	37,6%	39,7%	29,3%	36,7%	42,4%
CSP							
Agriculteurs	79,0%	76,4%	55,1%	76,1%	76,5%	73,8%	80,9%
Artisans	52,0%	61,8%	45,5%	44,7%	24,0%	24,1%	39,3%
Cadres et prof. intellectuelles	12,2%	19,6%	14,4%	8,8%	4,0%	13,6%	8,9%
Professions intermédiaires	33,9%	44,4%	27,6%	28,3%	11,8%	27,0%	21,9%
Employés	43,8%	53,5%	36,3%	42,0%	10,1%	23,6%	22,0%
Ouvriers	65,0%	76,0%	56,7%	61,9%	43,3%	50,7%	65,9%
Fonction principale exercée							
Production, chantier, exploitation	59,6%	73,0%	51,1%	54,9%	38,4%	50,9%	63,7%
Installation, réparation, maintenance	64,0%	63,5%	49,8%	53,6%	35,2%	65,5%	63,3%
Gardiennage, nettoyage, entretien ménager	44,6%	87,9%	51,4%	60,6%	13,0%	50,5%	53,2%
Manutention, magasinage, logistique	59,3%	61,4%	41,3%	51,0%	37,9%	27,6%	47,4%
Secrétariat, saisie, accueil	15,5%	8,9%	23,2%	13,7%	2,1%	5,3%	10,9%
Gestion, comp	9,5%	5,7%	16,3%	8,3%	1,0%	5,1%	8,4%
Commercial, technico-commercial	39,6%	46,0%	24,1%	29,3%	8,3%	16,9%	15,4%
Etudes, recherche et développement, méthodes	8,2%	6,9%	14,0%	4,8%	2,1%	15,6%	12,0%
Enseignement	18,3%	70,1%	22,2%	17,1%	3,9%	11,5%	9,9%
Soin des personnes	64,2%	70,3%	43,4%	59,8%	11,9%	40,2%	12,9%
Autres	35,7%	44,4%	31,6%	32,9%	17,9%	19,3%	22,4%
Secteur d'activité							
Agriculture	75,4%	77,8%	62,1%	76,3%	67,6%	69,0%	72,4%
Industrie	38,4%	51,2%	33,5%	35,0%	20,9%	41,5%	48,8%
Construction	67,6%	69,9%	64,1%	61,4%	50,7%	49,5%	74,1%
Tertiaire	38,2%	48,0%	32,3%	34,6%	13,5%	23,7%	22,6%
Taille de l'établissement							
1 à 9 salariés	45,4%	55,0%	35,9%	37,6%	18,3%	27,5%	31,4%
10 à 49 salariés	42,8%	51,5%	35,6%	38,4%	17,7%	27,2%	30,2%
50 à 199 salariés	39,3%	49,4%	34,7%	35,7%	18,8%	29,2%	30,9%
200 à 499 salariés	34,5%	42,6%	30,7%	31,9%	16,2%	30,5%	30,8%
500 salariés ou plus	30,8%	38,6%	28,7%	29,4%	14,4%	32,3%	25,3%
CDI							
Non	40,7%	61,0%	39,7%	39,3%	16,1%	25,2%	32,0%
Oui	39,6%	47,5%	33,4%	35,9%	17,1%	29,5%	29,5%
Travail posté							
Non	38,1%	48,2%	33,3%	34,7%	15,5%	25,6%	27,9%
Oui	57,2%	64,0%	46,4%	52,0%	34,0%	48,0%	47,4%
Travail de nuit							
Non	39,7%	48,7%	34,4%	35,9%	17,7%	27,7%	29,4%
Oui	59,6%	76,7%	47,9%	57,6%	27,8%	48,1%	50,7%

Source : enquête Conditions de Travail 2016. Champ : salariés France métropolitaine. Calculs des auteurs

Table 2.9 – Odd-Ratios obtenus des régressions multi-niveaux pour les contraintes physiques et les environnements agressifs (CdT, 2016)

	Conditions de Travail 2016						
	Contraintes physiques marquées				Environnement physique agressif		
	Charges lourdes	Rester debout	Postures pénibles		Vibrations	Agents chimiques dangereux	Fumées, poussières
Mouvements douloureux							
Genre							
Femme	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Homme	0,867***	1,030	0,775***	0,762***	2,559***	1,445***	1,373***
Age	0,979***	0,987***	1,000	0,999	0,998	0,977***	0,990***
Ancienneté							
Moins d'un an	0,625***	0,850*	0,852**	0,682***	0,704***	0,590***	0,743***
1 à 3 ans	0,724***	0,867*	0,848**	0,753***	0,957	0,715***	0,811***
3 à 10 ans	0,942	0,959	1,001	0,948	1,103*	0,854***	0,932
>10 ans	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Heures de travail							
Temps partiel	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Temps complet	1,139***	0,905*	1,038	1,039	1,420***	1,058	1,108*
Travail en équipe							
Oui	1,262***	1,770***	1,092	1,323***	1,019	1,214***	1,118
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Travail de nuit							
Oui	1,257***	1,108*	1,159***	1,254***	1,394***	1,380***	1,293***
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Travail le dimanche							
Oui	1,463***	2,164***	1,227***	1,426***	1,183***	1,405***	1,229***
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
CSP							
Artisans	1,176	0,759	0,896	0,720	1,358	0,194***	0,519*
Cadres et prof. intellectuelles	0,347***	0,350***	0,538***	0,309***	0,358***	0,587***	0,495***
Professions intermédiaires	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Employés	1,875***	2,363***	1,605***	2,273***	1,514***	1,212***	1,546***
Ouvriers, Agriculteurs	3,127***	3,461***	2,551***	3,478***	2,983***	1,732***	2,847***
Fonction principale exercée							
Production, chantier, exploitation	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Installation, réparation, maintenance	1,599***	0,989	1,295***	1,276***	1,192**	1,848***	1,539***
Gardiennage, nettoyage, entretien ménager	0,711***	2,573***	1,037	1,074	0,939	1,900***	1,702***
Manutention, magasinage, logistique	1,012	0,391***	0,686***	0,736***	1,082	0,466***	0,658***
Secrétariat, saisie, accueil	0,148***	0,0243***	0,341***	0,138***	0,114***	0,0678***	0,201***
Gestion, comptabilité	0,145***	0,0377***	0,392***	0,122***	0,139***	0,108***	0,197***
Commercial, technico-commercial	0,529***	0,297***	0,503***	0,374***	0,612***	0,293***	0,284***
Etudes, recherche et développement, méthodes	0,282***	0,160***	0,536***	0,279***	0,336***	0,425***	0,380***
Enseignement	0,387***	1,687***	0,657***	0,532***	0,655**	0,200***	0,412***
Soin des personnes	1,231**	0,884	0,937	1,116	0,989	0,708***	0,356***
Autres	0,492***	0,316***	0,628***	0,487***	0,782***	0,437***	0,465***
Taille de l'établissement							
1 à 9 salariés	1,452***	1,844***	1,029	1,223***	1,187**	1,068	0,990
10 à 49 salariés	1,474***	1,354***	1,019	1,292***	1,110	0,965	1,037
50 à 199 salariés	1,283***	1,269***	0,967	1,184***	0,917	1,032	0,971
200 à 499 salariés	1,243***	1,181**	0,972	1,132**	0,951	1,042	1,026
500 salariés ou plus	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
CDI							
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Oui	1,153**	0,880	0,987	1,126	0,970	1,262***	1,072
Régions							
Centre-Val de Loire	0,947	1,110	0,964	0,983	1,263*	1,032	0,883
Bourgogne Franche-Comté	0,862*	0,959	0,865*	1,134	1,704***	0,943	0,926

suite sur la page suivante

Conditions de Travail 2016							
	Contraintes physiques marquées				Environnement physique agressif		
	Charges lourdes	Rester debout	Postures pénibles		Vibrations	Agents chimiques dangereux	Fumées, poussières
Mouvements douloureux							
Normandie	1,068	1,005	0,945	1,107	1,431***	1,199**	0,912
Hauts de France	1,128*	1,113	0,990	1,190**	1,562***	1,059	0,897
Grand Est	1,025	0,974	1,014	1,102	1,611***	1,070	0,839**
Pays de Loire	1,065	0,846*	0,758***	1,020	1,859***	1,021	0,889
Bretagne	1,240**	1,194*	0,774***	1,047	2,057***	1,330***	0,996
Nouvelle Aquitaine	1,093	1,126	1,046	1,237***	1,946***	1,175**	0,986
Occitanie	1,117	1,100	1,007	1,054	1,566***	1,031	0,913
Auvergne Rhône-Alpes	1,058	1,007	0,975	1,067	1,705***	1,072	0,919
PACA Corse	1,111	1,101	1,119	1,140	1,660***	1,228**	1,027
Ile de France	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Constante	0,898	1,337	0,520***	0,424***	0,0434***	0,957	0,685**
Coefficient intra-class ρ	,0706	0,157	0,023	0,060	0,090	0,186	0,094
Nbre observations	20 187	20 180	20 178	20 184	20 188	20 146	20 185

Note : *** significatif à un seuil de 1%, ** significatif à un seuil de 5%, * significatif à un seuil de 10%.
Source : enquête CdT 2016.
Champ : salariés France métropolitaine. Calculs des auteurs

Rythmes de travail “atypiques”

A partir de l'enquête CdT 2016, nous retrouvons les disparités d'exposition aux rythmes de travail atypiques, déjà mises en évidence avec l'enquête SUMER 2017, à savoir :

- les travailleurs à temps complet et les ouvriers et les employés sont, toutes choses étant égales par ailleurs, davantage sujets au travail de nuit et au travail posté ;
- les hommes sont plus exposés au travail de nuit régulier mais moins au travail répétitif que les femmes ;
- les salariés ayant des fonctions de soins à la personne sont particulièrement concernés par le travail de nuit régulier et ceux ayant des fonctions de production, chantier, exploitation par le travail posté ;
- la probabilité d'avoir un travail répétitif est significativement plus élevée pour ceux travaillant en équipes tournantes, mais significativement moins élevée pour les travailleurs de nuit.

La seule principale différence entre les résultats des deux enquêtes concerne l'effet de la taille de l'entreprise, qui vient sans doute de la non-introduction de la variable CHSCT dans les régressions effectuées avec l'enquête CdT 2016, l'information n'étant pas reportée.

Table 2.10 – Prévalence d'expositions aux rythmes de travail atypiques en fonction de différentes caractéristiques (CdT, 2016)

	Conditions de Travail 2016		
	Travail de nuit régulier	Travail posté	Travail répétitif
Genre			
Femme	3,1%	5,6%	45,3%
Homme	8,1%	8,4%	38,3%
CSP			
Agriculteurs	5,5%	0,0%	52,9%
Artisans	5,6%	0,4%	37,9%
Cadres et prof. intellectuelles	1,7%	0,5%	12,5%
Professions intermédiaires	4,2%	6,9%	27,8%
Employés	5,5%	6,0%	55,7%
Ouvriers	11,3%	17,1%	65,6%
Fonction principale exercée			
Production, chantier, exploitation	13,1%	20,9%	58,3%
Installation, réparation, maintenance	3,5%	8,3%	27,6%
Gardiennage, nettoyage, entretien ménager	4,0%	3,2%	74,7%
Manutention, magasinage, logistique	8,7%	17,1%	64,1%
Secrétariat, saisie, accueil	0,6%	3,4%	46,6%
Gestion, comp	0,9%	0,7%	31,5%
Commercial, technico-commercial	2,4%	2,7%	37,1%
Etudes, recherche et développement, méthodes	0,1%	1,0%	12,8%
Enseignement	0,8%	1,0%	17,9%
Soin des personnes	10,9%	14,2%	46,7%
Autres fonctions	7,1%	3,8%	39,1%
Secteur d'activité			
Agriculture	8,1%	1,0%	56,7%
Industrie	11,6%	23,7%	42,6%
Construction	2,0%	1,6%	45,4%
Tertiaire	4,8%	4,6%	40,7%
Taille de l'établissement			
1 à 9 salariés	2,1%	1,5%	44,3%
10 à 49 salariés	3,6%	3,9%	41,3%
50 à 199 salariés	6,7%	11,1%	45,1%
200 à 499 salariés	8,6%	13,0%	39,4%
500 salariés ou plus	10,2%	14,2%	32,7%
CDI			
Non	4,5%	10,4%	52,7%
Oui	5,9%	7,4%	40,3%

Source : enquête Conditions de Travail 2016.

Champ : salariés France métropolitaine. Calculs des auteurs

Table 2.11 – Odd-ratios obtenus des régressions multi-niveaux pour les rythmes de travail atypiques (CdT, 2016)

	Conditions de Travail 2016		
	Travail de nuit régulier	Travail posté	Travail répétitif
Genre			
Femme	Réf.	Réf.	Réf.
Homme	1,927***	1,109	0,636***
Age	0,997	0,980***	0,994***
Ancienneté			
Moins d'un an	0,903	0,957	1,014
1 à 3 ans	0,907	0,690***	0,907
3 à 10 ans	0,941	0,920	0,942
>10 ans	Réf.	Réf.	Réf.
Heures de travail			
Temps partiel	Réf.	Réf.	Réf.
Temps complet	1,906***	1,317***	1,004
Travail en équipe			
Oui	—	—	1,312***
Non	—	—	Réf.
Travail de nuit			
Oui	—	—	0,869***
Non	—	—	Réf.
Travail le dimanche			
Oui	7,812***	2,893***	1,049
Non	Réf.	Réf.	Réf.
CSP			
Artisans	0,295	0,922	0,920
Cadres et prof. intellectuelles	0,387***	0,134***	0,406***
Professions intermédiaires	Réf.	Réf.	Réf.
Employés	1,273***	1,500***	2,694***
Ouvriers, Agriculteurs	1,423***	1,727***	3,936***
Fonction principale exercée			
Production, chantier, exploitation	Réf.	Réf.	Réf.
Installation, réparation, maintenance	0,308***	0,384***	0,387***
Gardiennage, nettoyage, entretien ménager	0,794	0,668**	1,766***
Manutention, magasinage, logistique	1,046	0,544***	0,961
Secrétariat, saisie, accueil	0,336***	0,373***	0,637***
Gestion, comptabilité	0,293***	0,178***	0,559***
Commercial, technico-commercial	0,311***	0,249***	0,555***
Etudes, recherche et développement, méthodes	0,0169***	0,124***	0,463***
Enseignement	0,319**	0,189***	0,477***
Soin des personnes	3,367***	0,884	0,663***
Autres fonctions	1,123	0,427***	0,638***
Taille de l'établissement			
1 à 9 salariés	0,229***	0,151***	0,908
10 à 49 salariés	0,413***	0,394***	1,003
50 à 199 salariés	0,732***	0,917	1,165***
200 à 499 salariés	0,762***	0,928	1,109*
500 salariés ou plus	Réf.	Réf.	Réf.
CDI			
Oui	1,202	0,800*	0,930
Non	Réf.	Réf.	Réf.
Régions			
Centre-Val de Loire	1,590**	1,156	0,882
Bourgogne Franche-Comté	1,875***	0,694**	1,004
Normandie	1,487**	1,296*	1,167*
Hauts de France	1,799***	1,122	1,409***
Grand Est	2,163***	1,367**	1,197***
Pays de Loire	1,838***	1,106	0,951
Bretagne	1,579***	0,909	1,135
Nouvelle Aquitaine	1,462**	0,892	1,190**

suite sur la page suivante

	Conditions de Travail 2016		
	Travail de nuit régulier	Travail posté	Travail répétitif
Occitanie	1,612***	0,834	1,208***
Auvergne Rhône-Alpes	1,658***	1,123	0,944
PACA Corse	1,692***	0,843	1,124
Ile de France	Réf.	Réf.	Réf.
Constante	0,00823***	0,251***	0,894
Coefficient intra-class ρ	0,185	0,248	0,021
Nbre observations	20 109	20 197	20 175

Note : *** significatif à un seuil de 1%, ** significatif à un seuil de 5%, * significatif à un seuil de 10%.
Source : enquête CdT 2016.
Champ : salariés France métropolitaine. Calculs des auteurs

2.3 L'évolution des expositions aux facteurs de pénibilité entre 2003 et 2017

La réduction des inégalités sociales de santé, spécifiquement dans le domaine des cancers professionnels, a constitué un des axes structurants de divers plans et programmes nationaux de santé publique. Par exemple, le *Plan national santé environnement* 2009-2013 a retenu la réduction des inégalités environnementales comme axe principal et le *Plan Cancer* 2009-2013 a fixé comme une de ses priorités la réduction des inégalités sociales face aux cancers ainsi que la prévention des expositions en milieu professionnel. En outre, alors que le *Plan Santé au Travail* 2005-2009 (PST1) visait à réformer le dispositif national de prévention des risques professionnels en renforçant les moyens d'intervention de l'administration et de l'inspection du travail, le *Plan Santé au Travail* 2010-2014 (PST2) a eu pour but de renforcer les mesures initiées. L'objectif général était de renforcer la prévention des accidents au travail et des maladies professionnelles, tout en diminuant l'exposition à ces risques. Pour ce faire, l'un des axes majeurs affichés était de développer les actions de prévention des risques professionnels, en particulier du risque chimique et des troubles musculo-squelettiques. C'est pourquoi, il nous a paru primordial d'analyser l'évolution non seulement de l'exposition aux facteurs de pénibilité au cours des dernières décennies mais aussi celle des inégalités d'exposition. Nous chercherons à savoir si on a assisté à une diminution des risques professionnels. Mais surtout dans le cas où cette baisse se confirme, si elle ne s'est pas faite de façon inégale et donc au détriment de certains salariés qui auraient vu eux leurs expositions augmenter.

2.3.1 Bases de comparaison temporelles

Le fait que les différentes éditions de l'enquête SUMER soient réalisées par les médecins du travail selon une méthodologie identique à chaque enquête permet en principe de comparer les résultats d'une année sur l'autre. Les différentes éditions de l'enquête CdT s'inscrivent aussi dans la continuité les unes des autres, de manière à disposer d'une certaine profondeur temporelle nécessaire pour apprécier les évolutions récentes, même si depuis l'édition 2013, l'enquête CdT n'est plus complémentaire à l'enquête Emploi, son questionnement étant autonome. Nous retiendrons les 3 dernières éditions pour chacune des enquêtes, soient 2003, 2010, 2017 pour l'enquête SUMER et 2005, 2013, 2016 pour l'enquête CdT.

Toutefois, deux éléments doivent être pris en compte pour effectuer de telles comparaisons dans le temps. Premièrement, il faut s'assurer de la comparabilité du champ couvert. En effet, pour les deux enquêtes, le champ s'est étendu au fil des années. Par exemple, en 2003, l'enquête SUMER couvrait l'ensemble des salariés surveillés par la médecine du travail du régime général et de la mutualité sociale agricole, les salariés des hôpitaux publics, d'EDF-GDF, de la Poste, de la SNCF et d'Air France. Or, en 2010, les salariés de la RATP, les gens de mer et une grande partie des agents de la fonction publique d'Etat et des collectivités territoriales ont été intégrés à l'enquête, à l'exception des enseignants de l'Education nationale [Arnaudo, Léonard, Sandret, Cavet, Coutrot & Rivalin (2012)], qui n'ont été intégrés qu'à partir de l'édition 2017. Par ailleurs, certains territoires d'Outre-Mer ont été progressivement interrogés. Les éditions 2013 et 2016 de l'enquête CdT ont elles aussi connu deux ensembles d'ajouts par rapport à l'édition 2005 : les suppléments "fonction publique" et "secteur hospitalier" et les suppléments DOM (Martinique, Guyane, Guadeloupe et la Réunion). C'est pourquoi, dans les comparaisons qui vont suivre, nous allons raisonner à « champ constant », c'est-à-dire en restreignant notre échantillon d'étude au champ de salariés métropolitains couverts par les 3 années de nos enquêtes (grâce à la variable `champ03=1` pour les éditions 2010 et 2017 de l'enquête SUMER et la variable `champ_ct2005=1` pour les éditions 2013 et 2016 de l'enquête CdT).

Deuxièmement, il faut s'assurer que les mesures des expositions aux facteurs de pénibilité soient équivalentes d'une édition à l'autre, c'est-à-dire basées sur une formulation identique des questions et construites à partir de seuils similaires si on en utilise. Ces conditions sont bien remplies à deux exceptions près. La première concerne l'exposition aux produits CMR dans l'enquête SUMER. En effet, la liste des produits chimiques susceptibles d'être présents au poste de travail du salarié s'est enrichie par les concepteurs de l'enquête en fonction des politiques

d'innovation et de substitution menées par les entreprises, et avec l'évolution des connaissances [Arnaudo et al. (2012)]. Plus précisément, parmi les 29 produits ou familles de produits que nous avons considérés comme CMR dans l'édition 2017, seulement 27 peuvent être repérés dans l'édition 2003 : les expositions aux éthers de glycol cancérigènes n'étaient pas repérables dans l'édition 2003, et celles aux pesticides cancérigènes n'étaient pas repérables dans les éditions 2003 et 2010. Par conséquent, notre analyse temporelle des prévalences d'expositions aux produits chimiques CMR ne prendra en compte que les 27 produits ou familles de produits, communs aux 3 éditions de l'enquête SUMER.

La deuxième exception concerne le travail de nuit régulier dans l'enquête CdT. En effet, dans l'édition 2005, il n'était pas demandé aux individus déclarant travailler la nuit (entre minuit et cinq heures du matin) de renseigner le nombre de nuits que cela représente par an. Or, nous avons défini comme facteur de pénibilité, le travail exigeant plus de 50 nuits par an. Comme nous ne pouvons pas faire référence à ce seuil, nous nous intéresserons pour l'analyse temporelle du travail de nuit à partir de l'enquête CdT au *travail de nuit habituel* (les salariés ont indiqué s'ils travaillaient la nuit i) habituellement, ii) occasionnellement, ou iii) jamais).

2.3.2 Une baisse des expositions aux risques professionnels ?

Selon l'enquête SUMER, 62% des salariés du secteur privé et des hôpitaux publics en France métropolitaine – champ couvert en 2003, 2010 et 2017 – étaient exposés en 2017 à au moins un facteur de pénibilité considéré. Cette proportion a diminué de 4 points entre 2010 et 2017, pour revenir au niveau qui prévalait en 2003. Toutefois, le tableau 2.12 met en évidence que les expositions aux risques professionnels n'ont pas toutes suivi cette tendance générale.

Alors que les prévalences d'exposition aux contraintes physiques marquées ont augmenté de 45% à 49,5% (+4,5 points) entre 2003 et 2017, celles associées à un environnement physique agressif ont fortement baissé, passant de 24,3% à 18% (-6,3 points) sur la même période. La proportion de salariés exposés aux bruits nocifs (>85dB, impulsions), aux nuisances thermiques et aux produits chimiques CMR n'a cessé de diminuer tout au long de la période. Cette décline des expositions aux facteurs générant un environnement physique agressif s'inscrit dans un contexte de renforcement de la réglementation sur ces questions. Par exemple, sur la période, le décret 2003-1254 du 23 décembre 2003 relatif à la prévention du risque chimique, a modifié en profondeur la réglementation, en imposant l'obligation d'éva-

luation préalable des risques, des mesures régulières de concentration et l'information du salarié par le médecin du travail des risques d'exposition aux agents CMR. De même, le décret 2006-133 du 9 février 2006 a fixé des valeurs limites d'exposition professionnelle contraignantes à certains agents CMR (poussières de bois, benzène, diméthylamine, plomb, *etc.*). Or, les valeurs limites constituent un élément important d'une politique plus large de prévention des risques et présentent l'avantage de fournir un repère chiffré, objectif en vue d'une protection minimale de la santé. Elles permettent de faire progresser la notion complexe du risque chimique, de son contrôle et de la prévention. Ces décrets ont bien évidemment pu améliorer la prise de conscience des risques d'exposition professionnelle aux agents CMR, qui a aussi été renforcée par l'entrée en vigueur au 1^{er} janvier 2007 de la réglementation REACH, rationalisant les restrictions et améliorant le cadre réglementaire de l'Union Européenne sur les produits chimiques. Par ailleurs, la baisse des expositions aux agents CMR peut aussi s'expliquer par des changements de procédés de production ou par la substitution par des produits moins dangereux.

Le même constat peut être fait concernant la baisse des expositions aux nuisances sonores. Une grande vague de sensibilisation contre les effets nocifs du bruit sur les lieux de travail a vu le jour depuis le début des années 2000. "L'année européenne du bruit", organisée par l'agence européenne de santé et sécurité au travail de Bilbao a donné lieu à de nombreuses manifestations, dont une série de conférences organisées au cours de la "semaine européenne de la santé et la sécurité au travail" sur le thème de la prévention des risques concernant le bruit au travail⁷. D'un point de vue réglementaire, une nouvelle directive européenne, dite "Bruit" (2003/10/CE), instaurée en 2003 a été transposée dans le droit français par le décret 2006-892 en juillet 2006. Cette nouvelle réglementation définit des seuils d'exposition à partir desquels différentes actions de prévention sont obligatoires pour l'employeur (ex : mise en œuvre d'un programme de mesures de réduction d'exposition au bruit, signalisation des endroits concernés (bruyants) et limitation d'accès, utilisation de protecteur individuel contre le bruit (PICB) et contrôle de l'ouïe des travailleurs, au-delà de 85 décibels) et établit, à l'image de celles existantes pour les agents chimiques, une valeur limite d'exposition, qui correspond à un niveau à ne pas dépasser (87 décibels une fois prise en compte l'atténuation apportée par le PICB (casque, bouchons d'oreilles) lorsqu'il est porté par le travailleur) [Canetto (2006)]. Il n'en reste pas moins que, dans tous les cas, quel que soit le niveau sonore, la directive exige en préalable des entreprises la suppression du risque à la source ou la réduction au minimum s'il est impossible de le supprimer, en choisissant les équipements et les procédés de production les moins bruyants, en limitant la propagation du bruit par l'enclotement des machines, l'enclotement des espaces

7. European week for safety and health at work (2005), *Reducing the risks from Occupational noise*, Bilbao : European Agency for Safety and Health at Work, 85p.

de travail ou l'isolation acoustique du local.

Table 2.12 – Prévalences d'expositions aux différents facteurs de pénibilités en 2003, 2010 et 2017, selon l'enquête SUMER

	SUMER		
	2003	2010	2017
Au moins un facteur de pénibilité	62,15%	65,50%	61,75%
Contraintes physiques marquées	44,78%	49,55%	49,48%
<i>Manutention répétée de charges</i>	13,24%	11,30%	8,51%
<i>Postures pénibles :</i>	36,87%	42,76%	45,18%
- Maintien des bras en l'air	7,99%	8,53%	9,00%
- Position à genoux	7,01%	7,12%	10,24%
- Position fixe de la tête et du cou	19,68%	25,66%	20,83%
- Autres contraintes posturales (posture accroupie, en torsion, etc.)	16,13%	15,88%	27,56%
<i>Vibrations mécaniques</i>	6,73%	7,34%	8,19%
Environnement physique agressif	24,32%	21,05%	17,91%
<i>Nuisances sonores :</i>	12,70%	12,29%	9,52%
- Bruit de niveau d'exposition sonore supérieure à 85 décibels	8,30%	7,71%	4,71%
- Bruit comportant des chocs et des impulsions	7,41%	7,56%	6,80%
<i>Nuisances thermiques :</i>	4,78%	4,16%	3,38%
- Travail au froid (<15°C)	2,43%	1,88%	1,81%
- Travail à la chaleur (>24°C)	2,47%	2,44%	1,63%
<i>Exposition à des agents CMR^S</i>	14,15%	10,89%	9,78%
Rythmes de travail « atypiques »	26,14%	28,84%	22,32%
<i>Travail de nuit régulier</i>	8,56%	4,47%	4,99%
<i>Travail en équipes successives alternantes (travail posté)</i>	14,80%	16,33%	14,40%
<i>Travail répétitif</i>	9,64%	13,29%	6,62%

Note : ^S les produits ou familles de produits CMR repérés avec l'enquête SUMER sont au nombre de 27.

Source : enquêtes SUMER 2003, 2010, 2017.

Champ : salariés du secteur concurrentiel et hôpitaux publics, France métropolitaine. Calculs des auteurs.

En revanche, aucune indication de température maximale/minimale au-delà de laquelle il est dangereux ou interdit de travailler n'est donnée dans le Code du travail. L'employeur est juste tenu de mettre en œuvre les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé physique et mentale des travailleurs (article L.4121-1 et suivants du Code du Travail), en application des principes généraux de prévention. Il doit notamment prendre en considération les ambiances thermiques dans le cadre de sa démarche d'évaluation des risques et de prévention [Robert,

Turpin-Legendre, Shettle, Tissot, Aubry & Siano (2019)]. Toutefois, la canicule de l'été 2003, la plus grave jamais enregistrée en France, ainsi que les débats autour du changement climatique en cours ont renforcé la mobilisation du monde du travail contre les risques associés aux ambiances thermiques. Ceci pourrait expliquer une partie de la baisse des expositions à ces facteurs de risques. Il est aussi à noter que certains métiers exigeant d'évoluer dans des environnements marqués par des températures élevées (teintureries, blanchisseries, hauts fourneaux, fonderies) ont vu leurs effectifs diminuer sur notre période d'étude⁸.

Cette baisse générale des expositions à un environnement physique agressif, observée à partir des enquêtes SUMER, est moins perceptible à partir des éléments dont nous disposons dans les enquêtes CdT (Tableau 2.13). Certes, la proportion de salariés déclarant être amenés à respirer des fumées et des poussières à leur emplacement de travail a diminué de 2 points entre 2005 et 2016 (de 33,5% à 31,4%). En revanche, la proportion déclarant être amenés à être en contact avec des produits dangereux est restée stable (environ 29%). Une explication plausible de ces différences est que les agents chimiques CMR ont été substitués dans les processus de production par des produits considérés comme dangereux par les salariés. La définition de la dangerosité d'un produit n'est pas explicitement énoncée dans l'enquête CdT et son évaluation est donc laissée au libre arbitre du salarié répondant. Il se peut aussi que l'accroissement de la sensibilisation, au sein des entreprises, aux risques chimiques ait engendré une meilleure déclaration au fil des années parmi les individus exposés, dont la proportion a pourtant diminué.

La confrontation des résultats de nos 2 enquêtes est aussi enrichissante dans la compréhension de l'évolution des expositions aux contraintes physiques marquées. D'une part, selon l'enquête SUMER (Tableau 2.13), la prévalence d'exposition à la manutention répétée de charges (10h/semaine ou plus) a fortement baissé entre 2003 et 2017 : elle est passée de 13,2% à 8,5%. Les évolutions techniques, avec des aides mécanisées de plus en plus adaptées aux tâches à réaliser, contribuent sans doute largement à cette diminution [Memmi, Rosankis, Sandret, Duprat, Léonard, Morand & Tassy (2019)]. Or, l'enquête CdT nous indique que le ressenti des salariés sur le port de charges lourdes (sans indication de seuil) n'a pas changé sur la période. Un peu plus de 40% déclaraient en 2005 et en 2016 que l'exécution de leur travail imposait de porter ou déplacer des charges lourdes. Là-encore, la définition retenue entre les deux enquêtes diffère. L'enquête SUMER se réfère à la définition européenne, c'est-à-dire que "toute opération de transport ou de soutien d'une

8. Dans l'enquête SUMER, la proportion de salariés exerçant dans la fonderie (respectivement dans la blanchisserie) a diminué de 79% (respectivement 53%). Mais attention, les effectifs interrogés pour ces métiers sont faibles dans l'enquête : environ une 50aine en 2003 et une 20aine en 2017.

charge, dont le levage, la pose, la poussée, la traction, le port ou le déplacement, qui comporte des risques, notamment dorso-lombaires” (Directive 90/269/CEE). Contrairement à l’enquête CdT, elle ne mentionne pas d’évaluer le caractère “lourd” de la charge, mais ses éventuelles conséquences sur la santé du travailleur. En outre, pour caractériser le travail comme pénible, le seuil de 10 heures par semaine ou plus de manutention manuelle a été imposé pour l’enquête SUMER. Au-delà des différences qu’il peut y avoir entre la mesure objectivée des médecins du travail pour l’enquête SUMER et le ressenti des salariés exprimé dans l’enquête CdT, les écarts pourraient essentiellement être imputables aux évolutions des durées d’exposition prises en compte dans la définition retenue avec la première enquête et pas avec la seconde. L’analyse décomposant d’une part le fait d’être exposé ou non à la manutention manuelle et d’autre part les durées d’exposition, à partir des différentes vagues de l’enquête SUMER, confirme cette intuition. En effet, la prévalence d’exposition à la manutention manuelle au sens de la directive européenne a augmenté de 57% en 2003 à 64% en 2017, mais parmi les salariés exposés, la proportion ayant des durées d’exposition supérieures à 10 heures par semaine a diminué de 31,6% à 25,8% sur la même période. Ainsi, on peut supposer que les mesures de prévention mises en place au fur et à mesure dans les entreprises ont surtout conduit à réduire les durées d’exposition plutôt qu’à éliminer l’exposition au port de charges lourdes.

Table 2.13 – Prévalence d’expositions aux différents facteurs de pénibilité en 2005, 2013, 2016, selon l’enquête CdT

	Prévalence d'exposition		
	2005	2013	2016
Contraintes physiques marquées	67,89%	67,27%	67,54%
<i>Manutention de charges lourdes</i>	40,46%	41,87%	40,76%
<i>Postures pénibles</i>	64,25%	63,07%	62,45%
- Travailler longtemps debout	53,25%	50,97%	50,41%
- Rester longtemps dans une autre posture pénible ou fatigante à la longue	35,52%	35,83%	35,17%
<i>Mouvements douloureux ou fatigants</i>	37,10%	37,74%	37,03%
<i>Vibrations mécaniques</i>	16,63%	18,18%	18,71%
Environnement physique agressif	43,88%	43,34%	41,86%
<i>Agents chimiques dangereux</i>	29,04%	30,22%	29,58%
<i>Respirer des fumées ou des poussières</i>	33,54%	32,44%	31,44%
Rythmes de travail « atypiques »	34,50%	44,83%	46,00%
<i>Travail de nuit (habituellement)</i>	7,01%	6,28%	6,28%
<i>Travail en équipes alternantes</i>	8,06%	7,15%	7,22%
<i>Travail répétitif</i>	27,53%	40,18%	41,44%

Source : enquêtes CdT 2005, 2013, 2016.

Champ : salariés France métropolitaine. Calculs des auteurs.

Pour les autres contraintes physiques marquées, nous pouvons plutôt noter une hausse des prévalences au cours de la période étudiée. Selon l'enquête SUMER, le taux d'exposition aux postures pénibles est passé de 37% en 2003 à 45% en 2017, à cause essentiellement de l'accroissement des expositions aux positions à genoux et postures accroupies ou en torsion. En outre, une légère hausse des expositions aux vibrations mécaniques est à la fois observée à partir des données de l'enquête SUMER et celles des données de l'enquête CdT.

En ce qui concerne les rythmes de travail atypiques, il n'y a pas de tendances claires. Seul le recours au travail en équipes alternantes semble avoir été plutôt stable sur la période étudiée, selon les deux enquêtes mobilisées.

Comme l'évolution des expositions diffère selon les facteurs de pénibilité, il est fort probable que des inégalités se soient creusées sur cette même période. Est-ce que la baisse générale d'exposition à un environnement physique agressif ou à la manutention répétée de charges ainsi que la hausse des expositions aux postures pénibles, ont concerné toutes les catégories de salariés et si oui à des rythmes identiques ? C'est ce que nous allons étudier dans la section 2.3.3.

2.3.3 Evolution des inégalités d'exposition

Pour vérifier si les caractéristiques sociodémographiques ont eu une influence similaire sur les probabilités d'être exposé aux risques professionnels sur les dernières décennies, nous avons estimé des modèles multi-niveaux semblables à ceux présentés dans la section 2.2.1 après avoir fusionné les éditions 2003, 2010 et 2017 de l'enquête SUMER (toujours en se limitant au champ constant). Nous avons introduit, en plus des caractéristiques individuelles, de l'emploi et des entreprises communes aux trois éditions, deux variables explicatives dichotomiques pour identifier l'année de l'enquête, et les termes d'interaction entre les différentes variables explicatives et ces variables dichotomiques afin de savoir si les déterminants des variables dépendantes ont changé au cours des périodes étudiées (2003, 2010 et 2017). Plus précisément, si, pour une variable explicative donnée, le terme d'interaction associé pour 2010 (respectivement 2017) n'est pas statistiquement significatif, cela signifie que l'effet de cette variable sur la variable dépendante analysée est resté constant entre 2003 et 2010 (respectivement 2017). En revanche, si le terme d'interaction est statistiquement significatif et du même signe que l'effet principal de la variable explicative, on peut conclure que son effet a augmenté entre les deux périodes. Inversement, si le terme d'interaction est significatif mais de signe op-

posé à l'effet principal, alors on peut conclure que l'effet de la variable explicative a diminué avec le temps. Par conséquent, les changements temporels associés à des modifications de comportement seront repérés grâce à la significativité des termes d'interaction. Les tableaux 2.14, 2.15 et 2.16 reportent les résultats (odd-ratios) de ces estimations économétriques.

Table 2.14 – Odd-Ratios obtenus des régressions multi-niveaux pour les expositions à un environnement physique agressif (SUMER, 2003, 2010, 2017)

	Effet direct 2003	Bruit nocif		Températures extrêmes			CMR		Interaction
		Interaction	Interaction	Effet direct	Interaction	Interaction	Effet direct	Interaction	
		2010	2017	2003	2010	2017	2003	2010	2017
<i>Caractéristiques individuelles</i>									
Genre									
Femme	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Homme	2,35***	0,84**	0,94	1,12*	1,08	1,24*	1,76***	1,01	1,40***
Age									
Ancienneté									
Moins d'un an	0,92	0,89	0,89	1,07	0,81	0,76	0,65***	1,03	1,05
1 à 3 ans	0,96	1,02	1,00	0,93	1,03	1,00	0,84***	1,00	1,25**
3 à 10 ans	0,97	1,02	1,03	1,11	0,97	0,89***	0,88	1,00	1,20**
>10 ans	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
<i>Caractéristiques de l'emploi</i>									
Heures de travail									
Temps partiel	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Temps complet	1,50***	1,04	1,40**	1,46***	0,93	1,33	1,36***	0,91	0,86
Travail en équipe									
Oui	1,61***	0,99	1,08	1,34***	0,79***	1,05	1,39***	0,88	0,87
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Travail de nuit									
Oui	1,28***	1,05	0,91	1,39***	0,94	0,93	1,13***	1,07	1,10
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Travail le dimanche									
Oui	0,84***	1,01	1,24***	1,37***	1,03	0,48***	1,02	0,87**	0,96
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Statut de l'emploi									
CDI	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Apprenti, Intérimaire, CDD	1,24***	0,83**	0,89	0,96	1,08	1,28	1,07	0,91	1,00
Agent à statuts	1,22	0,74**	0,65**	2,53***	0,26***	0,23***	0,79***	1,19	1,24
CSP									
Professions intermédiaires	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Cadres et Prof. intellectuelles	0,55***	0,96	0,99	0,30***	0,9	2,10***	0,48***	0,83	0,92
Employés administratifs	0,71***	1,40*	1,09	0,47***	0,98	0,95	0,46***	1,32	0,91
Employés de service	0,81*	1,12	1,07	0,85	1,30*	1,08	0,64***	1,55***	1,53***
Ouvriers qualifiés	1,88***	1,16**	1,20**	1,66***	0,98	0,96	1,46***	1,28***	1,82***
Ouvriers non qualifiés et agricoles	2,05***	1,18**	1,00	2,06***	0,90	1,11	1,28***	1,31***	1,24**
Fonction principale exercée									
Production, fabrication, chantier	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Installation, réparation, maintenance	0,98	0,96	1,18*	0,48***	0,99	1,19	1,86***	1,02	0,98
Nettoyage, gardiennage, entretien	0,31***	0,98	1,86***	0,39***	0,99	1,01	0,41***	0,98	0,98
Manutention, magasinage, logistique	0,22***	1,04	1,26*	0,55***	1,09	1,24	0,32***	0,77***	1,01

suite sur la page suivante

	Bruit nocif			Températures extrêmes			CMR		
	Effet direct	Interaction	Interaction	Effet direct	Interaction	Interaction	Effet direct	Interaction	Interaction
	2003	2010	2017	2003	2010	2017	2003	2010	2017
Secrétariat, saisie, accueil	0,15***	0,65*	0,96	0,14***	1,05	1,04	0,19***	0,57**	0,97
Gestion, comptabilité	0,12***	0,62**	0,32***	0,14***	0,67	0,64	0,11***	0,88	0,91
Commerce, vente, marketing	0,07***	1,60***	1,64**	0,37***	0,89	0,59**	0,21***	1,10	0,99
Etudes, R&D, méthodes, éducation	0,14***	1,18	1,45*	0,26***	1,07	1,03	0,41***	1,42***	1,09
Autres	0,24***	1,16	1,53***	0,13***	1,86***	2,82***	0,47***	1,12	1,30**
Caractéristiques de l'entreprise									
1 à 9 salariés	0,94	1,05	0,96	0,99	0,58***	1,41	1,36***	1,19**	0,92
10 à 49 salariés	1,13*	1,07	0,99	1,11	0,76*	1,25	1,18***	0,99	0,94
50 à 499 salariés	1,31***	1,07	0,93	1,44***	0,70***	0,83	0,98	1,15***	0,76***
500 salariés et plus	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Présence d'un CHSCT									
Oui	1,02	1,04	0,81**	1,03	1,10	1,09	0,91**	0,98	0,90
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Régions									
Centre-Val de Loire, Bourgogne Franche-Comté	1,23***	1,24**	0,90	1,32***	0,86	1,13	1,02	1,12	0,80**
Normandie	1,27***	0,91	0,89	1,40***	0,89	1,3	1,05	0,95	0,75*
Nord-Pas de Calais	1,08	1,06	0,72**	0,87	0,97	1,46	0,87**	1,29**	1,20
Picardie									
Alsace Champagne Ardennes Lorraine	1,35***	0,96	1,01	1,11	1,13	1,07	1,00	1,15	0,76**
Pays de Loire	1,30***	1,16	1,32**	1,41***	0,96	1,86***	0,87**	1,29***	1,68***
Bretagne	1,17*	1,60***	1,16	1,41***	0,96	1,58**	1,18**	1,00	1,02
Aquitaine Limousin Poitou Charentes	1,50***	0,68***	0,77*	1,32***	0,94	2,17***	1,19***	0,99	1,05
Languedoc Rousillon Midi-Pyrénées	1,29***	1,13	0,67***	1,25*	1,22	1,32	0,93	0,98	0,67***
Auvergne Rhône-Alpes	1,32***	0,83*	0,77**	1,26***	1,50***	1,09	1,04	1,24***	0,82
PACA Corse	1,18**	1,30***	1,20	1,01	1,39*	2,30***	0,79***	1,44***	1,44***
Ile de France	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Constante	0,05***	1,34	0,88	0,02***	1,66	1,01	0,15***	0,76	0,49**
Coefficient intra-class ρ	0,12***			0,15***			0,21***		
Nbre observations	110 057			109 610			110 789		

Note : *** significatif à un seuil de 1%, ** significatif à un seuil de 5%, * significatif à un seuil de 10%.

Source : enquête SUMER 2003, 2010, 2017.

Champ : salariés France métropolitaine, du secteur privé et du secteur hospitalier. Calculs des auteurs

Le tableau 2.14 met en évidence que la baisse des prévalences d'exposition aux facteurs générant un environnement agressif ne s'est pas effectuée au même rythme pour tous les salariés. L'influence de certaines caractéristiques s'est accentuée entre 2003 et 2017. Par exemple, les écarts d'exposition au bruit nocif entre travailleurs à temps complet et à temps partiel se sont accrus sur cette période. De même, les ouvriers (qualifiés ou non qualifiés) étaient, toutes choses étant égales par ailleurs, plus exposés aux bruits nocifs et aux agents chimiques CMR que les autres catégories socioprofessionnelles en 2003. Or, cet écart s'est encore creusé à leur désavantage en termes relatifs en 2010 et en 2017. En outre, les employés de services qui présentaient, à autres caractéristiques équivalentes, des taux d'exposition aux agents CMR plus faibles que les professions intermédiaires en 2003,

étaient plus exposés que ces derniers en 2017.

Notre régression confirme aussi que l'exposition aux agents CMR a été significativement plus faible dans les entreprises de 500 salariés ou plus en 2010 par comparaison à 2003, mais qu'en 2017, ce sont les entreprises de 50 à 499 salariés qui étaient les moins exposées devant les entreprises de 500 salariés ou plus. La présence d'un CHSCT au sein de l'entreprise semble elle avoir eu une influence stable sur les expositions à un environnement physique agressif à une exception près, l'exposition au bruit. Alors que les entreprises avec ou sans CHSCT avaient des taux d'exposition similaires en 2003 et 2010, celles qui en avaient un présentaient des prévalences d'exposition moindre au bruit en 2017.

Table 2.15 – Odd-Ratios obtenus des régressions multi-niveaux pour les contraintes physiques marquées (SUMER, 2003, 2010, 2017)

	Manutention de charges lourdes			Postures pénibles			Vibration		
	Effet direct 2003	Interaction 2010	Interaction 2017	Effet direct 2003	Interaction 2010	Interaction 2017	Effet direct 2003	Interaction 2010	Interaction 2017
Caractéristiques individuelles									
Genre									
Femme	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Homme	1,30***	0,82***	0,89	0,76***	1,00	1,01	2,71***	1,32**	1,33**
Age									
Ancienneté									
Moins d'un an	1,05	0,87	0,79	0,92*	1,00	0,82**	0,99	0,86	1,00
1 à 3 ans	1,00	1,03	0,86	0,99	1,02	0,87**	1,17**	0,96	0,92
3 à 10 ans	1,08*	0,98	0,9	1,01	1,02	0,95	1,15**	0,92	0,99
>10 ans	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Caractéristiques de l'emploi									
Heures de travail									
Temps partiel	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Temps complet	1,29***	0,93	1,34**	1,12***	1,04	1,05	1,49***	1,10	1,00
Travail en équipe									
Oui	1,42***	0,87**	0,92	0,88***	1,03	1,24***	0,74***	0,96	1,44***
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Travail de nuit									
Oui	1,03	0,99	1,05	1,00	0,91**	0,89**	0,88**	1,17**	1,36***
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Travail le dimanche									
Oui	1,08**	0,99	0,73***	0,93***	0,97	1,02	0,76***	0,9	1,15
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Statut de l'emploi									
CDI	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Apprenti, Intérimaire, CDD	1,03	0,92	0,85	0,99	0,98	1,14	1,12	1,05	1,06
Agent à statuts	1,70***	0,77***	0,24***	1,15***	0,78***	0,79***	1,88***	0,60**	0,77
CSP									
Professions intermédiaires	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Cadres et Prof. intellectuelles	0,16***	1,53*	1,99***	0,97	1,12**	0,83***	0,28***	0,76	2,9***
Employés administratifs	1,23**	1,37**	0,98	1,29***	1,03	0,89	0,50***	0,57	0,51
Employés de service	4,23***	0,85*	0,94	1,45***	0,84***	1,31***	1,85***	0,97	0,44***
Ouvriers qualifiés	2,42***	1,04	1,17	1,57***	0,92*	1,74***	2,96***	1,12	1,69***
Ouvriers non qualifiés et agricoles	4,46***	0,91	0,94	1,60***	0,91*	1,49***	2,75***	1,13	1,51***

suite sur la page suivante

	Manutention de charges lourdes			Postures pénibles			Vibration		
	Effet direct	Interaction	Interaction	Effet direct	Interaction	Interaction	Effet direct	Interaction	Interaction
	2003	2010	2017	2003	2010	2017	2003	2010	2017
Fonction principale exercée									
Production, fabrication, chantier	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Installation, réparation, maintenance	0,55***	0,96	1,05	1,66***	0,96	0,94	1,48***	0,93	1,09
Nettoyage, gardiennage, entretien	0,38***	0,82	1,03	0,69***	1,19**	1,31***	0,59***	1,05	1,51*
Manutention, magasinage, logistique	2,32***	0,88*	0,92	0,88***	1,03	1,18**	0,07***	0,9	8,12
Secrétariat, saisie, accueil	0,14***	0,40***	0,28**	0,84***	1,36***	1,21*	0,05***	0,64	4,72
Gestion, comptabilité	0,17***	0,18***	0,09**	0,80***	1,56***	1,28***	0,04***	1,38	4,09
Commerce, vente, marketing	0,57***	0,93	0,83	0,60***	1,45***	1,33***	0,08***	0,87	2,25
Etudes, R&D, méthodes, éducation	0,09***	1,04	1,58	0,95	1,18**	1,1	0,04***	1,53	1,79
Autres	0,74***	0,84*	0,80*	0,55***	1,47***	1,80***	0,16***	1,01	4,88***
Caractéristiques de l'entreprise									
1 à 9 salariés	0,92	0,97	0,76*	1,00	0,95	0,96	1,27**	1,38**	1,50**
10 à 49 salariés	1,29***	0,94	0,63***	0,98	0,99	1,06	1,37***	1,19	1,17
50 à 499 salariés	1,37***	1,02	0,83*	0,97	1,07*	1,12**	1,16**	1,19	1,13
500 salariés et plus	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Présence d'un CHSCT									
Oui	0,99	0,96	0,68***	0,99	1,00	0,81***	0,83***	0,95	1,04
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Régions									
Centre-Val de Loire, Bourgogne Franche-Comté	1,02	1,08	1,35**	1,04	1,09	1,33***	1,13	1,21	0,9
Normandie	1,05	1,26**	1,35*	1,02	1,33***	1,13	0,85	1,21	1,64***
Nord-Pas de Calais	0,90	0,96	1,01	0,96	0,86**	1,05	0,99	1,32*	0,71*
Picardie									
Alsace Champagne	0,84***	1,36***	1,38**	0,86***	1,30***	1,72***	1,12	1,22	0,81
Ardennes Lorraine									
Pays de Loire	0,92	1,23**	1,68***	1,24***	0,93	1,58***	1,02	1,46***	1,2
Bretagne	0,95	1,38***	2,04***	1,27***	1,34***	1,19**	1,34***	1,18	1,24
Aquitaine Limousin	1,16**	0,91	1,06	1,23***	0,87**	1,17**	1,26***	0,97	1,12
Poitou Charentes									
Languedoc Rousillon	1,08	0,87	1,11	1,11**	0,86**	1,35***	1,08	1,01	0,85
Midi-Pyrénées									
Auvergne Rhône-Alpes	1,06	0,97	1,26	1,10***	1,14***	0,98	0,87	1,27*	1,22
PACA Corse	0,89*	1,58***	1,32*	1,15***	0,95	1,44***	0,98	1,47**	1,35*
Ile de France	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Constante	0,04***	1,17	1,41	0,67***	1,16	1,14	0,02***	0,59*	0,66
Coefficient intra-class ρ	0,08***			0,02***			0,14***		
Nbre observations	108 549			108 858			110 368		

Note : *** significatif à un seuil de 1%, ** significatif à un seuil de 5%, * significatif à un seuil de 10%.

Source : enquête SUMER 2003, 2010, 2017.

Champ : salariés France métropolitaine, du secteur privé et du secteur hospitalier. Calculs des auteurs

Concernant les contraintes physiques marquées, nous avons précédemment observé une diminution des expositions aux charges lourdes répétées. Le tableau 2.15 met en évidence que cette baisse a été plus faible chez les travailleurs à temps complet (l'écart s'est creusé à leur désavantage avec les travailleurs à temps partiel) et chez les cadres, même si ces derniers restent la catégorie la moins exposée à ce risque. En revanche, la baisse a été plus marquée pour les entreprises de 10 à 49

salariés et pour celles disposant d'un CHSCT.

La hausse générale sur la période 2003-2017 des prévalences d'exposition aux postures pénibles et aux vibrations a de nouveau été beaucoup plus prononcée pour les ouvriers, mais aussi pour les salariés des très petites entreprises (< 10 salariés). Cependant, nous pouvons aussi noter des effets de sens opposé entre 2003 et 2017 pour les salariés travaillant la nuit ou en équipes alternantes. Par exemple, les travailleurs de nuit étaient, toutes choses étant égales par ailleurs, moins exposés aux vibrations en 2003 alors qu'ils l'étaient plus que leurs homologues à horaires de jour en 2017. De même, le travail posté (en équipes alternantes) était associé à des prévalences d'exposition aux vibrations mécaniques et aux postures pénibles plus faibles en 2003 alors que la situation était inversée en 2017.

Table 2.16 – Odd-Ratios obtenus des régressions multi-niveaux pour les expositions à des rythmes atypiques (SUMER, 2003, 2010, 2017)

	Travail de nuit régulier			Travail en équipe			Travail répétitif		
	Effet direct 2003	Interaction 2010	Interaction 2017	Effet direct 2003	Interaction 2010	Interaction 2017	Effet direct 2003	Interaction 2010	Interaction 2017
<i>Caractéristiques individuelles</i>									
Genre									
Femme	Réf.			Réf.			Réf.		
Homme	1,97***	1,27***	1,24**	1,08**	0,80***	1,05	0,44***	1,21***	1,22**
Age									
Moins d'un an	0,99***	1,01***	1,01**	0,98***	1,00	1,00	1,00*	1,00	1,00
Ancienneté									
1 à 3 ans	1,15	0,87	1,13	1,08	0,96	0,87	1,09	0,77**	0,78
3 à 10 ans	0,99	1,06	1,17	1,01	0,98	1,05	0,94	0,84**	1,11
>10 ans	0,95	1,09	1,25**	1,10**	0,90*	0,87**	1,02	0,96	0,84*
	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
<i>Caractéristiques de l'emploi</i>									
Heures de travail									
Temps partiel	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Temps complet	1,25***	1,41	1,73***	1,46***	0,99	1,07	1,13**	1,00	1,01
Travail en équipe									
Oui	—	—	—	—	—	—	1,24***	0,89*	0,97
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Travail de nuit									
Oui	—	—	—	—	—	—	0,99	0,77***	0,78**
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Travail le dimanche									
Oui	6,51***	1,16**	0,02***	3,81***	0,96	0,05***	0,80***	1,17***	0,95
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Statut de l'emploi									
CDI	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Apprenti, Intérimaire, CDD	0,69***	0,99	1,37*	1,17**	0,82**	0,91	0,89*	1,26***	1,27
Agent à statuts	0,72***	1,21*	1,35**	1,14**	1,03	0,82*	1,12	0,91	0,9
CSP									
Professions intermédiaires	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Cadres et Prof. intellectuelles	0,57***	0,41***	0,83	0,17***	1,22	1,37**	0,65***	1,24	0,79

suite sur la page suivante

	Travail de nuit régulier			Travail en équipe			Travail répétitif		
	Effet direct 2003	Interaction 2010	Interaction 2017	Effet direct 2003	Interaction 2010	Interaction 2017	Effet direct 2003	Interaction 2010	Interaction 2017
Employés administratifs	1,55***	0,48***	0,53***	1,97***	0,47***	0,52***	1,79***	1,01	0,62***
Employés de service	1,31***	1,65***	1,44***	2,06***	1,04	1,05	5,06***	0,59***	0,58***
Ouvriers qualifiés	1,86***	0,98	0,79**	2,26***	0,86**	0,73***	3,59***	0,58***	0,92
Ouvriers non qualifiés et agricoles	1,70***	0,9	1,24	2,91***	0,83**	0,82*	7,04***	0,60***	0,88
Fonction principale exercée									
Production, fabrication, chantier	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Installation, réparation, maintenance	0,27***	1,01	1,79***	0,31***	0,97	1,22*	0,19***	1,47***	1,83***
Nettoyage, gardiennage, entretien	0,84*	1,05	0,73*	0,42***	0,85	0,77*	0,23***	2,54***	2,36***
Manutention, magasinage, logistique	0,92	0,85	0,78*	0,39***	1,28***	1,10	0,38***	1,64***	1,47***
Secrétariat, saisie, accueil	0,37***	1,16	0,99	0,21***	1,44***	1,44**	0,21***	1,97***	2,21***
Gestion, comptabilité	0,23***	0,41**	0,51	0,11***	1,43**	0,69	0,18***	2,41***	2,21***
Commerce, vente, marketing	0,47***	0,60***	0,50***	0,21***	1,78***	1,20	0,26***	1,53***	1,47**
Etudes, R&D, méthodes, éducation	0,10***	1,36	1,05	0,13***	1,14	0,60***	0,31***	1,31*	0,83
Autres	0,95	0,91	0,9	0,73***	0,80***	0,66***	0,10***	3,08***	3,55***
Caractéristiques de l'entreprise									
1 à 9 salariés	0,29***	0,66***	1,79***	0,09***	1,71***	2,58***	0,74***	1,04	0,81
10 à 49 salariés	0,44***	0,96	1,55***	0,26***	1,54***	1,79***	0,91	1,15	0,71**
50 à 499 salariés	0,62***	1,12	1,56***	0,53***	1,13**	1,21***	1,17***	1,00	0,75***
500 salariés et plus	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Présence d'un CHSCT									
Oui	1,23***	1,09	1,29*	1,80***	1,09	1,30***	1,05	0,96	0,80*
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Régions									
Centre-Val de Loire, Bourgogne Franche-Comté	1,04	1,34**	1,48***	1,04	0,94	1,17	1,10	1,09	1,30*
Normandie	1,05	1,57***	2,63***	0,89*	1,48***	1,84***	1,25***	0,99	1,2
Nord-Pas de Calais Picardie	1,05	1,23	1,39**	1,16**	1,24**	1,11	1	0,88	1,17
Alsace Champagne Ardennes Lorraine	1,50***	0,87	1,34**	1,23***	1,09	1,23**	0,81***	1,21**	2,21***
Pays de Loire	1,16*	0,97	1,15	0,89*	1,12	1,65***	1,27***	0,93	1,32*
Bretagne	1,20*	0,88	2,04***	0,78***	1,30**	2,22***	1,21**	0,89	1,60***
Aquitaine Limousin Poitou Charentes	1,12	0,95	1,82***	0,96	1,03	1,85***	1,25***	0,91	1,49***
Languedoc Roussillon Midi-Pyrénées	1,29***	0,75**	1,31	0,84**	1,22**	1,46***	0,77***	1,35***	1,98***
Auvergne Rhône-Alpes	1,04	1,33**	1,12	0,97	1,09	1,29**	0,93	1,04	1,90***
PACA Corse	1,08	1,11	1,1	0,75***	1,62***	1,98***	0,76***	1,10	1,83***
Ile de France	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Constante	0,05***	0,17***	6,08***	0,29***	1,11	11,84***	0,13***	1,51**	0,88
Coefficient intra-class ρ	0,04***			0,12***			0,12***		
Nbre observations	109 078			110 847			109 449		

Note : *** significatif à un seuil de 1%, ** significatif à un seuil de 5%, * significatif à un seuil de 10%.

Source : enquête SUMER 2003, 2010, 2017.

Champ : salariés France métropolitaine, du secteur privé et du secteur hospitalier. Calculs des auteurs

D'ailleurs, les disparités d'exposition aux rythmes de travail atypiques se sont aussi modifiées sur cette période (tableau 2.16). La prédominance du travail de nuit régulier (au moins 50 nuits par an) parmi les hommes, les travailleurs à temps

complet ou les employés de services s'est accentuée entre 2003 et 2017. En revanche, il est de moins en moins l'apanage des grandes entreprises, tout comme le travail posté : la probabilité de travailler la nuit régulièrement (respectivement travail posté) reste toujours plus élevée en 2017 pour les salariés des entreprises de 500 salariés ou plus, mais l'écart avec les petites et moyennes entreprises a diminué par rapport à 2003⁹.

2.4 Synthèse

Ce chapitre a permis de fournir une vision globale des populations exposées à différents facteurs de pénibilité en milieu professionnel (contraintes physiques marquées, environnement physique agressif, rythmes de travail atypiques). Nous avons exploré de façon approfondie les inégalités en termes d'exposition et leur évolution au cours du temps grâce à la comparaison des différentes éditions de l'enquête SUMER et CdT.

A partir de l'enquête SUMER, nous pouvons estimer que 13,5 millions de personnes en France métropolitaine, soit 61% des salariés, étaient exposés à un ou plusieurs facteurs considérés de pénibilité sur leur lieu de travail en 2017. 10,7 millions étaient concernés par des contraintes physiques marquées, 4,1 millions par un environnement agressif et 4,8 millions par des rythmes de travail atypiques. Nos analyses statistiques et économétriques montrent qu'il existe des emplois et des profils de salariés qui ont tendance à cumuler les différents facteurs de pénibilité. Il s'agit notamment des ouvriers, des travailleurs de nuit et des travailleurs en équipes tournantes ainsi que les travailleurs les plus jeunes. En revanche, les salariés des grandes entreprises (500 salariés ou plus) semblent en général plus épargnés.

La proportion de salariés exposés à au moins un facteur de pénibilité considéré a diminué entre 2010 et 2017, pour revenir à celle qui prévalait en 2003. Ce sont surtout les expositions aux bruits nocifs, aux nuisances thermiques, aux agents CMR et à la manutention répétée de charges qui ont diminué au cours de la période. En revanche, ces baisses se sont faites à des rythmes différents selon les salariés. Certaines inégalités d'exposition se sont effectivement creusées. La réduction des risques d'expositions aux nuisances sonores et aux agents CMR a été par exemple

9. Les principaux résultats sur l'évolution des disparités d'exposition sont globalement aussi vérifiés à partir des vagues 2005, 2013, 2016 de l'enquête CdT. Par souci de parcimonie, les tableaux des régressions multi-niveaux n'ont pas été reportés.

beaucoup plus faible pour les ouvriers. En outre, nous avons pu observer une hausse générale des expositions aux postures pénibles et aux vibrations. Et de nouveau, elle a été plus marquée pour certains profils de salariés dont les ouvriers et les salariés des très petites entreprises. Les efforts des Plans Santé envers les petites entreprises semblent donc encore insuffisants.

La mise en perspective de ces résultats avec la littérature existante sur les disparités sociales en termes de santé confirme que les inégalités sont issues de processus cumulatifs : la surexposition aux facteurs de pénibilité s'ajoute en général à d'autres risques majeurs pour la santé. Par exemple, les catégories socioprofessionnelles les plus exposées, à savoir les ouvriers qualifiés et non-qualifiés, sont aussi celles les plus exposées à d'autres facteurs de risque tels que la consommation de tabac, d'alcool, ou une mauvaise alimentation. Le chapitre suivant a pour objectif de creuser un peu plus cette question des inégalités de santé, en examinant cette fois les associations entre d'une part les expositions aux facteurs de pénibilité et d'autre part l'état de santé déclaré et les arrêts maladies.

CHAPITRE 3

Expositions aux facteurs de pénibilité et inégalités de santé

Les effets négatifs importants que peuvent avoir les facteurs de pénibilité sur la santé ont été reconnus depuis longtemps. Cette préoccupation est d'ailleurs au cœur de la recherche en *santé et sécurité au travail*. Ainsi le lien de causalité entre conditions de travail et état de santé a été établi pour un grand nombre de pathologies dans la littérature épidémiologique. Par exemple, une abondante littérature scientifique a étudié les effets des horaires postés et de nuit sur la santé de ceux qui y sont assujettis. Le rapport de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) [ANSES (2016)], qui en fait une synthèse détaillée, conclut à l'existence d'un certain nombre d'effets sanitaires possibles, probables et avérés du travail de nuit sur l'Homme. En particulier, ces contraintes horaires soumettent l'organisme à une dérégulation de la rythmicité circadienne [Folkard, Minors & Waterhouse (1985), Minors & Waterhouse (1986)] qui s'accompagne d'une désynchronisation des rythmes biologiques, sociaux et familiaux qui ont de multiples répercussions sur l'état de santé [ANSES (2016)]. Les liens entre les pathologies gastro-intestinales et le travail à horaire de nuit ont largement été étudiés et il a été montré une augmentation du risque d'ulcère gastrique et de symptômes digestifs [Segawa & Nakazawa (1987), Sugisawa & Uehata (1998),

Knutsson (2003), Knutsson & Boggled (2010)]. L'Anses a évalué que les éléments de preuve étaient suffisants pour considérer comme avéré les effets du travail de nuit sur la réduction du temps de sommeil et sa qualité¹, sur le syndrome métabolique² et comme probable ses effets sur l'obésité/surpoids³, le diabète de type 2⁴, les maladies coronariennes⁵ et la santé psychique (troubles de l'humeur, dépression, anxiété, risques psychosociaux)⁶. En outre, le Centre international de recherche sur le cancer (Circ) a étudié l'impact du travail de nuit sur le risque de cancer, l'amenant à ajouter le travail posté qui induit la perturbation des rythmes circadiens à la liste des agents « probablement cancérigènes » (groupe 2A) en 2007. Des études évoquent la possibilité d'un risque accru de cancers du sein⁷, de cancers de la prostate⁸ et d'autres localisations (poumon, colon)⁹ pour les travailleurs avec ces rythmes de travail atypiques, mais les éléments de preuve sont insuffisants et devront être confirmés par de nouvelles études [ANSES (2016)].

Les contraintes physiques marquées (manutention de charges lourdes, postures pénibles, vibrations mécaniques) ainsi que le travail répétitif sont quant à eux souvent à l'origine d'atteintes de l'appareil locomoteur (troubles musculo-squelettiques,

1. Pour plus de détails, voir Akerstedt (2003), Czeisler & Gooley (2007), Léger, Bayon, Metlaine, Prevot, Didier-Marsac & Choudat (2009), Wilsmore, Grunstein, Franssen, Woodward, Norton & Ameratunga (2013), Chiu & Tsai (2013), Vetter, Fischer, Matera & Roenneberg (2015).

2. Pour plus de détails, voir Pietroiusti, Neri, Somma, Coppeta, Iavicoli, Bergamaschi & Magrini (2010), Guo, Liu, Huang, Rong, He, Wang, Yuan, Wu & Chen (2013), Wang, Zhang, Zhang, Zhang, He, Xie, Li, Miao, Chan, Tang, Wong, Li, Yu & Tse (2014).

3. Pour plus de détails, voir Zhao, Bogossian & Turner (2012), Pan, Schernhammer, Sun & Hu (2011).

4. Voir Pan et al. (2011), Gan, Yang, Tong, Sun, Cong, Yin, Li, Cao, Dong, Gong, Shi, Deng, Bi & Lu (2015).

5. Se référer à Boggild & Knutsson (1999), Vyas, Garg, Iansavichus, Costella, Donner, Laugsand, Janszky, Mrkobrada, Parraga & Hackam (2012), Hermansson, Gillander Gadin, Karlsson, Reuterwall, Hallqvist & Knutsson (2015), Gu, Han, Laden, Pan, Caporaso, Stampfer, Kawachi, Rexrode, Willett, Hankinson, Speizerand & Schernhammer (2015).

6. Pour plus de détails, voir Bara & Arber (2009), Driesen, Jansen, Kant, Mohren & van Amelsvoort (2010), Nabe-Nielsen, Tüchsen, Christensen, Garde & Diderichsen (2009), Gollac & Bodies (2010), INRS (2013).

7. Ménegaux et al. (2013), Knutsson et al. (2013), Akerstedt, Knutsson, Narusyte, Svedberg, Kecklund & Alexanderson (2013), Hansen & Lassen (2012), Fritschi et al. (2013), Ijaz et al. (2013), Jia et al. (2013).

8. Kubo, Ozasa, Mikami, Wakai, Fujino, Watanabe, Miki, Nakao, Hayashi, Suzuki, Mori, Washio, Sakauchi, Ito, Yoshimura & Tamakoshi (2006), Parent, El-Zein, Rousseau, Pintos & Siemiatycki (2012), Papantoniou, Castano-Vinyals, Espinosa, Aragones, Perez-Gomez, Burgos, Gomez-Acebo, Llorca, Peiro, Jimenez-Moleon, Arredondo, Tardon, Pollan & Kogevinas (2015).

9. Gu et al. (2015), Parent et al. (2012), Papantoniou et al. (2015), Schernhammer, Laden, Speizer, Willett, Hunter, Kawachi, Fuchs & Colditz (2003), Yong, Blettner, Emrich, Nasterlack, Oberlinner & Hammer (2014).

hernies discales, lombalgies) et d'accidents de type traumatique, qui peuvent être source d'handicap physique. Elles augmentent les risques de contusions, d'entorses, de fractures, de luxations ou encore de douleurs et déchirures musculaires [Lund, Labriola, Christensen, Bültmann & Villadsen (2006a), O'Neil, Forsythe & Stanish (2001)]. L'exposition régulière aux vibrations peut provoquer l'apparition de pathologies des articulations du poignet ou du coude, un syndrome de Raynaud (maladie des doigts blancs ou des doigts morts) et/ou des troubles de la sensibilité des doigts¹⁰. En outre, les contraintes physiques marquées peuvent également être à l'origine de risques cardio-vasculaires, toxiques ou d'hyperthermie et d'atteintes cutanées¹¹ [Barnay & Defebvre (2016)].

De même, les pathologies associées aux expositions à un environnement physique agressif (bruit nocif, agents CMR, températures extrêmes) ont été largement documentées. Nous pouvons bien évidemment citer la perte d'acuité auditive voire une surdité irréversible à la suite d'une exposition prolongée au bruit intense [Hanger (2002), Nelson, Nelson, Concha-Barrientos & Fingerhut (2005)]. Mais l'exposition au bruit pendant le travail semble également augmenter les troubles cardio-vasculaires, du sommeil et psychosociaux en étant un facteur de stress. En outre, toute exposition à un produit CMR est considérée comme dangereuse pour la santé : même si, dans de nombreuses situations, les expositions à des agents CMR sur les lieux de travail ne sont pas le seul facteur en cause, elles peuvent avoir un effet décisif dans le déclenchement du cancer ou d'effets génotoxiques. Les cancers d'origine professionnelle les plus fréquents sont les cancers des poumons, de la plèvre, des sinus et de la vessie.

Mais le rôle des facteurs de risque en milieu professionnel a longtemps été ignoré ou minimisé par les travailleurs et la société en général, en raison du temps de latence parfois important entre l'exposition et la survenue de problèmes de santé ou de maladies chroniques (ex : cancers liés à l'amiante). Les mesures prises par les pouvoirs publics pour prendre en compte ces relations entre santé et travail se sont inscrites, dans un premier temps, dans une logique de compensation *ex-post*. On peut par exemple citer les régimes de réparation des accidents du travail et des maladies professionnelles, le compte de pénibilité ou encore des dispositifs de pré-retraite dédiés aux personnes ayant vécu des conditions de travail pénible ou des modes dérogatoires au recul de l'âge de la retraite pour les personnes ayant un état de santé dégradé. Or, désormais, la sécurisation des parcours et la prévention semblent être privilégiées à la réparation dans l'action publique. La dernière déclinaison du *Plan Santé au Travail* (2016-2020) a confirmé la priorité à accorder aux

10. <http://www.inrs.fr/risques/vibrations/ce-qu-il-faut-retenir.html>

11. <http://www.inrs.fr/risques/activite-physique/effets-sante.html>

risques professionnels en affichant comme objectif opérationnel de prévenir l'usure des travailleurs. De même, le *Plan Cancer* (2014-2019) ou le *Plan Psychiatrie et Santé mentale* (2011-2015) se sont focalisés sur des risques de santé au travail, mais plus spécifiques.

Parallèlement à cette prise de conscience, une littérature plus économique et sociologique qu'épidémiologique s'est développée afin, d'une part, de quantifier et donc objectiver le coût économique des risques professionnels et des atteintes à la santé au travail et d'autre part, d'analyser l'accroissement des inégalités sociales de santé qui pouvaient en découler [Barnay, Sauze & Sultan-Taïeb (2010), Askenazy (2009)]. L'altération de l'état de santé occasionnée par des conditions de travail pénibles génère des coûts indirects, au niveau des entreprises, liés à l'absentéisme de leurs salariés pour raison de santé. Mais elle génère aussi des coûts supportés par l'ensemble de la collectivité, en étant associée à une augmentation de la consommation de soins, et à une augmentation du nombre d'indemnités journalières pour maladie et de pensions d'invalidité, ce qui peut conduire à dégrader les comptes des branches maladies et Accidents du travail-Maladies Professionnelles (AT-MP) de la sécurité sociale. En outre, elle peut aussi impacter les comptes des branches vieillesse et ceux de l'assurance-chômage. En effet, la survenue d'un événement de santé tels qu'un accident, une maladie chronique ou un état de santé dégradé générant de fréquents ou longs arrêts maladies, a des répercussions négatives importantes sur le maintien en emploi et les carrières professionnelles : l'altération prématurée de la santé augmente par exemple l'inactivité via l'accès à des dispositifs de pré-retraite dédiés, mais aussi les épisodes de chômage [Derrienic, Saurel-Cubizolles & Monfort (2003); Barnay (2005); Tessier & Wolff (2005); Joutard, Paraponaris, Sagaon-Teyssier & Ventelou (2012); Barnay, Halima, Duguet, Lanfranchi & Le Clainche (2015b); Barnay, Favrot & Pollak (2015a); Barnay & Defebvre (2016)]. C'est pourquoi, les économistes se sont intéressés à la question de l'impact des conditions de travail sur la santé des travailleurs, non pas au niveau d'une pathologie particulière comme dans les études épidémiologiques, mais à un niveau plus agrégé, en utilisant des indicateurs de santé plus généraux et en mobilisant des outils économétriques.

Ce chapitre 3 s'inscrit dans la lignée de ces travaux en examinant les associations entre expositions aux facteurs de pénibilité et inégalités sociales de santé. Après avoir analysé en détails les différences d'expositions aux facteurs de pénibilité dans le chapitre 2, nous proposons d'analyser les inégalités sociales qui en découlent. Par exemple, les expositions aux risques professionnels se traduisent-elles par un état de santé significativement dégradé ou des arrêts maladies plus fréquents ou plus longs ou encore des risques plus importants d'accidents du travail ? Comme dans le chapitre 2, nous procéderons en deux temps pour notre analyse. Première-

ment, nous mobiliserons les vagues les plus récentes des enquêtes SUMER et CdT pour avoir une vision actualisée sur cette question. Deuxièmement, nous étudierons l'évolution temporelle des impacts des conditions de travail pénibles sur la santé des salariés en exploitant les différentes vagues de ces deux enquêtes.

3.1 Liens entre indicateurs de santé et facteurs de pénibilité en 2016-2017

Comme les enquêtes SUMER et CdT n'interrogent les salariés qu'une année donnée, elles ne permettent pas d'examiner l'ensemble des répercussions des expositions aux risques professionnels sur la santé des salariés, les temps de latence entre date d'exposition et survenue d'un problème de santé ou d'une maladie chronique pouvant être importants. Ainsi, dans cette étude, nous chercherons uniquement à savoir si au moment où les salariés sont exposés aux différents facteurs de pénibilité, ils sont déjà davantage sujets à des problèmes de santé. L'évaluation des répercussions à long terme ne pourra pas être traitée, car elle nécessiterait un suivi longitudinal individuel sur plusieurs années voire décennies.

3.1.1 Les indicateurs d'inégalités de santé analysés

Grâce, de nouveau, à la mobilisation parallèle des enquêtes SUMER et CdT, nous proposons d'analyser les liens de plusieurs indicateurs de santé avec les pénibilités auxquelles sont exposés les salariés. Nous retiendrons les trois dimensions principales suivantes, qui sont présentes à la fois dans les enquêtes SUMER et CdT et avec des définitions similaires :

- *état de santé* : il s'agit de l'état de santé général déclaré par les salariés, mesuré par une variable catégorielle (1. Très bon, 2. Bon, 3. Assez Bon, 4. Mauvais, 5. Très Mauvais),
- *arrêts maladies* : on dispose du nombre d'arrêts maladie (hors accident du travail et maternité) au cours des 12 derniers mois et du nombre total de jours d'arrêts qu'ils ont représenté,
- *accidents du travail* : il est reporté le nombre d'accidents du travail (hors trajet), même bénins, qui ont obligé le salarié à se faire soigner au cours des 12 derniers mois ainsi que le nombre total de jours d'arrêts de travail du fait de ces accidents.

L'Annexe 6 récapitule les variables issues des 2 enquêtes qui ont été utilisées pour ces indicateurs de santé. Comme dans les enquêtes SUMER et CdT, les proportions de salariés ayant déclaré un mauvais ou très mauvais état de santé sont relativement faibles, nous analyserons cette dimension à partir de variables qualitatives ordonnées réduites à 3 modalités : i) très bon, ii) bon, iii) "altéré", c'est-à-dire médiocre, mauvais ou très mauvais. Pour les arrêts maladies, nous examinerons la probabilité d'avoir connu au moins un arrêt au cours de l'année, mais aussi le nombre d'arrêts maladies (reporté selon une variable catégorielle : 0, 1, 2, 3 ou plus) et le nombre de jours d'absence que cela a représenté. Pour les accidents du travail, nous examinerons la probabilité d'avoir connu au moins un accident du travail même bénin, mais aussi la probabilité d'avoir connu un accident du travail ayant occasionné un arrêt de travail, et le nombre de jours d'absence pour les salariés qui ont eu un arrêt en raison de leur accident du travail. Au total, notre analyse portera ainsi sur 7 indicateurs de santé.

Il est à noter que les arrêts maladies et les accidents du travail sont définis à partir de la dernière année écoulée alors que la majorité des expositions aux facteurs de pénibilité (hormis le travail de nuit régulier) sont établies en fonction de la dernière semaine travaillée (enquête SUMER) ou au moment de l'enquête (enquête CdT). Afin que les associations étudiées entre expositions aux risques professionnels et indicateurs de santé soient plus pertinentes, nous restreindrons nos échantillons, dans ce chapitre, aux seuls salariés ayant une ancienneté d'au moins un an dans l'entreprise. Cela permet de s'assurer que les arrêts maladies et accidents du travail dénombrés correspondent à des événements que le salarié a connu au sein de l'entreprise pour laquelle ont été évalués les risques professionnels.

3.1.2 Méthodologie

Notre analyse des inégalités sociales de santé associées aux facteurs de pénibilité a, comme dans le chapitre 2, été réalisée grâce à deux méthodologies. Premièrement, nous avons effectué une **analyse descriptive** via des tableaux de contingence croisant les différentes mesures de pénibilité et les différents indicateurs de santé. L'objectif est d'examiner s'il existe des écarts significatifs en termes d'état de santé, d'arrêts maladies et d'accidents du travail entre les salariés exposés à des conditions de travail pénibles et les autres.

Pour mieux comprendre ces disparités entre salariés exposés et non-exposés, nous avons eu recours à des **analyses économétriques multivariées**. Le principal

intérêt de ces modélisations est de tester si ces écarts persistent une fois que les différences en termes de caractéristiques individuelles (genre, âge, présence d'enfants, ancienneté), d'emplois (statut, PCS, heure de travail, fonction principale) et d'entreprise (taille de l'entreprise, secteur d'activité, localisation) sont contrôlées. En effet, dans le chapitre 2, nous avons mis en évidence qu'il existait des inégalités sociales dans l'exposition aux facteurs de pénibilité. Ainsi, nos modèles multivariés permettent de savoir si l'exposition à un facteur de pénibilité donné a un effet propre sur les indicateurs de santé, toutes choses étant égales par ailleurs, c'est-à-dire à profils de salariés et d'emploi équivalents.

Plus précisément, nous avons effectué 4 régressions sur chacune des enquêtes (SUMER 2017 et CdT 2016) : i) un modèle de *régression bivariée ordonnée généralisée* [Hernandez-Alava & Pudney (2016)], qui explique simultanément les 2 variables catégorielles d'état de santé déclaré et du nombre d'arrêts maladie; ii) deux *modèles hurdle de comptage* [Cragg (1971), Mullahy (1986), Winkelmann (2004), Farbmacher (2011)], qui modélisent simultanément la probabilité d'avoir connu un arrêt maladie (respectivement avoir connu un accident du travail avec arrêt de travail) et le nombre de jours d'arrêts pour ceux qui en ont subi un; iii) une régression logistique qui explique le fait d'avoir connu au moins un accident du travail, même bénin, c'est-à-dire avec ou sans arrêt de travail. La structure et les détails de ces modèles sont présentés dans les paragraphes qui suivent.

Etat de santé déclaré et nombre d'arrêts maladies : une régression bivariée ordonnée généralisée

Pour déterminer l'influence des facteurs de pénibilité sur l'état de santé déclaré et le nombre d'arrêts maladie, nous proposons d'estimer un modèle de *régression ordonnée bivariée généralisée*, et ce, pour trois raisons. Tout d'abord, comme les variables que nous cherchons à expliquer sont catégorielles avec un ordre sous-jacent (du meilleur état de santé jusqu'au moins bon et ordre croissant des classes d'arrêts maladie), il est pertinent d'utiliser des modèles ordonnés à variables latentes. Toutefois, au lieu de faire des régressions séparées par un logit/probit ordonné sur chacune de ces variables, nous proposons de les estimer conjointement afin de prendre en compte leurs interdépendances. Le caractère bivarié du modèle retenu vient de cette estimation conjointe. Le modèle complet simultané introduit une structure de dépendance entre les termes d'erreurs de ces deux équations. En particulier, cela permet de tenir compte de la présence potentielle de facteurs inobservés qui influenceraient à la fois l'état de santé déclaré et l'occurrence des arrêts

maladie, et de capter le mieux possible l'effet propre de chaque facteur. La spécification bivariée la plus couramment utilisée dans la littérature pour des variables qualitatives ordonnées est le *probit bivarié ordonné* [Greene & Hensher (2010), Sajaia (2008)] imposant que les termes d'erreurs suivent une distribution normale jointe bivariée, avec comme mesure de la dépendance le coefficient de corrélation entre les deux. Or, cette hypothèse de normalité des résidus – retenue le plus souvent pour une question de moindre complexité des calculs de maximisation de la vraisemblance – peut conduire à des biais si elle n'est pas vérifiée [Trivedi & Zimmer (2007), Hernandez-Alava & Pudney (2016)]. C'est pourquoi, nous recourons à la version généralisée de ce type de modèle, proposée par Hernandez-Alava & Pudney (2016), et basée sur une structure de la dépendance plus flexible. En d'autres termes, au lieu d'imposer que les termes d'erreurs suivent une loi normale bivariée, nous la mettons en concurrence avec plusieurs autres lois jointes pour trouver celle qui est la plus adaptée à nos données. Pour ce faire, nous utilisons l'approche par copules qui permet d'exprimer une loi jointe multivariée (et donc bivariée dans notre cas) en fonction de distributions marginales et de représenter des structures de dépendance plus asymétriques.

Formellement, le modèle estimé s'écrit comme suit :

$$sante_i = \begin{cases} 1 & \text{si } y_{i1}^* < \tau_{11} \text{ (très bon état de santé)} \\ 2 & \text{si } \tau_{11} \leq y_{i1}^* < \tau_{12} \text{ (bon état de santé)} \\ 3 & \text{si } \tau_{12} \leq y_{i1}^* \text{ (état de santé altéré)} \end{cases} \quad (3.1)$$

$$nbam_i = \begin{cases} 1 & \text{si } y_{i2}^* < \tau_{21} \text{ (0 arrêt maladie)} \\ 2 & \text{si } \tau_{21} \leq y_{i2}^* < \tau_{22} \text{ (1 arrêt maladie)} \\ 3 & \text{si } \tau_{22} \leq y_{i2}^* < \tau_{23} \text{ (2 arrêts maladie)} \\ 4 & \text{si } \tau_{23} \leq y_{i2}^* \text{ (3 arrêts maladie ou plus)} \end{cases} \quad (3.2)$$

où y_{i1}^* et y_{i2}^* sont les variables latentes associées respectivement à l'état de santé déclaré et au nombre d'arrêts maladie :

$$\begin{cases} y_{i1}^* = X_i \beta_1 + u_{i1} \\ y_{i2}^* = X_i \beta_2 + u_{i2} \end{cases} \quad (3.3)$$

avec X_i la matrice des variables explicatives incluant les différents facteurs de pénibilité, β_1 et β_2 les paramètres associés à estimer et τ les paramètres seuils qui

vérifient $\tau_{11} < \tau_{12}$ et $\tau_{21} < \tau_{22} < \tau_{23}$. u_{i1} et u_{i2} sont les termes d'erreurs qui peuvent être stochastiquement dépendants et non-normaux.

La distribution jointe de ces termes d'erreurs est représentée par une fonction copule :

$$F(u_1, u_2) = c(F_1(u_1), F_2(u_2); \theta) \quad (3.4)$$

avec $F_1(\cdot)$ et $F_2(\cdot)$ les fonctions de répartition marginales respectives de u_1 et u_2 ; $c(\cdot, \cdot; \theta)$ une fonction copule et θ le paramètre de la dépendance stochastique entre u_1 et u_2 . Ainsi, la fonction copule relie la distribution jointe aux distributions marginales et contient toute l'information sur la structure de dépendance du modèle.

Cette spécification se réduit au probit bivarié ordonné si la fonction copule choisie est gaussienne et si les fonctions de répartition marginales $F_1(\cdot)$ et $F_2(\cdot)$ sont définies avec des lois normales univariées, soit en d'autres termes si $c(u_1, u_2) = \Phi_2(\Phi^{-1}(u_1), \Phi^{-1}(u_2); \theta)$ avec $\Phi_2(\cdot, \cdot; \theta)$ la fonction de répartition d'une loi normale bivariée de coefficient $-1 \leq \theta \leq 1$ et Φ^{-1} l'inverse de la fonction de répartition d'une loi normale univariée $N(0, 1)$.

Dans la pratique, nous allons confronter les résultats du probit bivarié ordonné à ceux obtenus en faisant varier deux éléments : la fonction copule et les lois de distributions marginales. Le modèle a été estimé avec 4 fonctions copules alternatives à la gaussienne (Clayton, Frank, Gumbel et Joe¹²), qui se distinguent par les hypothèses implicites qu'elles font sur la structure de dépendance de nos variables. Alors que les copules gaussiennes et Frank imposent une dépendance symétrique dans les deux queues de distribution, les copules Clayton, Gumbel et Joe sont adaptées pour des dépendances asymétriques dans les queues de distribution. La copule Clayton impose une forte dépendance à gauche de la distribution et une dépendance de queue relativement faible à droite, tandis que les copules Gumbel et Joe décrivent le contraire (faible dépendance de queue à gauche et forte à droite, et ce d'autant plus marquées pour la copule Joe). Ainsi, si, par exemple, les parties inexpliquées de l'état de santé déclaré et du nombre d'arrêts maladie sont fortement corrélées pour leurs valeurs élevées (mauvais état de santé, plusieurs arrêts maladie) mais moins pour leurs valeurs faibles, alors les copules Joe et Gumbel sont de bons choix de spécification.

En ce qui concerne les fonctions de répartition marginales, nous avons autorisé, comme proposé par Hernandez-Alava & Pudney (2016), à ce qu'elles soient

12. Voir Annexe 7 pour l'écriture mathématique de ces copules et Trivedi & Zimmer (2007) pour plus de détails.

chacune des mélanges de 2 lois normales et non pas uniquement issues d'une seule loi normale univariée (comme c'est le cas dans le probit bivarié ordonné) afin de capter un plus large éventail de formes distributionnelles (ex : distributions asymétriques ou bimodales). Plus précisément, les fonctions de répartition marginales ont comme forme générale :

$$F_j(\varepsilon) = \pi_j \Phi\left(\frac{\varepsilon - \mu_{j1}}{\sigma_{j1}}\right) + (1 - \pi_j) \Phi\left(\frac{\varepsilon - \mu_{j2}}{\sigma_{j2}}\right), j = 1, 2 \quad (3.5)$$

où π_j est le paramètre de mélange compris entre 0 et 1, (μ_{j1}, μ_{j2}) et $(\sigma_{j1}, \sigma_{j2})$ les paramètres de positionnement et de dispersion satisfaisant les conditions de normalisation de moyenne nulle et de variance unitaire¹³. Si π_j est égal à 0 ou 1, la fonction de répartition marginale n'est plus un mélange de deux lois. En fait, 4 cas de figures pour les distributions marginales ont été testés : i) on fixe π_1 et π_2 à 0, ce qui correspond au cas standard où les lois utilisées sont des lois normales univariées sans mélange ; ii) seule $F_1(\cdot)$ est autorisée à être un mélange de lois, c'est-à-dire que l'on impose $\pi_2 = 0$; iii) seule $F_2(\cdot)$ est autorisée à être un mélange de lois, c'est-à-dire que l'on impose $\pi_1 = 0$; iv) $F_1(\cdot)$ et $F_2(\cdot)$ sont autorisées à être de la forme générale présentée par l'équation (3.5) sans restriction spécifique.

Au total, nous estimons, par maximum de vraisemblance, les 20 modèles correspondant à toutes les combinaisons possibles entre nos 5 fonctions copules et nos 4 cas de figures pour les fonctions de répartition marginales. Leur fonction de vraisemblance a pour expression :

$$\begin{aligned} L &= \prod_{i=1}^n \prod_{r=1}^3 \prod_{k=1}^4 [P(\text{sante}_i = r, \text{nbam}_i = k)]^{d_{ir} \cdot d_{ik}} \\ &= \prod_{i=1}^n \prod_{r=1}^3 \prod_{k=1}^4 [P(\tau_{1r-1} \leq y_{i1}^* < \tau_{1r}, \tau_{2k-1} \leq y_{i2}^* < \tau_{2k})]^{d_{ir} \cdot d_{ik}} \\ &= \prod_{i=1}^n \prod_{r=1}^3 \prod_{k=1}^4 [P(y_{i1}^* \leq \tau_{1r}, y_{i2}^* \leq \tau_{2k}) - P(y_{i1}^* \leq \tau_{1r-1}, y_{i2}^* \leq \tau_{2k}) \\ &\quad - P(y_{i1}^* \leq \tau_{1r}, y_{i2}^* \leq \tau_{2k-1}) + P(y_{i1}^* \leq \tau_{1r-1}, y_{i2}^* \leq \tau_{2k-1})]^{d_{ir} \cdot d_{ik}} \\ &= \prod_{i=1}^n \prod_{r=1}^3 \prod_{k=1}^4 \{c(F_1(\tau_{1r} - X_i \beta_1), F_2(\tau_{2k} - X_i \beta_2); \theta) - c(F_1(\tau_{1r-1} - X_i \beta_1), F_2(\tau_{2k} - X_i \beta_2); \theta) \\ &\quad - c(F_1(\tau_{1r} - X_i \beta_1), F_2(\tau_{2k-1} - X_i \beta_2); \theta) + c(F_1(\tau_{1r-1} - X_i \beta_1), F_2(\tau_{2k-1} - X_i \beta_2); \theta)\}^{d_{ir} \cdot d_{ik}} \end{aligned}$$

avec d_{ir} qui vaut 1 si $\text{sante}_i = r$ et 0 sinon, d_{ik} qui vaut 1 si $\text{nbam}_i = k$ et 0 sinon ($r = 1, 2, 3$; $k = 1, 2, 3, 4$), $\tau_{10} = \tau_{20} = -\infty$ et $\tau_{13} = \tau_{24} = +\infty$.

Au final, le modèle le plus robuste selon le critère informationnel d'Akaike

13. Cela impose : $\pi_j \cdot \mu_{j1} + (1 - \pi_j) \cdot \mu_{j2} = 0$ et $\pi_j \cdot (\sigma_{j1}^2 + \mu_{j1}^2) + (1 - \pi_j) \cdot (\sigma_{j2}^2 + \mu_{j2}^2) = 1$.

(AIC) sera retenu pour les analyses des effets des facteurs de pénibilité sur l'état de santé et le nombre d'arrêts maladie.

Nombre de jours d'arrêts pour maladie et à la suite d'accidents du travail : des modèles hurdle de comptage

Les durées des arrêts pour maladie ou à la suite d'un accident du travail peuvent être analysées avec des modèles de comptage [Cameron & Trivedi (1998), Winkelmann (2008)] car les deux enquêtes collectent le nombre de jours d'absence au cours de l'année écoulée (donc sans problème de censure). Toutefois, au lieu d'estimer les modèles les plus simples (modèles de Poisson et binomial négatif), nous proposons d'estimer des *modèles à barrière*, appelés aussi *modèles hurdle* [Cragg (1971), Mullahy (1986)] afin de tenir compte du fait que les valeurs nulles et les valeurs positives de nos variables dépendantes d'arrêts pourraient être expliquées par des processus sous-jacents (et donc des déterminants) différents. En particulier, ces modèles de décision en deux parties (*two-part models*) vont combiner un modèle de régression binaire expliquant le fait d'avoir connu ou non un arrêt (pour maladie ou lié à un accident du travail) avec un modèle de comptage tronqué en zéro, expliquant le nombre de jours d'arrêts pour ceux qui en ont connu au moins un. Avec leurs deux jeux de paramètres à estimer (1 par équation), ils permettent d'avoir pour les variables explicatives des effets hétérogènes au-dessus et en-dessous du seuil (hurdle), ici zéro, soient sur les deux décisions (avoir ou non un arrêt, durée au cours de l'année).

Parmi toutes les combinaisons possibles de modèles binaires et de modèles de comptage tronqués, le modèle hurdle le plus couramment utilisé est le *modèle hurdle binomial négatif* [Vesterinen, Pouta, Huhata & Neuvonen (2010); Wong, Lindner, Cowling, Lau, Lo & Leung (2010); Niedhammer, Chastang, Sultan-Taïeb, Vermeylen & Parent-Thirion (2013); Bayart, Havet & Bonnel (2018)] qui estime un logit et un modèle binomial négatif tronqué. Ce choix d'un modèle de comptage basé sur une distribution binomiale négative permet de tenir compte d'une potentielle sur-dispersion des données¹⁴, qui pourrait être due à de l'hétérogénéité inobservée. Dans ce modèle, cette hétérogénéité est introduite au niveau de la distribution non-tronquée. Or, Santos Silva (2003) et Winkelmann (2004) ont proposé une méthode d'estimation alternative pour les modèles hurdle en cas d'hétérogénéité inobservée. Il s'agit d'introduire le terme d'hétérogénéité inobservée uniquement

14. Les modèles de Poisson imposent l'hypothèse d'équidispersion, c'est-à-dire supposent l'égalité de la moyenne et de la variance.

au niveau de la distribution tronquée. En particulier, le modèle hurdle basé sur la distribution log-normale Poisson tronquée en zéro (zero-truncated Poisson normal model (ztpnm)) suit ce principe et pourrait mieux ajuster nos données que le modèle hurdle binomial négatif [Winkelmann (2004)]. C'est pourquoi, nous avons mis en concurrence ces deux modèles.

Plus précisément, la fonction de probabilité du modèle hurdle binomial négatif a pour expression :

$$P(nba_i = y_i | X_i, \alpha, \gamma_1, \gamma_2) = \begin{cases} P_1(nba_i = 0 | X_i, \gamma_1) & \text{si } y_i = 0 \\ \frac{1 - P_1(nba_i = 0 | X_i, \gamma_1)}{1 - P_2(nba_i = 0 | X_i, \gamma_2, \alpha)} \cdot P_2(nba_i = y_i | X_i, \gamma_2, \alpha) & \text{si } y_i > 0, \end{cases} \quad (3.6)$$

où $P_1(nba_i = 0 | X_i, \gamma_1) = \exp(X_i \gamma_1) / [1 + \exp(X_i \gamma_1)]$ est l'équation de probabilité d'un modèle logit binaire et où les valeurs positives sont issues de la densité binomiale négative tronquée $P_2(nba_i = y_i | y_i > 0) = P_2(nba_i = y_i | X_i, \gamma_2, \alpha) / [1 - P_2(nba_i = 0 | X_i, \gamma_2, \alpha)]$, qui est multipliée par $P(nba_i > 0) = 1 - P_1(nba_i = 0 | X_i, \gamma_1)$ pour assurer que la somme des probabilités soit bien égale à 1. En outre, $P_2(nba_i = y_i | X_i, \gamma_2, \alpha)$ est définie comme suit :

$$P_2(nba_i = y_i | X_i, \gamma_2, \alpha) = \int_0^u f(y_i | v) g(v) dv = \frac{\Gamma(y_i + m)}{\Gamma(y_i + 1)} \cdot \left(\frac{m}{m + \exp(X_i \gamma_2)} \right)^m \cdot \left(\frac{\exp(X_i \gamma_2)}{m + \exp(X_i \gamma_2)} \right)^{y_i}$$

avec $m = 1/\alpha$, α étant le paramètre de surdispersion, v une variable aléatoire d'hétérogénéité inobservée telle que $\exp(v_i)$ est distribuée selon une loi Gamma de moyenne unitaire et de variance α et $\Gamma(\cdot)$ l'intégrale gamma.

La vraisemblance associée à ce modèle hurdle binomial négatif est alors :

$$L = \prod_{i=1}^n [P_1(nba_i = 0 | X_i, \gamma_1)]^{d_i} \cdot \left[\frac{1 - P_1(nba_i = 0 | X_i, \gamma_1)}{1 - P_2(nba_i = 0 | X_i, \gamma_2, \alpha)} \cdot P_2(nba_i = y_i | X_i, \gamma_2, \alpha) \right]^{(1-d_i)},$$

avec d_i qui vaut 1 si $y_i > 0$ et 0 sinon. En supposant que les termes d'erreur des équations binaires et tronquées sont non-corrélés, la procédure d'estimation par maximum de vraisemblance peut se diviser en 2 parties distinctes. Premièrement, on peut maximiser un modèle logit avec d_i comme variable dépendante en utilisant l'ensemble de l'échantillon, ce qui permet d'estimer γ_1 . Deuxièmement, les paramètres γ_2 et α peuvent être estimés séparément par un modèle binomial négatif tronqué en zéro (ztbn) en utilisant uniquement les observations positives ($d_i = 1$).

La différence entre le modèle hurdle proposé par Winkelmann (2004) et le modèle hurdle binomial négatif défini par l'équation (3.6) réside dans l'expression de la distribution tronquée $P_2(nba_i = y_i | y_i > 0)$. Celle-ci est basée sur la distribution de Poisson tronquée et contient un terme d'hétérogénéité inobservée. Ainsi, la

fonction de probabilité du modèle hurdle de Winkelmann (2004) s'écrit :

$$P(nba_i = y_i | X_i, \gamma_1, \gamma_2, \varepsilon_i) = \begin{cases} P_1(nba_i = 0 | X_i, \gamma_1) & \text{si } y_i = 0 \\ [1 - P_1(nba_i = 0 | X_i, \gamma_1)] \cdot P_2^+(nba_i = y_i | X_i, \gamma_2, \varepsilon_i) & \text{si } y_i > 0, \end{cases} \quad (3.7)$$

avec ε_i la variable d'hétérogénéité inobservée qui pourrait être à l'origine de la sur-dispersion et $P_2^+(nba_i = y_i | X_i, \gamma_2, \varepsilon_i)$ la fonction de probabilité du modèle Poisson-log-normal tronquée en zéro qui a pour expression :

$$P_2^+(nba_i = y_i | X_i, \gamma_2, \varepsilon_i) = \frac{\exp(-\lambda_i) \lambda_i^{y_i}}{\{1 - \exp(-\lambda_i)\} y_i!}$$

où λ_i est défini par $\exp(X_i \gamma_2) \xi_i$, $\xi_i = \exp(\varepsilon_i)$ et ε_i est distribué selon une loi normale, ce qui implique que ξ_i est distribué selon une loi log-normale.

La vraisemblance associée à ce modèle s'écrit alors :

$$L = \prod_{i=1}^n [P_1(nba_i = 0 | X_i, \gamma_1)]^{d_i} \cdot \left\{ [1 - P_1(nba_i = 0 | X_i, \gamma_1)] \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} P_2^+(nba_i = y_i | X_i, \gamma_2, \varepsilon_i) f(\varepsilon_i) d\varepsilon_i \right\}^{(1-d_i)}, \quad (3.8)$$

où $f(\cdot)$ est la densité d'une loi normale. En supposant que les termes d'erreurs des équations binaires et tronquées sont non-corrélés, la procédure d'estimation par maximum de vraisemblance se fait de nouveau en estimant séparément les modèles binaire et tronqué¹⁵.

Dans la pratique, nous estimerons le modèle hurdle binomial négatif et le modèle hurdle de Winkelmann et retiendrons, pour nos interprétations, le plus approprié au vu du test de Vuong (1989), permettant de comparer des modèles non-emboîtés.

Probabilité d'avoir un accident du travail, même bénin : une régression logistique

Dans nos analyses des effets des facteurs de pénibilité sur les accidents du travail, nous utiliserons plusieurs indicateurs afin de distinguer les accidents du travail, même bénins aux accidents du travail ayant fait l'objet d'arrêts de travail. Ainsi, en plus des modèles hurdle de comptage précédents s'intéressant aux accidents du travail ayant engendré des absences, nous estimerons une régression logistique qui

15. Dans le modèle de Poisson tronqué, l'intégrale caractérisant la fonction de probabilité tronquée est approximée par quadrature lors de l'estimation par maximum de vraisemblance.

explique le fait d’avoir connu ou non au moins un accident du travail (avec ou sans arrêt). Le modèle ainsi estimé s’écrit :

$$at_i = \begin{cases} 1 & \text{si } at_i^* = \delta X_i + u_i > 0 \\ 0 & \text{sinon,} \end{cases} \quad (3.9)$$

avec $at_i = 1$ si l’individu i a connu un accident du travail au cours de l’année écoulée et 0 sinon, δ les paramètres inconnus captant l’influence des caractéristiques X_i et u_i un terme d’erreur distribué selon une loi logistique de variance unitaire. Ce modèle sera une nouvelle fois estimé par maximisation de la vraisemblance.

Pour l’ensemble des modèles estimés, nous avons retenu comme variables de contrôle les caractéristiques individuelles, d’emploi et d’entreprise que nous avons intégrées dans nos modèles expliquant les inégalités d’exposition aux risques professionnels (sections 2.2.2 et 2.2.3). En outre, en plus des variables reflétant l’exposition aux facteurs de pénibilité étudiés dans le chapitre 2, nous avons rajouté des variables décrivant certains facteurs psychosociaux puisqu’ils peuvent être à l’origine d’un état de santé dégradé et d’arrêts de travail [North, Syme, Feeney, Shipley & Marmot (1996a); Labriola, Lund & Burr (2006a); Böckerman & Ilmarinen (2008); Laaksonen, Pitkämä, Rahkonen & Lahelma (2010); Niedhammer et al. (2013); Lesuffleur, Chastang, Sandret & Niedhammer (2014); Niedhammer et al. (2017); Niedhammer et al. (2018)]. Pour les estimations réalisées à partir de l’édition 2017 de l’enquête SUMER, ces variables additionnelles sont les variables de “job strain” (combinaison d’une forte demande psychologique et d’une faible latitude décisionnelle) et “d’iso-strain” (combinaison de job-strain et d’un faible soutien social), construites selon les recommandations de Karasek [Karasek (1979), Guignon et al. (2008), Amira & Ast (2014)]. Pour les estimations réalisées à partir de l’édition 2016 de l’enquête CdT, nous avons construit et introduit 3 variables dichotomiques reflétant “de fortes contraintes quantitatives”, “une faible autonomie dans son travail” et “une mauvaise organisation ou mauvais leadership au sein de l’entreprise”, en s’inspirant de certains concepts du questionnaire COPSOQ (Copenhagen Psychosocial Questionnaire) [Dupret, Bocéréan, Teherani & Feltrin (2012)].

3.1.3 Résultats à partir de l’enquête SUMER 2017

Le tableau 3.1 présente les statistiques descriptives de nos indicateurs de santé en fonction de l’exposition aux différents facteurs de pénibilité. Globalement, il

ressort de l'enquête SUMER 2017 que les salariés exposés à au moins un risque professionnel étudié déclarent davantage des états de santé altérés (c.-à-d. médiocre, mauvais ou très mauvais) (24,73% versus 20,04%) et présentent des taux d'arrêts maladie et de survenue d'accidents du travail au cours de la dernière année écoulée plus élevés que les autres salariés (respectivement 37,99% versus 32,36% et 9,94% versus 4,41%).

Si on se place au niveau plus désagrégé de chaque pénibilité, nous pouvons noter que ces phénomènes sont bien vérifiés pour les trois rythmes de travail atypiques (à l'exception des travailleurs de nuit régulier qui n'ont pas un taux d'arrêt maladie plus élevé) et pour l'ensemble des contraintes physiques marquées (hormis une différence non-significative dans l'état de santé entre salariés exposés et non exposés aux vibrations mécaniques et à la manutention répétée de charges lourdes). En revanche, les écarts dans les indicateurs de santé sont plus mitigés en fonction des expositions aux facteurs de pénibilité constituant un environnement physique agressif. Il n'y a pas de différence significative dans les proportions de salariés déclarant un état de santé altéré et dans les taux d'arrêts maladie, hormis pour les expositions aux nuisances sonores. Les salariés exposés à des bruits nocifs déclarent plus fréquemment au moins un arrêt maladie que ceux qui ne le sont pas (41% versus 35,5%). Les salariés soumis à un environnement physique agressif se distinguent surtout par leur taux d'accident du travail deux fois plus élevé, quel que soit le facteur de pénibilité considéré (bruits nocifs, nuisances thermiques, expositions aux agents CMR). Il en est de même pour leur taux d'accident du travail ayant donné lieu à un arrêt de travail.

Toutefois, parmi les salariés ayant connu au cours de la dernière année un arrêt maladie ou un accident du travail, ceux exposés aux différents facteurs de pénibilité ont globalement des durées moyennes d'absence liés à ces événements identiques aux autres. Seuls les salariés exposés aux vibrations mécaniques et aux agents CMR ont des durées cumulées d'arrêt maladie en moyenne significativement plus longues, de l'ordre de 5 à 7 jours supplémentaires par an.

Table 3.1 – Différences dans les indicateurs de santé selon l'exposition ou non aux facteurs de pénibilité en 2017, selon l'enquête SUMER

	SUMER 2017					
	Etat de santé altéré	Au moins un arrêt maladie (AM)	Au moins un accident du travail (AT)	Au moins un AT avec arrêt	Nbre de jours moyen d'AM (hors AT)	Nbre de jours moyen d'arrêts liés à un AT
Exposition à au moins un facteur de pénibilité						
Non	20,04%	32,36%	4,41%	2,22%	17,51	55,97
Oui	24,73%***	37,99%***	9,94%***	5,98%***	18,43	26,65
Contraintes physiques marquées						
Non	20,54%	33,02%	5,57%	2,92%	17,82	44,78
Oui	25,28%***	38,43%***	9,85%***	6,18%***	18,30	26,18
<i>Manutention de charges lourdes</i>						
Non	22,68%	35,43%	7,09%	4,13%	17,82	33,24
Oui	26,20%	40,73%***	14,16%***	8,05%***	21,69	28,02
<i>Postures pénibles</i>						
Non	20,70%	33,79%	6,38%	3,33%	18,40	40,75
Oui	25,71%***	38,29%***	9,57%***	6,05%***	17,70	26,53
<i>Vibrations mécaniques</i>						
Non	23,28%	35,64%	7,11%	4,09%	17,65	31,40
Oui	22,50%	40,66%**	15,68%***	9,21%***	24,75**	35,90
Environnement physique agressif						
Non	23,00%	35,55%	6,42%	3,79%	17,89	33,31
Oui	23,24%	37,61%	14,21%***	7,91%***	19,85	30,02
<i>Nuisances sonores</i>						
Non	22,88%	35,46%	7,06%	4,18%	18,19	31,41
Oui	25,24%	41,05%**	14,93%***	8,07%***	19,37	35,83
<i>Nuisances thermiques</i>						
Non	23,17%	35,93%	7,44%	4,34%	18,30	33,06
Oui	22,82%	38,70%	16,81%***	9,05%***	18,09	26,73
<i>Exposition à des agents CMR[§]</i>						
Non	23,34%	36,11%	6,89%	4,01%	17,80	31,57
Oui	21,83%	35,30%	15,62%***	8,79%***	22,47*	33,87
Rythmes de travail atypiques						
Non	22,28%	34,87%	7,15%	4,18%	18,21	34,49
Oui	26,37%***	40,59%***	10,75%***	6,05%***	18,21	26,37
<i>Travail de nuit régulier</i>						
Non	22,93%	36,10%	7,63%	4,41%	18,17	32,35
Oui	28,02%**	35,41%	11,79%**	6,53%*	17,91	26,48
<i>Travail posté</i>						
Non	23,05%	35,00%	7,33%	4,31%	18,18	33,49
Oui	24,09%	42,28%***	10,88%**	5,86%**	18,90	25,39
<i>Travail répétitif</i>						
Non	22,68%	35,68%	7,69%	4,47%	18,41	32,91
Oui	29,11%***	40,48%*	10,38%*	6,10%	16,38	24,09

Notes : [§] les produits ou familles de produits CMR repérés avec l'enquête SUMER sont au nombre de 29.

*, **, *** : écart significatif entre les moyennes à respectivement un seuil de 10%, 5% et 1%.

Source : enquête SUMER 2017.

Champ : salariés France métropolitaine qui ont au moins une année d'ancienneté dans l'entreprise. Calculs des auteurs.

Les différences observées pour les indicateurs de santé entre les salariés exposés et non-exposés aux facteurs de pénibilité pourraient être davantage à relier

aux spécificités des profils des salariés exposés et à la typologie particulière de leur emploi, qu'à un effet direct, propre aux facteurs de pénibilité. En effet, dans le chapitre 2, nous avons par exemple mis en évidence que les ouvriers étaient la catégorie socio-professionnelle la plus touchée par les différentes formes de pénibilité alors que les cadres étaient la catégorie la moins touchée. Or, indépendamment des conditions de travail, on s'attend à ce que les cadres aient moins d'arrêts (probabilité d'en avoir et durées) en raison d'une part de la théorie du salaire d'efficience [Shapiro & Stiglitz (1984)], selon laquelle le salaire réduit considérablement la probabilité de s'absenter et d'autre part, d'un potentiel effet "d'obligation de présence" au travail pour les plus qualifiés et pour ceux occupant des emplois à responsabilité. Ainsi, les arrêts plus fréquents parmi les salariés exposés à certains risques professionnels pourraient être imputables à la sous-représentation des cadres et sur-représentation des ouvriers dans cette population. De même, de précédentes études empiriques ont montré que les fonctionnaires avaient des probabilités d'arrêts maladies, et notamment d'arrêts maladies longs, plus élevés que les autres statuts. Comme nous avons trouvé que les fonctionnaires avaient aussi des probabilités plus importantes d'être exposés aux charges lourdes, aux postures pénibles et à des agents chimiques CMR, il est indispensable de recourir à un raisonnement "toutes choses étant égales par ailleurs" pour savoir si les facteurs de pénibilité ont bien un effet propre sur nos indicateurs de santé.

Les résultats de nos 4 modèles économétriques sont présentés dans le tableau 3.2. Il est ressorti de la mise en concurrence des différentes spécifications pour la régression bivariée ordonnée généralisée, expliquant simultanément l'état de santé déclaré et le nombre d'arrêts maladie, que le modèle avec une copule Gumbel et un mélange de lois normales seulement pour la distribution marginale associée à l'état de santé est le plus adapté aux données de l'enquête SUMER 2017 (voir Annexe 7), et est notamment à privilégier par rapport à un probit bivarié ordonné. De même, nous avons mis en concurrence, pour expliquer le nombre de jours d'absence dans l'année écoulée, les modèles hurdle binomial négatif et de Winkelmann. Les tests de Vuong concluent que concernant les arrêts pour maladie, le modèle de Winkelmann permet d'obtenir une meilleure qualité d'ajustement, alors que pour les arrêts liés aux accidents du travail, il est préférable de privilégier le modèle hurdle binomial négatif. Ainsi, seuls les résultats de ces modèles ont été reportés dans le tableau 3.2.

Table 3.2 – Résultats des régressions sur les indicateurs de santé (SUMER, 2017)

	SUMER 2017						
	régression bivariée ordonnée, copule Gumbel		Modèle Hurdle, ztpm		Logit	Modèle Hurdle, ztnb	
	Etat de santé	Nbre AM	AM (oui/non)	Nbre de jours d'AM	AT (oui/non)	AT avec arrêts (oui/non)	Nbre de jours d'arrêts (AT)
<i>Caractéristiques individuelles</i>							
Genre							
Femme	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Homme	-0,196***	-0,194***	-0,343***	-0,128***	0,081	-0,060	0,107
Age							
de moins de 3 ans	0,019***	-0,009***	-0,015***	0,017***	-0,009**	-0,012**	0,015**
de 3 à 10 ans	-0,028	0,043	0,093*	-0,003	0,031	0,175	0,085
de 10 à 15 ans	0,041**	0,018	0,042	-0,024	0,057	0,087	0,122
Ancienneté							
1 à 3 ans	-0,143***	-0,001	-0,010	-0,146***	0,271**	0,113	0,086
3 à 10 ans	-0,040*	0,045*	0,046	0,033	0,104	0,066	-0,219
>10 ans	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
<i>Caractéristiques de l'emploi</i>							
Heures de travail							
Temps partiel	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Temps complet	-0,068**	-0,009	0,027	-0,110***	-0,002	-0,038	-0,593***
Travail le dimanche							
Oui	0,016	0,087***	0,134***	-0,073**	-0,286***	-0,176*	-0,081
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Statut de l'emploi							
CDI	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Apprenti, intérimaire, CDD	-0,071	-0,097**	-0,186**	-0,060	-0,065	0,150	0,046
Agents à statuts	0,040	0,056	0,058	0,045	-0,251*	0,028	-0,055
Fonctionnaires	0,025	0,166***	0,240***	0,082**	0,061	-0,050	0,132
CSP							
Professions intermédiaires	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Cadres et Prof. intellectuelles	-0,067***	-0,214***	-0,379***	-0,105***	-0,792***	-1,085***	-0,131
Employés administratifs	-0,036	0,052	0,091	0,112**	-0,002	0,050	-0,077
Employés de service	0,113***	0,125***	0,145**	0,314***	0,565***	0,670***	0,022
Ouvriers qualifiés	0,008	0,157***	0,267***	0,238***	0,472***	0,675***	0,394**
Ouvriers non qualifiés et agricoles	0,045	0,134***	0,183**	0,385***	0,574***	0,755***	0,378
Fonction principale exercée							
Production, fabrication, chantier	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Installation, réparation, maintenance	0,019	0,013	0,036	-0,018	-0,009	0,084	-0,115
Nettoyage, gardiennage, entretien	0,050	-0,000	-0,004	0,136**	-0,021	0,205	0,011
Manutention, magasinage, logistique	-0,017	-0,132***	-0,269***	0,105*	0,087	0,065	0,461*
Secrétariat, saisie, accueil	-0,138***	-0,069	-0,113	-0,105*	-0,483**	-0,519*	0,249
Gestion, comptabilité	-0,079*	-0,092*	-0,161*	-0,021	-0,968***	-1,193***	-0,754
Commercial, technico-commercial	-0,052	-0,063	-0,134*	-0,137**	-0,350**	-0,129	-0,446
Etudes, recherche et développement, méthodes, éducation	-0,061	0,011	0,035	-0,367***	-0,217	-0,427*	0,194
Soin des personnes	-0,079	-0,145***	-0,248***	-0,045	0,045	0,043	-0,162
Autre	-0,067*	-0,034	-0,089	-0,129***	-0,150	0,089	0,384*
<i>Caractéristiques de l'entreprise</i>							
Taille de l'établissement							
1 à 9 salariés	-0,045	-0,195***	-0,288***	0,021	-0,008	-0,072	0,204
10 à 49 salariés	0,086***	-0,049	-0,067	-0,083*	0,152	0,182	0,392*
50 à 249 salariés	0,075***	-0,006	-0,011	0,048	0,028	0,219*	0,185
250 à 499 salariés	0,055*	0,050	0,140**	-0,019	0,068	0,159	0,184
500 salariés et plus	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Présence d'un CHSCT							
Oui	0,015	0,098***	0,092	0,057	-0,029	-0,045	0,235
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.

suite sur la page suivante

	SUMER 2017						
	régression bivariée ordonnée, copule Gumbel		Modèle Hurdle, ztpm		Logit	Modèle Hurdle, ztnb	
	Etat de santé	Nbre AM	AM (oui/non)	Nbre de jours d'AM	AT (oui/non)	AT avec arrêts (oui/non)	Nbre de jours d'arrêts (AT)
Présence de représentants syndicaux							
Oui	0,035	0,095***	0,192***	-0,066*	0,185	0,049	-0,034
NSP	-0,003	0,003	-0,003	0,132**	0,026	0,049	-0,041
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Intervention d'IPRP							
Oui	0,002	0,003	0,014	-0,008	-0,074	-0,010	0,321**
NSP	-0,023	0,023	0,035	0,045	0,034	0,122	-0,101
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Régions							
Centre Val de Loire	-0,103**	-0,175***	-0,254***	-0,130*	-0,584***	-0,932***	-0,634
Bourgogne - Franche Comté	-0,080**	-0,152***	-0,193**	0,003	0,003	0,179	-0,323
Normandie	-0,125***	-0,146***	-0,233***	0,145***	-0,659***	-0,462*	0,115
Nord- Pas de Calais Picardie	0,004	-0,035	-0,014	0,239***	-0,287**	-0,282	-0,083
Alsace Champagne Ardennes	0,006	0,014	0,111*	0,009	-0,146	-0,185	-0,343
Lorraine							
Pays de Loire	-0,101***	-0,205***	-0,268***	-0,090	-0,182	-0,101	-0,430*
Bretagne	-0,107***	-0,127***	-0,119	0,002	-0,286*	-0,148	-0,052
Aquitaine Limousin Poitou Charentes	-0,038	-0,053	-0,062	0,101**	-0,147	-0,149	-0,137
Languedoc Roussillon Midi- Pyrénées	0,001	-0,046	-0,064	0,182***	-0,215	-0,122	-0,001
Auvergne Rhône-Alpes	-0,004	-0,148***	-0,211***	0,152***	-0,345***	-0,544***	-0,524**
PACA Corse	-0,079**	-0,119***	-0,191**	0,114**	-0,129	-0,082	0,008
Ile de France	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Secteurs							
Agriculture, construction	0,082**	-0,236***	-0,433***	0,272***	0,133	0,064	0,466**
Industrie	0,049*	-0,010	-0,040	-0,052	-0,069	-0,428***	0,023
Tertiaire	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Risques professionnels							
Port répété de charges lourdes	0,117***	0,048	0,075	0,159***	0,189*	0,135	-0,022
Postures pénibles	0,048**	0,059***	0,106***	0,011	0,013	0,086	-0,097
Vibrations mécaniques	-0,031	0,011	0,023	0,210***	0,177*	0,222	-0,136
Nuisances sonores	0,103***	0,041	0,061	0,040	0,339***	0,206	-0,059
Expositions à des agents CMR	0,064*	-0,014	-0,006	-0,022	0,257***	0,245**	0,169
Travail de nuit régulier	-0,060	-0,127***	-0,187***	0,011	-0,194*	-0,145	0,362*
Travail posté	-0,062**	0,009	0,022	0,005	0,131	0,131	-0,038
Travail répétitif	0,050	-0,044	-0,114	-0,108**	0,019	0,112	-0,262
Job strain	0,264***	0,126***	0,165***	0,111***	0,175	0,298**	-0,150
Iso-strain	0,364***	0,141***	0,251***	0,096**	0,315**	0,266*	0,269
Constante			-0,169	1,463***	-2,038***	-2,834***	2,391***
θ	1,213						
τ_{11}	-,070						
τ_{12}	1,552						
τ_{21}		0,103					
τ_{22}		0,930					
τ_{23}	1,518						
π_1	,755						
μ_{11}	0,009						
σ_{11}^2	1,258						
μ_{12}	-0,029						
σ_{12}^2	0,201						
Nbre d'observations	17 425	17 425	17 489	5 961	17 470	17 470	707

Note : *** significatif à un seuil de 1%, ** significatif à un seuil de 5%, * significatif à un seuil de 10%.
Source : enquête SUMER 2017.
Champ : salariés France métropolitaine qui ont au moins une année d'ancienneté dans l'entreprise. Calculs des auteurs

Avant de nous focaliser sur les associations entre facteurs de pénibilité et indicateurs de santé, nous pouvons mentionner que nos résultats sont cohérents avec

ceux trouvés traditionnellement dans la littérature relative aux déterminants individuels et d'emploi des arrêts maladie et des accidents du travail [Ben Halima, Debrand & Regaert (2011), d'Errico & Costa (2011), Barnay, Juin & Legal (2013)]. Par exemple, nous trouvons que toutes choses étant égales par ailleurs, les cadres déclarent moins souvent un état de santé altéré et ont des risques plus faibles d'arrêts maladie et d'accidents du travail et des absences plus courtes pour ceux qui en ont. A contrario, les ouvriers présentent des durées d'absence plus longues, que les arrêts soient pour raison de maladie ou à la suite d'un accident du travail. Nos régressions confirment aussi que les hommes ont moins recours aux arrêts maladie et des arrêts plus courts que leurs homologues féminines [Chaupain-Guillot & Guillot (2007), Frick & Malo (2008), Ben Halima et al. (2011), Ben Halima & Regaert (2013)], ou encore que les fonctionnaires ont un nombre d'arrêts maladie plus important et des absences plus longues [Chaupain-Guillot & Guillot (2007)], alors que les salariés ayant des statuts précaires (intérimaires, apprentis, CDD) ont des probabilités plus faibles de recourir à un arrêt maladie. Il n'est pas non plus surprenant de trouver que l'âge accroît les risques d'état de santé altéré. En revanche, la probabilité d'avoir un ou plusieurs arrêts maladie ou accidents du travail diminue significativement avec l'âge. Ce résultat pourrait refléter un *effet du travailleur sain* (healthy worker effect), régulièrement évoqué dans la littérature empirique et épidémiologique [Barnay et al. (2010), Barnay et al. (2013)] : il est probable que les coefficients de l'âge dans les équations d'arrêts de travail soient entachés d'un biais de sélection lié au fait que seuls les individus âgés qui sont capables d'exercer un travail régulier et donc a priori en meilleure santé décident de continuer à travailler. Le champ de l'enquête SUMER ne couvrant que la population salariée (et non la population générale), il nous est impossible de corriger cet effet de sélection dans l'emploi. L'association négative entre l'âge et le nombre d'arrêts pourrait aussi être liée à un sentiment d'obligation de présence plus marqué chez les salariés plus âgés, qui se considèrent plus indispensables à la productivité de l'entreprise. Toutefois, parmi les salariés ayant connu des arrêts pour maladie ou accidents du travail, nous notons un accroissement du nombre cumulé de jours d'absence par an avec l'âge, phénomène déjà observé par Chaupain-Guillot & Guillot (2007). En ce qui concerne les variables liées à l'entreprise, nous retrouvons que les salariés des très petites entreprises (de 1 à 9 salariés) ont des probabilités individuelles plus faibles d'être en arrêt maladie [Ose (2005), Ben Halima & Regaert (2013)]. Nous pouvons aussi noter un probable effet de travailleur sain, comparable à celui observé par l'âge, pour les salariés travaillant dans les secteurs de l'agriculture et la construction.

Même une fois les différences de caractéristiques individuelles, de l'emploi et

de l'entreprise contrôlées, il persiste d'importantes inégalités de santé entre salariés exposés à des facteurs de pénibilité et ceux qui ne le sont pas : chaque risque professionnel étudié joue significativement sur au moins un de nos indicateurs de santé (tableau 3.2). Ainsi, les écarts observés dans le tableau 3.1 de statistiques descriptives ne sont pas entièrement attribuables à la non-homogénéité des populations exposées et non-exposées en termes de profils de salariés (ex : genre), de catégories socioprofessionnelles, de fonctions occupées ou de tailles d'entreprise. Toutefois, les expositions aux risques professionnels ne doivent pas toutes être associées à une détérioration de la santé à court terme. En particulier, les rythmes de travail atypiques semblent plutôt associés à de meilleurs indicateurs de santé. Le tableau 3.3, qui reporte les effets marginaux de nos variables de pénibilité, calculés à partir de nos différentes estimations, permet de mieux s'en convaincre. Les salariés sujets au travail posté ont une probabilité significativement plus faible de déclarer un état de santé altéré (-1,7 pts de pourcentage) et parmi les salariés ayant eu au moins un arrêt maladie, ceux concernés par un travail répétitif ont des durées d'absence en moyenne légèrement moins longues (-0,11 jour/an). Les salariés travaillant de nuit régulièrement présentent eux des probabilités moyennes plus faibles de recours aux arrêts maladie au cours d'une année (- 4 pts de pourcentage pour au moins un arrêt et - 1 pt de pourcentage pour 3 arrêts ou plus) et d'être victime d'un accident du travail (-1 pt de pourcentage). Néanmoins, parmi les salariés ayant connu un arrêt en raison d'un accident du travail, les travailleurs de nuit réguliers sont absents environ 9,5 jours de plus par an que leurs homologues non exposés à ce rythme de travail particulier.

Les autres facteurs de pénibilité jouent négativement sur les indicateurs de santé, mais pas sur tous. Etre exposé à des nuisances sonores ou à des agents CMR sur son lieu de travail accroît, toutes choses étant égales par ailleurs, la probabilité de déclarer un état de santé altéré (respectivement +2,9 et +1,8 pts de pourcentage) et les risques d'accident professionnel, essentiellement bénins, c'est-à-dire n'engendrant pas d'arrêts maladie. En revanche, ces deux facteurs ne semblent pas avoir d'influence significative sur le recours aux arrêts maladie (nombre d'épisodes dans l'année et nombre de jours d'absence cumulés).

Parmi les contraintes physiques marquées, l'exposition à des postures pénibles est associée à des probabilités plus élevées d'état de santé altéré (+1,31 pts de pourcentage) et de recours aux arrêts maladie (+2,3 pts de pourcentage) qui ne se traduisent pourtant ni par un nombre de jours d'absence plus important au cours de l'année, ni par un risque accru d'accidents du travail. A l'inverse, le port répété de charges lourdes et l'exposition régulière aux vibrations mécaniques sont associés à

des valeurs significativement plus élevées de ces deux indicateurs, sans influencer le nombre d'épisodes d'arrêts maladie par année. Ainsi, les salariés concernés par ces facteurs de pénibilité auraient des arrêts maladie pas plus fréquents, mais plus longs.

Table 3.3 – Effets marginaux des variables de risques professionnels pour les régressions sur les indicateurs de santé (SUMER, 2017)

	SUMER 2017						
	régression bivariée ordonnée, copule Gumbel		Modèle Hurdle, ztpnm		Logit	Modèle Hurdle, ztnb	
	Pr(état santé altéré)	Pr(3 AM ou plus)	Pr(AM=1)	E(nbjam nbjam>0)	Pr(AT=1)	Pr(AT_arret =1)	E(nbjat nbjat>0)
Risques professionnels							
Contraintes physiques marquées							
Port répété de charges lourdes	+3,33	ns	ns	+0,16	+1,19	ns	ns
Postures pénibles	+1,31	+0,51	+2,33	ns	ns	ns	ns
Vibrations mécaniques	ns	ns	ns	+0,21	+1,11	ns	ns
Environnement physique agressif							
Nuisances sonores	+2,90	ns	ns	ns	+2,22	ns	ns
Expositions à des agents CMR	+1,77	ns	ns	ns	+1,64	+0,87	ns
Rythmes de travail atypique							
Travail de nuit régulier	ns	-1,01	-4,01	ns	-1,08	ns	+9,54
Travail posté	-1,65	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Travail répétitif	ns	ns	ns	-0,11	ns	ns	ns
Risques psychosociaux							
Job strain	+7,71	+1,15	+3,67	+0,11	ns	+1,04	ns
Iso-strain	+11,29	+1,32	+5,66	+0,09	+2,03	+0,94	ns
Nbre d'observations	17 425	17 425	17 489	5 961	17 470	17 470	707

Note : ns non significatif à 5% et 10%
 Source : enquête SUMER 2017.
 Champ : salariés France métropolitaine qui ont au moins une année d'ancienneté dans l'entreprise. Calculs des auteurs

Les résultats du tableau 3.3 mettent surtout en évidence que les contraintes psychosociales en milieu professionnel sont des facteurs de risques majeurs pour l'état de santé perçu, les arrêts maladie et les accidents du travail. Ils confirment ainsi les conclusions de précédentes études nationales et internationales [North et al. (1996a); Labriola et al. (2006a); Böckerman & Ilmakunnas (2008); Laaksonen et al. (2010); Niedhammer et al. (2013); Lesuffleur et al. (2014); Niedhammer et al. (2017); Niedhammer et al. (2018)] et la pertinence des plans de prévention au travail tenant de plus en plus compte des questions de santé mentale. D'une part, par rapport aux autres facteurs de pénibilité, l'exposition aux risques psychosociaux (jobstrain et isostrain) est associée à des effets néfastes significatifs pour la quasi-totalité de nos indicateurs de santé – à l'exception de la variable de nombre de jours d'absence liés à un accident du travail –, et d'autre part, leur ampleur est beaucoup plus forte. Les salariés en situation de tension au travail (job strain) ont

une probabilité de déclarer un état de santé altéré supérieure de près de 8 points de pourcentage par rapport à leurs homologues non concernés par ce risque psychosocial. Cet écart dépasse même les 11 points de pourcentage pour les salariés, qui sont soumis en plus à un faible soutien professionnel ou émotionnel de la part de leurs collègues ou de leurs supérieurs hiérarchiques (iso-strain). Cet effet est plus de 3 fois plus élevé que celui du port répété de charges lourdes ou de l'exposition aux nuisances sonores. De même, les salariés exposés aux risques psychosociaux ont des taux de recours aux arrêts maladie supérieurs de 4 à 6 points de pourcentage, avec de nouveau l'effet le plus prononcé en cas de manque de soutien social. Ils présentent également des taux de survenue d'accident du travail nécessitant un arrêt maladie plus élevé d'environ 1 point de pourcentage (soit des taux supérieurs de près de 50%, puisqu'en moyenne les non-exposés ont des taux d'accident du travail avec arrêt de l'ordre de 2,2% d'après le tableau 3.1). En revanche, pour ceux ayant dû s'arrêter suite à un accident professionnel, la durée totale d'absence n'est pas statistiquement différente selon que les salariés soient exposés ou non.

Globalement, nos estimations à partir de l'édition 2017 de l'enquête SUMER montrent que les expositions à des contraintes physiques marquées, à un environnement physique agressif et à des contraintes psychosociales sont fortement associées à un risque accru d'état de santé altéré (de médiocre à très mauvais), avec un effet plus prononcé pour les contraintes psychosociales, et à un risque accru d'accidents du travail, mais plutôt bénins. Seules les expositions aux agents CMR et aux contraintes psychosociales accroissent les risques d'accidents du travail nécessitant un arrêt maladie. De même, un recours plus important aux arrêts maladie (hors accident du travail et maternité) n'est associé qu'à quelques facteurs de pénibilité : les expositions aux postures pénibles et de nouveau aux contraintes psychosociales, mais pas celle aux facteurs caractérisant un environnement physique agressif. Le fait que moins de facteurs de pénibilité jouent sur les indicateurs de santé basés sur les arrêts maladie que sur ceux reflétant l'état de santé perçu ou les accidents de travail n'est pas surprenant. Le recours aux arrêts maladie, et notamment pour des pathologies légères, n'est pas entièrement déterminé par l'état de santé du salarié, mais est une décision multifactorielle, basée aussi parfois sur des critères économiques [Allebeck & Mastekaasa (2004)]. Certes, les arrêts maladie sont partiellement déterministes : en cas de maladie sévère, les salariés n'ont pas d'autres choix que d'arrêter de travailler. Cependant, dans beaucoup de cas, le salarié garde la liberté de choix et peut décider de continuer à travailler ou non, en fonction de sa résistance à la maladie ou de son aversion aux salaires perdus en cas d'absence au travail. Ainsi, des salariés concernés par des conditions de travail pénibles physiquement ou psychiquement peuvent effectivement avoir un état de

santé dégradé sans pour autant que cela se traduise par des arrêts maladie en raison par exemple de leur faible indemnisation en cas d'absence (jours de carence, faible taux de remplacement de leur salaire) [De Paola, Scoppa & Pupo (2014); Pollak (2015); Ben Halima, Koubi & Regaert (2018); Böckerman, Kanninen & Suoniemi (2018)].

3.1.4 Résultats à partir de l'enquête Conditions de Travail 2016

Les mêmes analyses statistiques et économétriques ont été reproduites à partir de l'enquête CdT 2016. Le tableau 3.4 présente les statistiques descriptives de nos indicateurs de santé en fonction de l'exposition aux différents facteurs de pénibilité, le tableau 3.5 les résultats des estimations des modèles et le tableau 3.6 les effets marginaux associés, calculés pour les variables de risques professionnels. Rappelons que dans l'enquête CdT contrairement à l'enquête SUMER, les réponses concernant les expositions aux risques professionnels reflètent le ressenti des individus et non l'expertise des médecins du travail et que leurs mesures sont plus générales et associées à aucune mesure d'intensité ou durée d'exposition. Or les individus qui se déclarent en mauvaise santé peuvent être plus incités à caractériser leur environnement de travail comme plus pénible qu'il ne l'est réellement. Ainsi, nous pourrions nous attendre à des associations entre indicateurs de pénibilité et indicateurs de santé plus forte avec l'enquête CdT qu'avec l'enquête SUMER. Nos modèles vont nous permettre d'examiner si cette conjecture se vérifie empiriquement.

A partir de l'enquête CdT 2016 (tableau 3.4), nous retrouvons les fortes inégalités de santé entre salariés exposés et non-exposés à des risques professionnels, déjà mises en évidence avec l'enquête SUMER 2017 (tableau 3.1), à savoir parmi les salariés exposés, quel que soit le facteur de pénibilité considéré :

- une plus forte proportion de salariés déclarant un état de santé altéré,
- des taux d'arrêt maladie et d'accidents du travail (avec ou sans arrêts) par an significativement plus élevés.

La principale différence entre les deux enquêtes concerne le nombre de jours d'absence pour maladie cumulés par an. Pour cet indicateur, les écarts sont significatifs et beaucoup plus marqués dans l'enquête CdT 2016 et toujours au détriment des salariés exposés quel que soit le facteur considéré, ce qui n'était pas le cas avec l'enquête SUMER 2017. Dans l'enquête SUMER 2017, seuls les salariés exposés

aux vibrations mécaniques et aux agents CMR présentaient des durées cumulées d'arrêt maladie significativement plus longues.

Table 3.4 – Différences dans les indicateurs de santé selon l'exposition ou non aux facteurs de pénibilité en 2016, selon l'enquête CdT

CdT 2016						
	Etat de santé altéré	Au moins un arrêt maladie (AM)	Au moins un accident du travail (AT)	Au moins un AT avec arrêt	Nbre de jours moyen d'AM (hors AT)	Nbre de jours moyen d'arrêts liés à un AT
Exposition à au moins un facteur de pénibilité						
Non	16,89%	27,08%	2,98%	1,09%	17,14	23,78
Oui	28,66%***	32,18%***	11,82%***	6,40%***	30,02***	32,56
Contraintes physiques marquées						
Non	17,87%	27,69%	3,11%	1,41%	17,69	30,64
Oui	29,91%***	32,62%***	13,04%***	7,02%***	31,47***	32,29
<i>Manutention de charges lourdes</i>						
Non	22,61%	28,70%	5,34%	2,68%	22,64	36,57
Oui	30,85%***	34,35%***	16,16%***	8,76%***	33,28***	30,22
<i>Postures pénibles</i>						
Non	18,56%	27,58%	4,77%	2,22%	19,34	33,62
Oui	31,21%***	33,42%***	13,36%***	7,29%***	32,23***	31,82
<i>Mouvements douloureux ou fatigants</i>						
Non	20,19%	27,36%	5,12%	2,64%	20,81	31,48
Oui	35,68%***	37,11%***	17,64%***	9,47%***	35,69***	32,47
<i>Vibrations mécaniques</i>						
Non	24,46%	30,56%	7,76%	3,99%	25,37	27,64
Oui	32,54%***	33,00%	18,78%***	10,41%***	35,97***	39,44*
Environnement physique agressif						
Non	23,06%	29,30%	5,92%	2,83%	22,68	28,45
Oui	30,10%***	33,40%***	15,36%***	8,57%***	33,46***	33,93
<i>Agents chimiques dangereux</i>						
Non	24,32%	29,79%	7,07%	3,72%	24,22	31,05
Oui	29,80%***	33,84%***	16,34%***	8,72%***	34,39***	33,37
<i>Respirer des fumées ou des poussières</i>						
Non	23,72%	29,80%	7,05%	3,48%	24,70	28,17
Oui	31,15%***	33,76%***	16,08%***	9,10%**	33,06***	35,55
Rythmes de travail « atypiques »						
Non	21,52%	27,35%	7,30%	3,87%	22,50	30,26
Oui	31,38%**	35,47%***	12,86%***	6,77%***	31,62***	31,02
<i>Travail de nuit régulier</i>						
Non	25,67%	30,75%	9,43%	5,05%	27,13	30,07
Oui	30,39%*	36,31%**	15,91%***	7,08%	28,60	37,99
<i>Travail en équipes alternantes</i>						
Non	25,76%	30,16%	9,45%	5,00%	26,99	31,39
Oui	29,14%	42,74%***	15,07%***	8,01%**	32,50	38,50
<i>Travail répétitif</i>						
Non	21,60%	27,84%	7,83%	4,10%	23,52	33,73
Oui	32,49%***	35,72%***	12,82%***	6,89%***	32,10***	30,70

Source : enquête CdT 2016.

Champ : salariés France métropolitaine qui ont au moins une année d'ancienneté dans l'entreprise. Calculs des auteurs.

Les résultats de nos 4 modèles économétriques (tableau 3.5) confirment un grand nombre de ces inégalités de santé entre salariés exposés et non-exposés aux risques professionnels, même une fois leurs différences en termes de caractéristiques individuelles, d'emploi et d'entreprise contrôlées ¹⁶.

Table 3.5 – Résultats des régressions sur les indicateurs de santé (CdT, 2016)

	CdT 2016						
	régression bivariée ordonnée, copule Gumbel		Modèle Hurdle, ztpnm		Logit	Modèle Hurdle, ztpnm	
	Etat de santé	Nbre AM	AM (oui/non)	Nbre de jours d'AM	AT (oui/non)	AT avec arrêts (oui/non)	Nbre de jours d'arrêts (AT)
Caractéristiques individuelles							
Genre							
Femme	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Homme	-0,134***	-0,146***	-0,257***	-0,143***	-0,071	-0,019	-0,221***
Age	0,023***	-0,008***	-0,010***	0,019***	-0,010***	-0,006	0,016***
Nombre d'enfants							
de moins de 3 ans	-0,034	0,010	-0,000	0,099***	-0,214**	-0,168	-0,022
de 3 à 17 ans	-0,006	-0,027**	-0,038**	-0,012	0,036	0,055	0,086***
Ancienneté							
1 à 3 ans	-0,040	0,023	0,082	-0,187***	0,352***	0,361**	-0,190***
3 à 10 ans	-0,046*	0,056**	0,111**	0,117***	0,192***	0,210**	0,091***
>10 ans	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Heures de travail							
Temps partiel	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Temps complet	-0,091***	-0,011	-0,009	-0,141***	0,503***	0,600***	-0,098**
Travail le dimanche							
Oui	-0,040*	-0,093***	-0,168***	-0,022	0,144**	0,076	-0,124***
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
CSP							
Artisans	-0,122	-0,225	-0,430	-0,502	-0,364	— ^a	—
Cadres et prof. intellectuelles	0,035	-0,140***	-0,247***	-0,134***	-0,243**	-0,418**	0,193**
Professions intermédiaires	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Employés	0,064**	0,108***	0,152***	0,101***	0,209***	0,533***	0,071*
Ouvriers, Agriculteurs	0,136***	0,025	0,063	0,089***	0,131	0,337**	0,238***
CDI							
Oui	-0,054	0,258***	0,433***	-0,064	0,061	0,116	0,093
Non	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Fonction principale exercée							
Production, chantier, exploitation	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Installation, réparation, maintenance	0,034	0,041	0,059	-0,150***	-0,069	-0,363**	-0,504***
Gardiennage, nettoyage, entretien ménager	0,049	0,070	0,047	-0,001	-0,079	-0,030	-0,376***

suite sur la page suivante

16. Il est ressorti de la mise en concurrence des différentes spécifications pour la régression bivariée ordonnée généralisée, expliquant simultanément l'état de santé déclaré et le nombre d'arrêts maladie, que le modèle avec une copule Gumbel et sans mélange de lois pour les distributions marginales était le plus adapté aux données de l'enquête CdT 2016 (voir Annexe 7). Pour les modèles expliquant le nombre cumulé de jours d'absence pour maladie ou suite à un accident du travail, les conclusions des tests de Vuong nous ont conduit à privilégier des spécifications de Winkelmann (ztpnm) en raison de leur meilleure qualité d'ajustement. Seuls les résultats de ces modèles sont reportés dans le tableau 3.5. Nos commentaires ne se focaliseront que sur les associations entre facteurs de pénibilité et indicateurs de santé, car les effets des autres déterminants sont très semblables à ceux déjà évoqués dans le cadre de l'analyse avec l'enquête SUMER et conformes à la littérature.

	CdT 2016						
	régression bivariée ordonnée, copule Gumbel		Modèle Hurdle, ztpnm		Logit	Modèle Hurdle, ztpnm	
	Etat de santé	Nbre AM	AM (oui/non)	Nbre de jours d'AM	AT (oui/non)	AT avec arrêts (oui/non)	Nbre de jours d'arrêts (AT)
Manutention, magasinage, log- istique	-0,112**	-0,146**	-0,232**	-0,060	0,140	0,119	-0,309***
Secrétariat, saisie, accueil	-0,021	-0,025	-0,045	-0,201***	-0,450**	-0,711***	-0,045
Gestion, comptabilité	-0,007	-0,038	-0,107	-0,205***	-0,605***	-0,480**	-0,272**
Commercial, technico- commercial	-0,027	-0,141**	-0,222**	-0,116***	-0,276*	-0,517**	-0,115
Etudes, recherche et dévelop- pement, méthodes	0,039	0,054	0,081	-0,399***	-0,394**	-0,667**	-0,925***
Enseignement	-0,076	0,214***	0,256**	-0,613***	-0,094	-0,211	-0,852***
Soin des personnes	-0,081*	-0,073	-0,105	-0,073**	-0,193	-0,422**	-0,193***
Autres fonctions	-0,032	-0,030	-0,098	-0,182***	0,026	-0,161	-0,727***
Taille de l'établissement							
1 à 9 salariés	0,084**	-0,193***	-0,339***	0,063**	-0,143	-0,266*	0,127*
10 à 49 salariés	0,090***	-0,036	-0,094*	0,074***	-0,132	-0,306***	0,073
50 à 199 salariés	0,093***	0,030	0,036	-0,021	0,005	-0,018	0,245***
200 à 499 salariés	0,045	0,040	0,068	-0,034	0,004	0,033	0,167***
500 salariés ou plus	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Secteur							
Agriculture- Construction	-0,018	-0,246***	-0,430***	-0,076	-0,193	-0,197	-0,118**
Industrie	-0,050	-0,063*	-0,123**	-0,001	-0,120	-0,389***	-0,420***
Tertiaire	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Régions							
Centre-Val de Loire	0,047	-0,086	-0,070	0,250***	-0,252	0,029	-0,477***
Bourgogne Franche-Comté	0,009	-0,147***	-0,165*	0,510***	-0,280*	-0,167	-0,456***
Normandie	-0,037	-0,291***	-0,394***	0,151***	-0,631***	-0,385*	-0,095
Hauts de France	0,067*	-0,078**	-0,066	0,370***	-0,294**	-0,252	-0,632***
Grand Est	0,027	-0,053	-0,054	0,206***	-0,285**	-0,086	-0,773***
Pays de Loire	-0,042	-0,190***	-0,204**	0,353***	-0,179	0,010	-0,342***
Bretagne	0,002	-0,117**	-0,076	0,305***	-0,109	-0,140	-0,854***
Nouvelle Aquitaine	-0,022	-0,105**	-0,081	0,309***	-0,370***	-0,198	-0,171**
Occitanie	0,041	-0,140***	-0,185**	0,196***	-0,087	0,005	-1,025***
Auvergne Rhône-Alpes	0,000	-0,158***	-0,166**	0,286***	-0,155	-0,095	-0,420***
PACA Corse	-0,111**	-0,118**	-0,103	0,337***	-0,116	0,130	-0,488***
Ile de France	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Risques professionnels							
Manutention de charges lourdes	-0,041	-0,045	-0,073	-0,013	0,305***	0,278**	-0,389***
Postures pénibles	0,119***	0,034	0,074	0,097***	0,334***	0,431***	0,233***
Mouvements douloureux ou fatigants	0,273***	0,212***	0,361***	0,128***	0,621***	0,422***	0,166***
Vibrations mécaniques	-0,015	0,065**	0,116**	0,120***	0,214***	0,329***	0,256***
Agents chimiques dangereux	-0,017	-0,083***	-0,119***	-0,014	0,206***	0,023	-0,168***
Respirer des fumées ou des poussières	0,076***	0,120***	0,191***	0,047**	0,305***	0,371***	0,082**
Travail de nuit régulier	-0,039	-0,073*	-0,116	-0,074***	-0,012	-0,115	0,383***
Travail posté	0,020	0,025	0,040	-0,023	-0,031	0,035	0,244***
Travail répétitif	0,073***	0,074***	0,111***	0,071***	-0,059	-0,057	-0,020
Contraintes quantitatives	0,290***	0,078***	0,153***	0,079***	0,316***	0,254***	0,007
Manque d'autonomie	0,185***	0,097***	0,137***	0,126***	0,056	0,006	0,464***
Manque de soutien social	0,322***	0,214***	0,356***	0,070***	0,214***	0,260***	-0,041
Constante			-0,690***	1,267***	-3,235***	-4,200***	2,074***
θ	1,189						
τ_{11}	0,589***						
τ_{12}	2,088***						
τ_{21}		0,308***					
τ_{22}		1,258***					
τ_{23}	1,794***						
Nbre d'observations	17 425	17 425	17 489	5 961	17 470	17 470	707

Notes : *** significatif à un seuil de 1%, ** significatif à un seuil de 5%, * significatif à un seuil de 10%.

^a : Les artisans ont été regroupés avec les ouvriers et les agriculteurs pour avoir des catégories avec suffisamment d'effectifs.

Source : enquête CdT 2016.

Champ : salariés France métropolitaine qui ont au moins une année d'ancienneté dans l'entreprise. Calculs des auteurs

Chaque risque professionnel étudié joue significativement sur au moins trois de nos sept indicateurs de santé, ce qui plus qu'avec l'enquête SUMER 2017. Cela est cohérent avec notre hypothèse que l'association entre facteurs de pénibilité et indicateurs de santé est plus forte quand la pénibilité est basée sur le ressenti des salariés plutôt que sur des mesures objectivées par des médecins du travail. Néanmoins, les principales conclusions formulées à partir de notre analyse de l'enquête SUMER 2017 se vérifient aussi avec l'enquête CdT 2016. Par exemple, le travail de nuit régulier apparaît de nouveau comme un facteur de risque particulier puisqu'il influence simultanément certains indicateurs de santé à la hausse et d'autres à la baisse. Il est associé non seulement à une diminution significative du nombre annuel d'épisodes d'arrêts maladie et du nombre annuel de jours d'absence en cas de maladie, mais aussi à un allongement de la durée des arrêts suite à un accident du travail. Les expositions aux autres facteurs de pénibilité, hormis l'exposition aux agents chimiques dangereux, jouent toutes dans le sens d'une détérioration de la santé. Selon les effets marginaux reportés au tableau 3.6, la plupart sont associées à un risque accru d'état de santé altéré, notamment très prononcé de nouveau pour les contraintes psychosociales (de +6 à +8 pts de pourcentage selon la mesure retenue) et certaines contraintes physiques (mouvements douloureux ou fatigants, postures pénibles). En revanche, la manutention de charges lourdes n'est pas significative dans l'équation d'état de santé altéré alors qu'elle l'était dans l'estimation réalisée avec l'enquête SUMER 2017, probablement en raison de sa définition très large n'imposant pas un seuil minimal d'exposition (seuil de 10h/semaine ou plus retenu dans l'enquête SUMER 2017).

De nombreux facteurs de pénibilité sont aussi associés à un risque accru d'absentéisme au cours de l'année et d'allongement de la durée cumulée des arrêts, qu'ils soient pris pour raison maladie ou suite à un accident du travail. Nous retrouvons un impact très marqué des contraintes psychosociales et physiques, hors manutention de charges lourdes, sur le recours aux arrêts maladie (+8 pts de pourcentage pour les expositions à des mouvements douloureux ou fatigants et le manque de soutien social). Pour les risques d'accident au travail, l'influence des facteurs de pénibilité significatifs (c-à-d hors rythmes de travail atypiques) est plus homogène : chaque risque significatif est associé à une augmentation de la probabilité d'accident, y compris bénins, de l'ordre de 2 à 3 points de pourcentage, avec un maximum à 5 points de pourcentage pour les expositions aux mouvements douloureux ou fatigants, et à une augmentation de la probabilité d'accident ayant nécessité un arrêt de 1 à 2 points de pourcentage. Sur ce point, les estimations effectuées à partir de l'enquête CdT 2016 et de l'enquête SUMER 2017 divergent. Dans l'enquête SUMER, aucune contrainte physique marquée n'était associée à des risques

accrus d'accident graves du travail. Une explication possible serait que les risques d'accidents nécessitant un arrêt sont plus importants pour les salariés sujets à des contraintes physiques mais de façon moins systématique ou répétée. Ils seraient alors moins expérimentés pour gérer adéquatement le port de charges lourdes ou les outils à vibrations mécaniques, que les salariés qui y sont soumis plus de 10 heures par semaine.

Table 3.6 – Effets marginaux des variables de risques professionnels pour les régressions sur les indicateurs de santé (CdT, 2016)

	CdT 2016						
	régression bivariée ordonnée, copule Gumbel		Modèle Hurdle, ztpnm		Logit	Modèle Hurdle, ztpnm	
<i>Risques professionnels</i>	Pr(état santé dégradé)	Pr(3 AM ou plus)	Pr(AM=1)	E(nbjam nbjam>0)	Pr(AT=1)	Pr(AT_arret =1)	E(nbjat nbjat>0)
Contraintes physiques							
Manutention de charges lourdes	ns	ns	ns	ns	+2,49	+1,30	-0,39
Postures pénibles	+3,59	ns	ns	+0,10	+2,63	+1,89	+0,23
Mouvements douloureux ou fatigants	+8,51	+1,76	+8,10	+0,13	+5,11	+1,96	+0,17
Vibrations mécaniques	ns	+0,54	+2,58	+0,12	+1,84	+1,68	+0,26
Environnement physique agressif							
Agents chimiques dangereux	ns	-0,66	-2,60	ns	+1,72	ns	-0,17
Respirer des fumées ou des poussières	+2,33	+1,01	+4,24	+0,05	+2,61	+1,83	+0,08
Rythmes de travail atypiques							
Travail de nuit régulier	ns	-0,56	ns	-0,07	ns	ns	+0,38
Travail posté	ns	ns	ns	ns	ns	ns	+0,24
Travail répétitif	+2,21	+0,61	+2,45	+0,07	ns	ns	ns
Contraintes psychosociales							
Contraintes quantitatives	+8,95	+0,64	+3,37	+0,08	+2,65	+1,22	ns
Manque d'autonomie	+5,64	+0,78	+3,01	+0,13	ns	ns	+0,46
Manque de soutien social	+9,83	+1,69	+7,88	+0,07	+1,76	+1,22	ns
Nbre d'observations	14 750	14 750	14 762	5 376	14 767	14 774	781

Note : ns non significatif à 5% et 10%
 Source : enquête SUMER 2017.
 Champ : salariés France métropolitaine qui ont au moins une année d'ancienneté dans l'entreprise. Calculs des auteurs

En résumé, quelle que soit l'enquête utilisée, les expositions aux risques professionnels semblent globalement se traduire, dès le court terme, pour un état de santé significativement altéré, des arrêts maladies plus fréquents et des risques d'accident du travail plus importants. Les rythmes de travail atypiques font exception, en jouant peu ou en étant parfois associés à un moindre recours aux arrêts maladie, ce qui pourrait en partie être attribuable au phénomène de sélection dans ces emplois, connu sous le nom de l'effet du travailleur sain. Parmi les contraintes physiques marquées, les postures pénibles ou mouvements douloureux sont associés à un risque accru d'arrêt maladie. Les résultats sont plus mitigés pour nos mesures d'environnement physique agressif. Néanmoins, les expositions à des produits chi-

miques dangereux, et notamment à des agents CMR et les expositions à des fumées ou poussières semblent à l'origine d'un risque accru d'accident du travail. Nos résultats mettent surtout en évidence que les risques psychosociaux, même s'ils ne sont pas au cœur de notre étude, sont parmi les plus discriminants en termes d'inégalités de santé à court terme. D'où la pertinence de leur consacrer des études spécifiques et détaillées, comme cela a été entrepris par d'autres équipes de recherche de cet appel à projets.

3.2 Evolution temporelle des associations entre facteurs de pénibilité et inégalités de santé

Pour vérifier si les associations entre expositions aux facteurs de pénibilité et inégalités de santé ont évolué au cours de la dernière décennie, nous avons estimé des modèles semblables à ceux présentés dans la section 3.1.2 (régression bivariée ordonnée généralisée, modèles hurdle de comptage, régression logistique), après avoir fusionné les éditions 2010 et 2017 de l'enquête SUMER (en se limitant au champ constant des salariés du secteur privé et du secteur hospitalier, cf. section 2.3) et en introduisant en plus des termes d'interaction entre une dichotomique identifiant l'année de l'enquête et chaque facteur de pénibilité étudié. Comme dans notre analyse sur l'évolution des inégalités d'exposition (section 2.3), nous pourrions conclure que l'effet de l'exposition à un facteur de pénibilité a changé entre 2010 et 2017 si le terme d'interaction associé à ce facteur est significatif.

Nous avons restreint cette analyse temporelle aux dernières éditions de l'enquête SUMER pour deux raisons. Premièrement, la définition de la variable d'état de santé auto-déclarée a été modifiée entre l'édition 2003 et l'édition 2010¹⁷, sans possibilité de regroupements évidents pour les faire correspondre. C'est pourquoi, nous n'avons pas utilisé l'édition 2003 de l'enquête SUMER. Deuxièmement, il nous a paru moins pertinent d'effectuer cette analyse avec l'enquête CdT du fait du caractère plus subjectif de ses mesures de conditions de travail. En ne se basant pas sur l'expertise de médecins du travail comme l'enquête SUMER, mais en interrogeant les salariés sur leurs conditions de travail, l'information recueillie dans l'enquête CdT traduit à la fois la réalité de leur travail et la perception qu'ils en ont.

17. La mesure de l'état de santé déclaré est basée sur une échelle allant de 1 à 10 dans l'édition 2003, alors qu'elle se présente sous la forme de 5 modalités (sans échelle) dans les éditions 2010 et 2017.

Or, celle-ci est très sensible aux campagnes de sensibilisation et prévention et aux changements de normes sociales [Gollac (1997); Molinié (2003)]. Par conséquent, l'interprétation des résultats de nos modèles appliqués à l'enquête CdT aurait été délicate. Nous n'aurions pas pu savoir en cas de significativité des termes d'interaction des facteurs de pénibilité, si elle était attribuable à une réelle évolution de l'association entre facteurs de pénibilité et indicateurs de santé ou si elle était le reflet de mesures non harmonisées (non objectivées) des conditions de travail. L'avantage de l'enquête SUMER est que l'identification des facteurs de pénibilité est basée sur des critères objectivés et invariants dans le temps, permettant une comparaison fiable de l'influence des facteurs de pénibilité sur les probabilités d'état de santé altéré, de recours aux arrêts maladie et de survenue d'accidents du travail entre 2010 et 2017.

La mise en concurrence des différentes spécifications de modèles à partir des données fusionnées (éditions 2010 et 2017) nous a fait retenir la régression bivariée ordonnée généralisée, avec une copule de Gumbel et des distributions marginales normales univariées, pour expliquer simultanément l'état de santé et le nombre d'épisodes d'arrêts maladie par an et les modèles hurdle de Winkelmann pour expliquer à la fois le nombre de jours d'absence pour raison maladie et le nombre de jours d'absence à la suite d'un accident du travail. Par souci de parcimonie, le tableau 3.7 reporte, pour chacune de ces estimations, seulement les résultats relatifs aux facteurs de pénibilité¹⁸.

Il ressort que les inégalités de santé entre salariés exposés et non-exposés ont évolué de façon contrastée selon les facteurs de pénibilité considérés. Les disparités de santé au détriment des salariés exposés à des risques psychosociaux étaient déjà perceptibles et fortes en 2010 et sont restées stables sur la période de 7 ans étudiée - les termes d'interaction associés à ces facteurs n'étant pas significatifs. Concernant les autres risques professionnels, les inégalités de santé se sont pour la plupart ni réduites ni créées entre 2010 et 2017. Par exemple, nous n'observons aucun changement temporel significatif dans les associations entre survenue d'un accident du travail (avec ou sans arrêt maladie) et facteurs de pénibilité. Néanmoins, des exceptions à cette tendance générale sont à noter pour certains indicateurs de santé. Nos régressions révèlent, d'une part, un renforcement d'inégalités de santé associées au port répété de charges lourdes et au travail de nuit régulier. Les salariés exposés à la manutention de charges lourdes présentaient en 2010, toutes choses étant égales par ailleurs, un nombre de jours d'arrêts maladie cumulés par an supérieur aux sa-

18. Les effets des déterminants individuels, des caractéristiques de l'emploi et de l'entreprise sont similaires à ceux déjà évoqués dans la section 3.1.3.

lariés non exposés. Or, cet écart s'est encore creusé à leur désavantage en termes relatifs en 2017. De même, alors que les travailleurs de nuit réguliers avaient en 2010 un nombre annuel moyen d'absence suite à un accident du travail similaire à leurs homologues non concernés par ce rythme de travail atypique, une différence significative est apparue à leur détriment pour cet indicateur en 2017.

Toutefois, nos régressions révèlent aussi des évolutions plus encourageantes, avec une réduction de certaines disparités de santé associées à d'autres facteurs de pénibilité. En 2010, les salariés exposés à des nuisances sonores intensives, à du travail répétitif ou sujets à du travail posté avaient des probabilités d'arrêts maladie plus élevées que leurs homologues non-exposés. Or, ces écarts se sont réduits de telle sorte qu'il n'existe plus de différence significative dans le recours aux arrêts maladies entre ces groupes en 2017. De même, parmi les salariés ayant dû s'arrêter suite à un accident du travail, les salariés effectuant un travail posté ou exposés à des postures pénibles ou des vibrations avaient des durées d'absence cumulée plus longues en 2010; ce n'est plus le cas en 2017. Les salariés aux vibrations mécaniques ne présentent plus non plus en 2017 un surcroît de risque significatif d'état de santé altéré ou d'épisodes d'arrêts maladie. Mais, en cas d'arrêts maladie, leur durée cumulée d'absence est désormais plus longue que leurs homologues non-exposés.

En résumé, sur la période de 7 ans étudiée, l'évolution temporelle des associations entre indicateurs de santé et facteurs de pénibilité est mitigée. D'un côté, les inégalités de santé au détriment des salariés exposés au travail répétitif, au travail posté, aux nuisances sonores, aux postures pénibles et aux vibrations se sont globalement réduites, même si des différences persistent pour un certain nombre d'indicateurs. D'un autre côté, les inégalités de santé au détriment des salariés exposés au port répété de charges lourdes se sont plutôt accrues et celles au détriment des salariés exposés à des risques psychosociaux n'ont malheureusement pas diminué.

Table 3.7 – Résultats relatifs aux facteurs de pénibilité des régressions sur les indicateurs de santé (SUMER, 2010, 2017)

	SUMER 2010-2017															
	régression bivariable ordonnée, copule Gumbel				Modèle Hurdle, zipum				Logit				Modèle Hurdle, zipum			
	Etat de santé		Nbre AM		AM (oui/non)		Nbre de jours d'AM		AT (oui/non)		AT avec arrêts (oui/non)		Nbre de jours d'arrêts (AT)			
Effet 2010	Inter 2017	Effet 2010	Inter 2017	Effet 2010	Inter 2017	Effet 2010	Inter 2017	Effet 2010	Inter 2017	Effet 2010	Inter 2017	Effet 2010	Inter 2017			
Contraintes physiques marquées																
Port répété de charges lourdes	0,068***	0,072	0,002	0,014	-0,021	-0,014	0,067**	0,121**	0,243***	-0,083	0,226***	-0,150	-0,025	0,014		
Postures pénibles	0,059***	-0,006	0,084***	-0,011	0,133***	-0,028	0,019	0,014	0,041	-0,070	0,053	0,022	0,071**	-0,245***		
Vibrations mécaniques	0,071**	-0,104**	0,086***	-0,106**	0,046	-0,056	0,007	0,229***	0,413***	-0,207*	0,390***	-0,079	0,191***	-0,239***		
Environnement physique agressif																
Nuisances sonores	0,064***	0,059	0,018	0,051	0,009	0,066	0,104**	-0,158***	0,264***	-0,017	0,252***	-0,162	0,006	-0,110		
Expositions à des agents CMR	0,001	0,061	0,004	0,001	0,018	-0,036	0,017	0,037	0,182***	0,069	0,192***	-0,003	0,087**	-0,071		
Rythmes de travail atypiques																
Travail de nuit régulier	-0,082***	0,034	-0,085***	-0,071	-0,111*	-0,102	-0,007	0,060	-0,157*	0,020	-0,190**	0,160	0,036	0,341***		
Travail posté	-0,020	-0,018	0,026	-0,047	0,073**	-0,117*	0,034	-0,022	0,173***	-0,071	0,172***	-0,121	0,107***	-0,130**		
Travail répétitif	0,069***	-0,030	0,082***	-0,112**	0,115***	-0,187**	0,027	-0,068	0,071	0,010	0,057	0,118	-0,011	0,118		
Risques psychosociaux																
Josrain	0,250***	0,021	0,129***	-0,028	0,107**	-0,049	0,074*	0,013	0,135	-0,010	0,128	0,148	-0,204***	0,177		
Isostrain	0,371***	-0,011	0,187***	-0,037	0,196***	-0,084	0,064	0,034	0,296***	0,047	0,313***	-0,046	0,303***	-0,081		
Nbre d'observations	44 202		44 202		44 202		44 243		44 111		44 111		2 088			

Notes : *** significatif à un seuil de 1%, ** significatif à un seuil de 5%, * significatif à un seuil de 10%.

Source : enquêtes SUMER 2010, 2017.

Champ : salariés du privé et du secteur hospitalier, en France métropolitaine qui ont au moins une année d'ancienneté dans l'entreprise. Calculs des auteurs

3.3 Synthèse

Ce chapitre apporte un éclairage sur la question des inégalités de santé, en examinant, à partir des enquêtes SUMER et CdT, les associations entre d'une part les expositions aux facteurs de pénibilité (contraintes physiques marquées, environnement physique agressif, rythmes de travail atypiques) et l'état de santé déclaré, les arrêts maladie et la survenue d'accidents du travail d'autre part. Nous avons aussi exploré leur évolution au cours du temps grâce à la comparaison des dernières éditions de l'enquête SUMER.

Globalement, nos analyses statistiques et économétriques confirment que parmi les facteurs nourrissant les inégalités sociales de santé, les conditions de travail et la pénibilité associée sont prépondérantes. Nous trouvons en effet des associations fortes, toutes choses étant égales par ailleurs, non seulement entre expositions aux contraintes physiques marquées et risques d'état de santé altéré, de recours aux arrêts maladie et de survenue d'accident du travail (plutôt bénins), mais aussi entre expositions à un environnement physique agressif et risques d'état de santé altéré et accidents du travail. Pourtant, nos estimations fournissent plutôt des bornes inférieures de l'influence des conditions de travail sur la santé. Premièrement, nous ne pouvons mesurer avec les enquêtes SUMER et CdT que des effets de court terme. Or, les effets des conditions de travail sur la santé, par exemple les symptômes consécutifs à une exposition prolongée de certains risques, peuvent mettre du temps à se manifester. Deuxièmement, un biais de sélection, connu sous le nom de "l'effet du travailleur sain", conduit probablement à une sous-estimation des effets réels des facteurs de pénibilité. Concernant les rythmes de travail atypiques, une vigilance particulière semble à accorder à la question de la gravité des accidents du travail pour les travailleurs de nuit, puisque ces derniers présentent en cas d'accident du travail, des durées cumulées d'arrêt maladie beaucoup plus longues que leurs homologues travaillant principalement de jour.

Nos analyses mettent aussi en évidence que parmi les contraintes physiques marquées, ce ne sont pas les mêmes facteurs de pénibilité qui jouent sur les marges extensives et intensives de la prise d'arrêts maladie. L'exposition à des postures pénibles est associée à un risque accru d'épisodes d'arrêts maladie dans l'année, sans pour autant être associée à un nombre de jours d'absence cumulé plus important. A l'inverse, les expositions au port répété de charges lourdes et aux vibrations mécaniques ne sont pas significativement associées à des fréquences d'arrêts maladie plus élevées, mais sont associées à des durées cumulées d'arrêts plus longues.

La mise en place de politiques et de plans de sensibilisation et de prévention contre les risques professionnels ne semble pas avoir réussi à infléchir, au cours de la dernière décennie, les principales inégalités de santé entre salariés exposés et non-exposés. Le surcroît de nombre de jours d'arrêt maladie (hors accident du travail et maternité) des salariés exposés au port répété de charges lourdes ou aux vibrations mécaniques s'est même accentué entre 2010 et 2017. Cette évolution de la corrélation entre intensité de l'absentéisme et expositions aux vibrations mécaniques est d'autant plus préoccupante que la proportion de salariés exposés à cette contrainte physique connaît actuellement une hausse (cf. chapitre2). Certaines disparités se sont toutefois réduites. Nous pouvons notamment citer l'exemple des salariés exposés aux postures pénibles qui en 2017 ne présentaient plus de surcroît de jours d'absence, en cas d'accident du travail. Cependant, ce résultat encourageant doit être nuancé du fait de l'augmentation générale du nombre de salariés exposés à ce facteur au cours de la dernière décennie (cf. chapitre2). Les mesures de prévention et de protection des nuisances sonores intensives semblent elles avoir davantage porter leurs fruits : d'une part, les taux d'exposition aux bruits nocifs ont considérablement diminué sur la période récente et d'autre part, les risques accrus d'arrêt maladie qui y étaient associés ont été éliminés. Pour ce facteur de pénibilité, les réflexions et efforts de prévention doivent désormais porter sur les moyens de réduire les risques d'accident du travail.

CHAPITRE 4

Limites de l'étude et perspectives

L'exploitation des différentes éditions des enquêtes SUMER et CdT nous a permis d'établir un bilan global des disparités d'exposition aux facteurs de pénibilité et des inégalités de santé associées, au cours des dernières décennies en France. La mise en perspective de ses résultats avec le déploiement des différents Plans de Santé au Travail et autres politiques publiques de réduction des risques professionnels apporte des éclairages sur leur potentielle efficacité et offre des éléments de réflexion en vue d'améliorer les stratégies de prévention ou de définir des publics prioritaires sur lesquels les cibler.

Toutefois, notre étude comporte des limites qui sont inhérentes aux données collectées et qui méritent d'être rappelées, ne serait ce que pour la bonne diffusion/réception des résultats. La première limite provient du caractère ponctuel et non longitudinal des enquêtes SUMER et CdT. En ne repérant les expositions qu'à un instant donné, ces enquêtes ne permettent pas d'évaluer des effets causaux entre conditions de travail pénibles et santé. Nos résultats du chapitre 3 ne sont donc pas

à interpréter comme une mesure des impacts à proprement parler des facteurs de risques professionnels sur la santé mais bien comme celles d'associations observées à l'instant t. En outre, ne pouvant observer avec ce type d'enquêtes les changements d'emplois et de postes des salariés ou leurs retraits éventuels du marché du travail, notre étude ne peut traiter de la "troisième facette de la pénibilité" identifiée par Volkoff (2007), qui renvoie au fait de ne pouvoir continuer à travailler dans le cadre aménagé en raison de difficultés de santé. Ainsi, les associations mesurées sous-évaluent probablement les liens entre expositions aux facteurs de pénibilité et santé.

La deuxième limite porte sur la définition et la mesure des conditions de travail pénibles. Avec l'enquête CdT, les expositions aux risques professionnels sont basées sur le ressenti des salariés et ne font référence à aucune durée ou intensité. Avec l'enquête SUMER, nous pouvons mieux appréhender la pénibilité grâce aux réponses sur les risques professionnels basées sur l'expertise des médecins du travail et en retenant des seuils de durées d'exposition comme de précédentes études [Rivalin & Sandret (2014), Arnaudo, Hamon-Cholet & Waltisperger (2007)]. Toutefois, les seuils de durées d'exposition retenus ne peuvent correspondre à ceux définis par le compte professionnel de prévention (C2P) dans une logique de compensation car ces derniers privilégient la mesure des expositions sur une année. Ils ne correspondent pas non plus aux seuils usuellement identifiés par les épidémiologistes pour définir les facteurs de risque professionnel impactant au bout d'un certain temps l'espérance de vie sans incapacité. En outre, en ne prenant pas en compte les situations professionnelles "passées", l'enquête SUMER ne permet pas de savoir si les salariés sont exposés durablement au cours de leur carrière à des conditions pénibles¹. Or, c'est la durée cumulée des expositions aux principales nuisances pénibles qui est privilégiée dans le cadre des systèmes de compensation et notamment des régimes des retraites, et qui sert de critère principal en termes de gestion des risques. Par conséquent, l'exploitation des enquêtes SUMER et CdT ne permettent que de donner un ordre de grandeur large des pénibilités au travail, mais pas de définir précisément les proportions de salariés pouvant cumuler des points dans leur C2P.

Enfin, une troisième limite est que nos analyses des associations entre facteurs de pénibilité et arrêts maladie ne tiennent pas compte, faute de données disponibles, des conditions d'indemnisation en cas de maladie et de l'effet désincitatif poten-

1. L'enquête SUMER ne contient pas de question explicite sur l'ancienneté de l'exposition au-delà de la situation du moment de l'enquête. Il ne recueille pas non plus l'ancienneté du salarié au même poste, ce qui pourrait servir d'approximation.

tiel de la perte de salaire occasionnée par un arrêt maladie sur la décision individuelle d'y avoir recours. En cela, notre étude ne diffère pas de la grande majorité des travaux empiriques issus d'approches d'épidémiologie et de santé publique sur cette thématique [North, Syme, Feeney, Shipley & Marmot (1996b); Niedhammer, Bugel, Goldberg, Leclerc & Guéguen (1998); Vahtera, Kivimäki, Pentti & Theorell (2000); Lund, Labriola, Christensen, Bültmann & Villadsen (2006b); Labriola, Lund & Burr (2006b); Böckerman & Ilmakunnas (2008); Laaksonen et al. (2010); Niedhammer et al. (2013)]. Toutefois, il serait pertinent de vérifier si nos principaux résultats se confirmeraient une fois les conditions d'indemnisation des salariés en cas de maladie contrôlées. Dans ce but et en nous inspirant de l'étude de Ben Halima et al. (2018), nous avons le projet de construire, grâce à l'analyse fine des conventions collectives, des indicateurs approximant le niveau réel d'indemnisation des salariés et de les apparier avec l'enquête SUMER 2017. Comme celle-ci ne renseigne malheureusement pas la convention collective à laquelle dépend l'entreprise de chaque répondant, la démarche consisterait à utiliser la table de passage 2017 entre les conventions collectives (code IDCC) et les secteurs d'activité (code APE) réalisée par la DARES à partir des déclarations annuelles de données sociales (DADS)². Cette table reporte pour chaque secteur d'activité de la nomenclature en 732 postes, le pourcentage de salariés couverts par les différentes conventions collectives. L'idée serait alors d'apparier chaque salarié de la base SUMER avec les informations de la convention collective majoritaire dans son secteur d'activité. Toutefois, pour que cette démarche d'appariement garde du sens, nous devrions restreindre notre échantillon et en particulier exclure de l'analyse les salariés appartenant à des secteurs d'activité pour lesquels nous avons une très grande diversité des conventions collectives appliquées, de telle sorte que la convention collective majoritaire ne couvre qu'une faible proportion des salariés du secteur. Par conséquent, il pourrait être souhaitable pour de futures éditions de l'enquête SUMER de renseigner si l'emploi de chaque répondant est soumis à une convention collective et si oui, de préciser laquelle afin d'en faire une base de données unique à partir de laquelle les comportements d'arrêts maladie pourraient être examinés en tenant compte simultanément des caractéristiques individuelles, de l'environnement professionnel et pénibilités associées et des incitations financières dues aux conditions d'indemnisation (jours de carence, taux de remplacement).

D'ailleurs, le rôle du système assurantiel pourrait être abordé dans de futures

2. Cette table de passage est disponible sur le site : <https://dares.travail-emploi.gouv.fr/dares-etudes-et-statistiques/tableaux-de-bord/les-portraits-statistiques-de-branches-professionnelles/les-portraits-statistiques-structurels/article/conventions-collectives-de-branche-fiches-statistiques>.

recherches sous un angle plus général que la question de l'indemnisation des arrêts maladie, en s'intéressant notamment à la couverture sociale des salariés et ses retombées potentielles en termes d'inégalités de santé. En effet, même si la mise en place de mesures concrètes de protection sur le lieu de travail des salariés est un levier évident pour limiter les expositions aux facteurs de pénibilité et les inégalités de santé qui en découlent, ce n'est pas le seul existant. La couverture sociale des salariés est un autre type de protection puisqu'il conditionne l'accès aux soins et joue sur l'état de santé. D'ailleurs, certains travaux ont souligné le rôle de l'assurance complémentaire dans la formation des inégalités sociales de santé en France par rapport aux autres pays européens [Jusot (2014); Despres, Dourgnon, Fantin & Jusot (2011)]. Ainsi, une piste de recherche intéressante serait par exemple d'examiner si les salariés exposés aux facteurs de pénibilité bénéficient ou non de meilleures garanties de couverture de la part de leur assurance santé complémentaire. Malheureusement, cette problématique ne peut à ce jour être traitée ni avec les enquêtes SUMER et CdT, ni avec l'Enquête Santé et Protection Sociale (ESPS) de l'IRDES. Certes, l'enquête ESPS contient quelques informations auto-déclarées relatives à des conditions de travail pénibles (ex : manutention de charges lourdes, exposition à des postures pénibles et à des produits dangereux, exercice d'un travail répétitif ou de nuit) et un volet consacré à la couverture complémentaire des enquêtés. Toutefois, il n'est pas possible de construire un indicateur générique fiable du niveau de garanties qui serait comparable d'un contrat à l'autre, et représentatif du niveau global de couverture, à partir des données textuelles reportées. Il est en effet demandé aux répondants de recopier les lignes de garanties de leurs contrats d'assurance santé complémentaire concernant les lunettes, les prothèses dentaires et les visites chez un médecin spécialiste. Or la formulation des garanties peut varier d'un contrat à l'autre : d'une part, les garanties peuvent être exprimées soit en pourcentage de la base de remboursement de l'assurance maladie obligatoire, soit en euros ; et d'autre part, elles peuvent soit inclure le remboursement de l'assurance maladie, soit l'exclure, sans que cela soit explicitement mentionné. D'où la difficulté d'homogénéiser les informations afin de construire un indicateur qui ait du sens. En outre, ces variables contiennent beaucoup de non-réponses. Buchmueller, Couffinhal, Grignon, Perronnin & Szwarcensztein (2002) pour étudier, avec l'enquête ESPS, l'impact de la qualité de la couverture de l'assurance complémentaire santé sur le nombre de consultations, ont postulé que les niveaux de remboursement pour les lunettes et les prothèses dentaires reflétaient la qualité globale des contrats. Or cette hypothèse forte paraît peu réaliste au vu de l'étude de Lengagne & Perronnin (2005) qui souligne que l'hypothèse de contrats proportionnels selon les différents types de soins n'est pas vérifiée dans les contrats de complémentaire santé.

Par conséquent, la question de la complexité des liens qui existent entre conditions de travail pénibles, santé et protection sociale mériterait d'être approfondie. Néanmoins, nous pouvons déplorer en France le manque de bases de données au niveau individuel, représentatives de la population française, qui contiennent des informations fines et interreliées sur les caractéristiques sociodémographiques et d'emploi, les expositions aux risques professionnels, les principaux indicateurs de santé et la couverture assurantielle.

CHAPITRE 5

Valorisation des résultats

A ce jour, cinq articles scientifiques, à partir des données de l'enquête SUMER, ont été publiés ou soumis pour publication par notre équipe de recherche sur la thématique des disparités d'exposition aux facteurs de pénibilité en milieu professionnel et des inégalités de santé associées :

- N. Havet, M. Huguet et J. Tonietta (2017), « L'exposition des travailleurs de nuit aux facteurs de pénibilité en France : les enseignements de l'enquête SUMER 2010 », *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique*, Novembre, vol. 65, n°6, pp. 397-407.
- N. Havet, A. Penot, M. Plantier, M. Morelle, B. Fervers et B. Charbotel (2019), « Trends in the control strategies for occupational exposure to carcinogenic, mutagenic, and reprotoxic chemicals in France (2003-2010) », *Annals of Work Exposures and Health*, vol. 63, n°5, June, pp. 488-504. doi : 10.1093/annweh/wxz021

- N. Havet, J. Fournier, J. Stefanelli, M. Plantier et A. Penot (2020), « Disparate exposure to physically demanding working conditions in France », *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique*, vol. 68, n°6, November, pp. 327-336. doi.org/10.1016/j.respe.2020.09.00.
- N. Havet, C. Bayart et A. Penot, « La pénibilité au travail dans les professions de l'économie verte : les enseignements des enquêtes SUMER 2010-2017 », actuellement en révision pour un numéro spécial de *Travail et Emploi*.
- N. Havet et A. Penot, « Trends in exposure to physically demanding working conditions in France in 2003, 2010, and 2017 », soumis à *European Journal of Public Health*.

Les articles de Havet, Fournier, Stefanelli, Plantier & Penot (2020) et Havet & Penot (2021) reprennent les principaux résultats sur les inégalités d'exposition aux facteurs de pénibilité en France et leur évolution, présentés dans le chapitre 2. Les 3 autres articles s'intéressent à des thématiques connexes ou plus spécifiques. En particulier, Havet et al. (2017a) se focalisent sur les multi-expositions des travailleurs de nuit et Havet et al. (2019b) se concentrent sur les expositions aux agents CMR et l'évolution des protections mises en place pour les réduire dans les entreprises. Havet, Bayart & Penot (2021) examinent les différences d'expositions aux facteurs de pénibilité entre les emplois de l'économie verte et les autres, afin de savoir si la transition écologique, qui assure une évolution vers un nouveau modèle économique et social, ne se fait pas au détriment des conditions de travail des salariés dans l'économie verte.

Ces articles sont reproduits ci-dessous.



Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com

Revue d'Épidémiologie
et de Santé Publique

Epidemiology and Public Health

Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique 65 (2017) 397–407

Article original

L'exposition des travailleurs de nuit aux facteurs de pénibilité en France : les enseignements de l'enquête SUMER 2010

*Night workers' exposure to harshness factors in France:
Lessons learned from the 2010 SUMER Survey*

N. Havet ^{a,*}, M. Huguet ^b, J. Tonietta ^c

^a ISFA, laboratoire SAF, université de Lyon, université Claude Bernard Lyon 1, 50, avenue Tony-Garnier, 69007 Lyon, France

^b GATE L-SE UMR 5824, université de Lyon, université Lumière Lyon 2, 69130 Ecully, France

^c Université de Lyon, université Lumière Lyon 2, 69007 Lyon, France

Reçu le 26 septembre 2016 ; accepté le 28 juin 2017

Disponible sur Internet le 21 octobre 2017

Abstract

Background. – Despite the fact that French laws state that night work should be exceptional, the number of night workers has sharply increased in the past 20 years. At the same time, empirical and epidemiological studies indicate that night work has negative effects on workers' health. This is why the 2010 French pension act considered night work to be a drudgery. The aim of this study is to investigate whether night workers are more subject to other factors defined as contributing to the drudgery of work than are day workers. This article focuses on exposure to physical constraints (manual manipulation of heavy loads, awkward posture, exposure to mechanical vibrations) and aggressive physical environment (carcinogenic, mutagenic and reprotoxic chemicals [CMR], extreme temperature and noise).

Methods. – Our study used the 2010 Medical Monitoring Survey of Occupational Risks [Surveillance médicale des expositions aux risques professionnels, (SUMER)] that was conducted among a sample of around 50,000 employees representative of 21.7 million French employees. We used logistic regressions to explore the potential influence of night work on the probabilities of exposure to at least one CMR, noise, thermal nuisance and physical constraints.

Results. – Even though descriptive statistics suggest that night workers are more exposed to drudgery of work than day workers, our multivariate logistic models indicate that the exposure is not always positively correlated with the number of nights worked. Moreover, the exposure differs according to gender and socio-occupational category.

Conclusion. – Our findings suggest that night workers are more exposed to several factors defined as contributing to the drudgery of work than are day workers. Thus, they seem to face multiple disadvantages in the labor market. Preventive measures in favor of night workers should be targeted at job content as much as work organization.

© 2017 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Keywords: Occupational exposure; Night work; Health inequalities

Résumé

Position du problème. – Bien que la loi française stipule que le recours au travail de nuit doit être exceptionnel, il a connu une nette augmentation depuis une vingtaine d'années. Parallèlement à son développement, une abondante littérature scientifique a mis en évidence que le travail de nuit pouvait avoir des effets négatifs sur la santé physique des salariés. Comme le travail de nuit est l'un des facteurs de pénibilité pris en compte par la loi de 2010 sur la réforme des retraites, l'objectif de cet article est d'examiner s'il est associé à une plus forte exposition aux autres facteurs de pénibilité inscrits dans cette loi, à savoir « les contraintes physiques marquées » (manutention manuelle de charges lourdes, postures pénibles, vibrations mécaniques) et « un environnement physique agressif » (agents chimiques dangereux, températures extrêmes, bruit).

Méthode. – Notre étude propose d'exploiter l'édition 2010 de l'enquête Surveillance médicale des expositions aux risques professionnels (SUMER). Près de 50 000 salariés ont été interrogés, représentatifs de 21,7 millions d'actifs français. Des régressions logistiques ont été appliquées

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : nathalie.havet@univ-lyon1.fr (N. Havet).

pour examiner l'influence potentielle du travail de nuit sur les probabilités d'être respectivement exposé à au moins un agent CMR, à des nuisances sonores, à des nuisances thermiques et à des contraintes physiques.

Résultats. – Si les analyses descriptives mettent en évidence que les salariés ayant travaillé la nuit sont globalement plus exposés aux autres facteurs de pénibilités analysés, les modèles logistiques multivariés indiquent que le degré d'exposition n'augmente pas systématiquement avec le nombre de nuits travaillées, d'où l'intérêt de distinguer entre travailleur de nuit occasionnel et régulier. Enfin, il ressort que les disparités d'exposition associées au travail de nuit diffèrent selon la catégorie socioprofessionnelle.

Conclusion. – Nos résultats confirment la plus grande exposition des travailleurs de nuit aux autres facteurs de pénibilité. Ainsi, ils font face à des désavantages multiples sur le marché du travail. Les actions de prévention en faveur des travailleurs de nuit devraient autant viser le contenu des tâches à accomplir que l'organisation du travail.

© 2017 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Exposition professionnelle ; Travail de nuit ; Inégalités de santé

1. Introduction

En vertu de l'article L. 3122–32 du Code du travail, le recours au travail de nuit doit être exceptionnel et doit se justifier par la nécessité d'assurer la continuité de l'activité économique ou des services d'utilité sociale. Plus précisément, la période de travail de nuit est définie comme la plage horaire entre 21 heures et 6 heures du matin depuis la loi du 9 mai 2001 (article L. 3122–29 du Code du travail), mais elle peut être modifiée dans certaines limites par convention collective ou accord entre les partenaires sociaux. Néanmoins, la tranche de minuit à 5 heures du matin est obligatoirement considérée comme travail de nuit, les physiologistes la décrivant comme une période pendant laquelle l'organisme fonctionne en état de moindre résistance. Est alors considéré juridiquement comme travailleur de nuit tout salarié qui accomplit une fraction de son temps de travail pendant la période de nuit (légale ou conventionnelle) : soit au moins trois heures deux fois par semaine, soit un nombre minimal d'heures de travail de nuit pendant une période de référence, défini par des accords collectifs¹.

Or, malgré l'ambition de la loi du 9 mai 2001 d'encadrer plus strictement le travail de nuit, celui-ci n'a cessé d'augmenter depuis une vingtaine d'années. En 2012, 15,4 % des salariés (21,5 % des hommes et 9,3 % des femmes), soit 3,5 millions de personnes, travaillaient la nuit, habituellement ou occasionnellement en France [1]. Cela correspond à un million de salariés de plus qu'en 1991 et l'augmentation concerne particulièrement les femmes. Le travail de nuit est le plus répandu dans le tertiaire : conducteurs de véhicules, policiers et militaires, infirmières, aides-soignantes et ouvriers qualifiés des industries de transformation et/ou d'assemblages sont les familles professionnelles les plus concernées par le travail de nuit [1].

Parallèlement à son développement, une abondante littérature scientifique a étudié les effets des horaires postés et de nuit sur la santé de ceux qui y sont assujettis. Le récent rapport de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses), qui en fait une synthèse

détaillée, conclut à l'existence d'un certain nombre d'effets sanitaires possibles, probables et avérés du travail de nuit sur l'Homme [2]. En effet, l'organisme est soumis à une dérégulation de la rythmicité circadienne [3,4] qui s'accompagne d'une désynchronisation des rythmes biologiques, sociaux et familiaux qui ont de multiples répercussions sur l'état de santé [2,5]. Par exemple, les liens entre les pathologies gastro-intestinales et le travail en horaire de nuit ont largement été étudiés, notamment par la Haute Autorité de santé [6] et les études ont montré une augmentation du risque d'ulcère gastrique et de symptômes digestifs [7–10]. L'Anses [2] a évalué que les éléments de preuve étaient suffisants pour considérer comme avérés les effets du travail de nuit sur la réduction du temps de sommeil et de sa qualité [11–16] et sur le syndrome métabolique² [17–19] et comme probables ses effets sur l'obésité/surpoids [20,21], le diabète de type 2 [21,22], les maladies coronariennes [23–26] et la santé psychique (troubles de l'humeur, dépression, anxiété, risques psychosociaux) [27–31]. En outre, le Centre international de recherche sur le cancer (Circ) a étudié l'impact du travail de nuit sur le risque de cancer, l'amenant à ajouter le travail posté qui induit la perturbation des rythmes circadiens à la liste des agents « probablement cancérigènes » (groupe 2A) en 2007. Il existe à ce jour des éléments en faveur d'un excès de risque de cancer du sein associé au travail de nuit, plus nombreux qu'en 2007, mais avec des éléments de preuve limités en raison de l'hétérogénéité des populations étudiées, des définitions du travail de nuit/posté retenues et des facteurs de confusion potentiels ajustés [2,32–38]. Des études évoquent aussi la possibilité d'un risque accru de cancers de la prostate [39–41] et d'autres localisations (poumon, côlon) [26,40–43], mais les éléments de preuve sont insuffisants et devront être confirmés par de nouvelles études [2].

Or, les enquêtes nationales françaises sur les conditions de travail font apparaître que les impacts négatifs du travail de nuit sur la santé à long terme tendent à se cumuler avec d'autres facteurs de risque liés à un travail plus difficile émotionnellement et physiquement [1,44]. En effet, les

¹ Si aucun accord n'existe, le nombre minimal d'heures est fixé à 270 heures sur 12 mois consécutifs (Article R. 3122-8 du Code du travail).

² Le syndrome métabolique est ici défini comme la présence simultanée d'au moins 3 critères sur 5 paramètres biologiques et cliniques liés au tour de taille, à la pression artérielle, à la triglycéridémie, à la cholestérolémie et à la glycémie.

salariés qui travaillent la nuit déclaraient en 2013 être davantage soumis à au moins trois contraintes de vigilance³ (44,3 % contre 27,3 % des travailleurs de jour) et ils étaient plus nombreux, toutes choses étant égales par ailleurs (47,3 % contre 30,5 %) à déclarer que leur travail impliquait au moins trois pénibilités physiques⁴ [1]. Ils sont aussi plus fréquemment exposés à des agressions physiques ou verbales dans le cadre de leur activité [44]. Ce surcroît de difficultés semble se traduire par un sentiment plus fréquent d'usure professionnelle : ils sont plus nombreux à penser qu'ils ne « tiendront » pas jusqu'à leur retraite (43 % contre 27 % pour l'ensemble des salariés) [1]. Ces premiers travaux montrent la nécessité de s'intéresser au contenu du travail de nuit avant d'investiguer si ses effets négatifs sur la santé pourraient aussi être le produit d'exigences professionnelles particulières comme la pénibilité physique ou les conditions environnementales. Comme le travail de nuit est l'un des facteurs de pénibilité pris en compte par la loi de 2010 sur la réforme des retraites, l'objectif de cet article est d'examiner s'il est associé à une plus forte exposition aux autres facteurs de pénibilité inscrits dans cette loi, à savoir « les contraintes physiques marquées » (manutention manuelle de charges lourdes, postures pénibles, vibrations mécaniques) et « un environnement physique agressif » (agents chimiques dangereux, travail en milieu hyperbare, températures extrêmes, bruit), à partir de l'enquête nationale détaillée « Surveillance médicale des expositions aux risques professionnels (2010) ». En outre, il examine si l'association entre le travail de nuit et les facteurs de pénibilité diffère selon le genre, la catégorie socioprofessionnelle et selon que le travail de nuit est occasionnel ou régulier pour le salarié.

2. Matériel et méthodes

2.1. L'enquête SUMER 2010

L'enquête SUMER est une enquête nationale transversale périodique, coordonnée par la Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques (Dares) du ministère du Travail et la Direction générale du travail (inspection médicale du travail), dont l'objectif est d'évaluer les risques professionnels de toutes natures à partir d'un échantillon représentatif de salariés français. L'échantillonnage de cette enquête est un sondage à deux degrés : 2400 médecins du travail, soit plus de 20 % des médecins du travail en exercice, ont tiré au sort 53 940 salariés parmi ceux qu'ils voyaient en visite périodique.

³ Les contraintes de vigilance dans l'enquête « Conditions de travail » de 2013 sont : ne pas quitter son travail des yeux, lire des lettres ou des chiffres de petite taille, examiner des objets très petits, faire attention à des signaux visuels ou sonores difficiles à détecter.

⁴ Les pénibilités physiques analysées étaient : déplacements à pieds longs et fréquents, charges lourdes, postures pénibles ou fatigantes à la longue, devoir rester longtemps debout, mouvements douloureux ou fatigants, subir des secousses ou des vibrations, ne pas entendre quelqu'un placé à deux ou trois mètres ou l'exposition à des substances toxiques présentes dans l'environnement de travail.

Il était demandé aux médecins-enquêteurs à temps complet de réaliser 30 questionnaires, et le nombre de questionnaires à remplir était calculé au prorata de leur temps de travail pour les médecins à temps partiel, avec un minimum de 20 questionnaires. Le médecin donnait une fiche d'information présentant les objectifs de l'enquête SUMER au salarié avant d'obtenir son consentement. Le salarié était informé que son refus de participer était sans conséquence. Au total, 47 983 salariés (89 %) ont accepté de répondre. En moyenne, 22 questionnaires ont été complétés par médecin-enquêteur.

Des redressements ex-post de l'enquête ont été effectués : un redressement en fonction des caractéristiques du médecin-enquêteur pour corriger d'éventuelles déformations liées au volontariat du médecin ; une correction du biais induit par la corrélation entre fréquence des visites et fréquence des expositions ; correction de la non-réponse totale. Pour assurer la représentativité de l'échantillon et des fréquences d'exposition par rapport à la population cible en 2010 (soit 21,7 millions de salariés, représentant 92 % des salariés français, à l'exception de ceux de l'Éducation nationale et de certains ministères), les données ont été pondérées suite à un calage sur marges des salariés basé sur le genre, la tranche d'âge, la nationalité, le type de temps de travail, la catégorie socioprofessionnelle, le secteur d'activité et la taille de l'établissement.

Les médecins évaluent les expositions liées au poste de travail (ambiances et contraintes physiques, contraintes organisationnelles et relationnelles, agents biologiques ou produits chimiques) auxquelles ont été soumis les salariés durant leur dernière semaine de travail. Ils s'appuient à la fois sur les déclarations du salarié lors de la visite médicale et sur son expertise – basée sur sa connaissance du terrain et des procédés de travail spécifiques au poste et à l'entreprise. En cas de doute sur une déclaration du salarié, le médecin peut réaliser une visite du poste de travail. Le médecin évalue la durée de chaque exposition (reportée selon une variable catégorielle : < 2 h, 2–10 h, 10–20 h, ≥ 20 h par semaine) et aussi l'intensité d'exposition pour les produits chimiques en tenant compte des protections collectives existantes.

2.2. Identification des facteurs de pénibilité

À l'exception du travail en milieu hyperbare, tous les facteurs de pénibilité au travail recensés dans la loi de 2010 sur la réforme des retraites dans les catégories contraintes physiques marquées (manutention manuelle de charges lourdes, postures pénibles, vibrations mécaniques) et environnement physique agressif (agents chimiques dangereux, travail en milieu hyperbare, températures extrêmes, bruit) sont repérables dans l'enquête SUMER 2010. Le médecin a indiqué si le salarié a été exposé à ces facteurs au cours de la dernière semaine travaillée et si oui, sa durée d'exposition. Pour les expositions aux agents chimiques dangereux, nous avons restreint notre analyse aux produits chimiques cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques (CMR). Parmi les 89 produits ou familles de produits chimiques répertoriés dans l'enquête, 28 ont été identifiés comme CMR : il s'agit des agents

reconnus cancérigènes ou probablement cancérigènes ou mutagènes pour l'Homme (groupes 1 et 2A) ou avérés, présumés ou suspectés CMR pour l'Homme selon la classification réglementaire européenne (catégories 1 et 2 en vigueur en 2010) [45,46].

Pour définir des seuils au-dessus desquels l'exposition peut être qualifiée de « pénible » il aurait été possible de qualifier un salarié d'exposé dès qu'il connaît une exposition même ponctuelle (repérée dans l'enquête par une durée d'exposition inférieure à 2 h par semaine). Or, cette définition très large est sans grande signification du point de vue de la prévention. C'est pourquoi, comme Rivalin et Sandret [47], nous avons ici retenu des seuils plus stricts mais relativement peu contraignants, et qui justifient une attention particulière des préventeurs⁵.

2.3. Mesures du travail de nuit

Dans l'enquête SUMER, la définition statistique du travail de nuit est plus restrictive que la définition juridique : il est considéré qu'une personne travaille la nuit quand elle déclare que sa période de travail se situe, même partiellement, dans la tranche de minuit à 5 heures du matin. Plus précisément, il est demandé aux salariés : « Travaillez-vous la nuit (entre minuit et 5 heures), même occasionnellement ? Et si oui, combien de fois par an ? ». Cela va nous permettre d'appréhender le travail de nuit via deux mesures différentes. La première, peu restrictive, va consister à comparer les individus ayant travaillé au moins une nuit au cours des 12 derniers mois aux individus ayant travaillé uniquement de jour sur cette même période. L'analyse sera affinée en distinguant le « travail de nuit occasionnel » du « travail de nuit régulier » grâce au nombre de nuits travaillées déclaré par le salarié. Comme de précédentes études à partir de l'enquête SUMER [47,48], on a considéré que le travail de nuit était occasionnel si le salarié avait travaillé moins de 50 nuits par an et de façon régulière s'il avait dépassé cette limite.

2.4. Analyse statistique

Des comparaisons des expositions aux facteurs de pénibilité entre les travailleurs de nuit et les travailleurs de jour (respectivement entre les travailleurs de nuit occasionnels et réguliers) ont été effectuées à l'aide de tests d'indépendance du Chi². Des régressions logistiques nous ont permis d'isoler l'effet propre du travail de nuit (global ou en distinguant régulier/occasionnel) sur les probabilités d'être exposé à chaque facteur de pénibilité et donc d'avoir un raisonnement « toutes choses étant égales par ailleurs ». Dans chaque modèle, les autres variables explicatives introduites renvoient aux

caractéristiques individuelles du salarié (genre, âge, ancienneté), de l'emploi occupé (catégorie socioprofessionnelle⁶, fonction exercée, type de contrat, temps de travail, horaires) et de l'entreprise (secteur d'activité, taille de l'entreprise, présence de représentants syndicaux ou d'un comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail [CHSCT]). Lorsque la variable associée au travail de nuit global se révélait significative, une stratification sur le genre et la catégorie socioprofessionnelle des salariés a été effectuée afin d'étudier si les risques de pénibilité liés au travail de nuit différaient entre ces groupes.

Ces modèles produisent des *odds ratios* ajustés (ORs) de la prévalence d'être exposé à chaque facteur de pénibilité. Toutes les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel STATA 13.0 (StataCorp LP, College Station, TX).

3. Résultats

3.1. Le travail de nuit en 2010

Selon l'enquête SUMER 2010, 14,6 % des salariés travaillaient la nuit en France habituellement ou occasionnellement : 66 % d'entre eux de façon occasionnelle (moins de 50 nuits par an) et 34 % de façon régulière. Le travail de nuit concernait majoritairement les hommes (78 %) et ce d'autant plus qu'il était régulier (Tableau 1). Il est aussi davantage répandu parmi les ouvriers (42 %) et au sein des entreprises de plus de 500 salariés (72,2 %). Enfin, le travail de nuit se cumulait souvent avec d'autres formes d'horaires atypiques : 80 % des travailleurs de nuit étaient aussi amenés à travailler certains dimanches ou jours fériés.

3.2. Le travail de nuit davantage associé aux autres facteurs de pénibilité

Les salariés travaillant la nuit sont, en moyenne, davantage exposés à l'ensemble des facteurs de pénibilité examinés ($p < 0,01$), à l'exception des positions fixes de la tête et du cou (Tableau 2). Par exemple, les travailleurs de nuit sont nettement plus exposés que les travailleurs de jour à un bruit supérieur à 85 décibels de façon intensive (14,2 % contre 5,9 %, $p < 0,01$), à un bruit comportant des chocs et des impulsions (10,9 % contre 6,4 %, $p < 0,01$) et aux agents CMR (7,6 % contre 4,3 %, $p < 0,01$) en milieu professionnel. De même, pour les travailleurs de nuit, le taux d'expositions aux vibrations intensives créées par des installations fixes est trois fois plus important, le taux d'exposition à un travail régulier en températures extrêmes presque deux fois supérieur et le taux

⁵ Les seuils de pénibilité retenus sont sans rapport avec ceux du décret du 9 octobre 2014 relatif à l'acquisition et à l'utilisation des points acquis au titre du compte personnel de prévention de la pénibilité, car ces derniers renvoient dans certains cas à des grandeurs non décrites par l'enquête SUMER et que le décret privilégie la mesure des expositions sur une année alors que l'enquête SUMER les repère sur la dernière semaine travaillée.

⁶ La catégorie socioprofessionnelle (CSP) du répondant a été collectée sous la forme de 6 classes selon la classification des emplois et CSP 2003 de l'Insee, qui est similaire à la classification internationale standard des emplois (ISCO) : les cadres et professions intellectuelles/les professions intermédiaires/les employés administratifs/les employés de service/les ouvriers qualifiés/les ouvriers non qualifiés. Dans nos analyses, nous avons regroupé, d'une part, les deux catégories d'employés et, d'autre part, les deux catégories d'ouvriers.

Tableau 1
Caractérisation des travailleurs de nuits en proportions.

	Travailleurs de jour uniquement (%)	Travailleurs de nuit occasionnels ou réguliers (%)	<i>p</i> -value	Travailleurs de nuit occasionnels (%)	Travailleurs de nuit réguliers (%)	<i>p</i> -value
<i>Homme</i>	51,2	78,2	0,000	77,3	80,6	0,001
<i>Catégorie socioprofessionnelle (CSP)</i>						
Cadres	15,4	12,4	0,000	18,3	4,0	0,000
Professions intermédiaires	24,6	24,4	0,665	28,8	18,6	0,000
Employés	33,6	21,6	0,000	18,0	26,5	0,000
Ouvriers	26,4	41,7	0,000	34,9	50,8	0,000
<i>Taille de l'entreprise</i>						
1 à 9 salariés	10,7	4,6	0,000	5,7	2,8	0,000
10 à 49 salariés	12,2	6,7	0,000	7,1	5,7	0,067
50 à 499 salariés	23,9	16,5	0,000	15,2	17,6	0,033
500 à 9998 salariés	32,8	32,7	0,960	30,9	35,5	0,001
9999 salariés ou plus	20,5	39,5	0,000	41,1	38,5	0,079
<i>Travail le dimanche ou les jours fériés (occasionnel ou régulier)</i>	25,4	78,7	0,000	79,0	80,5	0,121

Des tests du Chi² sont utilisés pour tester les différences entre groupes.

Parmi les salariés travaillant de jour uniquement, 51,2 % sont des hommes.

Tableau 2
Exposition des salariés à différents facteurs de pénibilités.

	Seuil de pénibilité retenu	Ensemble des salariés (%)	Travailleurs de jour uniquement (%)	Travailleurs de nuit occasionnels ou réguliers (%)	<i>p</i> -value	Travailleurs de nuit occasionnels (%)	Travailleurs de nuit réguliers (%)	<i>p</i> -value
<i>Contraintes physiques marquées</i>								
Manutention de charges lourdes	10h/semaine et plus	10,0	9,4	13,5	0,000	12,2	15,5	0,000
<i>Postures pénibles</i>								
Maintien des bras en l'air	2h/semaine et plus	7,7	7,7	8,2	0,000	8,5	7,8	0,000
Position à genoux	2h/semaine et plus	6,8	6,7	7,3	0,000	9,2	5,2	0,000
Position fixe de la tête et du cou	2h/semaine et plus	25,6	26,5	20,3	0,000	24,1	15,3	0,000
Autres contraintes posturales (posture accroupie, en torsion, etc.)	2h/semaine et plus	15,3	14,8	17,8	0,000	24,1	15,3	0,000
<i>Vibrations mécaniques</i>								
Utilisation d'outils transmettant des vibrations aux membres supérieurs (tronçonneuse, meuleuse, etc.)	2h/semaine et plus	6,5	6,4	7,2	0,000	9,2	4,5	0,000
Vibrations créées par des installations fixes (concasseur, table vibrante, presse, malaxeur)	10h/semaine et plus	0,4	0,3	1,0	0,000	0,7	1,6	0,000
<i>Environnement physique agressif</i>								
<i>Nuisances sonores</i>								
Bruit de niveau d'exposition sonore supérieure à 85 décibels	10h/semaine et plus	7,1	5,9	14,2	0,000	11,7	19,1	0,000
Bruit comportant des chocs et des impulsions	2h/semaine et plus	7,1	6,4	10,9	0,000	10,3	12,1	0,000
Exposition à au moins un agent CMR	Intensité très faible et 10h/semaine et plus ou intensité faible et 2h/semaine et plus ou intensité forte ou très forte	4,7	4,3	7,6	0,000	7,0	8,8	0,000
<i>Nuisances thermiques :</i>								
Travail au froid, moins de 15°C	10h/semaine et plus	1,7	1,5	2,6	0,000	2,0	3,3	0,000
Travail à la chaleur, plus de 24°C	10h/semaine et plus	2,3	1,9	5,1	0,000	3,7	7,2	0,000

Les différences d'expositions entre groupes de salariés ont été calculées à l'aide d'un test du Chi².

Tableau 3
Résultats économétriques – *odds ratios* ajustés du travail de nuit selon les différentes nuisances.

	Travail de nuit occasionnel ou régulier	Modélisation du nombre de nuit travaillé	
		Travail de nuit occasionnel	Travail de nuit régulier
<i>Manutention de charges lourdes (10 h/semaine et plus)</i>	1,05	1,16 ^a	0,95
<i>Postures pénibles (2 h/semaine et plus)</i>			
Maintien des bras en l'air	1,12	1,28 ^c	0,94
Position à genoux	1,05	1,18 ^a	0,94
Position fixe de la tête et du cou	1,00	1,08	1,07
Autres contraintes posturales (posture accroupie, en torsion, etc.)	0,97	1,14 ^b	0,90
<i>Vibrations mécaniques</i>			
Utilisation d'outils transmettant des vibrations aux membres supérieurs (2 h/semaine et plus)	1,06	1,34 ^c	0,68 ^c
Vibrations créées par des installations fixes (10 h/semaine et plus)	1,33	1,16	1,56 ^a
<i>Nuisances sonores</i>			
Bruit de niveau d'exposition sonore supérieure à 85 décibels A (10 h/semaine et plus)	1,35 ^c	1,45 ^c	1,38 ^c
Bruit comportant des chocs et des impulsions (2 h/semaine et plus)	1,32 ^c	1,28 ^c	1,28 ^c
<i>Exposition à au moins un agent CMR</i>	1,23 ^c	1,30 ^c	1,20 ^b
<i>Nuisances thermiques (10 h/semaine et plus)</i>			
Travail au froid, moins de 15 °C	1,11	1,16	0,91
Travail à la chaleur, plus de 24 °C	1,76 ^c	1,60 ^c	2,13 ^c

CMR : cancérigènes, mutagènes ou reprotoxique ; *Odds ratios* ajustés à partir des régressions logistiques qui intégraient comme variables de contrôle : le genre du salarié, son statut (fonctionnaire, stagiaire ou intérimaire, CDD, CDI), son ancienneté (moins d'un an, entre 1 et 3 ans, 1 à 3 ans et plus), sa catégorie socioprofessionnelle (cadres et professions intellectuelles, professions intermédiaires, employés administratifs, employés de service, ouvriers qualifiés, ouvriers non qualifiés), sa fonction principale (production, fabrication, chantier/installation, réparation, maintenance/nettoyage, gardiennage, entretien ménager/manutention, magasinage, logistique/secrétariat, saisie, accueil/gestion, comptabilité/vente, commerce, technique commerciale/études, R&D, méthodes/autres) ; le secteur d'activité (fonction publique/agriculture, construction/industrie/tertiaire) ; son âge ; le type de travail (temps plein/temps partiel) ; travail en équipe tournante (oui/non) ; travail le dimanche ou jours fériés (oui/non) ; la taille de son établissement (1 à 9 salariés/10 à 49 salariés/50 à 199 salariés/200 à 499 salariés/500 salariés ou plus) ; l'existence d'un CHSCT dans l'établissement (oui/non) ; la présence de délégués syndicaux (oui/non) ; la région (Île-de-France/Rhône-Alpes/Alsace Lorraine/PACA/Nord/Ouest/Limousin-Auvergne/Poitou-Charentes/autres) ; travail en sous-traitance de l'établissement (oui/non).

^a *Odds ratio* significatif à 10 %.

^b *Odds ratio* significatif à 5 %.

^c *Odds ratio* significatif à 1 %.

de manutention de charges lourdes pendant plus de 10 heures par semaine une fois et demi plus élevé.

Toutefois, une fois contrôlées les différences potentielles de caractéristiques individuelles, caractéristiques de l'emploi occupé et de l'entreprise par les régressions logistiques (Tableau 3), les travailleurs de nuit ne présentent une probabilité en moyenne significativement plus élevée d'être exposés que pour certains facteurs de pénibilité : les bruits élevés (> 85 décibels sur 8 h) (OR = 1,3 [IC = 1,14–1,52]), l'exposition à des agents CMR (OR = 1,2 [IC = 1,10–1,39]) et le travail dans un environnement à températures élevées (OR = 1,8 [IC = 1,59–2,12]).

3.3. Une association entre travail de nuit et pénibilité qui diffère selon la catégorie professionnelle

Pour ces trois facteurs de pénibilité, des régressions logistiques introduisant des termes d'interaction entre travail de nuit et genre ou catégorie socioprofessionnelle ont été réalisées (Tableau 4). Elles mettent en évidence que

l'accroissement du risque d'exposition aux nuisances sonores lié au travail de nuit est beaucoup plus élevé pour les cadres :

- par rapport aux ouvriers, groupe mis en référence dans les régressions (ORs = 2,36 et 1,88 pour les termes d'interaction avec $p < 0,01$ et $p = 0,02$) ;
- mais aussi par rapport aux professions intermédiaires et aux employés pour les nuisances aux bruits avec chocs et impulsions (les ORs des termes d'interaction pour les professions intermédiaires et les employés sont non significatifs)⁷.

Pour les nuisances thermiques (chaleur), il ressort que le travail de nuit est associé à la même augmentation de risque

⁷ Des tests de Wald effectués après estimation indiquent que les ORs des termes d'interaction pour les cadres et les professions intermédiaires et pour les cadres et les employés ne sont pas significativement différents ($p = 0,30$ et $p = 0,28$) dans la régression examinant les bruits supérieurs à 85 décibels.

Tableau 4

Résultats économétriques – Hétérogénéité des *odds ratio* ajustés du travail de nuit en fonction du genre et la catégorie socioprofessionnelle.

	Modélisation de l'effet hétérogène selon la CSP et le genre					Nuit*ouvrier
	Travail de nuit occasionnel ou régulier	Nuit*sexe	Nuit*cadre	Nuit*PI	Nuit*employé	
<i>Nuisances sonores</i>						
Bruit de niveau d'exposition sonore supérieure à 85 décibels A (10 h/semaine et plus)	1,95 ^c	0,57 ^c	2,36 ^c	1,71 ^c	1,57 ^a	Réf.
Bruit comportant des chocs et des impulsions (2 h/semaine et plus)	1,99 ^c	0,59 ^c	1,88 ^b	1,28	0,87	Réf.
Exposition à au moins un agent CMR	1,07	1,04	3,93 ^c	1,16	1,37 ^a	Réf.
<i>Nuisances thermiques (10 h/semaine et plus)</i>						
Travail à la chaleur, plus de 24 °C	2,06 ^c	0,89	1,33	1,25	0,40 ^c	Réf.

CSP : catégorie socioprofessionnelle ; CMR : cancérogènes, mutagènes ou reprotoxiques ; *Odds ratios* ajustés à partir des régressions logistiques qui intégraient comme variables de contrôle : le genre du salarié, son statut (fonctionnaire, stagiaire ou intérimaire, CDD, CDI), son ancienneté (moins d'un an, entre 1 et 3 ans, 1 à 4 ans et plus), sa catégorie socioprofessionnelle (cadres et professions intellectuelles, professions intermédiaires, employés administratifs, employés de service, ouvriers qualifiés, ouvriers non qualifiés), sa fonction principale (production, fabrication, chantier/installation, réparation, maintenance/nettoyage, gardiennage, entretien ménager/manutention, magasinage, logistique/secrétariat, saisie, accueil/gestion, comptabilité/vente, commerce, technique commerciale/études, R&D, méthodes/autres) ; le secteur d'activité (fonction publique/agriculture, construction/industrie/tertiaire) ; son âge ; le type de travail (temps plein/temps partiel) ; travail en équipe tournante (oui/non) ; travail le dimanche ou jours fériés (oui/non) ; la taille de son établissement (1 à 9 salariés/10 à 49 salariés/50 à 199 salariés/200 à 499 salariés/500 salariés ou plus) ; l'existence d'un CHSCT dans l'établissement (oui/non) ; la présence de délégués syndicaux (oui/non) ; la région (Île de France/Rhône-Alpes/Alsace Lorraine/PACA/Nord/Ouest/Limousin-Auvergne/Poitou-Charentes/autres) ; travail en sous-traitance de l'établissement (oui/non).

^a *Odds ratio* significatif à 10 %.

^b *Odds ratio* significatif à 5 %.

^c *Odds ratio* significatif à 1 %.

parmi les ouvriers, les professions intermédiaires et les cadres (termes d'interaction non significatifs). En revanche, il est associé à un risque d'exposition à une forte chaleur plus faible pour les employés, à autres caractéristiques équivalentes. Dans la régression concernant les expositions aux agents CMR, la variable caractérisant le travail de nuit n'est plus significative ($p = 0,68$) ; elle l'est seulement quand elle est croisée avec le fait d'être cadre (OR = 3,93 ; $p < 0,01$) ou employé (OR = 1,40 ; $p = 0,04$). Pour ces deux catégories socio-professionnelles, le travail de nuit est ainsi associé à une surexposition aux agents CMR alors qu'il ne génère pas d'accroissement de risque en tant que tel chez les ouvriers et les professions intermédiaires.

Le travail de nuit est associé à des risques d'exposition qui varient selon le genre seulement pour les nuisances sonores : l'accroissement de risque d'exposition à un bruit élevé lié au travail de nuit est moins important chez les hommes que chez les femmes, toutes choses égales par ailleurs.

3.4. Des disparités d'exposition aux facteurs de pénibilité entre travailleurs de nuit réguliers et occasionnels

Le **Tableau 2** met en évidence que les taux d'exposition aux différents facteurs de pénibilité étudiés diffèrent bien entre les travailleurs de nuit réguliers et occasionnels ($p < 0,01$). Mais l'exposition aux facteurs de pénibilité n'est pas systématiquement plus élevée pour les travailleurs de nuit réguliers : ceci n'est le cas que pour la manutention répétée de charges lourdes (15,5 % versus 12,2 %, $p < 0,01$) ou l'exposition à des environnements physiques agressifs (nuisances sonores [19,1 % contre 11,7 % pour les bruits supérieurs à 85 décibels, $p < 0,01$], températures extrêmes, agents CMR). En revanche,

les salariés travaillant régulièrement de nuit ont des taux d'exposition moyens plus faibles aux postures pénibles marquées et aux vibrations mécaniques intensives pour les membres supérieurs (4,5 % contre 9,2 %, $p < 0,01$). Toutefois, lorsque l'on calcule les *odds ratios* ajustés (**Tableau 3**) afin de comparer les risques d'exposition de ces deux groupes à caractéristiques individuelles et d'emplois équivalents, il ressort que certains de ces résultats ne tiennent plus, voire sont de sens opposés. Même après ajustement, on observe que les travailleurs de nuit occasionnels, par rapport aux travailleurs de nuit réguliers, ont une probabilité significativement plus forte d'être exposés à des vibrations mécaniques pour les membres supérieurs et aux différentes postures pénibles (hormis les positions fixes de la tête et du cou) et une probabilité plus faible d'être exposés aux vibrations créées par des installations fixes et à des températures très élevées plus de 10 heures par semaine. En revanche, il apparaît que toutes choses égales par ailleurs, le risque d'exposition au bruit élevé et aux agents CMR est statistiquement identique entre les salariés travaillant occasionnellement ou régulièrement la nuit. À caractéristiques équivalentes, les travailleurs de nuit occasionnels sont a contrario davantage exposés à la manutention de charges lourdes (OR = 1,16 [IC = 1,00, 1,36]) que les travailleurs de nuit réguliers.

4. Discussion

L'état de santé des travailleurs, en fin de vie active et au-delà, dépend de la pénibilité de leur travail passé [49–51]. Certaines conditions de travail pénibles subies durablement durant la vie professionnelle sont susceptibles de peser sur l'espérance de vie et sur la qualité de vie une fois à la

retraite. Il s'agit de facteurs de risques professionnels agissant à long terme, qui augmentent la probabilité d'effets irréversibles et sévères sur la santé et contribuent implicitement aux inégalités sociales de santé.

4.1. Les expositions aux facteurs de pénibilité en France

Depuis 2010, dix facteurs de pénibilité, répartis en trois catégories de contraintes, sont réglementairement définis (article L. 4121–31 du Code du travail) : les contraintes physiques marquées (manutentions manuelles de charges lourdes, postures pénibles, vibrations mécaniques), un environnement physique agressif (agents chimiques dangereux, activités exercées en milieu hyperbare, températures extrêmes, bruit) et des rythmes de travail particuliers (travail de nuit, travail posté, travail répétitif). Tout salarié exposé à ces facteurs peut désormais accumuler des points au sein d'un « compte personnel de prévention et de pénibilité » à convertir en formation, en temps partiel payé temps plein ou en droit à un départ anticipé en retraite.

Or, il reste délicat d'estimer le nombre de salariés exposés à ces pénibilités. En effet, pour la plupart des conditions de travail pénibles, il est difficile de fixer des durées d'exposition « à risque » pour la santé compte tenu de la complexité des relations entre travail, âge et santé, de la multifactorialité de ces relations et de leur évolution dans le temps. Leurs effets pathogènes peuvent se faire sentir de façon différée, y compris au-delà de la vie professionnelle. Toutefois, notre exploitation des données de l'enquête SUMER 2010 permet d'apporter certains éclairages sur cette question. Notre analyse montre, par exemple, qu'environ 10 % des salariés français étaient concernés en 2010 par le port de charges lourdes répété (10 h/semaine ou plus), entre 7 % et 25 % par des postures pénibles en fonction de celles considérées, 6 % par des vibrations mécaniques, 7 % par des bruits nocifs et presque 5 % par une exposition importante à au moins un agent cancérigène, mutagène ou reprotoxique (CMR). Les taux d'exposition aux contraintes posturales reportées ici sont similaires à ceux observés à partir de l'édition 2003 de l'enquête SUMER, à l'exception de celui des contraintes cervicales (position fixe du cou et de la tête) qui a fortement augmenté passant de 10 % en 2003 à 25 % en 2010 [52]. Ainsi, malgré des évolutions techniques réduisant certains travaux pénibles [53] et la mise en place de politiques de prévention des risques professionnels (loi relative à la politique de santé publique en 2004, Plans Santé au Travail, Plans nationaux Santé Environnement⁸), les efforts physiques (manutention, port de

charges, postures pénibles) et les contraintes environnementales agressives persistent encore pour une partie importante de salariés. D'ailleurs, les affections péri-articulaires représentent une proportion toujours plus élevée des maladies professionnelles indemnisées. À elles seules, elles représentaient 78,7 % des maladies professionnelles au premier règlement au titre de 2010. Au total, les troubles musculo-squelettiques – affections péri-articulaires (Tableau 57 du régime général), affections dues aux vibrations (Tableau 69), lésions chroniques du ménisque (Tableau 79) et lombalgies (Tableaux 97 et 98) – ont concerné 43 241 reconnaissances de maladies professionnelles en 2010, soit 85,3 % de l'ensemble des maladies professionnelles reconnues [54].

L'évolution des conditions de travail semble donc se caractériser par des pénibilités physiques qui ne diminuent pas, avec parallèlement des rythmes de travail plus exigeants. Concernant les horaires atypiques, 15 % des salariés, soit 3,1 millions, déclaraient avoir travaillé de nuit (entre minuit et 5 heures) en 2010 ; cette proportion se réduisant à 4,5 %, soit 965 000 salariés, lorsque l'on se restreint au travail de nuit régulier (plus de 50 nuits par an). Le travail de nuit a augmenté – il touchait environ 9 % de salariés selon l'enquête SUMER en 2003 [51] – en raison des transformations des modes de production et des organisations du travail qui ont conduit à une intensification du travail dans de nombreux secteurs d'activité [54,55]. Il est particulièrement visible dans les parcours de certaines catégories de travailleurs : les hommes, ouvriers, embauchés dans les grandes entreprises.

4.2. Le travail de nuit : un cumul de pénibilités

L'enquête SUMER permet aussi de mettre en évidence l'importance du cumul des différentes sources de pénibilité. En particulier, il ressort de nos analyses que le travail de nuit est souvent associé à une pénibilité physique et à un environnement agressif : 46 % des travailleurs de nuit, occasionnels ou réguliers, étaient concernés en 2010 par au moins une contrainte physique marquée et 27 % par au moins une nuisance forte dans son environnement professionnel (bruit nocif, exposition à des agents CMR ou nuisances thermiques). Or, la plus grande vulnérabilité du corps humain dans le courant de la nuit le rend particulièrement vulnérable aux agressions (bruit, chaleur, agents toxiques, etc.) [2]. En particulier, la tension causée par les horaires postés de nuit peut être fortement accrue lorsque d'autres facteurs de stress liés à un environnement physique agressif sont présents dans la situation de travail [56]. Ainsi, la contrainte horaire pourrait ne pas être la seule responsable dans l'état de santé altéré des travailleurs de nuit : ce dernier pourrait être le produit d'effets conjoints des horaires de travail pratiqués et de la pénibilité physique et environnementale du travail accompli [57–59].

Considérer le cumul des pénibilités paraît également d'autant plus important pour les travailleurs de nuit que le travail de nuit est déjà en soi un facteur de pénibilité et que les travailleurs de nuit sont plus exposés aux autres contraintes pénibles que les travailleurs de jour. Notre étude confirme en effet la plus grande pénibilité du travail de nuit, également

⁸ La loi relative à la politique de santé publique du 9 août 2004 fixe comme objectifs d'améliorer non seulement la prévention des maladies professionnelles mais aussi leur reconnaissance et réparation. Le Plan Santé au Travail 2005–2009 avait pour objectif de réformer le dispositif national de prévention des risques professionnels et de renforcer la connaissance de ces risques en milieu professionnel et l'effectivité des contrôles. Le Plan Santé au Travail 2010–2014 fait notamment porter ses efforts sur la prévention des risques d'exposition aux substances CMR. Dans le plan national santé environnement est inscrite cette même préoccupation de réduire l'exposition aux CMR.

mise en évidence par de précédentes enquêtes nationales telles que l'enquête « Conditions de travail » de 2013 [1]. Plus précisément, nos statistiques descriptives font apparaître de très nettes différences entre les travailleurs de nuit et les travailleurs de jour dans les taux d'exposition aux nuisances sonores, aux nuisances thermiques et aux produits CMR, caractéristiques d'un environnement physique agressif. Les différences de pénibilité entre ces deux groupes en termes de contraintes physiques sont de moindre ampleur mais néanmoins significatives. Or, comme les caractéristiques des travailleurs de jour et de nuit ne sont pas homogènes, il était indispensable de recourir à des régressions logistiques multivariées pour savoir si ces différences dans l'exposition aux facteurs de pénibilité sont imputables au travail de nuit en lui-même ou à l'hétérogénéité des deux groupes. Il ressort alors que le travail de nuit a un effet propre significatif sur les facteurs liés à un environnement physique agressif alors que ce n'est pas le cas pour la manutention de charges lourdes, les contraintes posturales ou l'exposition à des vibrations mécaniques. La surexposition observée des travailleurs de nuit, par rapport aux travailleurs de jour, aux contraintes physiques marquées est entièrement attribuable à des différences d'emplois ou de secteurs. Nos régressions multivariées suggèrent donc que, pour les travailleurs de nuit, les politiques de prévention des pénibilités devraient désormais prioritairement axer leurs plans d'action contre les expositions à la chaleur, au bruit intensif et aux agents cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques.

4.3. *Un accroissement de risque d'exposition à un environnement agressif lié au travail de nuit plus important chez les cadres*

Nos régressions laissent penser que ces plans d'actions en faveur des travailleurs de nuit ne devraient pas négliger les cadres. Certes, les ouvriers sont davantage concernés par le travail de nuit et ils sont, à autres caractéristiques équivalentes, significativement plus exposés à un environnement de travail agressif que les autres catégories socioprofessionnelles et notamment les cadres. Ils sont par exemple 2,5 fois plus exposés aux agents CMR en milieu professionnel et 7 à 8 fois plus exposés aux bruits élevés. Mais l'accroissement du risque d'exposition à ces nuisances, lié au travail de nuit, varie en fonction de la catégorie socioprofessionnelle du salarié : il est beaucoup plus important parmi les cadres, notamment pour les expositions aux bruits élevés et aux agents CMR. Ainsi, les politiques de prévention des pénibilités devraient être prioritairement ciblées vers les ouvriers, mais devraient quand même porter attention aux cadres travaillant de nuit, l'effet du travail de nuit étant plus marqué pour les cadres que pour les autres catégories socioprofessionnelles.

4.4. *Des cumuls de pénibilité différents entre travailleurs de nuit occasionnels et réguliers*

Nos analyses statistiques montrent enfin l'intérêt de nuancer les résultats entre travailleurs de nuit occasionnels et réguliers.

Nous avons précédemment évoqué que les travailleurs de nuit dans leur ensemble étaient bien plus exposés que les travailleurs de jour à un environnement physique agressif (bruits élevés, expositions aux CMR, chaleur). Le risque d'exposition aux nuisances sonores intensives et aux agents CMR est statistiquement identique pour les travailleurs de nuit réguliers et occasionnels. En revanche, les travailleurs de nuit réguliers ont une probabilité plus élevée d'être exposés à la chaleur que les travailleurs de nuit occasionnels, eux-mêmes plus exposés que les travailleurs de jour.

En ce qui concerne les contraintes physiques marquées, le travail de nuit pris au sens global (régulier ou occasionnel) n'apparaissait pas comme un déterminant significatif dans les régressions logistiques. Or, cette non-significativité ne doit pas s'interpréter comme des prévalences d'exposition à ces facteurs similaires entre travailleurs de nuit et travailleurs de jour ; elle cache des disparités de pénibilité parmi les travailleurs de nuit. En particulier, les travailleurs de nuit occasionnels sont davantage soumis à la manutention de charges lourdes, aux contraintes posturales (à l'exception des contraintes cervicales) et à l'exposition à des vibrations mécaniques que les travailleurs de nuit réguliers. Mais ces derniers ne connaissent pas une surexposition pour ces facteurs de pénibilité par rapport aux travailleurs de jour, laissant penser que des changements de matériel et d'organisation pour limiter ces conditions pénibles ont davantage été effectués quand les travailleurs y sont potentiellement plus souvent sujets. La prévention pour les contraintes physiques marquées devrait ainsi être désormais particulièrement attentive aux travailleurs de nuit occasionnels.

4.5. *Limites de l'étude*

Notre étude a plusieurs limites. Premièrement, étant donné le nombre d'enquêteurs mobilisés pour l'enquête SUMER, des variations inter-médecins pour la détermination des prévalences et des durées d'exposition pour des situations de travail identiques peuvent apparaître en raison de niveaux de connaissance distincts d'un médecin à l'autre. Deuxièmement, l'exploitation de l'enquête SUMER ne permet que de donner un ordre de grandeur large des pénibilités du travail ayant des conséquences à long terme sur la santé puisque cette enquête ne repère les expositions qu'à un instant donné : au cours de la dernière année pour le travail de nuit et au cours de la dernière semaine de travail pour les autres contraintes. Les seuils de pénibilité retenus ne peuvent correspondre à ceux définis dans le décret relatif au « compte personnel de prévention de la pénibilité » (décret n° 2015-1885) car celui-ci privilégie la mesure des expositions sur une année et non sur la dernière semaine travaillée. En outre, en ne prenant pas en compte les situations professionnelles « passées », cette enquête ne permet pas de savoir si les salariés sont exposés durablement au cours de leur carrière à des conditions pénibles. Or, c'est la durée cumulée des expositions aux principales nuisances pénibles qui devrait être le critère à privilégier, comme cela est désormais le cas pour la compensation dans le régime des retraites grâce au « compte de prévention de la pénibilité ». À titre indicatif, pour l'estimation d'une pénibilité physique réalisée à partir de

l'enquête SUMER de 2003 en ce qui concerne les salariés âgés de 50 ans et plus, Yilmaz estime à six sur dix ceux qui seraient ou auraient été exposés pendant au moins 20 ans. Ce ratio serait analogue pour le travail de nuit ou l'exposition aux produits toxiques [51].

5. Conclusion

Les effets du travail de nuit sur la santé pourraient être le produit d'autres exigences professionnelles comme la pénibilité physique ou les conditions environnementales. La plus grande exposition des travailleurs de nuit à ces facteurs de pénibilité – mais surtout à un environnement physique agressif – appuie cette thèse. Le travail de nuit s'inscrit dans des processus cumulatifs des risques professionnels qui auraient tendance à les aggraver et à les multiplier. Ce surcroît de difficultés se traduit par une usure professionnelle plus fréquente [44], dont les conséquences néfastes sur la santé produisent des effets de sorties précoces de l'emploi. C'est d'ailleurs pourquoi différentes études ont mis en évidence la difficulté à maintenir un travail de nuit plus de dix ans [60]. La dernière déclinaison du Plan Santé au Travail 2016–2020 affiche d'ailleurs comme objectif opérationnel d'agir en prévention primaire pour prévenir l'usure professionnelle et la pénibilité. Favoriser l'action en prévention sur le travail de nuit en mobilisant l'action tant sur le contenu des tâches à accomplir que sur l'organisation du travail est sans doute une piste parmi d'autres à privilégier.

Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Références

- [1] Algava E. Le travail de nuit en 2012. DARES Anal 2014;62.
- [2] ANSES. Évaluation des risques sanitaires liés au travail de nuit. Rapport d'expertise collective; 2016, <https://www.anses.fr/fr/system/files/AP2011SA0088Ra.pdf>.
- [3] Folkard S, Minors DS, Waterhouse JM. Chronobiology and shift work: current issues and trends. *Chronobiologia* 1985;12:31–54.
- [4] Minors D, Waterhouse J. Circadian rhythms and their mechanisms. *Experientia* 1986;42:1–13.
- [5] Quéinnec Y, Teiger C, de Terssac G, Fezzani K. Repères pour négocier le travail posté. Toulouse: Octares Ed; 2008.
- [6] HAS. Recommandations pour la surveillance medico-professionnelle des travailleurs postés et en horaires atypiques. 2012. http://www.chu-rouen.fr/sfmt/autres/Reco_HAS_Travail_poste-Texte_court_30-05-2012.pdf
- [7] Segawa K, Nakazawa S. Peptic ulcer is prevalent among shift workers. *Dig Dis Sci* 1987;32:449–53.
- [8] Sugisawa A, Uehata T. Onset of peptic ulcer and its relation to work-related factors and life events: a prospective study. *J Occup Health* 1998;40:22–31.
- [9] Knutsson A. Health disorders of shift workers. *Occup Med* 2003;53:103–8.
- [10] Knutsson A, Bøggild H. Gastrointestinal disorders among shift workers. *Scand J Work Environ Health* 2010;36(2):85–95.
- [11] Åkerstedt T. Shift work and disturbed sleep/wakefulness. *Occup Med* 2003;53:89–94.
- [12] Czeisler C, Gooley JJ. Sleep and circadian rhythms in humans. *Cold Spring Harb Symp Quantitative Biol* 2007;72:579–97.
- [13] Léger D, Bayon V, Metlaine A, Prevot E, Didier-Marsac C, Choudat D. Horloge biologique, sommeil et conséquences médicales du travail posté. *Arch Maladies Prof Environ* 2009;70:246–52.
- [14] Wilshire BR, Grunstein RR, Franssen M, Woodward M, Norton R, Ameratunga S. Sleep habits, insomnia, and daytime sleepiness in a large and healthy community-based sample of New Zealanders. *J Clin Sleep Med* 2013;9(6):559–66.
- [15] Chiu HY, Tsai PS. The impact of various work schedules on sleep complaints and minor accidents during work or leisure time: evidence from a National Survey. *J Occup Environ Med* 2013;55(3):325–30.
- [16] Vetter C, Fischer D, Matera J, Roenneberg T. Aligning work and circadian time in shift workers improves sleep and reduces circadian disruption. *Curr Biol* 2015;25(7):907–11.
- [17] Pietroiusti A, Neri A, Somma G, Coppeta L, Iavicoli I, Bergamaschi A, et al. Incidence of metabolic syndrome among night-shift healthcare workers. *Occup Environ Med* 2010;67:54–7.
- [18] Guo Y, Liu Y, Huang X, Rong Y, He M, Wang Y, et al. The effects of shift work on sleeping quality, hypertension and diabetes in retired workers. *PLoS One* 2013;8(8):e71107.
- [19] Wang F, Zhang L, Zhang Y, Zhang B, He Y, Xie S, et al. Meta-analysis on night shift work and risk of metabolic syndrome. *Obes Rev* 2014;15(9):709–20.
- [20] Zhao I, Bogossian F, Turner C. Does maintaining or changing shift types affect BMI? A longitudinal study. *J Occup Environ Med* 2012;54(5):525–31.
- [21] Pan A, Schernhammer ES, Sun Q, Hu FB. Rotating night shift work and risk of type 2 diabetes: two prospective cohort studies in women. *PLoS Med* 2011;8(12):e1001141.
- [22] Gan Y, Yang C, Tong X, Sun H, Cong Y, Yin X, et al. Shift work and diabetes mellitus: a meta-analysis of observational studies. *Occup Environ Med* 2015;72(1):72–8.
- [23] Bøggild H, Knutsson A. Shift work, risk factors and cardiovascular disease. *Scand J Work Environ Health* 1999;25(2):85–99.
- [24] Vyas MV, Garg AX, Iansavichus AV, Costella J, Donner A, et al. Shift work and vascular events: systematic review and meta-analysis. *BMJ* 2012;345:e4800.
- [25] Hermansson J, Gillander Gådin K, Karlsson B, Reuterwall C, Hallqvist J, Knutsson A. Case fatality of myocardial infarction among shift workers. *Int Arch Occup Environ Health* 2015;88(5):599–605.
- [26] Gu F, Han J, Laden F, Pan A, Caporaso NE, Stampfer MJ, et al. Total and cause-specific mortality of US. Nurses working rotating night shifts. *Am J Prev Med* 2015;48(3):241–52.
- [27] Bara A-C, Arber S. Working shifts and mental health – findings from the British Household Panel Survey (1995–2005). *Scand J Work Environ Health* 2009;36:1–7.
- [28] Driesen K, Jansen NW, Kant I, Mohren DC, van Amelsvoort LG. Depressed mood in the working population: associations with work schedules and working hours. *Chronobiol Int* 2010;27:1062–79.
- [29] Nabe-Nielsen K, Tüchsen F, Christensen KB, Garde AH, Diderichsen F. Differences between day and non-day workers in exposure to physical and psychosocial work factors in the Danish eldercare sector. *Scand J Work Environ Health* 2009;35(1):48–55.
- [30] Gollac M, Bodier M. Mesurer les facteurs psychosociaux de risque au travail pour les maîtriser. DARES, Ministère du Travail et de l'Emploi; 2011 http://travailemploi.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_SRPST_definitif_rectifie_11_05_10.pdf.
- [31] INRS. Horaires atypiques de travail. Brochure INRS. 2013. <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%205023>
- [32] Ménegaux F, Truong T, Anger A, Cordina-Duverger E, Lamkarkach F, Arveux P, et al. Night work and breast cancer: a population based control study in France (the CECILE study). *Int J Cancer* 2013;132:924–31.
- [33] Knutsson A, Alfreðsson L, Karlsson B, Åkerstedt T, Fransson EI, Westerholm P, et al. Breast cancer among shift workers: results of the WOLF longitudinal cohort study. *Scand J Work Environ Health* 2013;39(2):170–7.
- [34] Åkerstedt T, Knutsson A, Narusyte J, Svedberg P, Kecklund G, Alexanderson K. Night work and breast cancer in women: a Swedish Cohort study. *BMJ Open* 2013;5:e008127. <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2015-008127>.

- [35] Hansen J, Lassen CF. Nested case-control study of night shift-work and breast cancer risk among women in the Danish military. *OEM* 2012;69:551–6.
- [36] Fritschi L, Erren TC, Glass DC, Girschik J, Thomson K, Saunders C, et al. The association between different night shiftwork factors and breast cancer: a case-control study. *Br J Cancer* 2013;109(9):2472–80.
- [37] Ijaz S, Verbeek J, Seidler A, Lindbohm ML, Ojajarvi A, Orsini N, et al. Night-shift work and breast cancer – a systematic review and meta-analysis. *Scand J Work Environ Health* 2013;39(5):431–47.
- [38] Jia Y, Lu Y, Wu K, Lin Q, Shen W, Zhu M, et al. Does night work increase the risk of breast cancer? A systematic review and meta-analysis of epidemiological studies. *Cancer Epidemiol* 2013;37(3):197–206.
- [39] Kubo T, Ozasa K, Mikami K, Wakai K, Fujino Y, Watanabe Y, et al. Prospective cohort study of the risk of prostate cancer among rotating-shift workers: findings from the Japan collaborative cohort study. *Am J Epidemiol* 2006;164:549–55.
- [40] Parent ME, El-Zein M, Rousseau MC, Pintos J, Siemiatycki J. Night work and the risk of cancer among men. *Am J Epidemiol* 2012;176:751–9.
- [41] Papanthiou K, Castano-Vinyals G, Espinosa A, Aragones N, Perez-Gomez B, Burgos J, et al. Night Shift Work. Chronotype and prostate cancer risk in the MCC-Spain case-control study. *Int J Cancer* 2015;137:1147–57.
- [42] Schernhammer ES, Laden F, Speizer FE, Willett WC, Hunter DJ, Kawachi I, et al. Night-shift work and risk of colorectal cancer in the nurses' health study. *J Natl Cancer Inst* 2003;95:825–8.
- [43] Yong M, Blettner M, Emrich K, Nasterlack M, Oberlinner C, Hammer GP. A retrospective cohort study of shift work and risk of incident cancer among German male chemical workers. *Scand J Work Environ Health* 2014;40(5):502–10.
- [44] Rouxel C. Conditions de travail et précarité de l'emploi. *Dares, Premières Synthèses*; 2009 [n°28.2].
- [45] Havet N, Penot A, Morelle M, Fervers B, Charbotel B, Perrier L, et al. Varied exposure to carcinogenic, mutagenic, reprotoxic (CMR) chemicals in occupational settings in France. *Int Arch Occup Environ Health* 2017;90(2):227–41.
- [46] Cavet M, Léonard M. Les expositions aux produits chimiques cancérigènes en 2010 [Exposure to carcinogenic chemicals in 2010]. *DARES Analyses Ministère du Travail de l'Emploi de la Formation professionnelle et du Dialogue social Paris* [Available at: <http://travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/2013-054-2pdf> (22July 2016 date last accessed)] 2013;54.
- [47] Rivalin R, Sandret N. L'exposition des salariés aux facteurs de pénibilité dans le travail. *DARES Anal* 2014 [11 pp.];12.
- [48] Guignon N, Niedhammer I, Sandret N. Les facteurs psychosociaux au travail. *Doc Medecin Travail* 2008;389-39;115.
- [49] Cassou B, Derriennic F, Monfort CC, Iwatsubo Y, Amphoux M. Facteurs prédictifs d'incapacité physique dans une cohorte de retraités parisiens suivis pendant 10 ans. *Rev Epidemiol Sante Publique* 1997;45(5):382–91.
- [50] Gollac M, Volkoff S. Les conditions de travail. Paris: La découverte Ed., Collection Repères; 2000.
- [51] Yilmaz E. Pénibilité du travail: évaluation statistique. *Doc Travail Centre Etudes Emploi* 2006 [82 pp.];55.
- [52] Arnaudo B, Hamon-Cholet S, Waltisperger D. Les contraintes posturales et articulaires au travail. *Doc Med Trav* 2006;107:329–36.
- [53] Lasfargues G. Départs en retraite et « travaux pénibles » : l'usage des connaissances scientifiques sur le travail et ses risques à long terme pour la santé. *Rap Rech Centre Etudes Emploi* 2005 [38 pp.];19.
- [54] Raoult N, Guérin F. Prévenir la pénibilité : Des engagements aux plans d'action. Paris: Éditions Liaisons sociales 2013.
- [55] Askenazy P, Cartron D, de Coninck F, Gollac M. Organisation et intensité du travail. Toulouse: Octarès Éditions; 2006.
- [56] Pokorski J, Oginski A, Kuleta J, Hoszowski A, Schmidt K. Physiological response to shiftwork in blast-furnace workers. In: Oginski A, Pokorski J, Rutenfranz J, editors. *Contemporary advances in shiftwork research: theoretical and practical aspects in the late eightie*. Frankfurt: Dares, Premières Synthèses. 1987. p. 355–64.
- [57] Barthe B, Quéinnec Y, Verdier F. L'analyse de l'activité en postes de nuit: bilan de 25 ans de recherches et perspectives. *Le Travail Humain* 2004;67(1):41–61.
- [58] Pavageau P. Les effets conjoints du travail et des horaires alternants sur la santé des agents de surveillance des établissements pénitentiaires [Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé]. *Interdiscip Travail Sante* 2006;8-2. <http://dx.doi.org/10.40/pistes.3022>. <http://pistes.revues.org/3022>.
- [59] Prunier-Poulmaire S. Décalage d'horaires et autres contraintes de travail. In: Thébaud-Mony A, Davezies P, Vogel L, Volkoff S, editors. *Les risques du travail : pour ne pas perdre sa vie à la gagner*. La découverte: Paris; 2015.
- [60] Volkoff S, Molinie AF. Éléments pour une démographie du travail. In: Marquié JC, Paumès D, Volkoff S, editors. *Le travail au fil de l'âge*. Toulouse: Octarès Ed., Collection travail; 1995. p. 99–119.

Original Article

Trends in the Control Strategies for Occupational Exposure to Carcinogenic, Mutagenic, and Reprotoxic Chemicals in France (2003–2010)

Nathalie Havet^{1*}, Alexis Penot², Morgane Plantier³, Magali Morelle⁴,
Béatrice Fervers^{5,6} and Barbara Charbotel⁷

¹Université Claude Bernard Lyon 1, ISFA, Laboratoire SAF, Université de Lyon, 50, avenue Tony Garnier 69007 Lyon, France; ²ENS Lyon, GATE-UMR 5824-CNRS, Université de Lyon, 69347 Lyon, France; ³Université Claude Bernard Lyon 1, ISFA, Laboratoire SAF, Université de Lyon, 69007 Lyon, France; ⁴Cancer Centre Léon Bérard, Direction de la Recherche Clinique et de l'Innovation, GATE - UMR 5824-CNRS, Université de Lyon, 69373 Lyon, France; ⁵Département Cancer and Environnement, Centre Léon Bérard, Université de Lyon, 69008 Lyon, France; ⁶INSERM 1052, CNRS 5286, Centre de Recherche en Cancérologie de Lyon, Université de Lyon, 69373 Lyon, France; ⁷Université Claude Bernard Lyon 1, IFSTTAR, UMRESTTE, Centre Hospitalier Lyon Sud Service des maladies professionnelles, Hospices Civils de Lyon, Université de Lyon, 69373 Lyon, France

*Author to whom correspondence should be addressed. Tel: +33-4-37-28-74-39; fax: +33-4-37287632; e-mail: nathalie.havet@univ-lyon1.fr

Submitted 30 August 2018; revised 13 February 2019; editorial decision 13 February 2019; revised version accepted 9 April 2019.

Abstract

Background: European directives stipulate that French employers take all available measures to reduce the use of carcinogenic, mutagenic, and reprotoxic (CMR) chemicals. Our study explores the trends for the various control measures that are available to employees exposed to CMR agents, at two time points (2003 and 2010).

Methods: Our study assessed data from the 2003 and the 2010 French national cross-sectional survey of occupational hazards (SUMER). The availability of collective protections (source-based controls and general ventilation) and personal protective equipment (PPE) was explored. Trends in the availability of protective measures were studied using multilevel logistic regressions.

Results: Exposure situations without any protective measures decreased considerably between 2003 and 2010 (29.9% versus 17.9%, respectively). The increase in the proportion of exposure situations involving source-based controls (e.g. an isolation chamber and local exhaust ventilation) was, however, much less. Multiple regression analysis showed that the protection strategies depended on the job characteristics (e.g. work schedules, the employment contract, and the occupation) as well as the size of the company. There were noticeable changes between 2003 and 2010. For example, differences in protections available between full-time and part-time workers disappeared in the 7-year period, whereas those between executives/managers and other employees increased, as did the gaps between large and small companies.

Conclusions: Although the overall increase in exposure situations involving protective measures masks a number of differences in exposure between employee categories, it is a step in the right direction. Source-based controls appeared to be implemented more for exposures with the longest durations, and PPE was very often combined with collective protections, which is what is currently recommended.

Keywords: carcinogens; occupational exposure; protection measures

Introduction

Although significant advances have been made in the fight against cancer, this disease remains a key public health concern and a tremendous burden on European societies. It is the second highest cause of death in the European Union (EU): in 2014, almost 1.3 million people died of cancer (Eurostat, 2017). Four to ten percent of all cancer deaths in the EU are thought to be work related (Kogevinas *et al.*, 1997; Rushton *et al.*, 2008; European Agency for Safety and Health at Work, 2012). Furthermore, occupational cancers are estimated to account for 57% of the annual number of work-related deaths (Takala *et al.*, 2014). The World Health Organization (WHO) has indicated that this is a result of the widespread use of various carcinogenic substances (World Health Organisation, 2007). The WHO has, therefore, urged governments and industry parties to ensure that workplaces are equipped with adequate means to meet the recommended health and safety standards.

EU Directive 2004/37/EC on the protection of workers from the risks related to exposure to carcinogenic, mutagenic, and reprotoxic (CMR) agents in the workplace sets specific obligations for employers. For example, they are required to take all available measures to reduce the use of CMR agents by replacing them with entities and processes that pose less or no danger. If elimination or substitution of CMR agents is not technically feasible, other measures should be used to lower the exposure level as much as possible. Collective protections, corresponding to engineering controls (e.g. physical enclosure, local exhaust ventilation, and mechanization of specific procedures) should be implemented preferentially over the use of personal protective equipment (PPE; e.g. gloves, gowns, overalls, boots, and face shields). The use of PPE should be limited to situations when all other measures either cannot be applied or are not sufficiently effective.

According to the results of a French national cross-sectional survey of occupational hazards (SUMER), the prevalence of worker exposures to at least one CMR agent decreased in France from 13.7% in 2003

to 10.6% in 2010 (Havet *et al.*, 2017). This article examines whether there was a discernible increase in protective measures in this 7-year period for the remaining exposure situations. In particular, we wished to determine whether the exposure situations without collective protection decreased significantly. If such a decrease could be confirmed, was it more pronounced for specific employee profiles or with certain types of companies?

Methods

Study population

The SUMER survey is a national cross-sectional survey that is conducted periodically by the French Ministry of Labour and the French Directorate for Research, Studies, and Statistics to assess occupational risks among a representative sample of the French employee population (Heran-Le Roy *et al.*, 1999; Guignon and Sandret, 2013; Cavet and Léonard, 2013; European Agency for Safety and Health at Work, 2014). The survey is based on two-level sampling involving volunteer physicians (1800 in 2003 and 2400 in 2010), who over a 3-month period randomly selected employees (56 345 in 2003 and 53 940 in 2010) who had undergone their mandatory periodical medical check-ups. In 2003, 49 984 workers consented to participate, whereas in 2010 this number was 47 983 (i.e. a response rate of 89% for both of the surveys). The occupational physicians assessed the employees' potential exposures to ~80 chemical agents (83 in 2003 and 89 in 2010) over a 1-week period. They relied on employee statements and their expertise, based on their knowledge of the field and the job process of the company or the employee's position. In case of doubt, they could perform a more in-depth workplace assessment. The 2003 SUMER survey was repeated in 2010 using the same methodology to allow comparability over time. Minor differences between the two editions involved:

- The target population covered by the SUMER survey (17.5 and 21.7 million employees representing 80% and 92% of all French employees in 2003 and

2010, respectively). We restricted our analysis to the common scope of the two surveys, i.e. workers from all industries in the private sector and in public hospitals in metropolitan France.

- The list of chemical agents was extended between 2003 and 2010 based on policy advancements and substitutions undertaken by companies, as well as a result of increased knowledge regarding toxicities (Arnaudo *et al.*, 2012). Nevertheless, for CMR agents, the difference between the two surveys is limited to the family of glycol ethers that was not assessed in 2003. Overall, 27 CMR agents, classified as being carcinogenic or probably carcinogenic or mutagenic to humans by the International Agency for Research on Cancer (IARC; groups 1 and 2a) or classified as known, presumed, or suspected to have CMR potential for humans by the EU regulations (categories 1 and 2 of the classification) were identified as being common to both surveys. A list of these 27 selected agents and their characteristics is shown in Table 1.

Assessment of occupational exposures

A total of 7408 workers in 2003 and 4658 in 2010 were exposed to one or more CMR agents at their workplace. Owing to multiple types of exposures for some workers, this corresponded to 11 381 and 6988 identified exposure situations (i.e. the exposure of a worker to a particular entity from the list of the 27 CMR agents) in 2003 and 2010, respectively. For each of these situations, the occupational physician made an assessment of the duration and the intensity (reported as categorical variables; see Table 2), as well as the existing collective protection and the PPE made available to the employee. In particular, the physician had to report one and only one of the following six different scenarios for collective protection for each exposure: (i) ‘no collective protection’; (ii) ‘general ventilation’, which dilutes the pollutant by adding a certain amount of fresh air into the work area; (iii) ‘local exhaust ventilation’, which consists of channelling the flow of pollutants into a ventilation or exhaust system, thereby avoiding their release into the atmosphere of the workplace; (iv) ‘isolation chamber’, allowing for maximum containment of the products or processes, thereby avoiding any contact between the users and the products involved. Work in an isolation chamber requires that all steps of the procedure (e.g. transfer, transport of the product(s), and cleaning and maintenance) abide by this complete confinement. This can result in mechanization of the process as well as adaptation or automatization of specific tasks; (v) ‘other

collective protection’; and (vi) ‘availability of collective protection not specified’. In addition, the physician also reported whether the company provided workers with three types of PPE: ‘cutaneous’ protection, ‘respiratory’ protection, and ‘eye’ protection. However, the physicians did not directly evaluate the efficiency of the protective measures for the exposure situation in question, and they based their assessment of the intensity of exposure only on whether or not collective protection measures were available.

Statistical methods

For situations for which the physicians had reported information on collective protection (8530 observations in 2003 and 5397 in 2010), four indicators (binary variables) were created to investigate the trends in the control strategies for CMR exposure. The first, which combined the different types of protection measures, was equal to 1 when ‘no protection measures’ (collective or individual) were available and 0 otherwise. To study the collective protection, we then carried out the analyses using two variables that grouped the different scenarios: a dichotomous variable was equal to 1 if, for a given exposure situation, there was a ‘source-based control’ (i.e. local exhaust ventilation, an isolation chamber, or other collective protection) and 0 if not, and a dichotomous variable that was equal to 1 if there was a ‘general ventilation’ system and 0 if not. The general ventilation system was separated from all of the other collective protection measures because, in theory, general ventilation offers more limited protection against CMR entities, as it does not prevent direct inhalation of CMR agents by employees (INRS, 2015). Finally, the analysis of individual protection was also carried out using a dichotomous variable that indicated whether ‘at least one PPE’ had been made available.

After the descriptive statistics (Table 1 and Supplementary Table 1, available at *Annals of Occupational Hygiene* online), four separate multiple logistic regressions with random effects (Hox *et al.*, 2010; Rabe-Hesketh and Skrondal, 2012) were performed with the four dichotomous variables as dependent variables (Table 3). They were estimated, at the exposure situations level, on the pooled sample based on observations from the two waves of the survey, after eliminating exposure situations for which the physician had not reported information on protective measures and for which we had missing values for covariates (e.g. ‘undeclared’ durations) (For the exposure situations for which availability of collective protection were not specified, our four dependent had missing values).

Table 1. Characteristics of the 27 CMR agents identified in the SUMER database and the evolution of the protective measures associated between 2003 and 2010.

Agents	European Union classification ^b	BOELV	Applicable substitution ^c	Exposure rate per 1000 employees		Existence of protection measures							
				No protection (%)		Source-based controls (%)		General ventilation (%)		PPE (%)			
				2003	2010	2003	2010	2003	2010	2003	2010	2003	2010
All exposure situations						29.90	17.90	29.80	34.10	19.90	26.70	49.90	62.40
Acrylamide	C2, M2	No	Yes	1.59	1.41	25.60	16.30	31.20	40.10	19.60	23.90	69.90	74.30
Aromatic amines	C1, C2	No	Yes	4.38	3.09	9.10	3.90	42.20	39.70	8.40	39.60	83.00	92.70
Arsenic and arsenic compounds	C1	No	Yes	0.79	0.37	15.00	0.00	62.40	72.00	5.30	16.70	72.70	100
Asbestos	C1	Yes	No	6.09	3.86	29.00	14.70	21.50	45.60	14.70	10.70	55.40	80.80
Benzene	C1, M2	Yes	Yes	2.71	1.72	18.70	7.20	53.10	54.90	15.40	15.40	53.70	79.50
Bitumen and coal tar	C1	No	Yes	6.69	5.12	21.40	10.80	15.60	9.80	13.10	34.80	71.50	80.60
Cadmium and cadmium compounds	C2, M2-M3, R2-R3	No	Yes	1.58	1.8	20.70	3.50	54.80	30.00	14.80	15.40	59.80	85.10
Chromium and its compounds (except stainless steel)	C1-C3, M2	No	No	6.17	5.01	16.70	8.40	48.40	41.20	15.40	23.60	66.10	73.30
Cobalt and its compounds	C2	No	No	2.72	3.55	18.20	4.00	48.40	39.40	12.00	23.30	62.10	76.90
Crystalline silica		Yes	No	15.37	15.5	30.60	9.20	28.20	25.60	17.10	15.30	56.70	83.30
Cytostatics		No	No	3.96	2.48	4.30	0.60	45.10	40.90	16.70	24.80	90.90	97.50
Diesel engine exhaust	C3	No	No	41.58	36.85	58.50	43.10	16.20	20.40	20.00	26.30	10.90	22.10
Dimethylformamide, dimethylacetamide				2.19	1.77	0.00	8.60	73.50	57.20	17.00	18.00	91.60	80.50
Formaldehyde (except resin, glue)	C3	No	Yes	8.78	6.67	12.90	7.40	24.00	37.10	33.70	39.30	75.60	74.30
Fume emission from metallurgical and electro-metallurgical processes		No	No	5.31	3.89	10.30	5.10	44.50	41.20	34.10	38.20	54.70	72.10
Halogenated aromatic hydrocarbons and/or aromatic nitro compounds ^d	C2	No	No	5.95	5.2	21.00	14.80	38.50	25.50	22.50	32.20	59.40	75.80
Lead and its compounds	R1	Yes	Yes	7.42	5.72	26.80	6.60	36.10	34.80	17.10	13.80	59.10	83.80
Metallic carbide		No	No	2.08	2.1	26.60	3.60	51.50	25.90	11.20	16.50	44.40	86.00
Mineral oil		No	Yes	38.24	25.75	33.20	15.50	16.30	14.90	20.30	32.10	51.40	74.20
Nickel compounds	C1	No	No	5.59	4.93	24.70	4.60	41.40	29.30	15.10	17.90	59.20	84.50
Phenol-formaldehyde resin, urea-formaldehyde, melamine-formaldehyde	C3	No	No	2.25	1.31	19.90	10.90	37.50	42.50	26.20	10.20	55.20	65.20
Phthalates	R2	No	Yes	1.89	2.97	8.90	16.10	45.40	20.40	28.60	50.20	65.30	45.60
Refractory ceramic fibres	C2	Yes	Yes	5.95	4.03	33.00	20.80	21.40	23.10	24.10	39.80	47.30	66.00

Table 1. Continued

Agents	European Union classification ^b	BOELV	Applicable substitution ^c	Exposure rate per 1000 employees		Existence of protection measures							
				No protection (%)		Source-based controls (%)		General ventilation (%)		PPE (%)			
				2003	2010	2003	2010	2003	2010	2003	2010	2003	2010
Rubber fume		No	No	2.19	0.68	21.90	1.70	44.40	57.10	21.40	35.40	32.80	52.80
Tetrachloroethylene	C3	No	Yes	2.71	1.54	20.40	22.60	39.10	55.00	17.60	17.70	48.20	53.40
Trichloroethylene	C2	No	Yes	8.78	3.22	34.90	35.70	25.60	9.70	21.30	22.00	45.10	56.70
Wood dust	C1	Yes	No	21.71	18.38	30.00	12.30	42.40	48.10	11.80	10.90	43.30	69.30

^aThis category includes several substances (chlorobenzenes, chlorotoluens, bromotoluens, nitrobenzenes, nitrotoluen) only few of them with a binding occupational exposure limit value (BOELV) and generally not substitutable.

^bThe classification of carcinogenic, mutagenic, and reprotoxic substances, according to the European Union (classification in effect in 2010), consists of the following categories: C1 = substances known to be carcinogenic to humans; C2 = substances that should be regarded as if they are carcinogenic to humans; C3 = substances that cause concern for humans, owing to possible carcinogenic effects but in respect of which the available information is not adequate for making a satisfactory assessment; M1 = substances known to induce hereditary mutations in the germ cells of humans; M2 = substances of concern because they could induce hereditary mutations in the germ cells of humans; M3 = substances that cause concern for man owing to possible mutagenic effects; R1 = substances known to be toxic for human reproduction; R2 = substances suspected of being toxic for human reproduction; R3 = substances that cause concern for human fertility.

^cIn our analyses we considered exposure situations rather than CMR agents as such. Thus, we considered current asbestos exposures as not substitutable, given that to date these mainly result from asbestos removal activities. Similarly, because a large part of diesel exhaust exposures is related to diesel vehicle maintenance and repair, we considered diesel exhaust as not substitutable.

A dichotomous variable identifying the edition of the SUMER survey and interaction terms between explanatory variables and this dichotomous variable were introduced in the four regressions. This allowed determination of whether the effect of the various factors had increased or decreased during the 7-year analysis period. The main effect was for the 2003 survey and the interaction terms measured change since 2003. More specifically, if for a given explanatory variable the associated interaction term was not statistically significant, this meant that the effect of this variable on the protection measures analysed remained constant between 2003 and 2010. If the interaction term was statistically significant and had the same sign as the main effect of the variable, then it could be concluded that the effect of this variable had increased between the two surveys. Conversely, if the interaction term was significant and had the opposite sign as the main effect, it indicates that the effect of the variable considered had decreased.

The covariates included in these models were three variables describing employee characteristics (gender, age, and seniority), six variables related to job characteristics (employment contract; work hours; work schedules such as shift work, night work, work on Sunday; and occupation), and four company characteristics [the industry sector, company size, geographical location, and the presence of a committee for health, safety, and work conditions (CHSCT)] (see Table 3 for the definition of these categories). In addition, we enriched the SUMER database and our models with four dummy variables of regulations for CMR agents (Table 1, col. 2–4):

- Two dummy variables indicating whether the product was classified as category 1 (i.e. a known or presumed CMR) or as category 2 (i.e. a suspected CMR) by the EU. These products are subject to more stringent regulations in terms of prevention and control (Articles R.4412–1, R.4412–93, French Labour Code) than agents classified as carcinogens solely by the IARC.
- A variable was coded ‘1’ if a binding occupational exposure limit value (occupational exposure limit values that take account of socio-economic and technical feasibility factors) (Articles R. 231–58, R. 4412, FLC) was in place for a CMR agent before 2010 and ‘0’ otherwise.
- A variable was coded ‘1’ when the CMR agent was substitutable, based on its principal use, as specified by the French National Institute for Research, Occupational Safety and Health (www.inrs.fr); and by the French Agency for Food,

Table 2. Assessment of exposure situations.

	Duration		Intensity		Collective protection		PPE			
	2003	2010	2003	2010	2003	2010	2003	2010		
<2 h	46.0%	47.3%	Very low	38.8%	No collective protection	38.39%	34.68%	Cutaneous protection (yes/no)	37.99%	42.90%
2–10 h	26.8%	27%	Low, <50% of the short-term exposure limit (STEL) value	33.1%	General ventilation	13.95%	18.33%	Respiratory protection (yes/no)	19.72%	31.34%
10–20 h	8.2%	7.5%	High, ~50% of the STEL	8.2%	Local exhaust ventilation	15.00%	12.88%	Eye protection (yes/no)	19.73%	26.48%
≥20 h	17.6%	15.1%	Very high, exceeding the STEL	1.4%	Isolation chamber	2.75%	1.32%			
Undeclared	1.5%	3.2%	Unknown	18.5%	Other collective protection	3.63%	6.80%			
No. of observations	11 381	6988		6988	No. of observations	11 381	6988		11 381	6988

For each exposure situation, the occupational physician had to tick the most relevant category for the duration, intensity of exposure, and presence of collective protection. The sum of the percentages presented in each of these columns is therefore 100%. On the other hand, the physician assessed respectively whether cutaneous protection (yes/no), respiratory protection (yes/no), and eye protection (yes/no) were made available to the exposed worker. Thus, the sum of the percentages in the PPE columns can be > 100% because each exposed worker could have several types of PPE at their disposal.

Table 3. Associations between job and company characteristics and the probability of not benefiting from protections (model 1), of benefiting from source-based controls (model 2), general ventilation (model 3), and PPE (model 4) against CMR exposures (multiple random effect logit models).

	No protection available ^a		Source-based controls ^b		General ventilation ^c		PPE ^d	
	Main effect coef. (P-value)	Interaction coef. (P-value)	Main effect coef. (P-value)	Interaction coef. (P-value)	Main effect coef. (P-value)	Interaction Coef. (P-value)	Main effect coef. (P-value)	Interaction coef. (P-value)
Gender								
Men	Reference		Reference		Reference		Reference	
Women	-0.14 (0.182)	-0.30 (0.149)	0.17 (0.054)*	-0.01 (0.947)	0.06 (0.521)	0.14 (0.359)	0.04 (0.679)	-0.14 (0.387)
Age								
Age	0.00 (0.496)	0.00 (0.600)	-0.01 (0.103)	-0.00 (0.658)	-0.00 (0.177)	0.01 (0.307)	0.00 (0.505)	-0.01 (0.296)
Job seniority								
<1 year	Reference		Reference		Reference		Reference	
1-3 years	-0.02 (0.864)	0.22 (0.917)	0.07 (0.606)	-0.16 (0.431)	-0.14 (0.375)	0.32 (0.139)	0.21 (0.123)	-0.05 (0.818)
4-9 years	0.01 (0.959)	0.03 (0.901)	0.11 (0.452)	-0.06 (0.779)	-0.15 (0.323)	0.16 (0.480)	0.21 (0.123)	-0.06 (0.757)
10 years or more	-0.02 (0.865)	0.06 (0.793)	0.12 (0.431)	0.09 (0.695)	-0.04 (0.808)	-0.01 (0.966)	0.15 (0.298)	-0.10 (0.634)
Employment contract								
Civil servants, workers with specific status ^e	Reference		Reference		Reference		Reference	
Fixed-term contract (apprentice, temporary worker, fixed-term contract, seasonal and occasional workers)	0.24 (0.330)	-0.73 (0.041)**	0.96 (<0.001)***	-0.48 (0.097)*	-0.24 (0.246)	0.60 (0.033)**	-0.61 (0.004)***	1.29 (<0.001)***
Permanent contract	0.31 (0.156)	-0.81 (0.006)***	0.66 (<0.001)***	-0.12 (0.599)	-0.10 (0.537)	0.34 (0.114)	-0.57 (0.001)***	0.99 (<0.001)***
Work hours								
Full-time	Reference		Reference		Reference		Reference	
Part-time	0.24 (0.102)	-0.50 (0.049)**	-0.52 (0.001)***	0.66 (0.003)***	0.06 (0.679)	0.04 (0.851)	0.02 (0.862)	-0.35 (0.109)
Shift work								
No	Reference		Reference		Reference		Reference	
Yes	-0.28 (<0.001)***	-0.12 (0.417)	0.13 (0.064)*	-0.10 (0.383)	0.38 (<0.001)***	-0.14 (0.220)	0.06 (0.393)	0.11 (0.357)
Night work								
No	Reference		Reference		Reference		Reference	
Yes	0.08 (0.296)	-0.09 (0.554)	-0.05 (0.453)	0.13 (0.270)	-0.03 (0.651)	0.05 (0.666)	0.04 (0.606)	0.20 (0.106)
Work on Sundays								
No	Reference		Reference		Reference		Reference	
Yes	0.25 (0.001)***	0.01 (0.931)	-0.26 (<0.001)***	-0.03 (0.809)	-0.17 (0.023)**	0.08 (0.466)	0.03 (0.715)	0.12 (0.305)

Table 3. Continued

	No protection available ^a		Source-based controls ^b		General ventilation ^c		PPE ^d	
	Main effect coef. (P-value)	Interaction coef. (P-value)	Main effect coef. (P-value)	Interaction coef. (P-value)	Main effect coef. (P-value)	Interaction Coef. (P-value)	Main effect coef. (P-value)	Interaction coef. (P-value)
Occupation ^f								
Executives and managers	Reference		Reference		Reference		Reference	
Technicians and associate professionals	-0.10 (0.544)	0.60 (0.076)*	-0.20 (0.159)	0.18 (0.419)	-0.16 (0.342)	0.07 (0.771)	0.76 (0.005)**	-0.61 (0.012)**
Clerks and services workers	0.33 (0.131)	1.02 (0.009)**	-1.26 (0.001)**	0.19 (0.553)	-0.09 (0.681)	0.31 (0.330)	0.59 (0.005)**	-0.67 (0.032)**
Skilled blue-collar workers	0.37 (0.034)**	0.66 (0.048)**	-0.73 (<0.001)**	0.17 (0.436)	-0.33 (0.063)*	0.21 (0.404)	0.68 (<0.001)**	-0.56 (0.022)**
Unskilled blue-collar workers and agricultural workers	0.57 (0.002)**	0.31 (0.370)	-0.94 (<0.001)**	0.28 (0.253)	-0.38 (0.043)**	0.29 (0.293)	0.60 (<0.001)**	-0.54 (0.034)**
Industry sector								
Production, manufacturing, and construction	Reference		Reference		Reference		Reference	
Installation, repair, and maintenance	0.59 (<0.001)**	-0.24 (0.130)	-0.32 (0.001)**	-0.18 (0.216)	-0.09 (0.405)	0.08 (0.612)	-0.63 (<0.001)**	0.32 (0.030)**
Engineering, research, and development (R&D) activities	0.02 (0.772)	-0.61 (<0.001)**	-0.21 (0.002)**	0.22 (0.044)**	0.24 (0.001)**	0.07 (0.547)	-0.18 (0.005)**	0.38 (<0.001)**
Other	-0.51 (0.008)**	0.05 (0.902)	0.51 (<0.001)**	0.50 (0.020)**	-0.02 (0.917)	-0.90 (<0.001)**	0.07 (0.634)	0.09 (0.703)
Company size								
1-9 Employees	Reference		Reference		Reference		Reference	
10-49 Employees	-0.13 (0.092)*	0.01 (0.919)	0.05 (0.564)	0.07 (0.574)	-0.05 (0.575)	0.11 (0.453)	0.01 (0.885)	0.14 (0.268)
50-199 Employees	-0.17 (0.110)	-0.24 (0.187)	-0.07 (0.567)	0.17 (0.325)	0.27 (0.035)**	-0.14 (0.455)	-0.01 (0.932)	0.23 (0.180)
200-499 employees	-0.58 (<0.001)**	-0.56 (0.025)**	0.16 (0.232)	-0.02 (0.924)	0.42 (0.004)**	0.04 (0.858)	0.30 (0.020)**	0.09 (0.672)
500 or more employees	-0.63 (<0.001)**	-0.44 (0.067)*	0.39 (0.002)	-0.15 (0.450)	0.43 (0.002)**	0.41 (0.047)**	0.08 (0.533)	0.35 (0.079)*
Geographical location of company ^g								
Center	Reference		Reference		Reference		Reference	
Ile de France	0.01 (0.889)	-0.41 (0.028)**	0.13 (0.203)	-0.17 (0.305)	-0.38 (0.001)**	0.35 (0.060)*	0.18 (0.063)*	0.11 (0.519)
Rhône-Alpes	-0.16 (0.124)	-0.41 (0.035)**	0.47 (<0.001)**	-0.51 (0.002)**	-0.10 (0.418)	0.17 (0.366)	-0.37 (<0.001)**	0.75 (<0.001)**
Alsace Lorraine	-0.69 (<0.001)**	0.22 (0.253)	0.28 (0.003)**	-0.51 (0.002)**	0.21 (0.030)**	0.11 (0.512)	0.22 (0.013)**	0.01 (0.931)
Provence-Alpes-Côte d'Azur	-0.81 (<0.001)**	-0.05 (0.852)	-0.16 (0.315)	0.22 (0.322)	0.62 (<0.001)**	-0.25 (0.247)	0.62 (<0.001)**	0.27 (0.221)
Nord	-0.29 (0.014)	-0.16 (0.431)	-0.17 (0.136)	-0.01 (0.961)	0.59 (<0.001)**	-0.31 (0.088)*	0.13 (0.234)	0.01 (0.958)

Table 3. Continued

	No protection available ^a		Source-based controls ^b		General ventilation ^c		PPE ^d	
	Main effect coef. (P-value)	Interaction coef. (P-value)	Main effect coef. (P-value)	Interaction coef. (P-value)	Main effect coef. (P-value)	Interaction Coef. (P-value)	Main effect coef. (P-value)	Interaction coef. (P-value)
Ouest	0.14 (0.144)	-0.31 (0.066)*	0.00 (0.951)	0.14 (0.385)	-0.26 (0.020)**	0.03 (0.865)	-0.13 (0.159)	0.17 (0.290)
Limousin-Auvergne	-0.09 (0.490)	-0.57 (0.024)**	0.20 (0.144)	-0.38 (0.084)*	0.21 (0.147)	0.24 (0.274)	-0.37 (0.005)***	0.35 (0.108)
Poitou-Charentes	0.15 (0.150)	-0.93 (<0.001)***	-0.05 (0.676)	-0.09 (0.620)	-0.40 (0.002)***	1.04 (<0.001)***	-0.00 (0.991)	0.02 (0.921)
Others	-0.38 (0.005)***	-0.33 (0.183)	0.03 (0.814)	0.02 (0.919)	-0.00 (0.995)	0.47 (0.030)**	0.03 (0.791)	0.59 (0.007)***
Presence of a committee for health, safety, and working conditions								
No	Reference		Reference		Reference		Reference	
Yes	-0.37 (<0.001)***	0.25 (0.112)	0.49 (<0.001)***	-0.27 (0.060)*	-0.06 (0.594)	0.13 (0.396)	0.34 (<0.001)***	-0.16 (0.278)
Product considered as CMR by EU								
Not classified	Reference		Reference		Reference		Reference	
Category 1 ^b	-0.14 (0.663)	-0.32 (0.030)**	0.32 (0.206)	-0.10 (0.330)	-0.51 (<0.001)***	0.37 (0.002)***	0.51 (0.182)	0.11 (0.331)
Category 2 ⁱ	0.07 (0.842)	0.01 (0.972)	0.17 (0.526)	-0.14 (0.279)	-0.08 (0.550)	0.15 (0.269)	0.11 (0.776)	-0.05 (0.672)
Product with BOELV ⁱ								
No	Reference		Reference		Reference		Reference	
Yes	0.07 (0.823)	0.06 (0.669)	0.12 (0.611)	0.03 (0.751)	0.06 (0.621)	-0.59 (<0.001)***	-0.18 (0.624)	0.01 (0.920)
Substitutability of agent ^k								
No	Reference		Reference		Reference		Reference	
Yes	-0.34 (0.209)	0.12 (0.250)	-0.04 (0.854)	-0.24 (0.008)***	0.13 (0.220)	0.09 (0.340)	0.45 (0.161)	-0.07 (0.417)
Duration of exposure								
<2 h	Reference		Reference		Reference		Reference	
2-10 h	-0.36 (<0.001)***	0.13 (0.240)	0.41 (<0.001)***	-0.12 (0.248)	0.25 (<0.001)***	-0.23 (0.027)**	-0.10 (0.127)	0.12 (0.262)
10-<20 h	-0.50 (<0.001)***	0.17 (0.369)	0.49 (<0.001)***	0.13 (0.404)	0.41 (<0.001)***	-0.48 (0.003)***	-0.01 (0.882)	-0.05 (0.773)
20 h or more	-0.62 (<0.001)***	0.07 (0.631)	0.74 (<0.001)***	-0.12 (0.294)	0.35 (<0.001)***	-0.25 (0.046)**	-0.14 (0.054)*	0.15 (0.237)
Availability of source based controls ^l								
No	—	—	—	—	—	—	Reference	—
Yes	—	—	—	—	—	—	0.51 (<0.001)***	-0.09 (0.383)
Availability of general ventilation ^m								
No	—	—	—	—	—	—	Reference	—
Yes	—	—	—	—	—	—	0.64 (<0.001)***	-0.45 (<0.001)***

Table 3. Continued

Year	No protection available ^a		Source-based controls ^b		General ventilation ^c		PPE ^d	
	Main effect coef. (P-value)	Interaction coef. (P-value)	Main effect coef. (P-value)	Interaction coef. (P-value)	Main effect coef. (P-value)	Interaction coef. (P-value)	Main effect coef. (P-value)	Interaction coef. (P-value)
2003	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference
2010	-0.30 (0.587)	—	0.75 (0.092)*	—	-0.60 (0.199)	—	0.15 (0.743)	—
Intraclass correlation coefficient	0.11	—	0.07	—	0.01	—	0.15	—
Percentage of correct predictions	77.21	—	72.54	—	77.42	—	72.09%	—
No. of observations ⁿ	13 683	—	13 683	—	13 683	—	13 683	—

^aEqual to 1 if no protection measures (collective or individual) were available and 0 otherwise.

^bEqual to 1 if there was a source-based control (i.e. local exhaust ventilation, an isolation chamber, or other collective protection) and 0 otherwise.

^cEqual to 1 if there was a general ventilation system and 0 otherwise.

^dEqual to 1 if there was at least one PPE available and 0 otherwise.

^eWorkers with specific status are employees working in government-owned or controlled corporations and who enjoy a special status [SNCF (national railways), the RATP (Parisian transport), the electrical and gas companies (EDF and GDF, etc.)].

^fRespondent's occupation, regrouped into six categories using the French classification of occupations and socio-professional categories (PCS); close to the international Standard Classification of Occupation (ISCO).

^gThe 23 French administrative regions available in the database, regrouped into ten categories: Center (Centre, Bourgogne, Champagne Ardennes); Ile de France; Rhône-Alpes; Alsace-Lorraine (Lorraine, Alsace and Franche-Comté); Provence-Alpes-Côte d'Azur; Nord (Nord-Pas de Calais, Picardie, Haute-Normandie); Ouest (Pays de Loire, Bretagne, Basse-Normandie); Limousin-Auvergne (Limousin, Auvergne); Poitou-Charentes (Poitou-Charentes, Aquitaine); and Others (Midi-Pyrénées, Languedoc-Roussillon, Corse, Région Outre-mer).

^hEqual to 1 if the product was classified as a known or presumed CMR (category 1) by the European Union and 0 otherwise.

ⁱEqual to 1 if the product was classified as a suspected CMR (category 2) by the European Union and 0 otherwise.

^jEqual to 1 if a binding occupational exposure limit value (BOELV) was in place for a CMR agent before 2010 and 0 otherwise.

^kEqual to 1 if the CMR agent was substitutable and 0 otherwise.

^lEqual to 1 if there was a source-based control and 0 otherwise.

^mEqual to 1 if there was a general ventilation system and 0 otherwise.

ⁿObservations in 2003 and 2010 (without the observations with missing data for the variables included in the models).

***Significance at the 1% level, ** at the 5% level, and * at the 10% level.

Environmental, and Occupational Health and Safety (www.substitution-cmr.fr).

We also introduced the duration of the exposure (we did not include an intensity variable because the physicians based their assessment of intensity only on the presence or not of collective protection measures) to the CMR agents (with four dummy variables) in all of the models and dichotomous variables identifying the presence of collective protection (e.g. general ventilation and source-based controls) in the model explaining PPE to determine whether companies used collective and individual protections as complementary or substitutable measures.

Finally, heterogeneity in the implemented protections for the 27 identified CMR agents was taken into account by a random intercept. In other words, the intercept of our models was allowed to vary from one CMR agent to another (in a logistic regression with random effects, the random intercept (u_i) is assumed to follow a normal distribution $\mathcal{N}(0, \sigma_u^2)$). Thus, regressions made it possible to quantify the effect of each covariate, once the agent differences had been controlled at a sufficiently disaggregated level (Rabe-Hesketh and Skrondal, 2012).

The statistical analyses were performed using STATA, version 14 software (StataCorp, College Station, TX, USA).

Results

Table 2 summarizes the information reported by physicians in all exposure situations (duration, intensity, protective measures) in 2003 and 2010. The duration and intensity of exposures decreased very slightly over the 7-year period. For example, the proportion of exposures with a duration >20 h decreased from 17.6% to 15.1%, and the proportion of exposures assessed as having a 'very high intensity or a high intensity' decreased from 14.5% to 9.6%. At the same time, the availability of protective measures (collective, PPE) appears to have increased. To better understand this evolution, we limit our sample for the rest of our analysis to situations for which information on collective protection is available.

A decrease in exposure situations without protective measures between 2003 and 2010

Table 1 presents the overall changes in protective measures for CMR exposures between 2003 and 2010, and it details the product-by-product changes. The proportion of exposure situations without any protection (neither collective nor PPE) decreased from 29.9% in 2003 to 17.9% in 2010. This decrease was due to greater availability of PPE (+12.5 percentage points)

between the two surveys and more widespread general ventilation systems (+6.8 percentage points). The increase in the proportion of exposure situations involving source-based controls (isolation chamber, local exhaust ventilation, other collective protection) was much lower (+4.3 percentage points), despite the fact that this type of protection is considered *a priori* to be the best protection measure against the risks associated with CMR agents. These trends were observed for all of the employee and company categories (Supplementary Table 1, available at *Annals of Occupational Hygiene* online).

The availability of protective measures increased for all of the exposures to CMR agents, except for those associated with four chemical entities: dimethylformamide and dimethylacetamide (+2 points for the situations without any protection), phthalates (+7 points), tetrachloroethylene (+2 points), and trichloroethylene (+1 point). For nickel, cadmium, and metallic carbide exposures, a clear decrease in the frequency of the use of source-based controls occurred (from -12 to -26 points), whereas the availability of PPE increased (from +25 to +44 points). The decrease in the use of source-based controls for exposures to bitumen-coal tar, chromium, cobalt, and halogenated aromatic hydrocarbons was offset by a simultaneous increase in the use of general ventilation systems and PPE. For all other exposure situations, the combination of collective and individual protection measures increased between 2003 and 2010, which is what has been recommended to achieve risk reduction.

Associations between job and employee characteristics and protective measures

Associations between specific job and employee characteristics and the presence of protective measures against exposures to CMR agents, and their changes between 2003 and 2010, was examined with multiple regression analyses. Table 3 presents the coefficients of the estimates obtained for the four models, and Table 4 presents the marginal effects associated with the main significant factors.

The intraclass correlation coefficients (Table 3) varied from 0.012 to 0.147 in the regressions on protection measures: unobserved product characteristics accounted for 1.12% to 14.7% of the probability of protection being available. The product characteristics had a much greater impact on the availability of PPE.

Situation in 2003

Table 3 (first column) shows that, in 2003, for the exposed employees, those who were employed as blue-collar workers (skilled or unskilled) or who worked in

Table 4. Marginal effects for the main significant determinants (model 1, model 2, model 4).

	No protection available (model 1)		Source-based controls (model 2)		PPE (model 4)	
	Marginal effect		Marginal effect		Marginal effect	
	2003	2010	2003	2010	2003	2010
Employment status						
Civil servants, workers with specific status ^a	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference
Fixed-term contract (apprentice, temporary worker, fixed-term contract, seasonal, and occasional workers)	---	-9.4	+20.3	+20.3	-12.7	+14.4
Permanent contract	---	-10.5	+13.9	+13.9	-12.1	+8.8
Work hours						
Full-time	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference
Part-time	---	-6.4	-10.9	---	---	---
Shift work						
No	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference
Yes	-3.6	-3.6	+2.7	+2.7	---	---
Work on Sundays						
No	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference
Yes	+3.2	+3.2	-5.5	-5.5	---	---
Occupation^b						
Executives and managers	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference
Technicians and associate professionals	---	+7.8	---	---	+16.0	---
Services workers, clerks	---	+13.2	-26.5	-26.5	+12.4	---
Skilled blue-collar workers	+4.7	+13.2	-15.4	-15.4	+14.4	---
Unskilled blue-collar workers and agricultural workers	+7.4	+11.4	-19.9	-19.9	+12.5	---
Industry sector						
Production, manufacturing, and construction	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference
Installation, repair, and maintenance	+7.6	+7.6	-6.8	-10.6	-13.3	-6.6
Engineering, research, and development (R&D) activities	---	-7.9	-4.4	---	-3.8	+4.1
Others	-6.6	-6.6	+10.7	+21.1	---	---
Company size						
1–9 employees	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference
10–49 Employees	---	---	---	---	---	---
50–199 Employees	---	---	---	---	---	---
200–499 Employees	-7.5	-14.8	---	---	+6.2	+6.2
500 or more employees	-8.2	-13.9	+8.3	+8.3	---	+7.4
Presence of a committee for health, safety, and working conditions						
No	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference
Yes	-4.8	-4.8	+10.4	+4.6	+7.2	+7.2
Duration of exposure						
< 2 h	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference
2–10 h	-4.7	-4.7	+8.7	+8.7	---	---
10–<20 h	-6.5	-6.5	+10.3	+10.3	---	---
20 h or more	-8.1	-8.1	+15.6	+15.6	-3.0	-3.0

The skilled blue-collar workers had a lower probability of 15.4 percentage points of benefiting from source-based controls than professionals and managers, whereas there are no significant difference of benefiting from source-based controls between technicians and associate professionals and professionals and managers. --- Deviation not statistically significant from the reference category.

^aWorkers with specific status are employees working in government-owned or controlled corporations and who enjoy a special status [SNCF (national railways), the RATP (Parisian transport), the electrical and gas companies (EDF and GDF, etc.).

^bRespondent's occupation, regrouped into six categories using the French classification of occupation and socio-professional categories (PCS); close to the international Standard Classification of Occupation (ISCO).

the installation, repair, and maintenance sectors were more likely to not benefit from any protective measures (collective or individual), all other things being equal. Conversely, shift work was associated with a higher probability that at least one protection against exposures was made available (+3.6%; [Table 4](#)). Exposed workers in companies with 200 or more employees had a lower probability of protective measures not being available to them. The presence of a CHSCT, which is a mandatory body governing the health and safety protection of employees in organizations with 50 or more employees (in the SUMER survey data, the presence of a CHSCT is reported as follows according to the size of the company: 5.0% for companies with 1–9 employees, 18.3% for companies with 50–199 employees, 80.8% for companies with 50–199 employees, 95.2% for companies with 200–499 employees and 98.2% for companies with 500 or more employees) ([Soudry and Chapouthier-Guillon, 2012](#)), was also significantly associated with a lower probability of not using any protection (–4.8%; [Table 4](#)). All these results are in line with what the descriptive statistics in [Supplementary Table 1](#) (available at *Annals of Occupational Hygiene* online) suggests. However, [Table 3](#) shows that Sunday work was associated with a higher probability of not receiving any protection, whereas the descriptive statistics in [Supplementary Table 1](#) (available at *Annals of Occupational Hygiene* online) indicates that the proportion of exposed individuals not receiving any protection was lower for employees working on Sunday than for the others. These results are not contradictory: they merely show that employees working on Sundays had a lower effective rate of not having any protection available due to their particular profile. For example, they more often worked in companies with 500 or more employees (42% versus 18%) and in shift work (50% versus 21%), two factors that greatly reduced the probability of not having any protection available to them. Thus, once these differences had been controlled for (all other things being equal), it emerged that Sunday work had a positive effect on the probability of no-protection.

[Table 3](#) also provides details on the nature of the protection measures in place in 2003 (models 2–4). For example, the fact that shift workers had a lower probability of not having any protection available was due exclusively to the higher probability of collective protection (source-based controls and general ventilation) being available, because they had an equivalent probability of having PPE available ($P = 0.393$) than similar workers with regular working hours. Similarly, the changes previously mentioned in protection measures for Sunday work were related only to collective protection. Situations with

longer exposure durations also had a greater availability of collective protection (source-based controls, general ventilation). For example, it should be noted that those with exposure durations >20 h were 15% more likely to have source-based controls available than those with exposures of <2 h, but 3% less likely to have PPE available to them, all other things being equal ([Table 4](#)). On the other hand, the presence of a CHSCT in the company increased both the probabilities of collective and individual protection being available in 2003, all other things being equal. In addition, the regressions showed that the nature of the existing protection measures differed between companies with 200–499 employees and companies with 500 or more employees. Exposed employees in companies with 200–499 employees were more likely to receive protection than their counterparts in smaller companies due to the greater availability of general ventilation systems and PPE. Exposed employees in companies with 500 or more employees had a higher probability of being protected due to more frequent availability of source-based controls and general ventilation systems. In 2003, variations in protection strategies were also observed depending on the socio-professional category. Among the exposed workers, unskilled and skilled blue-collar workers had a lower probability of collective protection being available (source-based controls and general ventilation) than executives and managers (–19.9% and –15.4% for source-based controls, respectively), but they were more likely to have PPE at their disposal (+12.5% and +14.4%, respectively; [Table 4](#)). Moreover, executives and managers (the reference category) were more likely to be protected by source-based controls—because the coefficients associated with all socio-professional categories in the ‘source-based model’ were negative—and they had a lower probability in 2003 of having PPE available—because the coefficients associated with all of the socio-professional categories in the ‘PPE model’ were positive. Some differences in protection were also apparent depending on the employment contract. With all other characteristics being equal, source-based controls were more likely to be available for exposed employees with fixed-term contracts than employees with permanent contracts (the coefficient associated with permanent contracts was significantly higher than the coefficient associated with fixed-term contracts), who were themselves more likely to be protected than civil servants (the reference category).

Changes in 2010

The significance of the interaction terms ([Table 3](#)) allowed us to determine whether these differences in protection strategies in 2003 were maintained in 2010 or whether any changes had taken place in the intervening

years. Because the interaction terms associated with shift work and Sunday work were not significant in any of the four models, it could be deduced that the differences in protection strategies for these groups in 2010 were similar in direction and magnitude to those observed in 2003. The same was true for the presence of a CHSCT, except that the difference between companies with and without a CHSCT in regard to the probability of having source-based controls decreased slightly between 2003 and 2010 (significant negative interaction; Table 4). In 2010, situations with longer exposure durations continued to be associated with more source-based controls (interaction not significant), but not with more general ventilation systems (the interaction terms associated with durations were significant and negative in model 3. Because the direct coefficients of these variables were positive, this means that the existing differences for these variables became less between 2003 and 2010. However, as for each of these variables the sum of their coefficient and the coefficient of their interaction term was very close to 0, we could deduce that the reduction in the differences was such that there was no longer any difference in 2010.). In 2010, the difference in the probability of general ventilation systems being available between employees of large companies (500 or more employees) and those of smaller companies was even greater than in 2003. In addition, in 2010, employees of large companies were more likely to have PPE than employees of companies with 200–499 employees, whereas this difference was the other way around in 2003 (Table 4).

A number of the trends in the protection strategies changed between 2003 and 2010. For example, in 2003, source-based controls were less likely to be available for exposed part-time workers than for similar full-time workers. However, this difference was completely eliminated over the course of the 7-year study period (Table 4). We can also note that in 2010, the probability of not having any protection (collective or individual) available was lower for employees on fixed-term contracts or permanent contracts than for civil servants, whereas no significant difference existed in 2003. Indeed, in 2003, employees on fixed-term contracts or permanent contracts were more likely to have source-based controls available but less likely to have PPE than civil servants, all other things being equal. Therefore, their probability of not receiving any protection was statistically identical. However, in 2010, in addition to more source-based controls, for employees on fixed-term contracts, there was also a greater availability of general ventilation systems and PPE than for civil servants and more PPE available for employees on permanent

contracts. As a result, civil servants were more likely than other categories to be without protection in 2010 (~ +10%; Table 4). The probability of being protected by source-based controls remained higher in 2010 for executives and managers than for the other socio-professional categories. In addition, there was as much PPE at their disposal as for the other socio-professional categories, whereas they were at a disadvantage in this regard in 2003 (Table 4).

Finally, in the model explaining PPE, the two binary variables describing the existence of source-based controls and of general ventilation were positively associated with a higher PPE availability. However, the complementary use of PPE and general ventilation decreased between 2003 and 2010.

Discussion

In France, the proportion of employees exposed to CMR agents decreased from 13.7% in 2003 to 10.6% in 2010 (Havet *et al.*, 2017), which is a much more pronounced decrease than for chemical entities in general (Cavet and Léonard, 2013). This decrease in occupational exposures occurred in the context of tighter national and European regulations. For example, the 23 December 2003 decree on the prevention of chemical risks fundamentally changed the rules by imposing the requirement to perform prior risk assessments, regular measurements of concentrations, and for occupational physicians to inform employees of the risks of exposure to CMR agents. Awareness of the risks of occupational exposure to CMR agents has also been heightened by the implementation of the REACH regulations on the 1 January 2007 for streamlining restrictions and for the improvement of the regulatory framework of the EU in regard to chemicals. As a result, substitution with safer products and changes in production processes have taken place.

In this context, our study examined the trends of exposure control categories among two representative samples (one in 2003 and one in 2010) of workers exposed to at least one CMR agent. Our results show that the proportion of exposure situations without any protection decreased considerably between 2003 and 2010 (from 29.9% to 17.9%). In particular, the availability of PPE increased considerably, whereas the proportion of exposure situations protected by general ventilation and source-based controls increased to a lesser extent. However, when substitution is not possible, source-based controls are the preferred approach to workplace safety, as they are *a priori* the most effective way for employees to avoid all contact

with CMR agents by cutaneous or by respiratory routes. General ventilation offers limited protection against CMR entities as it does not prevent direct inhalation of CMR agents by employees, and the effectiveness of PPE is also often limited. For example, the use of such items is not systematic, as they tend to be cumbersome: there is often considerable resistance from workers to using them for prolonged periods (Cherrie, 2009). Moreover, PPE items require ongoing programs of cleaning and frequent replacement that are not always adequately implemented. Consequently, there is reason to believe that the situation has not improved as much as expected, despite the general increase in protection measures. These trends in protection strategies no doubt explain why the reduction in the intensity of exposure was limited over this period: the proportion of exposures assessed as having a 'very high intensity' or a 'high intensity' of exposure by occupational physicians decreased from 14.5% to 9.6% between 2003 and 2010 (Table 2). It should be noted that assessment of intensity by the reporting physicians depends on characterization of exposure controls.

There has been an increase in the proportion of exposure situations without any protection for specific CMR agents. For example, this was the case for exposures to tetrachloroethylene and trichloroethylene. However, over this period, substantial decreases in absolute proportions of exposures to these two solvents have occurred (Table 1) through the use of substitute products such as detergents or nonhalogenated solvents used for degreasing in mechanical and metallurgical industries and as solvents in dry cleaning facilities (Havet *et al.*, 2017). Moreover, since the 1 March 2013, the use of new dry cleaning devices that use tetrachloroethylene has not been allowed in France, thus resulting in a gradual replacement of conventional dry cleaning machines with alternatives such as machines based on the aqua-cleaning process. Consequently, over the 7-year study period, companies implemented significant measures to eliminate the use of tetrachloroethylene and trichloroethylene. As a result, they have invested little in protection measures for these products, given that they were about to be fully substituted.

On the other hand, the situation for exposure to phthalates is much more worrisome as there are multiple warning signs: over the course of the 7 years between the two SUMER surveys, the prevalence of exposure to this reprotoxic product increased greatly (from 1.89% to 2.97%; Table 1), with increasingly longer durations and greater intensities of exposure in conjunction with a decrease in the availability of protection measures (+7.2% for exposure situations without protection). In

particular, in parallel, fewer companies provided their exposed employees with source-based controls (-25%), whereas more companies relied on general ventilation systems (+21.6%; Table 1). Yet, this can be considerably more dangerous, as general ventilation is very often the main collective protection measure (it represented 71% of the collective protection measures implemented), whereas its effectiveness is limited in terms of protection from CMR exposure. Nevertheless, it is also possible that these trends for phthalates reflect a measurement bias related to the information that the occupational physicians have regarding the use of these products. Occupational physicians were less aware of their uses in 2003 than in 2010. In particular, it was not until 2006 that diisobutyl phthalate was classified as being reprotoxic, and there was a research campaign in 2006 for phthalates and an inventory of CMR chemicals used in France in 2005 (INRS, 2004; Vincent, 2006).

For cadmium, cobalt, and metallic carbides, a clear decrease in source-based protections occurred in favour of PPE. It is not surprising that protection strategies against exposures to cobalt, cadmium, and metallic carbides have all changed in the same direction, as these products are associated with each other in a number of manufacturing processes. Over the 2003–2010 period, exposure rates to cadmium and cobalt increased by a factor of 1.2 and 1.3, respectively (Table 1). This was, in part, due to the production of batteries, for which demand continues to grow rapidly (United Nations Environment Programme, 2010; Audion *et al.*, 2014). Faced with the pressure of this increased demand, companies appear to have implemented the easiest protective measures, albeit also the least effective *a priori*.

Finally, our study shows that the general increase in exposure situations with protective measures masks some of the differences between categories of employees. For example, although the proportion of exposure situations without protection decreased for all occupational categories between 2003 and 2010 (Supplementary Table 1, available at *Annals of Occupational Hygiene* online), the relative proportion of unprotected or source protected improved proportionally much more for managers/executives compared with other employees over the same period. It would, therefore, probably be desirable to prioritize protection strategies in favour of blue-collar workers, who constitute the socio-professional category most exposed to CMR products. Similarly, there were protection differences that increased over time that depended on the size of the company. Exposed employees in companies with 200 or more employees were more likely to be protected than

those in smaller companies. This could be because larger companies are more able to commit financial resources to substitution and prevention policies. It is regrettable that these companies have made little progress with the implementation of source-based controls, even though they were ahead in terms of their use compared to smaller companies. The requirement to implement a CHSCT in companies with >50 employees reinforced the effect of the company size. Thus, we noted that the availability of PPE and source-based controls was greater in companies where a CHSCT was in place in 2003 and 2010. More effort at protection should hence be made in small companies, and small companies were, therefore, earmarked as priority targets in the Occupational Health Plan for 2009–2014.

This study has a degree of methodological novelty. Repeated cross-sectional studies are often available in national statistical databases, but they are rarely used in such a policy-relevant manner. Nevertheless, our study has several limitations. This type of study cannot assess causation directly or indirectly. Moreover, even though the samples in 2003 and 2010 were representative and comparable, the companies that were assessed were not exactly the same. Therefore, longitudinal monitoring of improvements and new protections implemented between 2003 and 2010 could not be carried out for specific situations. In particular, occupational physicians did not evaluate the efficiency of protective measures in the event of exposure, but only their presence or not. However, they could be more or less efficient depending on how they were implemented (e.g. PPE that was worn incorrectly, a poor ventilation system design, and local exhaust not used correctly). Nor did these data make it possible to report trends in how legislation and directives are followed, including pointing out where problems arise. With the SUMER surveys, the analysis is only possible at a more global level. However, this overview is generally rather encouraging. Over the study period, there has been a significant decrease in exposures to CMR agents and an increase in the availability of protective measures for the remaining reported situations. In addition, source-based controls, *a priori* the most effective, appeared to be implemented more for exposures with the longest durations, and PPE was very often combined with collective protections, which is what is currently recommended.

Supplementary Data

Supplementary data are available at *Annals of Work Exposures and Health* online.

Funding

This study was funded by the French Directorate of Research, Studies and Statistics Coordination (Direction de l'Animation de la Recherche, des Etudes et des Statistiques—DARES) of the French Ministry of Labour, and it also received financial support from the research chair 'Prevent'Horizon'.

Disclaimer

The authors declare no conflict of interest relating to the material presented in this Article. Its contents, including any opinions and/or conclusions expressed, are solely those of the authors.

References

- Arnaudo B, Léonard M, Sandret N *et al.* (2012) L'évolution des risques professionnels dans Le secteur privé entre 1994 et 2010 : premiers résultats de l'enquête SUMER. *Références en Santé au Travail*, 130(juin): 41–54.
- Audion AS, Hocquard JF, Labbé JF. (2014) Panorama 2013 Du Marché Du Cobalt. Rapport public. Global Cobalt Market Review 2013. Orléans, France. Available at <http://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/upload/documents/Plaquettes/rp-63626-fr-cobalt.pdf>.
- Cavet M, Léonard M. (2013) Les expositions aux produits chimiques cancérigènes en 2010. *Références en Santé au Travail*, 135(Septembre): 60–72.
- Cherrie JW. (2009) Reducing occupational exposure to chemical carcinogens. *Occup Med (Lond)*; 59: 96–100.
- European Agency for Safety and Health at Work. (2012) Workshop on carcinogens and work-related cancer. In Berlin, Germany. Available at <https://osha.europa.eu/en/themes/work-related-diseases/work-related-cancer>. Accessed date 12 March 2019
- European Agency for Safety and Health at Work. (2014) Exposure to carcinogens and work-related cancer: a review of assessment methods. European Risk Observatory Report. Available at <https://osha.europa.eu/fr/tools-and-publications/publications/reports/report-soar-work-related-cancer/view>. Accessed 12 March 2019
- Eurostat. (2017) Cancer statistics. Available at http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Cancer_statistics#Further_Eurostat_information. Accessed 12 March 2019.
- Guignon N, Sandret N. 2013. Les expositions aux produits cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques. *Dares Analyses*, n° 54(Septembre): 1–9.
- Havet N, Penot A, Morelle M *et al.* (2017) Trends in occupational disparities for exposure to carcinogenic, mutagenic and reprotoxic chemicals in France 2003–10. *Eur J Public Health*; 27: 425–32.
- Heran-Le Roy O, Niedhammer I, Sandret N *et al.* (1999) Manual materials handling and related occupational hazards: a national survey in France. *Int J Ind Ergon*; 24: 365–77.

- Hox JJ, Moerbeek M, Schoot R. (2010) *Multilevel analysis: techniques and applications*. 2nd edn. New York, NY: Routledge.
- INRS. (2004) Le point des connaissances sur les phthalates. ED 5010. Available at https://www.projetnesting.fr/IMG/pdf/Fiche_technique_phtalates.pdf. Accessed 12 March 2019
- INRS. (2015) Principes généraux de ventilation. Guide pratique de ventilation. ED695. Available at <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20695>. Accessed 12 March 2019
- Kogevinas M, Pearce M, Susser M *et al.* 1997. *Social inequalities and cancer*. Lyon: International Agency for Research on Cancer, IARC Scientific Publication 138.
- Rabe-Hesketh S, Skrondal A. (2012) *Multilevel and longitudinal modeling using stata, volumes I and II*. 3rd edn. College Station, TX: Stata Press.
- Rushton L, Hutchings S, Brown T. (2008) The burden of cancer at work: estimation as the first step to prevention. *Occup Environ Med*; **65**: 789–800.
- Soudry C, Chapouthier-Guillon A. (2012) Le comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail. INRS ED 896. Available at <http://www.souffrance-et-travail.com/wp-content/uploads/Guide-CHSCT-Inrs.pdf>. Accessed 12 March 2019.
- Takala J, Hämäläinen P, Saarela KL *et al.* (2014) Global estimates of the burden of injury and illness at work in 2012. *J Occup Environ Hyg*; **11**: 326–37.
- United Nations Environment Programme. (2010) Final review of scientific information on lead. Available at https://www.cms.int/sites/default/files/document/UNEP_GC26_INF_11_Add_1_Final_UNEP_Lead_review_and_appendix_Dec_2010.pdf. Accessed 12 March 2019.
- Vincent R. (2006) Inventaire des agents chimiques CMR utilisés en France en 2005. *Hygiène et Sécurité Au Travail*: 82–96
- World Health Organisation. (2007) Who calls for prevention of cancer through healthy workplaces. Available at <http://www.who.int/mediacentre/news/notes/2007/np19/en/>. Accessed 12 March 2019.

ORIGINAL ARTICLE



Disparate exposure to physically demanding working conditions in France

Disparités d'exposition aux conditions de travail physiques pénibles en France

N. Havet ^{a,*}, J. Fournier ^a, J. Stefanelli ^a, M. Plantier ^a, A. Penot ^b

^aLaboratoire SAF, ISFA, université de Lyon, université Claude-Bernard Lyon 1, 50, avenue Tony-Garnier, 69007 Lyon cedex, France

^bGATE – UMR 5824-CNRS, ENS Lyon, université de Lyon, 15, parvis René-Descartes, BP 7000, 69342 Lyon cedex 07, France

Received 25 November 2019; accepted 30 September 2020

Abstract

Background. – Our study was aimed at examining disparate exposure to physically demanding working conditions in France, a key objective being to identify the types of employees/jobs requiring high-priority preventive actions.

Methods. – We analyzed the data from the 2017 French nationwide cross-sectional survey (SUMER) on occupational hazards to which French employees in various sectors were subjected. The prevalence of several types of physically demanding working conditions (lifting of heavy loads, awkward body postures, vibrations, noise, and extreme temperatures) was explored. Potential associations of individual and job characteristics with these factors of hardship at work were studied by multivariate logistic regression.

Results. – In total, 48% of employees were exposed to at least one physically demanding working condition and 24.8% were exposed to multiple constraints. While managers and intellectual professionals were exposed relatively infrequently to physical constraints, blue-collar workers experienced the highest frequency of exposure. On the one hand, the role of company size depended on the factor of hardship at work considered; on the other hand, employees in large-scale companies were generally less exposed. As expected, employees in the construction industry were the most exposed to physical constraints; that said, our results also show that some activities in the services sector (e.g., personal care, administrative and support services) were quite significantly affected by a wide array of physically demanding working conditions.

Conclusion. – Notwithstanding the establishment in France of *Plans de Santé au travail* (preventive workplace health and safety plans), occupational risks were found to be high, and above all, they were unevenly distributed among the various socio-professional categories, and strongly contributed to social inequalities in health. Our results identify the types of publics to be designated as high-priority targets for preventive measures aimed at reducing the adverse impacts of physically demanding working conditions and the incidence of associated musculoskeletal disorders.

© 2020 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Résumé

Position du problème. – L'objectif de cette étude était d'examiner les disparités d'exposition aux facteurs de pénibilité physiques en France, afin d'identifier quels types de salariés et d'emplois nécessitent des actions de prévention prioritaires.

Méthodes. – Ce travail repose sur l'exploitation de l'édition 2017 de l'enquête Surveillance médicale des expositions aux risques professionnels (SUMER), représentative de l'ensemble de la population salariée française. Les prévalences d'exposition à différentes conditions de travail physiques pénibles (manutention répétée de charges, postures

* Corresponding author.

E-mail address: nathalie.havet@univ-lyon1.fr (N. Havet), jordan.fournier@etu.univ-lyon1.fr (J. Fournier), jordan.stefanelli@etu.univ-lyon1.fr (J. Stefanelli), morgane.plantier@univ-lyon1.fr (M. Plantier), alexis.penot@ens-lyon.fr (A. Penot).

pénibles, vibrations, nuisances sonores et thermiques) ont été calculées. Des régressions logistiques multivariées ont été réalisées pour examiner les associations potentielles de ces facteurs de pénibilité avec des caractéristiques individuelles, d'emploi et d'entreprise.

Résultats. – Au total, 48 % des salariés en France métropolitaine (11,3 millions de salariés) étaient exposés à au moins un facteur de pénibilité physique en 2017 et 24,8 % étaient exposés à plusieurs d'entre eux. Les cadres et les professions intellectuelles étaient relativement moins exposés aux contraintes physiques, alors que les ouvriers présentaient les fréquences d'exposition les plus élevées. L'influence de la taille de l'entreprise dépendait du facteur de pénibilité considéré, même si les salariés des grandes entreprises semblaient en général moins exposés. Comme attendu, les salariés dans le secteur de la construction étaient les plus exposés aux contraintes physiques. Mais nos résultats montrent que des activités de services (telles que les soins aux personnes, les activités de services administratifs et de soutien) étaient aussi significativement plus concernées par certaines conditions de travail physiques pénibles.

Conclusion. – Malgré la mise en place de Plans de Santé au Travail axés sur la prévention des risques professionnels, les expositions aux facteurs de pénibilité sont encore relativement importantes aujourd'hui en France. Ils sont surtout toujours inégalement répartis entre les différentes catégories socioprofessionnelles et contribuent ainsi fortement aux inégalités sociales de santé. Nos résultats permettent d'identifier les publics à viser par des actions de prévention prioritaires afin de réduire les effets néfastes des conditions de travail physiques pénibles et les troubles musculosquelettiques associés.

© 2020 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Keywords: Health inequalities; Occupational exposure; Physically demanding working conditions; Physical workload; Harmful noise; Awkward body postures

Mots clés : Inégalités de santé ; Expositions professionnelles ; Conditions de travail physique ; Port de charges ; Bruit nocif ; Postures pénibles

I. INTRODUCTION

In France, the contribution of occupational exposure to the occurrence of a number of serious diseases remains high. For example, it is estimated that 15,000–20,000 new cancer cases each year have an occupational origin [1–3] and that at least 20% of all carpal tunnel surgeries can be attributed to jobs involving repetitive motions of the wrist and hand [4]. Physically demanding working conditions (e.g., lifting of heavy loads, awkward body postures, vibrations...) are defined as occupational exposures given their possibly detrimental impact on musculoskeletal health. In 2016, musculoskeletal disorders (MSD) – periarticular/vibration disorders, chronic meniscus injuries, and low back pain – accounted for 87% of all recognized occupational diseases [5]. The prevention of work-related MSDs is therefore a major occupational and public health issue.

Occupational Health Plans (OHPs) (2005–2009, 2010–2014, and 2016–2020) have been devised with the aim of reducing MSDs. The 2010–2014 OHP recommended the development of “multi-year MSD plans”, including statistical indicators to accurately monitor the impact of prevention measures. The 2016–2020 OHP reaffirmed this target in order to reduce workplace-related claims and physical disabilities, and also to ensure continuity of employment. They pointed out that identification and knowledge of work situations that lead to occupational exhaustion should be developed in order to provide companies with relevant and effective recommendations. More generally, achieving better understanding of the social differences that exist between employees in terms of occupational exposures is a necessary step toward reducing social inequalities in health.

Up until now, there has been a paucity of published studies investigating differences in physical working conditions across multiple occupations in France, and they have tended to focus on specific sectors or occupational factors [6–10]. The aim of our study was to provide a global and up-to-date overview of the prevalence of a number of physically demanding working conditions (lifting of heavy loads, awkward body postures, vibrations, noise, and extreme temperatures) and to examine their associations with a range of social class factors in a large-scale representative nationwide sample of French employees.

2. METHODS

2.1. Study population

The SUMER survey is a national cross-sectional survey conducted periodically by the French Ministry of Labor and the Directorate for Research, Studies, and Statistics to assess occupational risks among a representative sample of the French employee population. The 2017 survey was based on two-level sampling involving 1243 volunteer occupational physicians, who, over a period of 3 months, randomly selected 33,600 employees for whom they provide medical surveillance in their workplace. Full-time occupational physicians were asked to undertake 30 interviews, and the number of interviews was calculated pro-rata for physicians working part-time, with a minimum of 20 questionnaires. A total of 26,500 workers agreed to participate (response rate: 76%) [11]. For the sake of homogeneity, the sample of our study was restricted

to employees working in metropolitan France (25,684 employees).

2.2. Physically demanding working conditions considered

The physicians assessed individual exposures to various chemicals, biological agents, and physical constraints over a period of 1 week, based on statements provided by the employees and on their knowledge of the field and the nature of the job or the position. For each physical constraint identified, they assessed the duration of exposure (reported as a categorical variable: < 2 h, 2–10 h, 10–20 h, ≥ 20 h in a single workweek).

Using the SUMER survey, exposure to the following physical working conditions was analyzed: (i) lifting, holding & carrying of heavy loads; (ii) awkward body postures, divided into four sub-categories: holding one's arms up above shoulder level, kneeling and/or crouched position, neck constraints (fixed position of the head and neck), other postural constraints; (iii) vibrations (arm/hand vibrations; whole-body vibrations caused by fixed machinery); (iv) harmful noise, divided into two sub-categories: noise > 85 dB, impulse noise; (v) extreme temperatures: < 15 °C or > 24 °C imposed by the production process.

The risk that exposure of a worker to a physical constraint will eventually become manifest as an adverse effect on their health depends, among other factors, on the duration of the exposure: the longer the exposure, the greater the risk. However, it is impossible to determine a threshold for duration of exposure below which the health risk would be negligible. Here, we considered thresholds – definable with the SUMER survey – above which physical working conditions could be classified as demanding due to their arduousness and significantly increased pathogenicity when these thresholds are exceeded. The chosen thresholds, which were similar to those in previous studies [9,12,13], were not particularly restrictive, yet nonetheless relevant in terms of prevention. They were: 10 h/week for the lifting of heavy loads, extreme temperatures, noise > 85 dB, whole-body vibrations caused by fixed machinery, and 2 h/week for awkward body postures, arm/hand vibrations, and impulse noise.

2.3. Statistical analysis

A descriptive approach was used to examine the prevalence of the various physically demanding working conditions. Association of individual, job, and company characteristics with each exposure prevalence was studied using multivariate logistic regressions¹. The covariates included were three

variables describing employee characteristics (age, gender, and seniority), five variables related to job characteristics (nature of the employment contract, work hours, work schedules, occupation, and the main occupational duties), and company characteristics (activity sector, company size, geographical location, the presence of trade union representatives and/or a health committee, safety, working conditions, and intervention by occupational health and safety officers over the past 12 months). All analyses were performed using STATA V.15.0 software (StataCorp, College Station, TX, USA).

3. RESULTS

3.1. Descriptive statistics

All in all, we estimated that 48% of employees, corresponding to 11.3 million French employees in 2017, were exposed to at least one of the physical working conditions identified in the SUMER survey, and that 24.8% (5.3 million employees) were exposed to multiple physically demanding constraints.

In 2017, the fraction of workers in France who reported carrying heavy loads was 7.8%, while for awkward body postures it ranged from 8.6% to 26.4%, for vibrations it was 7.6%, and for harmful noises it was approximately 9%. The main sources of painful physical constraints involved the neck or were related to other awkward postures (crouched, twisted, etc.), with exposure prevalence exceeding 20% (Table 1).

Table 1 provides descriptive statistics on exposure prevalence according to various employee, job, and company characteristics. Globally, men were more exposed to all demanding physical working conditions, except for adverse neck positions. The most pronounced gender gaps involved exposure to vibrations (16% for men versus 1.1% for women) and harmful noises (e.g., 8.4% versus 0.9% for noise > 85 dB). The differences in exposures were all the more pronounced between job types and activity sectors. For example, blue-collar workers (skilled or unskilled) represented the socio-professional category that was the most exposed to physically demanding working conditions (except for neck constraints). Prevalence of exposure to heavy loads and low temperatures (< 15 °C) was the highest among unskilled workers (18% and 6%, respectively). Nearly 61% of the skilled blue-collar workers were exposed to at least one awkward body posture, and 30% were exposed to vibrations. Managers and clerks were affected mostly by demanding physical neck constraints. Moreover, the main occupational duties with the highest prevalence of exposure to adverse neck positions were administrative assistant, typist, and receptionist (38%). Exposures to the lifting of heavy loads occurred mostly in handling, warehousing, and logistics duties, and to a lesser extent in production, manufacturing, and construction duties, which had the highest prevalence of noise > 85 dB. Installation, repair, and maintenance duties were the

¹ Multilevel analyses were also conducted but are not reported here because of the small number of individuals per cluster. However, they yielded results similar to the multivariate logistic regressions presented.

Table 1

Prevalence of exposure to physically demanding working conditions in the 2017 national survey of occupational hazards (SUMER).

	Postural constraints					Vibration	Harmful noise		Extreme temperatures	
	Handling of heavy loads	Holding one's arms up	Kneeling	Neck constraints	Other postural constraints		Noise > 85 dB	Impulse noise	< 15 °C	> 24 °C
In the survey sample	7.8%	8.6%	10.5%	20.3%	26.4%	7.6%	4.6%	6.3%	1.6%	1.5%
<i>n</i> exposed at work	1,755,359	1,980,448	2,414,156	4,655,895	5,994,752	1,772,949	1,071,779	1,469,179	371,341	355,946
Gender										
Women	4.8%	6.4%	7.5%	22.0%	25.3%	1.1%	0.9%	2.1%	0.9%	1.0%
Men	10.9%	10.7%	13.4%	18.7%	27.4%	15.9%	8.4%	10.7%	2.3%	2.1%
Occupational status										
Intellectual professionals, managers	0.6%	1.3%	0.6%	24.3%	12.4%	0.7%	1.0%	1.6%	0.2%	0.3%
Technicians and associate professionals	2.4%	3.7%	5.7%	20.2%	17.0%	3.0%	2.3%	4.0%	0.7%	0.9%
Clerks	0.9%	0.8%	0.8%	34.1%	17.7%	0.2%	0.1%	1.0%	0.0%	0.3%
Service workers	11.0%	11.4%	13.8%	11.7%	33.8%	2.3%	0.9%	2.5%	1.2%	1.9%
Skilled blue-collar workers	18.1%	19.5%	25.6%	20.9%	41.5%	30.4%	15.2%	19.9%	3.7%	3.3%
Unskilled blue-collar workers and agricultural workers	18.2%	16.9%	16.8%	13.6%	39.3%	20.6%	12.4%	11.9%	6.0%	3.0%
Main occupational duties										
Production, manufacturing, and construction	16.7%	16.9%	20.7%	20.1%	37.1%	23.2%	18.5%	17.9%	5.2%	5.1%
Installation, repair, and maintenance	9.2%	23.4%	39.9%	17.0%	39.0%	37.3%	13.4%	27.1%	2.8%	1.9%
Cleaning, childcare, and home management	6.3%	13.9%	17.0%	5.2%	35.8%	6.1%	1.4%	3.0%	0.7%	1.7%
Handling, logistics, and warehousing	28.2%	10.0%	8.2%	18.7%	38.2%	13.6%	2.2%	7.6%	4.5%	1.0%
Administrative assistance, typing, receptionist	0.1%	0.1%	0.6%	38.3%	16.1%	0.2%	0.1%	0.8%	0.1%	0.2%
Management and accounting	0.1%	0.0%	0.2%	30.0%	18.2%	0.2%	0.0%	0.6%	0.0%	0.2%
Commerce and sales, marketing	7.2%	7.2%	5.1%	19.8%	21.6%	1.4%	0.4%	1.1%	1.1%	0.6%
Engineering, research and development activities	0.3%	0.2%	0.4%	26.1%	12.2%	0.2%	0.6%	1.0%	0.1%	0.3%
Education	1.7%	7.6%	5.6%	12.2%	14.5%	1.2%	2.9%	3.4%	0.6%	0.2%
Personal care	11.6%	7.6%	15.0%	12.3%	36.6%	0.5%	0.3%	3.4%	0.0%	0.5%
Other	4.0%	5.5%	4.8%	21.1%	19.4%	6.6%	3.0%	3.2%	0.8%	1.7%
Activity sector										
Agriculture	12.5%	7.4%	20.4%	9.7%	43.2%	25.7%	7.4%	5.1%	8.9%	3.6%
Industry	8.3%	7.8%	8.7%	23.8%	21.1%	11.9%	12.0%	11.4%	2.0%	3.3%
Construction	18.5%	26.7%	38.8%	22.3%	38.5%	36.2%	14.6%	22.5%	3.3%	1.2%
Services	6.9%	7.4%	8.6%	19.8%	26.1%	5.8%	2.7%	4.4%	1.3%	1.2%
Company size										
1 to 9 employees	7.1%	11.9%	12.6%	19.7%	28.3%	11.5%	4.9%	6.4%	1.7%	1.8%
10 to 49 employees	9.0%	10.5%	13.1%	21.2%	28.2%	10.4%	4.7%	7.9%	1.6%	1.5%
50 to 199 employees	9.5%	7.0%	8.6%	20.5%	27.1%	7.8%	5.5%	6.5%	1.8%	1.5%
200 to 499 employees	7.4%	7.0%	8.2%	22.7%	25.7%	5.9%	5.2%	5.5%	2.5%	2.0%
500 or more employees	5.1%	4.2%	7.4%	18.5%	20.2%	4.3%	2.7%	4.3%	0.8%	1.1%
Employment contract										
Apprentices, trainees, agency workers	13.6%	12.4%	13.4%	15.3%	44.0%	14.0%	10.6%	13.3%	2.0%	1.8%
Fixed-term contract, seasonal and occasional workers	6.6%	8.8%	10.5%	20.7%	25.7%	7.4%	3.9%	4.1%	2.7%	2.1%
Undetermined contract	8.0%	8.7%	10.4%	20.4%	26.6%	8.7%	4.5%	6.4%	1.7%	1.5%
Workers with a specific status	1.4%	4.1%	6.0%	38.9%	20.7%	13.4%	3.2%	7.9%	0.7%	0.6%
Civil servants	6.6%	7.1%	10.7%	18.4%	21.5%	6.4%	4.3%	4.9%	0.7%	1.7%
Shift work										
No	6.8%	8.6%	10.0%	21.3%	25.2%	8.3%	3.8%	5.2%	1.4%	1.2%
Yes	14.7%	8.3%	13.6%	13.9%	34.0%	10.1%	10.2%	13.6%	3.37%	3.7%
Night work										
No	7.6%	8.7%	10.4%	20.8%	26.3%	8.1%	4.1%	6.0%	1.5%	1.3%
Yes	9.2%	7.6%	10.8%	17.4%	26.6%	11.2%	8.1%	8.6%	2.7%	3.0%

most affected by all of the other types of painful physical conditions. As regards the activity sector, the most affected was the construction industry, followed by the manufacturing industry and agriculture. Conversely, companies with 500 employees or more had the lowest exposure prevalence, irrespective of the type of painful physical constraint considered.

In terms of employment contracts, apprentices and agency workers were more likely to be exposed to demanding physical constraints (except for those demanding neck postures and extreme temperatures) than others. The same phenomenon was also widely the case for shift workers (except for arm and neck postures). Night workers were more likely to be exposed to heavy loads, vibrations, harmful noise, and extreme temperatures.

3.2. Multivariate regressions

The results of our multivariate regressions on physical work exposures revealed substantial differences at multiple levels (Table 2). At the individual level, women were more likely to be exposed to awkward body postures, while men were more likely to be exposed to the lifting of heavy loads (OR = 1.25, 95% CI = [1.07,1.44]), vibrations (OR = 3.56, 95% CI = [2.89,4.38]), harmful noise (OR = 1.75 and 2.90, 95% CI = [1.46, 2.10], [2.30, 3.63]), and low temperatures (OR = 1.34, 95% CI = [1.01,1.78]). All in all, prevalence of exposure to physical working conditions significantly decreased with age, although it was not significantly associated with seniority (except positively for holding one's arms up and neck postural constraints).

At the occupational level, full-time workers were more likely to be exposed to most types of strenuous physical working conditions, particularly harmful noise (OR = 2.34, 95% CI = [1.56,3.52]). Similarly, shift work was more frequently associated with higher exposure prevalence to harmful noise (OR = 1.81, 1.85, 95% CI = [1.53,2.14], [1.59,2.15]), extreme temperatures (for temperature > 24 °C OR = 1.82, 95% CI = [1.38,2.38]), and heavy loads (OR = 1.27, 95% CI = [1.10,1.47]). Night workers were less likely to be exposed to awkward body postures. On the other hand, they were more likely to be exposed to vibrations (OR = 1.20, 95% CI = [1.03,1.00]) and noise > 85 dB (OR = 1.32, 95% CI = [1.11,1.57]). For most of the physically demanding working conditions, there were no statistical differences in exposure, once the other characteristics were taken into account, between workers with permanent contracts and precarious workers (apprentices, agency workers, fixed-term and seasonal contracts), except for the fact that the latter were more likely to have to hold their arms up (OR = 1.34, 95% CI = [1.08,1.67]). Civil servants were more likely to be exposed to the lifting of heavy loads and physical postures involving the arms held high or kneeling positions. Workers with a specific status were more frequently associated with demanding neck postures, but less associated with the lifting of heavy loads, holding their

arms up and kneeling, or exposure to extreme temperatures. Compared to technicians and associate professionals (reference category), managers and intellectual professionals were less frequently exposed at their workplace to physical constraints, while blue-collar workers were more likely to be exposed. For example, in the regression for the lifting of heavy loads, the odds ratio between unskilled blue-collar workers and technicians or associate professionals was 5.04 (95% CI = [1.08,1.67]). Similarly, the odds ratio between skilled blue-collar workers and technicians or associate professionals exceeded 6 in the regression concerning vibrations (OR = 6.03, 95% CI = [5.07,7.16]). The results of the descriptive statistics regarding the main occupational duties were, for the most part, confirmed by our multivariate regressions. Demanding neck postures were associated more with administrative duties such as administrative assistant, typist, receptionist, or management and accounting. Installation, repair, and maintenance duties had a highest probability of being exposed to work involving the arms being held high, kneeling, vibrations, and impulse noise. Carrying heavy loads was most likely to occur with handling, warehousing, and logistics duties (OR = 2.24, 95% CI = [1.86,2.71]). Prevalence of exposures to harmful noise and extreme temperatures was higher in production, manufacturing, and construction activities (reference category). However, it also appeared that personal care was an activity with a high probability of exposure to handling of heavy loads and involving postural constraints (kneeling, other postures), all other things being equal. This effect was also observed in the service sector in general.

The size of the company had different associations depending on the physical working conditions examined. Employees in companies with 10 to 249 employees were more frequently exposed to harmful noise and employees in companies with 250 to 499 employees were more frequently exposed to the lifting of heavy loads and physical postures involving the arms held high, while those in companies with fewer than 10 employees were more frequently exposed to vibration. There was no statistical difference in terms of exposure to kneeling positions and hot temperatures.

4. DISCUSSION

Physical working conditions represent long-term occupational risk factors that increase the probability of severe and eventually irreversible health issues. They can extend beyond the employees' working lives, and implicitly contribute to social inequalities in health and life expectancy. Detailed knowledge of occupational exposures by main activities facilitates understanding of how to devise prevention strategies and prioritization of actions to be taken in regard to activities with the highest risk. In this context, the results from large representative samples of national working populations, such as the French SUMER survey, help to assess the associations between numerous work-related factors and the main occupational exposures.

Table 2
Results of the multivariate logistic regressions of exposure to physically demanding working conditions.

	Postural constraints						Harmful noise		Extreme temperatures	
	Heavy loads	Arms up	Knees	Neck	Other postures	Vibration	Noise (> 85 dB)	Impulse Noise	< 15 °C	> 24 °C
Adjusted ^a odds ratio [95% CI]										
Gender (Ref = Women)										
Men	1.25*** [1.07–1.44]	0.75*** [0.65–0.86]	1.01 [0.87–1.16]	0.78*** [0.72–0.84]	0.85*** [0.79–0.92]	3.56*** [2.89–4.38]	2.90*** [2.30–3.63]	1.75*** [1.46–2.10]	1.34** [1.01–1.78]	0.93 [0.70–1.24]
Age	0.99** [0.99–1.00]	0.99*** [0.90–0.99]	0.99*** [0.98–0.99]	0.99*** [0.99–1.00]	0.99*** [0.99–1.00]	0.99*** [0.98–0.99]	0.99 [0.98–1.01]	0.99*** [0.98–0.99]	1.009 [0.99–1.01]	0.99** [0.98–0.99]
Seniority (Ref = more than 10 years)										
Less than 1 year	0.87 [0.66–1.17]	0.65*** [0.48–0.85]	0.99 [0.77–1.27]	0.95 [0.79–1.14]	0.76*** [0.64–0.91]	0.94 [0.71–1.24]	0.92 [0.65–1.30]	0.72* [0.52–1.00]	0.95 [0.57–1.60]	0.93 [0.54–1.60]
1 to 3 years	0.87 [0.72–1.06]	0.78*** [0.65–0.94]	1.09 [0.92–1.30]	0.87** [0.77–0.98]	0.91 [0.81–1.02]	1.00 [0.83–1.22]	0.77** [0.61–0.98]	0.98 [0.80–1.19]	1.10 [0.78–1.55]	1.07 [0.74–1.55]
3 to 10 years	0.99 [0.86–1.14]	0.92 [0.81–1.05]	1.14* [1.00–1.29]	0.91** [0.84–0.99]	0.97 [0.89–1.05]	1.07 [0.93–1.24]	0.88 [0.75–1.04]	1.00 [0.86–1.15]	1.01 [0.285–0.445]	1.07 [0.81–1.41]
Working hours (Ref = Part-time)										
Full-time	1.73*** [1.41–2.13]	1.27*** [1.6–1.53]	1.17* [0.99–1.39]	1.21*** [1.09–1.34]	1.02 [0.93–1.13]	1.61*** [1.23–2.11]	2.34*** [1.56–3.52]	2.10*** [1.52–2.89]	1.96*** [1.22–3.15]	1.64** [1.02–2.64]
Shift work (Ref = No)										
Yes	1.27*** [1.10–1.47]	1.05 [0.91–1.22]	1.09 [0.96–1.26]	1.02 [0.92–1.13]	1.07 [0.97–1.17]	1.07 [0.93–1.24]	1.81*** [1.53–2.14]	1.85*** [1.59–2.15]	1.15 [0.88–1.51]	1.82*** [1.38–2.38]
Night work (Ref = No)										
Yes	1.04 [0.90–1.20]	0.80*** [0.69–0.93]	0.84** [0.73–0.96]	0.95 [0.86–1.06]	0.91** [0.83–1.00]	1.20** [1.03–1.38]	1.32*** [1.11–1.57]	1.06 [0.91–1.23]	1.13*** [0.86–1.48]	1.21 [0.92–1.60]
Sunday/Holiday work (Ref = No)										
Yes	0.84** [0.73–0.96]	0.94 [0.83–1.06]	0.81*** [0.72–0.92]	1.17*** [1.07–1.27]	0.95 [0.88–1.03]	0.89 [0.78–1.02]	1.04 [0.88–1.22]	1.09 [0.95–1.27]	0.80* [0.63–1.03]	0.37*** [0.28–0.48]
Employment contract (Ref = Indefinite contract)										
Apprentices, agency workers and fixed-term contract	0.7 [0.68–1.1]	1.34*** [1.08–1.67]	1.07 [0.87–1.33]	1.09 [0.94–1.26]	1.08 [0.94–1.24]	1.15 [0.90–1.46]	1.08 [0.80–1.47]	1.01 [0.78–1.33]	1.15 [0.76–1.72]	1.4 [0.91–2.09]
Workers with a specific status	0.36*** [0.25–0.52]	0.68*** [0.52–0.90]	0.75** [0.58–0.95]	1.55*** [1.36–1.76]	1.10 [0.95–1.26]	1.19 [0.96–1.48]	0.53 [0.40–0.71]	0.73*** [0.58–0.92]	0.49** [0.27–0.90]	0.5*** [0.31–0.81]
Civil servants	1.28** [1.05–1.55]	1.26** [1.05–1.51]	1.47*** [1.24–1.74]	0.89* [0.80–0.98]	0.98 [0.89–1.08]	1.051 [0.84–1.31]	1.15 [0.88–1.50]	0.88 [0.70–1.11]	0.57** [0.36–0.89]	1.01 [0.67–1.51]
Occupational status (Ref = Technicians and associate professionals)										
Intellectual professionals, managers	0.34*** [0.23–0.48]	0.34*** [0.25–0.46]	0.16*** [0.11–0.23]	1.04 [0.95–1.15]	0.80*** [0.71–0.89]	0.71** [0.54–0.95]	0.51*** [0.37–0.70]	0.56*** [0.43–0.73]	0.42*** [0.24–0.73]	0.59** [0.37–0.93]
Clerks	1.02 [0.65–1.58]	1.07 [0.73–1.56]	0.29*** [0.16–0.51]	1.12* [0.99–1.26]	1.23*** [1.07–1.41]	0.21*** [0.09–0.48]	0.78 [0.43–1.39]	0.73 [0.47–1.15]	0.16** [0.04–0.67]	0.48* [0.21–1.11]
Service workers	3.69*** [3.02–4.50]	3.13*** [2.57–3.82]	2.84*** [2.39–3.38]	0.61*** [0.54–0.70]	2.16*** [1.93–2.41]	1.13 [0.84–1.53]	0.83 [0.56–1.22]	1.02 [0.76–1.37]	1.60** [1.03–2.49]	1.15 [0.76–1.75]
Skilled blue-collar workers	3.46*** [2.85–4.20]	3.65*** [3.06–4.35]	2.84*** [2.44–3.33]	1.32*** [1.18–1.48]	3.35*** [3.01–3.73]	6.03*** [5.07–7.16]	2.33*** [1.93–2.79]	2.62*** [2.23–3.08]	1.79*** [1.29–2.48]	1.64*** [1.21–2.23]
Unskilled blue-collar workers and agricultural workers	5.04*** [4.04–6.28]	3.40*** [2.75–4.20]	2.47*** [2.03–3.00]	0.97 [0.82–1.14]	3.55*** [3.09–4.08]	5.41*** [4.38–6.69]	2.00*** [1.59–2.52]	1.99*** [1.61–2.46]	3.96*** [2.78–5.64]	1.02 [0.68–1.54]

Table 2 (Continued)

	Postural constraints						Harmful noise		Extreme temperatures	
	Heavy loads	Arms up	Knees	Neck	Other postures	Vibration	Noise (> 85 dB)	Impulse Noise	< 15 °C	> 24 °C
	Adjusted ^a odds ratio [95% CI]									
Main occupational duties (Ref = Production, manufacturing, and construction)										
Installation, repair, and maintenance	0.63*** [0.50–0.78]	1.91*** [1.61–2.27]	3.47*** [2.95–4.08]	0.91 [0.79–1.06]	1.17*** [1.02–1.33]	1.60*** [1.36–1.87]	0.82** [0.67–0.99]	1.38*** [1.17–1.62]	0.51*** [0.34–0.75]	0.77 [0.53–1.11]
Cleaning, childcare, and home management	0.44*** [0.33–0.60]	0.76 [0.59–0.98]	0.93 [0.72–1.19]	0.35*** [0.26–0.46]	0.93 [0.78–1.11]	0.84 [0.61–1.15]	0.45*** [0.29–0.72]	0.48*** [0.33–0.70]	0.22*** [0.11–0.44]	0.46** [0.25–0.88]
Handling, logistics, and warehousing	2.24*** [1.86–2.71]	0.81* [0.65–1.01]	0.76** [0.61–0.96]	0.79** [0.67–0.95]	0.94 [0.80–1.09]	0.55*** [0.44–0.68]	0.25*** [0.17–0.35]	0.38*** [0.29–0.49]	1.01 [0.72–1.40]	0.30*** [0.16–0.55]
Administrative secretary, typing, and receptionist	0.04*** [0.01–0.12]	0.03*** [0.01–0.07]	0.15*** [0.08–0.27]	2.01*** [1.70–2.38]	0.68*** [0.56–0.82]	0.20*** [0.08–0.51]	0.04*** [0.01–0.17]	0.168*** [0.09–0.31]	0.17*** [0.05–0.56]	0.18*** [0.06–0.53]
Management and accounting	0.01*** [0.00–0.11]	0.01*** [0.00–0.06]	0.04*** [0.01–0.14]	1.73*** [1.48–2.03]	0.84** [0.70–1.00]	0.14*** [0.06–0.34]	0.02*** [0.00–0.12]	0.06*** [0.02–0.14]	0.05*** [0.01–0.38]	0.11*** [0.03–0.45]
Commerce and sales, marketing	0.76** [0.59–0.99]	0.46*** [0.36–0.59]	0.43*** [0.34–0.56]	1.06 [0.91–1.23]	0.73*** [0.63–0.85]	0.18*** [0.12–0.27]	0.07*** [0.04–0.14]	0.15*** [0.10–0.22]	0.25*** [0.15–0.43]	0.22*** [0.13–0.39]
Engineering, research, development activities, and education	0.17*** [0.10–0.28]	0.53*** [0.39–0.71]	0.43*** [0.31–0.60]	1.22*** [1.05–1.40]	0.72*** [0.62–0.84]	0.09*** [0.05–0.16]	0.24*** [0.16–0.35]	0.26*** [0.18–0.36]	0.18*** [0.08–0.38]	0.21*** [0.10–0.41]
Personal care	1.49*** [1.15–1.94]	0.47*** [0.35–0.62]	1.30** [1.02–1.66]	0.70*** [0.58–0.85]	1.56*** [1.32–1.83]	0.17*** [0.08–0.35]	0.08*** [0.03–0.20]	0.174*** [0.10–0.29]	0.04*** [0.01–0.17]	0.11*** [0.05–0.25]
Other	0.34*** [0.26–0.43]	0.39*** [0.31–0.49]	0.47*** [0.38–0.58]	1.23*** [1.08–1.39]	0.81*** [0.2–0.92]	0.82** [0.68–0.99]	0.37*** [0.29–0.47]	0.36*** [0.29–0.45]	0.45*** [0.31–0.64]	0.54*** [0.38–0.77]
Activity sector (Ref = Agriculture and industry)										
Construction	1.82*** [1.47–2.25]	3.06*** [2.51–3.72]	4.25*** [3.54–5.12]	1.08 [0.92–1.28]	1.91*** [1.65–2.22]	2.37*** [1.96–2.85]	0.87 [0.70–1.09]	1.50*** [1.23–1.83]	0.64** [0.42–0.99]	0.32*** [0.18–0.59]
Services	1.13 [0.95–1.33]	1.54*** [1.31–1.81]	1.17** [1.00–1.37]	1.28*** [1.16–1.40]	1.61*** [1.46–1.78]	1.30*** [0.574–0.845]	0.68*** [0.57–0.81]	1.04 [0.88–1.21]	1.43** [1.08–1.88]	0.11* [0.04–0.33]
Company size (Ref = More than 500 employees)										
1 to 9 employees	0.70** [0.54–0.92]	0.96 [0.74–1.23]	1.16 [0.92–1.47]	0.85** [0.73–0.99]	1.23*** [1.06–1.43]	1.86*** [1.43–2.42]	0.85 [0.61–1.19]	0.69** [0.52–0.92]	1.82 [1.11–2.99]	1.33 [0.79–2.24]
10 to 49 employees	0.87 [0.69–1.09]	0.95 [0.76–1.18]	1.13 [0.92–1.38]	1.06 [0.94–1.20]	1.32*** [1.17–1.49]	1.52*** [1.22–1.90]	1.13 [0.86–1.48]	1.12* [0.88–1.41]	1.79*** [1.17–2.73]	1.17 [0.75–1.81]
50 to 249 employees	1.16 [0.97–1.39]	0.372*** [0.292–0.475]	1.13 [0.96–1.34]	1.08 [0.98–1.19]	1.31*** [1.19–1.45]	1.25** [1.03–1.51]	1.47*** [1.20–1.80]	1.24** [1.03–1.48]	1.39* [0.96–1.99]	1.21 [0.85–1.71]
250 to 499 employees	1.37*** [1.09–1.69]	1.22* [0.98–1.54]	1.06 [0.85–1.32]	1.02 [0.91–1.16]	1.20*** [1.05–1.36]	1.13 [0.90–1.42]	1.10 [0.86–1.41]	1.06 [0.85–1.33]	1.74*** [1.17–2.58]	0.85 [0.55–1.32]
No. of observations	23,531	24,067	24,009	23,761	23,664	24,079	24,017	24,057	23,997	24,016

* Significant at 10%, ** significant at 5%, ***significant at 1%.

^a Odds ratio adjusted for all of the variables in the model, including the geographical location of the company, the presence of trade union representatives and/or a committee for health, safety, working conditions, and intervention by occupational health and safety officers in the past 12 months.

This information is of great value to nationwide and European governmental figures and social partners in their decision-making with regard to requirements for regulations and allocation of prevention resources. In-depth studies on inequalities in exposure to carcinogenic, mutagenic, and reprotoxic chemicals [14–17] or to psychosocial risks in the workplace [18–21] have been carried out using previous SUMER surveys. Moreover, in 2010, Havet et al. [9] examined whether night workers are more subject to painful working conditions than day workers. Our study of physical constraints for the entire working population complements these findings by providing more recent data. It remains difficult to estimate the number of employees exposed to “demanding” physical working conditions insofar as given the complexity of the relationships between work, age, and health, as well as their multifactorial nature and their changes over time, it is difficult to set an “at risk for health” exposure duration. After all, their pathogenic effects can be delayed. However, our analysis based on the 2017 SUMER survey provides a degree of insight regarding this issue: in 2017, 8% of French employees were affected by having to repeatedly carry heavy loads (10 hours/week or more), 44% by work duties that involved at least one awkward body posture (2 hours/week or more), 7.6% by exposure to vibrations (2 hours/week or more for arm/hand vibrations and 10 hours/week or more for vibration caused by fixed machinery), and 9% by exposure to harmful noise levels (noise > 85 dB: 10 hours/week or more, or impulse noise: 2 hours/week or more). Despite technical developments that have reduced some arduous work duties [22] and the implementation of occupational risk prevention policies (Law on Public Health Policy in 2004, Occupational Health Plans, National Health and Environment Plans), prevalence of exposure to physically demanding working conditions remains high in France. That much said, the exposure rates for lifting of heavy loads, harmful noise levels, and extreme temperatures have decreased significantly compared to the 2003 SUMER survey, while postural constraints (particularly kneeling and other postures) have increased [12,13]. The situation in France is similar to that in other European countries. The European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions has shown that in 2015, 32% of the workers in the European Union reported that at least a ¼ of their working hours involved carrying heavy loads, for 43% their work involved tiring or painful positions, and that for 20% their work involved exposure to vibrations [23]. Based on comparable data, France had prevalence of exposure to these physical conditions reaching 36%, 49%, and 19% respectively [23].

Beyond these general figures, there were significant disparities between employees. All categories combined, blue-collar workers and employees in the construction and manufacturing sectors remained the most exposed to physically demanding working conditions, in addition to exposure to carcinogenic, mutagenic, and reprotoxic (CMR) agents [17] and to night/shift work [9]. These occupational risks continue to be unevenly distributed

among the various socio-professional categories, and they contribute strongly to social inequalities in health. Executives were more exposed to painful neck postures and psychosocial suffering at work. Employees in large companies (> 500 employees) appear to be less exposed to occupational risks: in addition to being less exposed to CMR agents [17], we found that they were less exposed to physically demanding working conditions. Although prevention can be effective at the individual level, large companies have a greater ability to commit financial resources to implementation of collective and preventive adaptation policies in regard to occupational health factors throughout the employees' working lives, as is generally considered to be more effective.

Our analyses highlighted that, in addition to the construction sector, service activities such as personal care and administrative and support services were strongly affected by various physical working conditions and hence warrant being prioritized for preventative actions.

Although women were less likely to face physically demanding working conditions, they were nonetheless subject to a significant degree of exposure. Gender differences were largely due to differences in employment or companies. For example, men were predominant in skilled and unskilled blue-collar jobs, which are the two socio-professional categories most heavily exposed to physically demanding working conditions (except for neck constraints). Similarly, the occupational duties with the highest exposures were overwhelmingly male, and shift workers, in particular, tended to be men and had above-average exposure rates for the majority of physical constraints. However, once potential gender differences in jobs and company characteristics were controlled by multivariate regressions, men were significantly more likely to be exposed only to the lifting of heavy loads, vibration, noise, and cold temperatures. All other things being equal, women were more prone to painful postures (arms held high, neck constraints, and others). These results confirm that above and beyond gender segregation of occupations in the labor force, there exists a split within jobs/sectors regarding physical working conditions. Women are less often assigned to tasks where the physical requirements are known to be high, such as the handling of heavy loads or using machines that generate vibrations in the upper limbs (grinders, chainsaws, jackhammers, etc.) or in the whole body (handling trolleys, construction and earthmoving machinery, etc.). Our results are consistent with the division of labor that Eng et al. (2011) [24] and Messing (2004) [25] highlighted based on North American data. However, given the strong postural constraints to which they are subjected, women are not exempt from physical hardship. Preventive actions will be called upon to take into account these gender differences and, more specifically, raise awareness among women and their employer on the need to improve their posture at work.

The likelihood of exposure to physically demanding working conditions tended to decrease slightly with age.

This finding confirms the conclusion of Pailhé (2004) [26] who, based on older French surveys (1984, 1988, 1991 Working Conditions surveys), found that more aged employees were relatively less exposed to occupational risks than their younger counterparts. Lower exposure is not due to the fact that, as they get older, employees move away from the most exposed socio-professional categories; our multivariate regressions seem to neutralize this type of structure effect. It can be assumed that the division is to a greater extent created as pertains to the tasks assigned within the different jobs. Employers may assign less strenuous tasks to older workers in order to avoid work-related strain and extended periods of sick leave, especially if they have been exposed to physically demanding working conditions throughout their careers. In addition, the quest for increased productivity exacerbates this phenomenon, as older workers may be less productive in tasks that require physical effort.

Our regression analyses suggest that night work and shift work are associated with greater exposure to certain specific physical working conditions. Occupational risk prevention policies should focus their action plans primarily on noise and vibration exposures for night workers and on noise, extreme temperatures, and heavy load exposures for shift workers. Our results are in line with previous studies, which suggested that atypical work schedules tend to be cumulative with other risk factors related to emotionally and physically arduous work [17,27]. The human body's greater vulnerability at night makes it exceptionally sensitive, however, to arduous physical conditions (noise, temperature, vibrations, etc.) [28]. In particular, the strain caused by night/shift work can be significantly increased when there exist other stress factors related to a harsh physical environment in the workplace [29].

Accumulated hardship appears to be particularly pronounced in night/shift workers, as in and of itself, night/shift work entails an inherent occupational health risk. Rather unfortunately, a 2017 reform of the French Labor Code (ordinance No. 2017-1389-22) has led to the abolition of the contribution for prevention paid for by companies and, in particular, a supplementary contribution in the event of multiple exposures of employees to occupational risks. Future surveys on the latter will help to determine the extent to which this reform may have affected companies' prevention behavior and possibly contributed to a widening of occupational and health inequalities.

Our study has several limitations. Firstly, given the number of investigators, inter-physician variability in determination of exposure prevalence and duration with regard to identical occupations arose due to their differing levels of knowledge. Furthermore, data collection was based on an employee's exposure during the previous week; no information was available with regard to his or her prior work and exposure history, and cumulative exposure could not be determined. That said, there is no reason to suspect differential under- or over-estimation of exposures.

In summary, our study confirms the hypothesis that discrepancies in exposure to physically demanding working conditions occur at different levels in the workplace (i.e., at the individual, job, and company level). Our results identify high-priority targets (e.g., young employees, blue-collar workers, night/shift workers) for prevention measures to help reduce the adverse impacts of demanding physical working conditions and associated musculoskeletal disorders. This is especially important insofar as exposure inequalities overlap with the existing social gradient of health inequalities. Gender should be taken into account in the drafting of policies and preventive measures regarding occupational exposures. In addition to the construction sector, a number of service activities warrant being prioritized for preventative actions.

DISCLOSURE OF INTEREST

The authors declare that they have no competing interest.

Acknowledgments

This study was funded by the French Directorate of Research, Studies and Statistics Coordination (*Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques – DARES*) of the French Ministry of Labour, in the framework of funding for “Social inequalities in Health” projects. This research received support from the Chair “Prevent’Horizon”, under the aegis of the Risk Foundation in partnership with UCLB, ACTUARIS, AG2R LA MONDIALE, G2S, COVEA, GROUPAMA GAN VIE, GROUPE PASTEUR MUTUALITE, HARMONIE MUTUELLE, HUMANIS PREVOYANCE, LA MUTUELLE GENERALE. The funding partners had no involvement in analysis and interpretation of the data, writing of the manuscript, and the decision to submit the paper for publication. The authors are grateful to Sophie Domingues for helping with the final editing of the manuscript.

REFERENCES

- [1] Luce D, Goldberg M. Les cancers professionnels (à l'exception de l'amiante). *Oncologie* 2007;9(5):331–4.
- [2] Imbernon E. Estimate of the number of cases of certain types of cancer that are attributable to occupational factors in France, 2005, 22 p [Available from <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/maladies-liees-au-travail/maladies-a-caractere-professionnel/documents/rapport-synthese/estimate-of-the-number-of-cases-of-certain-types-of-cancer-that-are-attributable-to-occupational-factors-in-france>].
- [3] Diricq N. Rapport de la commission instituée par l'article L. 176-2 du Code de Sécurité Sociale. Sécurité Sociale, 171 pp: Paris; 2011 [Available from: http://www.securite-sociale.fr/IMG/pdf/11_diricq.pdf].
- [4] Gilg soit Ilg A, Fouquet N. Fraction attribuable et risques professionnels. Santé publique France, Paris, 24 pp; 2017 [Available from: http://www.rencontresantepubliquefrance.fr/wp-content/uploads/2017/06/GILG_FOUQUET.pdf].
- [5] Assurance Maladie. Données 2016 des accidents du travail et maladies professionnelles: des chiffres contrastés selon les risques et les secteurs

- dans un contexte de baisse globale de la sinistralité. Paris, Communiqué de presse, 4 pp; 2017 [Available from: https://www.carsat-nordpicardie.fr/images/CP_sinistralite%C3%A9_AMRP_14092017.pdf].
- [6] Puech I. Le temps du remue-ménage. Conditions d'emploi et de travail des femmes de chambre. *Sociol Travail* 2004;46(2):150–67.
- [7] Messaoudi D, Farvaque N, Lefebvre M. Les conditions de travail des aides à domicile: pénibilité ressentie et risque d'épuisement professionnel. *Dossiers solidarité et santé* 2012;30:5–28.
- [8] Estryn-Béhar M. Santé et satisfaction des soignants au travail en France et en Europe. Rennes, Presse de l'HESP, 382 pp; 2018.
- [9] Havet N, Huguet M, Tonnietta J. L'exposition des travailleurs de nuit aux facteurs de pénibilité en France: les enseignements de l'enquête SUMER 2010. *Rev Epidemiol Sante Publique* 2017;65:397–407.
- [10] Coutrot T, Léonard M. Les expositions aux risques professionnels dans les petites établissements. *Dares Résultats* 2017;49:1–7.
- [11] Coutrot T, Memmi S, Rosankis N, Sandret N. Enquête SUMER 2016-2017: bilan de la collecte. *Ref Sante Trav* 2018;156:19–27.
- [12] Arnaudo B, Hamon-Cholet S, Waltisperger D. Les contraintes posturales et articulaires au travail. *Doc Med Trav* 2006;107:329–36.
- [13] Rivalin R, Sandret N. L'exposition des salariés aux facteurs de pénibilité dans le travail. *Dares Anal* 2014;12:11.
- [14] Havet N, Penot A, Plantier M, Charbotel B, Morelle M, Fervers B. Inequalities in the control of the occupational exposure in France to carcinogenic, mutagenic and reprotoxic chemicals. *Eur J Public Health* 2019;29(1):140–7.
- [15] Havet N, Penot A, Plantier M, Morelle M, Fervers B, Charbotel B. Trends in the control strategies for occupational exposure to carcinogenic, mutagenic, and reprotoxic chemicals in France (2003–2010). *Ann Work Expo Health* 2019;63(5):488–504.
- [16] Havet N, Penot A, Morelle M, Perrier L, Charbotel B, Fervers B. Trends in occupational disparities for exposure to carcinogenic, mutagenic, and reprotoxic chemicals in France 2003–2010. *Eur J Public Health* 2017;27(3):425–32.
- [17] Havet N, Penot A, Morelle M, Perrier L, Charbotel B, Fervers B. Varied exposure to carcinogenic, mutagenic, and reprotoxic (CMR) chemicals in occupational settings in France. *Int Arch Occup Environ Health* 2017;90(2):227–41.
- [18] Bué J, Coutrot T, Guignon N, Sandret N. Les facteurs de risques psychosociaux au travail: une approche quantitative par l'enquête Sumer. *Rev Fr Affaires Soc* 2008;2–3:45–70.
- [19] Niedhammer I, Chastang J-F, David S. Importance of psychosocial work factors on general health outcomes in the national French SUMER survey. *Occup Med* 2008;58(1):15–24.
- [20] Niedhammer I, Lesuffleur T, Memmi S, Chastang J-F. Working conditions in the explanation of occupational inequalities in sickness absence in the French SUMER study. *Eur J Public Health* 2017;27(6):1061–8.
- [21] Niedhammer I, Lesuffleur T, Labarthe G, Chastang J-F. Role of working conditions in the explanation of occupational inequalities in work injury: findings from the national French SUMER survey. *BMC Public Health* 2018;18(1):344.
- [22] Lasfargues G. Départs en retraite et "travaux pénibles": l'usage des connaissances scientifiques sur le travail et ses risques à long terme pour la santé. Noisy-Le-Grand, Centre d'études de l'emploi, 38 pp; 2005[Report No.: 19].
- [23] Eurofound. Sixth European Working Conditions Survey: Overview report. Luxembourg; 2017, Publications Office of the European Union; 162 pp. [Available from: https://www.eurofound.europa.eu/sites/default/files/ef_publication/field_ef_document/ef1634en.pdf].
- [24] Eng A, Mannetje A, McLean D, Ellison-Loschmann L, Cheng S, Pearce N. Gender differences in occupational exposure patterns. *Occup Environ Med* 2011;68(12):888–94.
- [25] Messing K. Physical exposures in work commonly done by women. *Can J Applied Physiology* 2004;29(5):639–56.
- [26] Pailhé M. Age et conditions de travail. *Gerontol Soc* 2004;27(111):113–30.
- [27] Algava E. Le travail de nuit en 2012. *Dares Anal* 2014;62:1–8.
- [28] ANSES. Evaluation des risques sanitaires liés au travail de nuit. Maison-Alfort, ANSES, 408 pp; 2016.
- [29] Oginski A, Pokorski J, Rutenfranz J. In: Contemporary advances in shift-work research: theoretical and practical aspects in the late eighties. Krakow, Medical Academy; 1987.

La pénibilité au travail dans les professions de l'économie verte : les enseignements des enquêtes SUMER 2010-2017

Nathalie HAVET, Université Claude Bernard Lyon 1, ISFA, Laboratoire de Sciences Actuarielles et Financières (SAF). Correspondance : 50 avenue Tony Garnier, 69007 LYON. Courriel : nathalie.havet@univ-lyon1.fr

Caroline BAYART, Université Claude Bernard Lyon 1, ISFA, Laboratoire de Sciences Actuarielles et Financières (SAF). Correspondance : 50 avenue Tony Garnier, 69007 LYON. Courriel : caroline.bayart@univ-lyon1.fr

Alexis PENOT, Université Claude Bernard Lyon 1, ISFA, Laboratoire de Sciences Actuarielles et Financières (SAF). Correspondance : 50 avenue Tony Garnier, 69007 LYON. Courriel : alexis.penot@univ-lyon1.fr

Résumé :

Ces dernières décennies, les politiques publiques mises en place au niveau national et européen ont permis une forte croissance de l'emploi dans le secteur de l'économie verte. Dans ce contexte, il est pertinent de se demander si ces emplois, censés limiter les nuisances environnementales, garantissent également des conditions de travail satisfaisantes et durables. En se basant sur les deux dernières éditions de l'enquête française *Surveillance Médicale des Expositions aux Risques professionnels* (SUMER) de 2010 et 2017, cet article propose d'étudier l'évolution de l'exposition des salariés aux facteurs de pénibilité sur leur lieu de travail (contraintes physiques marquées, environnement physique agressif, rythmes de travail atypiques). L'objectif est de comparer les professions de l'économie verte et les autres et d'étudier l'évolution des indicateurs de pénibilité entre les deux enquêtes. Nous chercherons à savoir si l'économie verte peut être un levier pour réduire certaines inégalités d'exposition ou si au contraire elle contribue à la dégradation des conditions de travail de groupes de salariés déjà fragilisés.

Abstract:

In recent decades, public policies implemented in France and European countries had a positive impact on employment growth in the green economy sector. In this context, we need to ask whether these jobs, which are supposed to limit environmental pollution, also guarantee non-painful working conditions for employees. From the last two national surveys, Medical Surveillance for Occupational Risk Exposure (SUMER 2010 and 2017), this paper focuses on the evolution of the employees' exposure to hardship factors in their workplace (physical constraints, aggressive physical environment, atypical work schedules). The main objective is to compare green economy jobs with those in other sectors and to analyze the evolution of determinants of arduousness at work between the two surveys. We will wonder if green economy can be a way to reduce inequalities in terms of exposure to or whether, on the contrary, it contributes to the deterioration of working conditions for most vulnerable groups of employees.

Mots clés : risques professionnels, économie verte, conditions de travail, contraintes physiques, rythmes de travail, nuisances sonores, expositions aux agents cancérigènes.

Keywords: occupational exposure, green economy, working conditions, physical constraints, work schedules, harmful noise, exposure to carcinogenic agents.

Depuis les deux dernières décennies, l'Union Européenne s'efforce de concilier croissance économique et nécessité de protéger l'environnement. Elle s'est ainsi fixé des objectifs ambitieux en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre, d'augmentation de l'efficacité énergétique, de promotion des énergies renouvelables et de réduction des déchets, qui ont donné naissance à un vaste éventail de nouveaux emplois. Le défi est de faire contribuer les emplois de l'économie verte, par définition associés à la préservation ou la restauration de l'environnement, à une « croissance véritablement intelligente, durable et inclusive », pour reprendre les termes de la stratégie *Europe 2020* de la Commission européenne¹. La déclinaison de ces objectifs ambitieux, s'adapter aux grands défis environnementaux (changement climatique, rareté des ressources, perte accélérée de la biodiversité, multiplication des risques sanitaires environnementaux, *etc.*) tout en lançant une nouvelle dynamique de développement économique, génératrice d'emplois, s'est traduite au niveau national par la mise en œuvre de plusieurs politiques publiques destinées à impulser la transition écologique. Ainsi, la loi de transition énergétique pour une croissance verte en 2015 et la stratégie nationale de transition écologique vers un développement durable (SNTEDD), menée de 2015 à 2020, ont essayé de poser les bases pour un élan écologique positif, renouvelant les façons de consommer, de produire et de travailler.

D'un point de vue quantitatif, les actions portées par la puissance publique, tant au niveau européen que national, ont permis une forte croissance de l'emploi dans l'économie verte (AGENCE EUROPÉENNE POUR L'ENVIRONNEMENT, 2015). En France, sur la période 2004-2016, l'emploi a augmenté de 36% dans ce secteur, alors qu'il n'a progressé que de 5,2% dans l'ensemble de l'économie (OBSERVATOIRE NATIONAL DES EMPLOIS ET MÉTIERS DE L'ÉCONOMIE VERTE, 2019). Toutefois, la pertinence des politiques publiques en faveur de l'économie verte ne peut être évaluée qu'au seul regard du nombre d'emplois créés. L'analyse doit également prendre en compte les implications sociétales liées à cette évolution. Malgré les promesses de développement durable à long terme et la mise en avant du travail décent par les promoteurs de l'économie verte, des répercussions sociales sont en effet apparues (STOEVKA, HUNTER, 2012), qu'il s'agisse de mobilité professionnelle, de destruction créatrice d'emplois (réallocations de facteurs de production entre secteurs déclinants et secteurs émergents) ou de gestion des compétences (BUREAU INTERNATIONAL DU TRAVAIL, 2019). Les mesures qui ont un impact positif sur l'environnement ne semblent donc pas toujours favorables aux travailleurs occupant un emploi vert.

Des études montrent que les nouvelles législations et technologies destinées à protéger l'environnement peuvent accroître les risques auxquels sont confrontés les travailleurs. Par exemple, selon l'AGENCE NATIONALE POUR L'AMÉLIORATION DES CONDITIONS DE TRAVAIL (2016), la réduction de la quantité de déchets mis en décharge a provoqué une augmentation des maladies professionnelles chez les personnes chargées de traiter ces déchets. Par ailleurs, la vitesse à laquelle certains métiers de l'économie verte se développent entraîne des déficits de compétences. Dans ce contexte, l'implication de travailleurs inexpérimentés dans des processus auxquels ils n'ont pas été formés est susceptible de les exposer à des situations de travail risquées, pouvant avoir des conséquences sur leur santé et leur sécurité. Plusieurs travaux ont également mis en évidence la précarité des emplois de l'économie verte, la majorité se situant dans des secteurs où la qualité de l'emploi est faible, avec une forte proportion de contrats à durée déterminée et d'emplois non-salariés (COMMISSARIAT GÉNÉRAL DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, 2014 ; BABET, MARGONTIER, 2017 ; BROCHIER, 2019). Ainsi, un dualisme plus marqué de la main d'oeuvre dans l'économie verte pourrait apparaître en raison de la mutation des emplois générée par la transition écologique : les travailleurs les moins

¹ <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:2020:FIN:FR:PDF>

qualifiés, qui rencontrent des difficultés à se reconverter professionnellement, pourraient se retrouver forcés d'accepter de moins bonnes conditions de travail.

Afin d'être réellement durables et conformes aux objectifs de la *stratégie Europe 2020* de la Commission européenne, les emplois de l'économie verte doivent offrir des conditions de travail sûres et correctes. Or, peu d'études se sont intéressées à l'évolution de la pénibilité dans ces emplois. La plupart des travaux se sont principalement focalisés sur des métiers ou sous-secteurs particuliers (ex : le recyclage des déchets) et ne permettent pas d'avoir, à ce jour, une vision globale des populations exposées aux différents facteurs de pénibilité (contraintes physiques marquées, environnement physique agressif et rythmes de travail atypiques) dans l'économie verte. Pourtant, certaines spécificités de ces emplois laissent penser que les salariés pourraient être davantage exposés aux risques professionnels. Par exemple, on observe dans l'économie verte une plus forte proportion d'hommes et d'ouvriers, groupes et catégories socioprofessionnelles habituellement les plus exposés à la pénibilité (YILMAZ, 2006 ; ARNAUDO *et al*, 2012 ; RIVALIN, SANDRET, 2014 ; ALGAVA, 2014 ; COUTROT, DAVIE, 2014 ; ALGAVA, VINCK, 2015 ; HAVET *et al*, 2017a ; 2017b). Raphaëlle RIVALIN et Nicolas SANDRET (2014) ont également mis en évidence que, parmi les secteurs les plus concernés par la pénibilité au travail, se trouve celui du traitement des déchets, un secteur au cœur de l'économie verte. On peut également craindre que les pressions politiques et économiques exercées sur les entreprises pour atteindre les objectifs fixés en termes de transition écologique amènent à négliger les questions de sécurité et de santé au travail. Par conséquent, nous pouvons nous demander si la transition écologique, qui assure une évolution vers un nouveau modèle économique et social, ne se fait pas au détriment des conditions de travail des salariés dans l'économie verte.

Au vu de ce contexte, nous proposons dans cet article d'étudier de façon approfondie les expositions aux facteurs de pénibilité des salariés de l'économie verte. Pour ce faire, nous mènerons des analyses statistiques et économétriques à partir des deux dernières éditions de l'enquête *Surveillance Médicale des Expositions aux Risques professionnels* (SUMER), réalisées en 2010 et 2017. Dans un premier temps, nous examinerons si des écarts existent entre les professions de l'économie verte et les autres en 2017, en termes d'expositions aux facteurs de pénibilité et si ces écarts sont imputables à la structure des emplois de l'économie verte ou à d'autres éléments. Dans un deuxième temps, nous étudierons l'évolution des expositions à ces différents facteurs entre 2010 et 2017, au gré de la mise en place des politiques publiques liées à la transition écologique, et nous demanderons si les professions de l'économie verte ont bénéficié d'une baisse plus marquée que dans le reste de l'économie. Nous chercherons aussi à savoir, grâce à cette analyse comparée des deux vagues de l'enquête, si l'économie verte peut être un levier pour réduire certaines inégalités d'exposition ou si elle contribue à la dégradation des conditions de travail de salariés déjà fragilisés.

Les données

Pour avoir une vue globale et actualisée de la prévalence d'un certain nombre de risques professionnels en France, nous utilisons les vagues les plus récentes de l'enquête transversale et périodique, *Surveillance Médicale des Expositions aux Risques professionnels* (SUMER), coordonnée par la Direction de l'Animation de la Recherche, des Etudes et des Statistiques (DARES) du ministère du Travail et la Direction générale du travail (inspection médicale du travail). Afin de savoir si les emplois de l'économie verte sont plus exposés aux facteurs de pénibilité que les autres emplois, deux défis méthodologiques sont à relever : le premier est de caractériser les emplois de l'économie verte, objet de nombreuses définitions, et le second d'identifier les indicateurs de pénibilité.

L'enquête SUMER

L'enquête SUMER, créée pour dresser un état des lieux des expositions des salariés aux principaux risques professionnels (contraintes physiques et organisationnelles, risques chimiques, biologiques et psychosociaux, *etc.*) en France (ARNAUDO *et al*, 2012), permet d'identifier les conditions de travail pénibles. Sa principale originalité est d'être administrée par des médecins du travail et des médecins de prévention volontaires, auprès d'un échantillon représentatif de salariés tirés au sort, parmi ceux dont ils assurent la surveillance médicale. Les données de cette enquête sont collectées selon une procédure d'échantillonnage correspondant à un sondage à deux degrés : celui des médecins (2400 en 2010 et 1243 en 2017), puis celui des salariés (53940 en 2010 et 33600 en 2017). Au total, 47983 salariés (89%) ont accepté de répondre à l'édition 2010 et 26500 (76%) à l'édition 2017².

La taille des échantillons interrogés permet de quantifier des expositions à des risques relativement rares et, dans notre cas, d'interroger suffisamment de salariés exposés à des produits cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques (CMR) ou à des bruits nocifs, pour mener une étude statistique robuste. La portée des résultats obtenus est importante, puisque les champs couverts par les enquêtes 2010 et 2017 sont représentatifs de plus de 90% des salariés français. Par ailleurs, la stabilité des questionnaires et la standardisation de la méthodologie de l'enquête autorisent une comparaison des résultats dans le temps. Toutefois, comme le champ de l'enquête SUMER s'est étendu entre les éditions 2010 et 2017, nous avons pris la précaution de raisonner à périmètre constant, en restreignant notre échantillon d'étude au champ des salariés métropolitains (certains territoires d'Outre-Mer ayant été intégrés progressivement à l'enquête) et en excluant les enseignants de l'Education Nationale, qui n'ont été interrogés qu'à partir de l'édition 2017 (ARNAUDO *et al*, 2012). Avec ces restrictions, les éditions 2010 et 2017 permettent d'étudier si les expositions aux facteurs de pénibilité ont évolué depuis la mise en place des politiques destinées à impulser la transition écologique, puisque les modalités de mesures des expositions sont bien identiques d'une édition à l'autre, basées sur une méthodologie standardisée et réalisées à périmètre constant.

Les facteurs de pénibilité repérables et étudiés

L'expertise et les connaissances de terrain des médecins du travail administrant l'enquête assurent la fiabilité de l'information recueillie sur les risques professionnels des salariés sur leur lieu de travail. Les médecins évaluent la durée des expositions individuelles liées au poste de travail (ambiances et contraintes physiques, contraintes organisationnelles et relationnelles, agents biologiques ou produits chimiques) auxquelles ont été soumis les salariés durant leur dernière semaine travaillée. Ils s'appuient non seulement sur leurs connaissances des procédés de travail spécifiques au poste et à l'entreprise, mais également sur les déclarations du salarié lors de la visite médicale. En cas de doute sur une déclaration du salarié, le médecin peut réaliser une visite du poste de travail.

A l'exception du travail en milieu hyperbare, tous les facteurs de pénibilité au travail recensés dans la réforme des retraites de 2010 sont repérables dans les enquêtes SUMER, à savoir :

- *Des contraintes physiques marquées* : manutention de charges lourdes, postures pénibles, vibrations mécaniques ;
- *Un environnement physique agressif* : agents chimiques dangereux, températures extrêmes, bruit. Pour les expositions aux produits chimiques dangereux, nous avons

² Pour plus de détails sur l'enquête SUMER 2017, voir Coutrot et al. (2018)

restreint notre analyse aux produits chimiques cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques (CMR). Parmi les 89 produits ou familles de produits répertoriés dans l'enquête, 28 ont été identifiés comme CMR : agents reconnus cancérigènes ou probablement cancérigènes ou mutagènes pour l'Homme (groupes 1 et 2A) ou avérés, présumés ou suspectés CMR pour l'Homme, selon la classification réglementaire européenne (catégories 1 et 2 en vigueur en 2010)³ (HAVET *et al.*, 2017b) ;

- *Certains rythmes de travail atypiques* : travail de nuit, travail en équipes successives alternantes, travail répétitif.

Le risque que l'exposition d'un travailleur à un de ces facteurs se manifeste finalement par un effet néfaste sur sa santé dépend, entre autres, de la durée de l'exposition : plus l'exposition est longue, plus le risque est élevé. Cependant, il est impossible de fixer un seuil de durée d'exposition en dessous duquel le risque pour la santé serait négligeable. Nous avons considéré ici des seuils - définissables avec les données de l'enquête SUMER - au-dessus desquels l'exposition peut être qualifiée de « pénible », en raison d'une pathogénicité significativement accrue lorsque ces seuils sont dépassés. Les seuils choisis, similaires à ceux des études précédentes (HAVET *et al.*, 2020, 2017a; RIVALIN, SANDRET, 2014; ARNAUDO, HAMON-CHOLET, WALTISPERGER, 2006), ne sont pas particulièrement restrictifs, mais néanmoins pertinents en termes de prévention⁴. Ils sont de 10h/semaine pour la manutention de charges lourdes, l'exposition à des températures extrêmes, à un bruit supérieur à 85 décibels ou à des vibrations créées par des installations fixes et de 2h/semaine pour les contraintes posturales, les expositions aux vibrations transmises aux membres supérieures et aux bruits comportant des chocs et des impulsions.

Pour les expositions à des rythmes de travail atypiques, certains seuils ont aussi été retenus, notamment pour le travail de nuit. Dans l'enquête SUMER, il est considéré qu'une personne travaille la nuit dès lors qu'elle déclare que sa période de travail se situe, même occasionnellement, dans la tranche de minuit à 5 heures du matin, ce qui est plus restrictif que la définition juridique⁵. Comme de précédentes études sur données françaises (HAVET *et al.*, 2017a; RIVALIN, SANDRET, 2014; GUIGNON, NIEDHAMMER, SANDRET, 2008), nous avons considéré que le travail de nuit est régulier si le salarié a travaillé plus de 50 nuits par an et avons retenu le travail de nuit régulier comme facteur de pénibilité dans nos analyses. Enfin, dans l'enquête SUMER, le travail répétitif est défini comme « la répétition d'un même geste ou d'une même série de gestes à une cadence élevée, plus de 10h/semaine »⁶. Le tableau 2 récapitule l'ensemble des facteurs de pénibilité identifiés et analysés à partir de l'enquête SUMER, ainsi que les seuils et les prévalences d'exposition associées en 2017.

³ Pour la liste complète des produits retenus, voir HAVET *et al.* (2017b).

⁴ Les seuils de pénibilité retenus sont sans rapport avec ceux du décret du 9 octobre 2014 relatif à l'acquisition et à l'utilisation des points acquis au titre du compte personnel de prévention de la pénibilité, car ces derniers renvoient dans certains cas à des grandeurs non décrites par l'enquête SUMER et que le décret privilégie la mesure des expositions sur une année alors que l'enquête SUMER les repère sur la dernière semaine travaillée.

⁵ Selon le Code du travail (article L. 3122-29), la période de travail de nuit est définie comme la plage horaire entre 21 heures et 6 heures du matin, mais elle peut être modifiée dans certaines limites par convention collective ou accord avec les partenaires sociaux. Néanmoins, la tranche de minuit à 5 heures du matin est obligatoirement considérée comme travail de nuit, les physiologistes la décrivant comme une période pendant laquelle l'organisme fonctionne en état de moindre résistance.

⁶ Cette définition est très proche de celle du Code du travail (article L. 416-1) qui stipule que le « travail répétitif est caractérisé par la réalisation de travaux impliquant l'exécution de mouvements répétés, sollicitant tout ou partie du membre supérieur, à une fréquence élevée et sous cadence contrainte ».

L'identification des professions de l'économie verte et leurs spécificités

Pour connaître les écarts d'exposition entre les emplois de l'économie verte et les autres, nous devons caractériser ces deux groupes à partir des données collectées dans l'enquête SUMER. Même si on peut considérer les emplois de l'économie verte comme ceux qui contribuent, d'une manière ou d'une autre, à la préservation ou la restauration de l'environnement, ces derniers font l'objet de nombreuses définitions. Nous citerons notamment celles fournies par le Programme des Nations Unies pour l'environnement⁷, par la Commission européenne⁸ ou par Eurostat⁹. Dans cette étude, nous avons retenu celle de l'Observatoire National des Emplois et Métiers de l'Économie Verte (ONEMEV), qui décompose les emplois de l'économie verte en *métiers verts* et en *métiers verdissants*. Les métiers verts sont des métiers dont la « finalité et les compétences mises en œuvre contribuent à mesurer, prévenir, maîtriser et corriger les impacts négatifs et les dommages sur l'environnement » et les métiers verdissants sont des emplois dont la « finalité n'est pas environnementale, mais qui intègrent de nouvelles briques de compétences pour prendre en compte de façon significative et quantifiable la dimension environnementale dans le geste métier ». Ainsi, la grande majorité des emplois verts sont liés à la production et à la distribution d'énergie et d'eau ou à l'assainissement et au traitement des déchets, alors que les emplois verdissants renvoient à des professions plus variées, liées à l'entretien des espaces verts, à l'industrie, à la recherche-développement, au tourisme-animation, etc. L'avantage d'utiliser cette définition est que l'ONEMEV a établi, à dire d'experts, une liste des professions vertes et verdissantes selon la nomenclature 2003 des professions et catégories socioprofessionnelles (PCS) de l'Insee, disponible dans l'enquête SUMER et utilisée par Charline BABET et Sophie MARGONTIER (2017). Ainsi, 9 PCS constituent les professions vertes et 69 PCS constituent les professions verdissantes. Une des limites concerne le périmètre des professions verdissantes, puisque le verdissement effectif ne touche qu'une partie des professionnels. Faute d'une nomenclature plus fine et face à l'impossibilité d'estimer la part exacte des professionnels concernés, l'ensemble des effectifs d'une même profession est pris en compte pour définir les emplois de l'économie verte.

⁷ Le Programme des Nations Unies pour l'environnement définit les emplois verts comme les postes dans l'agriculture, la fabrication, la construction, l'installation et l'entretien, ainsi que les activités scientifiques, techniques, administratives qui sont liés aux services contribuant substantiellement à la conservation et au rétablissement de la qualité de l'environnement.

⁸ Selon la définition retenue par la Commission européenne, les emplois verts sont ceux qui dépendent de l'environnement ou qui ont été créés, remplacés ou redéfinis (en termes de compétences, méthodes de travail, profils rendus verts, etc.) dans le cadre d'une transition vers une économie plus verte.

⁹ Selon Eurostat, les emplois verts sont ceux qui ont été créés dans l'industrie des biens et des services environnementaux, qui comprend les activités qui produisent des biens et des services servant à mesurer, prévenir, limiter, réduire au minimum ou corriger les atteintes à l'environnement telles que la pollution de l'eau, de l'air et du sol, ainsi que les problèmes liés aux déchets, au bruit et aux écosystèmes.

TABLEAU 1 – Caractéristiques sociodémographiques et d’emplois des salariés interrogés par les enquêtes SUMER 2010 et 2017

	Economie verte	Economie non-verte
Homme	83,63%	46,9%
Ancienneté		
Moins d’un an	10,60%	12,24%
1 à 3 ans	19,32%	15,63%
4 à 9 ans	32,41%	30,88%
10 ans et plus	37,66%	41,24%
Statut de l’emploi		
CDI	74,21%	72,27%
Apprenti, intérimaire, CDD	12,58%	10,83%
Agent à statut	4,74%	1,55%
Fonctionnaire	8,45%	15,34%
Heures de travail		
Temps complet	89,95%	77,34%
Travail le dimanche et jour férié	26,78%	35,89%
PCS		
Cadres et prof. intellectuelles	19,35%	14,82%
Professions intermédiaires	26,39%	20,71%
Employés administratifs	0,19%	15,97%
Employés de services	0,17%	25,20%
Ouvriers qualifiés	43,46%	13,45%
Ouvriers non qualifiés et agricoles	10,44%	9,86%
Fonction principale exercée		
Production, fabrication, chantier, construction	29,06%	15,17%
Installation, réparation, maintenance	19,56%	4,69%
Nettoyage, gardiennage, entretien ménager	2,25%	8,37%
Manutention magasinage logistique	8,39%	5,14%
Secrétariat, saisie, accueil	0,64%	10,71%
Gestion, comptabilité	1,40%	8,16%
Commerce, vente, technico commercial	3,49%	16,62%
Etudes, R&D, méthodes	15,48%	5,54%
Autres	19,56%	25,49%
Taille de l’entreprise		
1 à 9 salariés	23,17%	22,47%
10 à 49 salariés	26,73%	23,72%
50 à 499 salariés	31,01%	33,12%
500 salariés et plus	18,98%	20,66%
Présence d’un CHSCT	52,02%	58,03%
Présence de représentants syndicaux	55,74%	60,92%
Intervention d’IPRP	37,31%	37,65%
Nombre d’observations	13 042	57 456

Source : enquêtes SUMER 2010 et 2017.

Champ : salariés en France métropolitaine, hors Éducation Nationale. Calculs des auteurs.

Dans notre échantillon global, regroupant les années 2010 et 2017 de l’enquête SUMER, environ 15% des salariés de France métropolitaine occupaient un emploi de l’économie verte.

Le tableau 1 présente les spécificités de ces salariés et de leurs emplois par rapport au reste de l'économie. Au premier regard, les emplois de l'économie verte semblent tenir leurs promesses, puisqu'ils concernaient davantage des postes à temps complet (89,95, vs. 77,34%), en CDI (74,21%, vs. 72,27%) et semblaient moins touchés par le travail du dimanche et des jours fériés que les autres emplois (26,78% vs. 35,89%). Pourtant, parmi les entreprises pourvoyeuses d'emplois verts, on dénotait également une moindre prise en compte des critères sociaux, notamment une présence plus modérée des comités d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail (CHSCT) (52,02% vs. 58,03%) et des représentants syndicaux (55,74% vs. 60,92%). Ces écarts peuvent en partie s'expliquer par la taille plus restreinte des entreprises, puisque l'échantillon des emplois verts contenait 49,90% d'entreprises de 1 à 49 salariés, contre 46,19% dans les autres emplois. Toutefois, c'est en analysant les caractéristiques socioéconomiques des répondants qu'apparaissent les différences les plus marquées. Les hommes sont largement surreprésentés dans l'économie verte (83,63% vs. 46,90%), de même que certaines PCS telles que les cadres et professions intellectuelles (19,35% vs. 14,82%), les professions intermédiaires (26,39% vs. 20,71%) et les ouvriers qualifiés (43,46% vs. 13,45%). A contrario, les employés sont peu nombreux dans ces emplois (moins de 1% vs. 41,17% pour les autres emplois). Ces constats sont liés à la structure des principales fonctions exercées. Ainsi, les fonctions qui correspondent majoritairement à des postes d'ouvriers qualifiés occupés par des hommes sont surreprésentées parmi les emplois verts : fonctions de production, fabrication, chantier et construction (29,06% vs. 15,17%) mais également d'installation, réparation et maintenance (19,56% vs. 4,69%). De l'autre côté de l'échiquier, nous retrouvons la surreprésentation des fonctions d'études, R&D et méthodes (15,48% vs. 5,54%), davantage prisées par des cadres et professions intermédiaires masculins.

C'est pourquoi, dans notre étude comparée des expositions aux facteurs de pénibilité entre économie verte et les autres secteurs de l'économie, nous chercherons à dissocier ce qui est attribuable aux structures différenciées des emplois de ces deux secteurs de ce qui est imputable à des différences de comportements ou de procédés.

Les professions de l'économie verte sont-elles davantage touchées par les expositions aux facteurs de pénibilité ?

Les salariés de l'économie verte davantage sujets aux contraintes physiques marquées et à un environnement physique agressif, mais moins concernés par des rythmes de travail atypiques

Selon l'enquête SUMER 2017, 61,3% des salariés de France métropolitaine (hors enseignants de l'Éducation Nationale), soit plus de 13,2 millions, étaient exposés à un ou plusieurs facteurs de pénibilité la semaine précédant leur visite médicale (tableau 2). Les expositions à ces risques professionnels étaient beaucoup plus marquées dans les professions de l'économie verte, avec un taux de prévalence de 70,2%, supérieur de presque 10 points à la moyenne nationale. Ainsi, près de 2,2 millions de salariés exerçant une profession de l'économie verte étaient exposés à au moins un facteur de pénibilité en 2017 : 59,7% d'entre eux étaient soumis à des contraintes physiques marquées, 36% à un environnement physique agressif et 16% occupaient des emplois avec des rythmes de travail atypiques (travail de nuit régulier, travail posté, travail répétitif).

TABLEAU 2 – Prévalence d'expositions aux différents facteurs de pénibilité en 2017

	<i>Seuils de pénibilité retenus</i>	Economie verte	Autres
Contraintes physiques marquées		59,71%	47,15%
<i>Manutention de charges lourdes</i>	10h/semaine et plus	11,52%	7,56%
<i>Postures pénibles :</i>		53,94%	43,22%
- Maintien des bras en l'air	2h/semaine et plus	17,93%	7,02%
- Position à genoux	2h/semaine et plus	23,08%	8,39%
- Position fixe de la tête et du cou	2h/semaine et plus	23,32%	19,91%
- Autres contraintes posturales (posture accroupie, en torsion, etc.)	2h/semaine et plus	30,96%	26,14%
<i>Vibrations mécaniques :</i>		22,97%	5,12%
- Utilisation d'outils transmettant des vibrations aux membres supérieurs	2h/semaine et plus		
- Vibrations créées par des installations fixes	10h/semaine et plus		
Environnement physique agressif		35,99%	14,91%
<i>Nuisances sonores :</i>		18,24%	7,75%
- Bruit de niveau d'exposition sonore supérieure à 85 décibels	10h/semaine et plus	7,73%	4,14%
- Bruit comportant des chocs et des impulsions	2h/semaine et plus	13,44%	5,19%
<i>Nuisances thermiques :</i>		3,28%	3,21%
- Travail au froid (<15°C)	10h/semaine et plus	2,34%	1,54%
- Travail à la chaleur (>24°C)	10h/semaine et plus	1,05%	1,71%
<i>Expositions à des agents CMR[§] :</i>		26,10%	7,37%
Rythmes de travail « atypiques »		16,31%	22,15%
<i>Travail de nuit régulier</i>	Plus de 50 nuits par an	4,71%	4,59%
<i>Travail en équipes successives alternantes (travail posté)</i>	3*8, 4*8, 2*12	8,75%	14,69%
<i>Travail répétitif</i>	10h/semaine et plus	4,84%	6,49%
Exposition à au moins un facteur de pénibilité		61,3%	70,2%

Note : [§]les produits ou familles de produits CMR repérés dans l'enquête SUMER sont au nombre de 28 (voir la liste dans Havet et al., 2017b).

Source : enquête SUMER 2017.

Champ : salariés France métropolitaine, hors Éducation Nationale. Calculs des auteurs.

Bien plus que le port répété de charges lourdes (10h par semaine ou plus), les postures cervicales (position fixe de la tête et du cou) et accroupies ou en torsion représentaient les deux plus fréquentes sources de contraintes physiques marquées, quel que soit le secteur concerné (en économie verte comme en économie non-verte). Parmi les facteurs constituant un environnement physique agressif, les expositions aux agents CMR et aux nuisances sonores restaient encore relativement élevées en milieu professionnel en 2017, notamment dans les professions de l'économie verte, malgré les derniers Plans de Santé au Travail qui ont spécifiquement dénoncé et ciblé ces risques professionnels. En revanche, les nuisances thermiques étaient les moins fréquentes, avec une prévalence de l'ordre de 3%. Parmi les trois grandes catégories de rythmes de travail atypiques, le travail posté représentait le risque principal, avec une prévalence entre 2 et 3 fois plus élevée que le travail de nuit régulier (plus de 50 nuits par an) et le travail répétitif.

En résumé, le tableau 2 met surtout en évidence des salariés de l'économie verte plus sujets aux contraintes physiques marquées (l'exposition aux vibrations mécaniques notamment : 23% vs. 5%) et à un environnement physique agressif (les produits CMR : 26% vs. 7%) mais moins concernés par des rythmes de travail atypiques (le travail posté : 8% vs. 14,7%) que les autres salariés.

Des différences qui ne sont pas uniquement liées à des effets de structure d'emplois

Pour mieux comprendre ces disparités d'expositions aux risques professionnels entre les professions de l'économie verte et les autres, nous avons eu recours à des modèles économétriques – dont les spécifications sont présentées dans l'encadré 1. Le premier intérêt de ces modélisations est de mener un raisonnement « toutes choses étant égales par ailleurs », c'est-à-dire de tester si ces écarts persistent une fois que les différences en termes de caractéristiques individuelles (genre, âge, ancienneté), d'emplois (statut, PCS, heures de travail, fonctions principales) et de type d'entreprises (taille de l'établissement, présence d'un CHSCT, de représentants syndicaux, etc.) sont contrôlées entre les professions vertes et non-vertes. Le second est de permettre de tester si les déterminants des différents risques professionnels ont une influence comparable dans les professions de l'économie verte et les autres, grâce à l'introduction de termes d'interaction entre les caractéristiques évoquées précédemment et une variable dichotomique identifiant si le salarié occupe ou non un emploi de l'économie verte. Plus précisément, dans nos spécifications, les coefficients associés aux variables explicatives captent les effets du groupe de référence, à savoir les effets pour les professions non-vertes. Si le terme d'interaction associé à une variable explicative donnée n'est pas statistiquement significatif, cela signifie que l'effet de ce déterminant ne diffère pas entre professions vertes et non-vertes. En revanche, si le terme d'interaction est statistiquement significatif, on peut conclure que l'effet de ce déterminant est différent entre les deux groupes.

Comme le tableau 1 a révélé que la proportion d'employés (administratifs et de services) était très marginale dans l'économie verte, nous avons effectué les régressions après avoir éliminé ces catégories socioprofessionnelles de notre échantillon. En outre, dans un souci de parcimonie, nous avons restreint l'analyse des expositions aux contraintes physiques marquées à trois indicateurs : l'exposition à des charges lourdes répétées, l'exposition à au moins une posture pénible et l'exposition aux vibrations mécaniques. De même, pour l'environnement physique agressif, nous n'avons pas considéré les nuisances thermiques, puisque les prévalences d'exposition sont faibles dans les deux groupes d'emplois et surtout très similaires. Le tableau 3 reporte les résultats de nos estimations économétriques effectuées à partir de l'enquête SUMER 2017.

TABEAU 3 – Modèles multi-niveaux expliquant l'exposition aux facteurs de pénibilité en 2017 et les différences entre économie verte et non-verte

	Charges lourdes		Postures pénibles		Vibrations mécaniques		Bruits nocifs		Agents CMR	
	Coef.	Interac.	Coef.	Interac.	Coef.	Interac.	Coef.	Interac.	Coef.	Interac.
Economie verte	0,69		0,33		2,92***		2,18***		1,37***	
Homme	0,24**	0,79**	-0,22***	0,09	1,49***	-0,65**	1,13***	-0,33	1,22***	-0,68***
Age	-0,01	0,00	-0,01***	0,00	-0,01***	-0,02**	-0,01	-0,02**	-0,01**	0,00
Ancienneté										
Moins d'un an	-0,21	-0,13	-0,25**	0,05	0,14	-0,43	-0,11	-0,65	-0,44**	0,14
1 à 3 ans	-0,12	0,21	-0,13	0,06	0,14	-0,43**	-0,16	0,15	0,00	-0,01
4 à 9 ans	0,01	-0,15	-0,04	0,09	0,10	-0,03	-0,05	0,02	0,03	0,11
10 ans et plus	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Travail à temps complet	0,93***	-0,05	0,18***	0,03	0,42**	-0,30	1,04***	-0,97***	0,14	0,21
Travail posté	0,45***	-0,51**	0,02	0,21	0,07	0,11	0,61***	0,21	0,37***	-0,16
Travail de nuit	0,12	-0,33	-0,06	0,01	0,48***	-0,67***	0,30***	-0,28	0,42***	-0,35**
Travail le dimanche et jours fériés	0,01	0,41**	-0,03	0,08	0,00	0,29	-0,14	0,27	-0,03	0,29**
Statut de l'emploi										
CDI	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Apprenti, intérimaire, CDD	0,03	-0,39	0,09	0,33	0,09	0,01	0,20	-0,09	0,19	0,30
Fonctionnaire, agent à statut PCS	-0,06	0,15	-0,02	0,22**	0,06	0,16	-0,20	0,12	0,28**	0,51***
Cadre, prof. intellectuelle Prof. intermédiaire	-1,10***	-0,50	-0,23***	-0,07	-0,12	-1,23***	-0,77***	0,28	-0,68***	0,00
Ouvrier qualifié	1,51***	-0,66***	0,74***	0,71***	1,83***	0,20	1,44***	-0,58***	1,16***	0,44***
Ouvrier non qualifié et agricole	1,75***	-0,49	0,74***	0,68***	1,39***	0,74***	1,28***	-0,02	0,89***	0,15
Fonction principale										
Production, construction	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Installation, maintenance	-0,19	-0,42	0,40***	0,05	0,92	-0,52***	0,55***	-0,32**	1,07***	-0,25
Nettoyage, gardiennage	-0,27	1,18***	-0,19	-0,35	0,09	-0,18	-0,27	0,32	-0,04	-1,16**
Manutention, magasinage	1,18***	-0,78***	-0,09	0,10	-0,27	-0,56**	-0,90***	-0,57	-0,82***	0,20
Etudes, R&D	-2,02***	0,98	-0,02	0,05	-1,96***	-0,17	-0,87***	-0,54	-0,23	0,17
Autres	0,02	-0,91***	-0,14**	0,11	-0,03	-0,38	-0,36***	-0,51**	0,03	-0,39**
Taille de l'entreprise										
1 à 9 salariés	-0,03	-0,08	0,16	0,07	0,65***	-0,21	-0,25	0,58	0,26	-0,08
10 à 49 salariés	0,24	-0,27	0,30***	-0,17	0,61***	-0,40	0,16	0,27	0,25	-0,27
50 à 499 salariés	0,38***	-0,03	0,22***	-0,02	0,38***	-0,24	0,24**	0,06	-0,27***	0,20
500 salariés et plus	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Constante	-4,76***		-0,74***		-6,10***		-4,76***		-4,20***	
Coefficient intra-class	0,13***		0,04***		0,19***		0,12***		0,22***	
Nb. Obs.	16 685		16743		17 914		17 098		17 377	

TABEAU 3 (suite) – Modèles multi-niveaux expliquant l'exposition aux facteurs de pénibilité en 2017 et les différences entre économie verte et non-verte

	Travail répétitif		Travail de nuit régulier		Travail posté	
	Coef.	Interac.	Coef.	Interac.	Coef.	Interac.
Economie verte	-0,86		0,50		1,04	
Homme	-0,52***	-0,04	0,77***	0,20	0,21***	0,08
Age	-0,01	0,01	-0,01	0,00	-0,01***	0,00
Ancienneté						
Moins d'un an	-0,18	-0,43	0,30	-0,30	0,22	0,03
1 à 3 ans	0,02	-0,05	0,14	-0,33	0,07	0,18
4 à 9 ans	-0,18	-0,15	0,06	-0,02	-0,04	0,11
10 ans et plus	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Travail à temps complet	0,49***	0,56	0,75***	-0,15	0,44***	-0,01
Travail posté	0,41***	-0,38				
Travail de nuit	-0,17	0,25				
Travail le dimanche et jours fériés	0,03	0,04	2,10***	0,05	1,58***	0,12
Statut de l'emploi						
CDI	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Apprenti, intérimaire, CDD	-0,12	-0,11	-0,25	0,53	-0,08	0,28
Fonctionnaire, agent à statut	-0,16	0,09	-0,41***	0,38	-0,13	0,45***
PCS						
Cadre, prof. intellectuelle	-0,53***	-0,17	-0,62***	-0,10	-1,25***	-0,05
Prof. intermédiaire	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Ouvrier qualifié	1,73***	-0,27	1,10***	-1,09***	1,33***	-1,9***5
Ouvrier non qualifié et agricole	2,31***	-1,09***	0,99***	-1,36***	1,42***	-1,36***
Fonction principale						
Production, construction	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Installation, maintenance	-0,74***	-0,26	-0,41**	-0,13	-0,49***	-0,24
Nettoyage, gardiennage	-0,66***	0,95	0,30	0,34	-0,52***	-0,09
Manutention, magasinage	-0,46***	-0,42	-0,20	0,39	-0,57***	-0,01
Etudes, R&D	-0,79***	0,00	-1,34***	-1,05	-1,60***	-0,49
Autres	-0,69***	0,05	0,65***	-1,07***	0,10	-0,46***
Taille de l'entreprise						
1 à 9 salariés	-0,54**	0,42	-0,90***	0,68	-1,22***	0,43
10 à 49 salariés	-0,39**	0,42	-0,28	0,65**	-0,56***	-0,01
50 à 499 salariés	-0,06	-0,02	0,01	0,45**	-0,40***	0,31**
500 salariés et plus	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Constante	-3,33***		-6,17***		-3,67***	
Coefficient intra-class	0,05***		0,25***		0,17***	
Nb. Obs.	17 117		17 162		17 401	

Notes : Les résultats reportés correspondent aux régressions logistiques multi-niveaux décrites dans l'encadré 1. Les régressions ont été effectuées en intégrant des dichotomiques pour les régions, la présence d'un CHSCT, de représentants syndicaux, d'intervenants des risques professionnels, ainsi que les termes d'interaction associés. Dans un souci de parcimonie, les coefficients associés à ces variables n'ont pas été reportés ici. ***coefficient significatif à 1%, **coefficient significatif à 5%.

Source : enquête SUMER 2017.

Champ : salariés en France métropolitaine, hors Éducation Nationale, hors employés (administratifs et de services). Calculs des auteurs.

ENCADRE 1

Spécifications économétriques

Afin d'avoir une comparaison fiable des taux d'exposition, toutes choses étant égales par ailleurs, entre les emplois de l'économie verte et les autres, la probabilité d'être exposé au facteur de pénibilité k est modélisée à l'aide d'un modèle *logit multi-niveaux*, en introduisant des caractéristiques propres au salarié (âge, genre, ancienneté), à son emploi (PCS, fonctions, types de contrats, heures de travail) et à son entreprise (taille, présence d'un CHSCT, de représentants syndicaux). Il s'agit d'utiliser un *logit à effets aléatoires* (RABE-HESKETH, SKRONDAL, 2012 ; GOLDSTEIN, 2010, HOX, MOERBEEK, SCHOOT, 2010) où la constante est autorisée à varier d'un secteur à l'autre (j). L'intérêt de ce modèle est d'évaluer l'hétérogénéité du risque d'exposition entre les secteurs d'activité à un niveau suffisamment désagrégé. En effet, il aurait été restrictif de prendre en compte le secteur d'activité de l'établissement via une variable agrégée en 4 catégories (Agriculture, Industrie, Construction, Tertiaire). Or, avec un niveau plus désagrégé pour les secteurs d'activité (38 catégories au lieu de 4), nous n'aurions pas eu assez d'observations dans chaque groupe pour identifier l'ensemble des paramètres associés aux variables dichotomiques nécessaire dans le modèle. C'est pourquoi, nous avons opté pour une modélisation via des effets aléatoires, méthodologie déjà utilisée pour analyser les inégalités d'exposition aux produits CMR en milieu professionnel (HAVET *et al.*, 2017b, 2018, 2019). Plus précisément, la spécification de ce modèle est la suivante :

$$Penib_{ikj} = \begin{cases} 1 & \text{si } Penib_{ikj}^* = \beta_{0j} + X_{ij}\delta + \varepsilon_{ijk} = \beta_0 + X_{ij}\delta + u_j + \varepsilon_{ijk} > 0 \\ 0 & \text{sinon,} \end{cases}$$

avec $Penib_{ikj} = 1$ si l'individu i dans le secteur d'activité j est exposé au facteur de pénibilité k , X un vecteur de caractéristiques du salarié, de son emploi et de son entreprise et les termes d'interaction associés, δ les paramètres inconnus captant leur influence, ε un terme d'erreur distribué selon une loi logistique et la constante aléatoire $u_j \rightarrow N(0, \sigma_u^2)$.

Les paramètres du modèle ont été estimés par maximisation de la fonction de vraisemblance suivante :

$$L = \prod_{i=1}^n \int_{-\infty}^{+\infty} \prod_{j=1}^J \left\{ F(\beta_0 + X_{ij}\delta + \sigma_u u_j)^{Penib_{ikj}} \cdot [1 - F(\beta_0 + X_{ij}\delta + \sigma_u u_j)]^{(1-Penib_{ikj})} \right\} \phi(u_j) du_j,$$

avec F la fonction de répartition de la loi logistique du terme d'erreur ε .

Les estimations ont été menées dans un premier temps à partir de la seule édition 2017 de l'enquête SUMER en intégrant des termes d'interaction avec une variable dichotomique reflétant l'appartenance à l'économie verte, afin de savoir si certains déterminants d'exposition aux facteurs de pénibilité étaient spécifiques à l'économie verte ou s'ils avaient des influences plus marquées que dans le reste de l'économie. Dans un deuxième temps, les estimations ont été conduites sur les éditions 2010 et 2017 de l'enquête SUMER, mais en ne considérant que les salariés de l'économie verte. Dans ces régressions des termes d'interaction sont introduits avec une dichotomique indiquant l'édition de l'enquête, afin de savoir si les déterminants des facteurs de pénibilité ont changé entre 2010 et 2017 et, dans l'affirmative, si les inégalités sociales d'exposition se sont plutôt creusées ou réduites.

Certains des facteurs de pénibilité observés ne permettent pas de dissocier l'économie verte des autres secteurs de l'économie. Ainsi, les coefficients associés à l'économie verte (effet direct) ne sont pas significatifs dans les régressions expliquant les probabilités d'exposition au port répété de charges lourdes, aux postures pénibles et à un rythme de travail atypique (travail de nuit régulier, travail posté, travail répétitif). Cela signifie que, toutes choses étant égales par ailleurs, les salariés de l'économie verte ont les mêmes risques d'exposition à ces facteurs que ceux des autres secteurs d'activité. Ces résultats peuvent paraître de prime abord contradictoires à ceux établis à partir des statistiques descriptives du tableau 2. Ils suggèrent qu'en moyenne, les salariés de l'économie verte sont plus exposés au port de charges lourdes et aux postures

pénibles et moins soumis aux rythmes de travail atypiques. Mais ces différences disparaissent quand on compare les salariés des deux groupes selon les mêmes caractéristiques (genre, âge, ancienneté, PCS, fonctions, taille d'entreprise, *etc.*). Ainsi, les écarts de prévalence observés dans le tableau 2 pour ces risques sont davantage liés aux spécificités des profils de salariés dans l'économie verte et à la typologie particulière des emplois de ce secteur, qu'à un effet direct spécifique à l'économie verte.

Par exemple, selon nos modèles, travailler à temps complet ou être ouvrier qualifié sont associés à des probabilités d'exposition plus élevées aux risques de manutention de charges lourdes et de contraintes posturales pénibles, toutes choses étant égales par ailleurs. Or ces caractéristiques sont sur-représentées dans les emplois de l'économie verte. Une partie des écarts des taux d'exposition aux charges lourdes et au travail répétitif est aussi attribuable à la sur-représentation des hommes dans l'économie verte. En effet, à caractéristiques équivalentes, les hommes ont des probabilités plus élevées d'être exposés au risque de port répété de charges lourdes et des probabilités plus faibles d'être soumis à un travail répétitif que les femmes. En revanche, la sur-représentation des hommes dans les professions vertes n'est pas à l'origine de la plus forte exposition de ce secteur aux postures pénibles, les femmes étant en moyenne plus exposées à ce risque professionnel que leurs homologues masculins. Cette différence est davantage à attribuer à la prédominance du travail à temps complet, des ouvriers qualifiés et des fonctions d'installation, réparation et maintenance dans le secteur de l'économie verte, ces facteurs étant associés à des risques accrus de postures pénibles. La moindre exposition des emplois verts au travail posté semble quant à elle davantage imputable à la sur-représentation des fonctions de production et d'études et recherche et développement, qui sont associées à des probabilités plus faibles d'exposition et à une sous-représentation du travail le dimanche et les jours fériés, facteur jouant positivement sur ce risque d'exposition.

Si l'économie verte ne se distingue pas du reste de l'économie pour certaines mesures de pénibilité, il en va différemment pour d'autres. Ainsi s'agissant des expositions aux vibrations mécaniques, aux nuisances sonores et aux agents chimiques CMR, la variable caractérisant l'économie verte apparaît significative et positive. Cela confirme les taux d'exposition plus élevés dans l'économie verte, constatés dans le tableau 2. Certes, les salariés de l'économie verte travaillent plus fréquemment à temps plein, occupent davantage des postes d'ouvriers qualifiés et exercent davantage des fonctions de production, fabrication, installation, maintenance, facteurs qui influencent positivement les probabilités d'exposition à ces risques. Mais, à caractéristiques équivalentes, ces travailleurs ont des probabilités d'exposition supérieures de 11,9 points de pourcentage pour les agents chimiques CMR, de 15,4 points de pourcentage pour les vibrations, et de 16,2 points de pourcentage pour les nuisances sonores (en tenant compte seulement des effets directs et non des effets indirects exprimés par les termes d'interaction que nous examinerons en détails ultérieurement).

Nos résultats mettent aussi en évidence une sensibilité différente à certains déterminants de la pénibilité entre économie verte et non-verte, puisque plusieurs termes d'interaction apparaissent significatifs dans nos régressions. Par exemple, le fait de travailler le dimanche ou les jours fériés est un déterminant spécifique de l'économie verte pour les expositions aux agents CMR et au port répété de charges lourdes. De même, alors que pour la majorité des facteurs de pénibilité étudiés (à l'exception des expositions aux agents chimiques CMR et du travail de nuit régulier), le statut de l'emploi n'est pas discriminant entre salariés des professions non-vertes, il l'est, parmi les salariés occupant une profession verte, pour les expositions aux postures pénibles et au travail posté. Ainsi, dans le secteur de l'économie verte, les fonctionnaires et agents à statuts sont plus exposés à ces deux risques que leurs homologues en CDI ou sous contrat à durée limitée. Ils sont également davantage exposés aux agents chimiques CMR, quel que soit le secteur, mais de façon plus prononcée dans l'économie verte.

L'influence de la catégorie socio-professionnelle sur la pénibilité en milieu professionnel est également spécifique dans l'économie verte. Certes, dans les deux groupes, les ouvriers sont plus exposés aux facteurs de pénibilité, toutes choses étant égales par ailleurs, que les professions intermédiaires, elles-mêmes plus exposées que les cadres. Cette surexposition des ouvriers est plus marquée dans l'économie verte, en termes de postures pénibles, de vibrations mécaniques et d'agents chimiques CMR. Elle est en revanche moins forte pour le port répété de charges lourdes, les nuisances sonores et le travail répétitif et non significative pour le travail de nuit régulier. Dans l'économie verte, les ouvriers qualifiés sont même moins exposés au travail posté que les professions intermédiaires. Au final, les inégalités d'exposition à un rythme de travail atypique qui pénalisent globalement les ouvriers sont moins prégnantes dans le secteur de l'économie verte.

En résumé, nos analyses montrent qu'une grande partie des écarts d'exposition aux facteurs de pénibilité entre les professions de l'économie verte et les autres est attribuable aux caractéristiques d'emplois contrastés entre ces deux secteurs. Toutefois, l'économie verte présente des spécificités pour certains risques professionnels, avec des déterminants particuliers (le statut de l'emploi, par exemple) et une sensibilité plus marquée à certains déterminants (être ouvrier). Au vu de ce constat, nous pouvons nous interroger sur l'évolution de l'exposition des travailleurs de l'économie verte aux différents facteurs de risques évoqués. En nous plaçant dans une perspective temporelle, nous pourrions vérifier si les professions vertes ont bénéficié, comme le reste de l'économie, d'une baisse des expositions aux risques professionnels au cours de la dernière décennie et, dans l'affirmative, si cette baisse s'est effectuée à un rythme plus marqué et/ou au détriment de certains groupes de salariés qui auraient vu leurs taux d'exposition augmenter.

Une forte dynamique de réduction de la pénibilité dans les professions vertes entre 2010 et 2017 ?

La prise de conscience relativement récente des pouvoirs publics quant à l'enjeu de la réduction des risques professionnels s'est traduite, au niveau national, par des politiques générales de santé publique et des politiques spécifiques de prévention. Par exemple, *la loi relative à la politique de santé publique* du 9 août 2004 a fixé comme objectifs d'améliorer non seulement la prévention des maladies professionnelles, mais aussi leur reconnaissance et leur prise en charge. Ainsi, le *Plan Santé au Travail* (PST1) 2005-2009 a réformé le dispositif national de prévention des risques professionnels en renforçant les moyens d'intervention et de contrôle de l'administration et de l'inspection du travail. Plus tard, le *Plan Santé au Travail* 2010-2014 a eu comme objectif général de renforcer la prévention des accidents au travail et des maladies professionnelles, tout en diminuant l'exposition à ces risques. Pour ce faire, l'un des axes majeurs affichés était de développer des actions de prévention des risques professionnels, en particulier pour limiter le risque chimique et les troubles musculo-squelettiques. Parallèlement, la préoccupation de réduire l'exposition aux substances CMR en milieu professionnel est inscrite dans le *Plan national santé environnement* 2009-2013. Trois principaux leviers étaient considérés comme prioritaires : i) réduire les expositions liées à l'amiante en révisant la valeur limite d'exposition, ii) développer des actions d'incitation et d'aide à la substitution des substances toxiques en milieu de travail et favoriser le développement de procédés alternatifs, iii) renforcer le suivi des expositions professionnelles. Enfin, le *Plan Cancer* 2009-2013 affichait même clairement l'objectif, sur la période 2009-2012, de soustraire 100 000 salariés de l'exposition aux produits CMR.

Ce contexte réglementaire a favorisé la réduction des expositions aux risques professionnels, en économie verte et non verte. Ainsi, selon les deux dernières éditions de l'enquête SUMER, la proportion de salariés de France métropolitaine (hors enseignants de l'Éducation Nationale) exposés à au moins un facteur de pénibilité a diminué de 5,2% entre 2010 et 2017, passant de 64,4% à 61,2%. Cette baisse a toutefois été beaucoup plus réduite pour les salariés de l'économie verte (-1,4% au lieu de -5,4% dans le reste de l'économie, selon le tableau 4). De plus, des entorses à la tendance générale d'une moindre exposition aux risques professionnels sont notées pour les professions vertes (tableau 4).

TABLEAU 4 – Évolution des prévalences d'expositions aux différents facteurs de pénibilité entre 2010 et 2017

	Économie verte			Hors économie verte		
	2010	2017	Taux de variation (2010-2017)	2010	2017	Taux de variation (2010-2017)
Exposé à au moins un facteur de pénibilité	71,18%	70,21%	-1,4%	63,21%	59,82%	-5,4%
Contraintes physiques marquées	57,94%	59,71%	+3,1%	47,08%	47,15%	+0,1%
<i>Manutention de charges lourdes</i>	13,06%	11,52%	-11,8%	9,97%	7,56%	-24,2%
<i>Postures pénibles</i>	50,85%	53,94%	+6,1%	40,88%	43,22%	+5,7%
<i>Vibrations mécaniques</i>	19,1%	22,97%	+20,3%	4,62%	5,12%	+10,8%
Environnement physique agressif	36,31%	35,99%	-0,9%	17,05%	14,91%	-12,6%
<i>Nuisances sonores</i>	20,39%	18,24%	-10,5%	9,82%	7,75%	-21,1%
<i>Nuisances thermiques</i>	4,04%	3,28%	-18,8%	3,90%	3,21%	-17,7%
<i>Expositions à des agents CMR</i>	24,06%	26,10%	+8,5%	7,98%	7,37%	-7,6%
Rythmes de travail « atypiques »	20,85%	16,31%	-21,8%	29,07%	22,15%	-23,8%
<i>Travail de nuit régulier</i>	3,01%	4,71%	+56,5%	4,43%	4,59%	+3,6%
<i>Travail en équipes successives alternantes (travail posté)</i>	7,82%	8,75%	+11,9%	17,38%	14,69%	-15,5%
<i>Travail répétitif</i>	11,82%	4,84%	-59,1%	12,74%	6,49%	-49,1%

Source : enquêtes SUMER 2010, 2017.

Champ : salariés de France métropolitaine, hors Éducation Nationale. Calculs des auteurs.

Des baisses plus modérées dans l'économie verte pour les expositions à un environnement physique agressif et à des rythmes de travail atypiques

Alors que les prévalences d'exposition aux contraintes physiques marquées ont augmenté entre 2010 et 2017, celles associées à un environnement physique agressif et aux rythmes de travail atypiques ont fortement baissé sur la même période. Les résultats observés du secteur de l'économie verte présentent les mêmes évolutions, mais se distinguent par une hausse plus forte des expositions aux contraintes physiques marquées (+3,1% vs. +0,1% dans le reste de l'économie) et des baisses plus modérées des expositions à un environnement physique agressif (-0,9% vs. -12,6%) et à des rythmes de travail atypiques (-21,8% vs. -23,8%).

La hausse plus importante des expositions à des contraintes physiques marquées observée dans l'économie verte s'explique essentiellement par une augmentation substantielle des prévalences d'expositions aux vibrations mécaniques (alors que l'économie verte présentait déjà un taux d'exposition à ce risque 4 fois plus élevé en 2010 que dans le reste de l'économie) et à une diminution moins prononcée de la proportion de salariés sujets au port répété de charges lourdes. De même, la baisse des expositions aux nuisances sonores a été plus faible dans l'économie verte (-10,5% vs. -21,1%) entre 2010 et 2017. Seul le travail répétitif enregistre une baisse nettement plus sensible dans l'économie verte que dans les autres secteurs (-59,1%, vs. -49,1%).

Dans l'économie verte, les expositions aux risques professionnels ont globalement suivi les tendances observées pour le reste de l'économie. Leur intensité étant substantiellement différente, les salariés de ce secteur ont moins bénéficié des améliorations constatées au niveau national (à l'exception du travail répétitif).

Une inquiétante tendance à la hausse des expositions aux agents chimiques CMR et du travail posté et de nuit dans l'économie verte

Alors que globalement, les prévalences d'exposition aux agents chimiques CMR et au travail posté ont diminué entre 2010 et 2017 (respectivement -7,6% et -15,5%), elles ont fortement augmenté dans l'économie verte, avec des hausses respectives de 8,5% et 11,9%. S'ajoutent à ces tendances inquiétantes pour les professions vertes, l'augmentation brutale du travail de nuit régulier (+56,5% contre +3,6% dans le reste de l'économie). Or, le travail posté de longue durée avec interruption des rythmes circadiens est classé depuis 2007 sur la liste des agents « probablement cancérigènes » (groupe 2A) par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). En outre, de nombreuses études ont mis en évidence des éléments en faveur d'un excès de risque de cancer du sein associé au travail de nuit (MÉNEGAUX *et al*, 2013 ; KNUTSSON *et al*, 2013 ; IJAZ *et al*, 2013 ; JIA *et al*, 2013), alors que d'autres évoquent la possibilité d'un risque accru de cancers de la prostate et d'autres localisations (poumon, colon) (PARENT *et al*, 2012 ; YOUNG *et al*, 2014 ; PAPONIOU *et al*, 2015).

Les évolutions à la hausse observées dans l'économie verte sont d'autant plus inquiétantes que les expositions aux risques professionnels concernés s'inscrivent dans des processus cumulatifs, qui ont tendance à aggraver et à multiplier leurs effets néfastes. Des études épidémiologiques ont mis en évidence la plus grande vulnérabilité du corps humain dans le courant de la nuit, au regard des agressions produites par des nuisances sonores ou thermiques, des expositions aux agents toxiques, *etc.* (AGENCE NATIONALE DE SÉCURITÉ SANITAIRE DE L'ALIMENTATION, DE L'ENVIRONNEMENT ET DU TRAVAIL, 2016). Ainsi, la tension causée par les horaires postés de nuit peut être fortement accrue lorsque d'autres facteurs de stress liés à un environnement physique agressif sont présents dans la situation de travail (OGINSKI *et al*, 1987). D'autres travaux suggèrent que les horaires atypiques tendent à se cumuler avec d'autres facteurs de risque liés à un travail plus difficile émotionnellement et physiquement (HAVET *et al*, 2017a ; ALGAVA, 2014 ; ROUXEL, 2009). Les résultats issus des régressions effectuées sur l'année 2017 (tableau 3) vont dans ce sens : le travail de nuit était associé à une plus forte exposition aux nuisances sonores et le travail posté à de plus fortes expositions aux nuisances sonores, mais aussi aux agents chimiques CMR et au travail répétitif.

Certaines inégalités entre groupes professionnels se sont creusées dans l'économie verte sur la période 2010-2017

Afin de savoir si les déterminants des facteurs de pénibilité ont évolué entre 2010 et 2017 dans l'économie verte, nous avons estimé des modèles multi-niveaux semblables à ceux de l'encadré 1, après avoir fusionné les éditions 2010 et 2017 de l'enquête SUMER et s'être limité au champ des salariés occupant une profession verte. Une variable dichotomique permettant d'identifier l'année de l'enquête complète les autres variables explicatives (caractéristiques individuelles, d'emploi et d'entreprises) des modèles. Nous avons également introduit des termes d'interaction avec cette variable temporelle, afin de mesurer l'évolution des impacts des différents déterminants de l'exposition aux risques professionnels au cours du temps. Si pour une variable explicative donnée, le terme d'interaction associé pour 2017 n'est pas

statistiquement significatif, cela signifie que l'effet de cette variable sur le risque d'exposition analysé est resté constant entre 2010 et 2017. En revanche, si le terme d'interaction est statistiquement significatif et du même signe que l'effet principal de la variable explicative, on peut conclure que son effet a augmenté entre les deux périodes. Inversement, si le terme d'interaction est significatif mais de signe opposé à l'effet principal, alors on peut conclure que l'effet de la variable explicative a diminué avec le temps. Ainsi, on peut identifier si les inégalités d'exposition se sont réduites ou au contraire se sont creusées entre les deux périodes. Les résultats de ces estimations sont reportés dans le tableau 5.

Dans l'économie verte, le tableau 5 met en évidence un renforcement des inégalités d'exposition entre les différents groupes professionnels entre 2010 et 2017. En effet, l'augmentation des prévalences d'exposition aux postures pénibles, aux vibrations mécaniques et aux agents CMR ne s'est pas effectuée au même rythme pour tous les salariés. Les écarts d'exposition à ces trois risques entre les ouvriers (qualifiés ou non) et les autres catégories socioprofessionnelles se sont accrus sur cette période. De même, les salariés occupant un emploi en équipe tournante (travail posté) étaient, toutes choses étant égales par ailleurs, plus exposés en 2010 aux nuisances sonores, aux agents chimiques CMR et au travail répétitif, alors qu'ils présentaient des expositions similaires aux autres salariés en termes de postures pénibles et de vibrations mécaniques. Or, l'écart d'exposition aux nuisances sonores s'est encore creusé à leur désavantage en termes relatifs en 2017 et une surexposition significative est apparue à leur détriment pour les postures pénibles et les vibrations mécaniques.

Les salariés de l'économie verte occupant un emploi à durée limitée ont également vu, en termes relatifs, leurs conditions de travail se dégrader entre les deux enquêtes. En 2010, ils ne présentaient aucune surexposition par rapport à leurs homologues en CDI pour les contraintes posturales, les vibrations mécaniques, les nuisances sonores, les agents CMR et le travail répétitif ou posté. Ils étaient même moins exposés aux charges lourdes et au travail de nuit régulier. Or, en 2017, ces salariés se retrouvent davantage exposés aux postures pénibles, aux agents CMR et au travail de nuit régulier. Les hausses générales observées dans l'économie verte pour ces risques professionnels (postures pénibles, agents CMR, travail de nuit régulier) ont ainsi été plus prononcées pour les salariés aux statuts les plus précaires.

TABEAU 5 – Modèles multi-niveaux expliquant les évolutions des inégalités d'exposition aux facteurs de pénibilité entre 2010 et 2017 dans l'économie verte

	Charges lourdes		Postures pénibles		Vibrations mécaniques		Bruits nocifs		Agents CMR	
	Coef.	Interac.	Coef.	Interac.	Coef.	Interac.	Coef.	Interac.	Coef.	Interac.
Homme	0,36	0,67	-0,26***	0,08	1,66***	-0,75**	0,72***	0,14	0,38***	0,22
Age	-0,01	0,00	-0,01***	0,00	-0,01***	-0,01	-0,02***	0,00	-0,02***	0,01**
Ancienneté										
Moins d'un an	-0,27	-0,05	-0,29***	0,14	-0,35**	0,08	-0,24	-0,59	-0,30**	-0,08
1 à 3 ans	0,05	0,04	-0,07	0,00	0,04	-0,34	-0,05	0,04	-0,20	0,17
4 à 9 ans	0,09	-0,22	-0,12	0,15	-0,14	0,22	-0,08	0,05	-0,07	0,21
10 ans et plus	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Travail à temps										
complet	0,26	0,64	0,10	0,08	0,10	0,17	0,21	-0,04	0,27	0,23
Travail posté	-0,25	0,18	-0,06	0,30**	-0,17	0,43**	0,32***	0,54***	0,21	-0,02
Travail de nuit	0,34**	-0,50**	-0,18**	0,10	0,01	-0,10	0,33***	-0,26	0,08	-0,03
Travail le dimanche et jours fériés	-0,22	0,62***	-0,08	0,14	-0,14	0,47***	-0,07	0,15	0,01	0,15
Statut de l'emploi										
CDI	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Apprenti, intérimaire,										
CDD	-0,38**	-0,02	-0,17	0,59***	-0,25	0,24	-0,10	0,11	-0,09	0,53**
Fonctionnaire, agent à statut	0,08	-0,36	0,08	0,09	-0,01	0,11	0,13	-0,28	0,57***	0,14
PCS										
Cadre, prof. intellectuelle	-1,22***	-0,40	-0,01	-0,32**	-1,31***	-0,04	-0,98***	0,50	-1,24***	0,57**
Prof. intermédiaire	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Ouvrier qualifié	1,01***	-0,10	0,76***	0,74***	1,58***	0,56***	0,71***	0,20	1,18***	0,50***
Ouvrier non qualifié et agricole	1,50***	-0,15	0,90***	0,58***	1,76***	0,51**	1,17***	0,18	1,21***	-0,02
Fonction principale										
Production, construction	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Installation, maintenance	-0,79***	0,21	0,35***	0,12	0,33***	-0,06	0,04	0,03	0,71***	-0,08
Nettoyage, gardiennage	0,14	0,68	-0,68***	0,22	-0,47	0,25	-0,35	0,13	-0,52**	-0,75
Manutention, magasinage	0,69***	-0,24	-0,26***	0,41**	-3,11***	2,39***	-1,59***	0,00	-1,16***	0,33
Etudes, R&D	-2,11***	1,07	0,12	-0,03	-3,85***	1,69	-1,73***	0,26	0,07	-0,17
Autres	-0,74***	-0,14	0,00	0,10	-1,64***	1,31***	-1,12***	0,21	-0,47***	0,02
Taille de l'entreprise										
1 à 9 salariés	0,61***	-0,84	0,27**	-0,02	-0,05	0,26	0,04	0,07	0,22	-0,11
10 à 49 salariés	0,54***	-0,70	0,09	0,06	0,01	0,01	0,12	0,13	0,04	-0,09
50 à 499 salariés	0,58***	-0,36	-0,03	0,24**	-0,23	0,23	0,05	0,13	-0,01	-0,06
500 salariés et plus	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Année 2017	-0,63		-0,70		0,64		-0,07		-1,03***	
Constante	-3,13***		0,19		-3,63***		-2,48		-1,88***	
Coefficient intra-class	0,06***		0,02***		0,13***		0,11***		0,19***	
Nb. Obs.	12 142		12 107		12 320		12 369		12 452	

TABLEAU 5 (suite) – Modèles multi-niveaux expliquant les évolutions des inégalités d'exposition aux facteurs de pénibilité entre 2010 et 2017 dans l'économie verte

	Travail répétitif		Travail de nuit régulier		Travail posté	
	Coef.	Interac.	Coef.	Interac.	Coef.	Interac.
Homme	-0,44***	-0,25	0,94***	0,00	0,29**	-0,01
Age	-0,01	0,01	0,01	-0,02**	-0,01**	0,00
Ancienneté						
Moins d'un an	-0,14	-0,40	0,20	-0,26	-0,04	0,21
1 à 3 ans	-0,09	0,12	-0,07	-0,14	0,22	-0,03
4 à 9 ans	0,10	-0,42	0,10	-0,07	0,00	0,03
10 ans et plus	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Travail à temps complet	0,27	0,68	2,28***	-1,63	0,61***	-0,20
Travail posté	0,48***	-0,43				
Travail de nuit	-0,40***	0,50				
Travail le dimanche et jours fériés						
	0,03	0,12	1,72***	0,30	1,22***	0,38***
Statut de l'emploi						
CDI	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Apprenti, intérimaire, CDD	-0,11	-0,02	-0,98**	1,27**	-0,11	0,26
Fonctionnaire, agent à statut	0,50***	-0,31	-0,46**	0,27	0,31**	-0,16
PCS						
Cadre, prof. intellectuelle	-0,64***	-0,10	-1,06***	0,32	-1,49***	0,14
Prof. intermédiaire	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Ouvrier qualifié	0,91***	0,36	0,24	-0,25	-0,05	-0,53***
Ouvrier non qualifié et agricole	1,13***	-0,12	0,03	-0,20	0,31	-0,07
Fonction principale						
Production, construction	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Installation, maintenance	-0,97***	0,16	-0,85***	0,24	-0,74***	-0,04
Nettoyage, gardiennage	-0,09	0,67	-0,49	1,03	-0,58	-0,07
Manutention, magasinage	-0,54***	-0,11	0,44**	-0,38	-0,24	-0,37
Etudes, R&D	-0,70***	-0,05	-1,64***	-0,73	-1,34***	-0,74**
Autres	-0,47***	-0,05	-0,47**	-0,05	-0,45***	0,09
Taille de l'entreprise						
1 à 9 salariés	0,11	-0,27	-1,35***	1,24**	-0,65***	-0,18
10 à 49 salariés	0,23	-0,30	-0,69***	1,13***	-0,17	-0,40
50 à 499 salariés	0,19	-0,31	-0,17	0,67***	-0,21	0,14
500 salariés et plus	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Année 2017	-2,29**		2,09		0,79	
Constante	-2,11***		-7,50***		-3,29***	
Coef. intra-class	0,08***		0,22***		0,17***	
Nb. Obs.	12 330		12 312		12 459	

Notes : Les résultats reportés correspondent aux régressions logistiques multi-niveaux décrites dans l'encadré 1. Les régressions ont été effectuées en intégrant des dichotomiques pour les régions, la présence d'un CHSCT, de représentants syndicaux, d'intervenants des risques professionnels, ainsi que les termes d'interaction temporels associés. Dans un souci de parcimonie, les coefficients associés à ces variables n'ont pas été reportés ici. *** coefficient significatif à 1%, ** coefficient significatif à 5%.

Source : enquêtes SUMER 2010 et 2017.

Champ : salariés en France métropolitaine, hors Éducation Nationale, occupant un emploi dans l'économie verte hors employés (administratifs et de services). Calculs des auteurs.

L'économie verte semble donc contribuer à la dégradation des conditions de travail de certains groupes (ouvriers, contrats précaires, salariés occupant un travail posté) déjà fragilisés sur le marché du travail. Ceci est d'autant plus vrai que la majorité des inégalités d'exposition qui se sont accentuées dans l'économie verte entre 2010 et 2017 n'ont pas eu lieu dans le reste de l'économie. En effet, lorsque l'on effectue des régressions similaires en incluant des termes

d'interaction temporels sur l'échantillon des salariés ne travaillant pas dans l'économie verte¹⁰, seul l'accroissement des inégalités d'exposition concernant les postures pénibles (au détriment des ouvriers, des contrats précaires et des travailleurs en équipes tournantes successives) est perceptible.

Seulement quelques inégalités d'exposition se sont réduites dans l'économie verte sur la période 2010-2017. Nous constatons ainsi une diminution des effets de genre dans l'exposition aux vibrations mécaniques, même si en 2017 les femmes sont toujours moins exposées à ce facteur de risque que leurs homologues masculins. La surexposition significative des travailleurs de nuit au port répété de charges lourdes observée en 2010 a disparu en 2017, de même que celle des travailleurs des très petites entreprises (de 1 à 9 salariés), par rapport aux travailleurs des entreprises de 500 salariés et plus. En revanche, les travailleurs des entreprises de moins de 50 salariés, moins exposés au travail de nuit régulier en 2010, le sont devenus tout autant que les travailleurs des entreprises de 500 salariés et plus en 2017.

Globalement, les expositions aux risques professionnels dans l'économie verte ont évolué dans le même sens que dans le reste de l'économie au cours de la dernière décennie, mais avec des intensités à la baisse plus modérées (concernant notamment l'environnement physique agressif) et des intensités à la hausse plus fortes (pour les contraintes physiques marquées par exemple). Les seules exceptions concernent les expositions aux agents chimiques CMR et au travail posté, dont les prévalences ont augmenté dans l'économie verte alors qu'elles ont baissé ailleurs. Or, les salariés exposés à ces facteurs ont des risques importants de développer des cancers. Parallèlement à ces tendances générales, certaines inégalités d'exposition aux risques professionnels se sont creusées dans l'économie verte, au détriment notamment des salariés occupant un emploi d'ouvrier, ayant un statut précaire ou soumis au travail posté. Les stratégies de prévention ainsi que les actions de suppression ou de réduction des expositions devront donc cibler en priorité ces populations, surexposées aux facteurs de pénibilité en général, et encore plus dans les professions vertes et verdissantes. En outre, dans l'économie verte, des incitations pour substituer les substances toxiques et développer des procédés alternatifs ne recourant pas à des agents CMR et à du travail posté doivent être proposées, puisque les *Plans de Santé au Travail* successifs ainsi que les cadres réglementaires (ex : entrée en vigueur de la réglementation REACH de l'Union européenne sur les produits chimiques) n'ont pour l'instant pas réussi à atteindre ces objectifs.

*

**

En explorant de façon approfondie les inégalités d'exposition aux facteurs de pénibilité (contraintes physiques marquées, environnement physique agressif, rythmes de travail atypiques) dans l'économie verte et leur évolution au cours temps, notre étude met en avant un paradoxe : alors que les professions de l'économie verte étaient censées atténuer les impacts environnementaux défavorables à l'emploi et aux conditions de travail, elles sont aujourd'hui associées à de plus fortes expositions aux facteurs de pénibilité que les autres. Ce constat est particulièrement inquiétant, puisque les salariés exposés à ces facteurs ont des risques importants de développer des pathologies sévères comme des cancers ou des troubles musculo-squelettiques. De nouvelles stratégies doivent donc être élaborées pour promouvoir le

¹⁰ Par souci de parcimonie, les résultats des régressions effectuées pour les salariés ne travaillant pas dans l'économie verte ne sont pas reportés ici. Ils sont disponibles sur simple demande auprès des auteurs.

développement des professions de l'économie verte, tout en veillant à ce qu'elles garantissent des emplois moins exposés aux facteurs de pénibilité et des conditions de travail décentes.

La législation sur la sécurité et la santé au travail (SST) pourrait contribuer à atteindre ces deux objectifs simultanément. En effet, la sécurité et la santé au travail jouent un rôle essentiel dans la gestion des risques des entreprises et dans l'accroissement de leur productivité, en diminuant notamment l'absentéisme lié aux arrêts maladies et aux accidents du travail. Dans ce contexte, nos résultats pourraient être utiles aux responsables politiques et aux partenaires sociaux nationaux, puisqu'ils fournissent des informations essentielles pour mieux orienter la mise en place de réglementations ainsi que l'affectation des ressources de prévention. Dans ce contexte, il semble pertinent de porter une attention particulière aux expositions aux agents cancérigènes et de cibler prioritairement certains programmes de prévention en faveur des ouvriers, qui en plus de leur surexposition aux facteurs de pénibilité, cumulent, selon la littérature, d'autres risques majeurs pour la santé (surexposition à la consommation de tabac, d'alcool ou une mauvaise alimentation). Toutefois, les démarches concernant la sécurité et la santé au travail dans l'économie verte devront aussi être innovantes, puisque les nouvelles technologies et processus de travail développés pour minimiser les impacts environnementaux pourraient engendrer de nouveaux dangers pour les salariés. Les connaissances acquises en matière de SST devront ainsi évoluer et les solutions proposées être adaptées au fur et à mesure de la transition écologique.

Bibliographie

AGENCE EUROPÉENNE POUR L'ENVIRONNEMENT (2015), « SOER 2015 – The European environment – State and outlook 2015 », février, <https://www.eea.europa.eu/soer/2015>.

AGENCE NATIONALE DE SÉCURITÉ SANITAIRE DE L'ALIMENTATION, DE L'ENVIRONNEMENT ET DU TRAVAIL (2016), « Evaluation des risques sanitaires liés au travail de nuit », Rapport d'expertise collective.

AGENCE NATIONALE POUR L'AMÉLIORATION DES CONDITIONS DE TRAVAIL (2016), « L'amélioration des conditions de travail dans les activités de recyclage de déchets », *Synthèse documentaire*, mai, 88 pages.

ALGAVA E. (2014), « Le travail de nuit en 2012 », *Dares Analyses*, n°62.

ALGAVA E., VINCK L. (2015), « Contraintes physiques, prévention des risques et accidents du travail », *Synthèse Stat DARES*, n°10.

ARNAUDO B., LÉONARD M., SANDRET N., CAVET M., COUTROT T., RIVALIN R. (2012), « L'évolution des risques professionnels dans le secteur privé entre 1994 et 2010 : premiers résultats de l'enquête SUMER », *DARES Analyses*, n°02.

ARNAUDO B., HAMON-CHOLET S., WALTISPERGER D. (2006), « Les contraintes posturales et articulaires au travail », *Document du Médecin du Travail*, n°107, pp. 329–336.

AST D., MARGONTIER S. (2012), « Les professions de l'économie verte. Typologie et caractéristiques », *Dares Analyses*, n° 18.

BABET C., MARGONTIER S. (2017), « Les professions de l'économie verte », *Dares Résultats*, n°7.

BUREAU INTERNATIONAL DU TRAVAIL (2019), « Des compétences pour un avenir plus respectueux de l'environnement », Skills and Employability Branch Employment Policy Department, Genève.

BROCHIER D. (2019), « Penser ensemble les métiers du futur. Le cas de la filière transformation et valorisation des déchets », *Céreq Bref*, n°381.

COMMISSARIAT GÉNÉRAL AU DÉVELOPPEMENT DURABLE (2019), « Les éco-activités et l'emploi environnemental en 2017 : premiers résultats », *Service de la donnée et des études statistiques*, mai.

COMMISSARIAT GÉNÉRAL DU DÉVELOPPEMENT DURABLE (2014), « Le marché de l'emploi de l'économie verte », *Etudes et Documents*, n°110, août, 88 pages.

COUTROT T., DAVIE E. (2014), « Les conditions de travail des salariés dans le secteur privé et la fonction publique », *DARES Analyses*, n°102.

COUTROT T., MEMMI S., ROSANKIS N., SANDRET N. (2018), « Enquête SUMER 2016-2017 : bilan de la collecte », *Références en Santé au Travail*, n°156, pp. 19-27.

HAVET N., FOURNIER J., STEFANELLI J., PENOT A. (2020), « Disparate exposure to physically demanding working conditions in France », *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique*, à paraître. doi.org/10.1016/j.respe.2020.09.008 0398-7620/

HAVET N., HUGUET M., TONIETTA J. (2017a), « L'exposition des travailleurs de nuit aux facteurs de pénibilité en France : les enseignements de l'enquête SUMER 2010 », *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique*, vol.65, n°6, pp. 397–407.

HAVET N., PENOT A., MORELLE M., PERRIER L., CHARBOTEL B., FERVERS B. (2017b), « Varied exposure to carcinogenic, mutagenic, and reprotoxic (CMR) chemicals in occupational settings in France », *International Archives of Occupational and Environmental Health*, vol. 90, n°2, pp. 227–241.

IJAZ S., VERBEEK J., SEIDLER A., LINDBOHN M.L., OJAJARVI A., ORSINI N., *et al.* (2013), « Night-shift work and breast cancer – a systematic review and meta- analysis», *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, vol. 39, n°5, pp. 431–47.

JIA Y., LU Y., WU K., LIN Q., SHEN W., ZHU M., *et al.* (2013), « Does night work increase the risk of breast cancer? A systematic review and meta-analysis of epidemiological studies», *Cancer Epidemiology*, vol.37, n°3, pp. 197–206.

KNUTSSON A., ALFREDSSON L., KARLSSON B., AKERSTEDT T., FRANSSON EI., WESTERHOLM P., *et al.* (2013), «Breast cancer among shift workers: results of the WOLF longitudinal cohort study», *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, vol. 39, n°2, pp. 170–177.

MENEGAUX F., TRUONG T., ANGER A., CORDINA-DUVERGER E., LAMKARKACH F., ARVEUX P., *et al.* (2013), « Night work and breast cancer: a population-based control study in France (the CECILE study) », *International Journal of Cancer*, vol. 132, pp. 924–31.

OGINSKI A., POKORSKI J., RUTENFRANZ, J. (1987), *Contemporary advances in shiftwork research: theoretical and practical aspects in the late eighties*, Frankfurt: Proceedings of the 8th International Symposium on Night and Shift Work.

OBSERVATOIRE NATIONAL DES EMPLOIS ET MÉTIERS DE L'ÉCONOMIE VERTE (2019), « Rapport d'activité 2018 », *Document de travail*, n°44, juillet, 78 pages.

PAPANTONIOU K., CASTANO-VINYALS G., ESPINOSA A., ARAGONES N., PEREZ- GOMEZ B., BURGOS J., *et al.* (2015), « Night Shift Work. Chronotype and prostate cancer risk in the MCC-Spain case-control study », *International Journal of Cancer*, vol. 137, pp. 1147–57.

PARENT ME., EL-ZEIN M., ROUSSEAU MC., PINTOS J., SIEMIATYCKI J. (2012), «Night work and the risk of cancer among men », *American Journal of Epidemiology*, vol. 176, pp. 751–9.

Rabe-Hesketh S., Skrondal A. (2012), *Multilevel and Longitudinal Modeling Using Stata*, Third Edition, Stata Press.

RIVALIN R., SANDRET N. (2014), «L'exposition des salariés aux facteurs de pénibilité dans le travail », *DARES Analyses*, n°11, pp. 1-12.

ROUXEL C. (2009), « Conditions de travail et précarité de l'emploi », *Dares Premières Synthèses*, n°28.2.

STOEVKA V., HUNTER D. (2012), « Proposals for the Statistical Definition and Measurement of Green Jobs », *Discussion paper, International Labour Office*, Genève, novembre 2012.

THÉVENOT M., GIESTAS K. (2012), « Les métiers verts », *Centre d'études et de recherches sur les qualifications*, juin.

YILMAZ E. (2006), « Pénibilité du travail : Evaluation statistique », *Document de travail, Centre d'études de l'emploi* 55.

YONG M., BLETNER M., EMRICH K., NASTERLACK M., OBERLINNER C., HAMMER GP. (2014), « A retrospective cohort study of shift work and risk of incident cancer among German male chemical workers », *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, vol. 40, n°5, pp. 502–10.

Trends in exposures to physically demanding working conditions in France in 2003, 2010, and 2017

NATHALIE HAVET*

Université Claude Bernard Lyon 1, Laboratoire SAF, Lyon, France

ALEXIS PENOT

Université Claude Bernard Lyon 1, Laboratoire SAF, Lyon, France

Correspondence to: Nathalie Havet, Université Claude Bernard Lyon 1, ISFA, 50 avenue

Tony Garnier, Lyon Cedex 07, France; nathalie.havet@univ-lyon1.fr; 33 (0)4 37 28 74 39.

Source of support:

This study was funded by the French Directorate of Research, Studies and Statistics Coordination (Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques - DARES), of the French Ministry of Labour, and it received support from the Chair "Prevent'Horizon".

Abstract:

Background: To explore trends in social and occupational inequalities in terms of exposures to physically demanding working conditions for French employees.

Methods: Our study assessed data from the French national cross-sectional survey of occupational hazards (SUMER) that was conducted in 2003, 2010, and 2017. Trends in the prevalence of several types of physically demanding working conditions (lifting of heavy loads, awkward postures, vibrations, harmful noise, extreme temperatures, and CMR agents) were explored. Temporal changes in associations of individual and job characteristics with these factors of hardship at work were examined using multilevel logistic regressions.

Results: We estimated that 54% of French workers from all industries in the private sector and in public hospitals were exposed to at least one of the adverse physical working conditions considered in 2017. While the prevalence of exposure to severe physical constraints increased between 2003 and 2017 (+4.5 pp), the exposure associated with a hazardous physical environment decreased sharply (-6.5 pp). These observed trends did not occur similarly for all workers. Several inequalities in exposure increased over the period, particularly to the detriment of blue-collar workers. The situation of shift workers deteriorated in terms of the exposure to vibrations and awkward postures.

Conclusion: Our study indicates that more stringent interventions are needed to reduce the prevalence of pronounced physical constraints that contribute to MSDs. Future prevention strategies, in addition to seeking to achieve a general reduction in exposure to all physically demanding working conditions, should aim to reduce disparities that adversely affect vulnerable populations.

Keywords: Health inequalities; Occupational exposure; Physical workload; Harmful noise; Awkward postures; Carcinogens

Introduction

In recent decades, public authorities have become increasingly aware of the importance of reducing occupational hazards, and this has led to the implementation of general public health policies and specific policies for occupational hazard prevention in France. For example, the objective of the *Law on public health policy* (2004) was to improve not only the prevention of occupational diseases but also their recognition and treatment. Thus, the *Occupational Health Plan (PST1) 2005-2009* reformed the national occupational risk prevention system by the introduction of more stringent means of intervention and control of the labor administration and inspection. The subsequent *Occupational Health Plan 2010-2014* had the general objective of strengthening the prevention of occupational accidents and diseases, while also reducing exposure to these risks. To do this, one of the main stated goals was the development of actions to prevent occupational risks, in particular, to limit chemical risks and musculoskeletal disorders. At the same time, the focus of reducing exposure to carcinogenic, mutagenic, and reprotoxic (CMR) substances in the workplace was included in the *National Health-Environment Plan 2009-2013*. Finally, the *French Cancer Plan 2009-2013* in fact specifically stated the objective of reducing the number of employees exposed to CMR products by 100,000 in the 2009-2012 timeframe.

In light of these regulatory measures, we wished to analyze changes in exposures to physically demanding working conditions (lifting of heavy loads, awkward body postures, vibrations, harmful noise, extreme temperatures, and CMR agents) between 2003, 2010, and 2017, as well as to probe for inequalities in terms of exposures to these conditions. We wished to determine whether there was a discernible decrease in this period of time in the exposures to these occupational risks. Of particular interest, if such a decrease could be confirmed, was the question whether this occurred unequally and hence to the detriment of some employees for whom the exposure could in fact have increased.

Methods

Study population

The SUMER survey is a national cross-sectional survey that is conducted periodically by the French Ministry of Labor and the Directorate for Research, Studies, and Statistics (DARES) to assess occupational risks among a representative sample of the French employee population (private and public sectors). The survey is based on a two-level sampling involving voluntary occupational physicians (1~792 in 2003, 2~400 in 2010, and 1~243 in 2017) who randomly selected employees over a three-month period (56~245 in 2003, 53~940 in 2010, and 33~600 in 2017) among those for whom they provide medical monitoring in the workplace. These full-time occupational physicians were asked to undertake 30 interviews, and the number of interviews was calculated pro-rata for physicians working part-time, with a minimum of 20 questionnaires. The response rates were approximately 80% for the three surveys.

The physicians assessed individual exposures to various chemicals, biological agents, and physical constraints over a period of one week, based on statements provided by the employees and based on their knowledge of the field and the nature of the job or the position. For each physical constraint identified, they assessed the duration of the exposure (reported as a categorical variable: < 2~h, 2-10~h, 10-20~h, or >~20~h in a single workweek). Although the 2003 SUMER survey was repeated in 2010 and in 2017 using the same methodology, two elements had to be taken into account to allow comparability over time. Firstly, the target

population covered by the SUMER survey was extended over the years. Thus, we restricted our analysis to the common scope of the two surveys, i.e., workers from all industries in the private sector and in public hospitals in metropolitan France (representing 80% of all French employees). Secondly, the list of the chemical agents was extended between 2003, 2010, and 2017 based on policy advancements and substitutions undertaken by companies, as well as a result of increased knowledge regarding toxicities¹. Nevertheless, for the CMR agents, the difference between the three surveys is limited to the family of glycol ethers (not assessed in 2003) and the carcinogenic pesticides (not assessed in 2003 or in 2010). Overall, we restricted our temporal analysis of the exposures to chemicals to the 27 CMR agents identified as being common to the three surveys.

The physically demanding working conditions considered

Using the SUMER survey, exposures to the following physical working conditions were analyzed: (i) *lifting, holding, and carrying of heavy loads*; (ii) *awkward body postures* (holding one's arms above shoulder level, kneeling, and/or crouched position, neck constraints, etc.); (iii) *vibrations* (arm/hand vibrations, whole-body vibrations caused by fixed machinery); (iv) *harmful noise* (noise > 85 dB, impulse noise); (v) *extreme temperatures* (<~15~°C or >~24~°C imposed by the production process); and (vi) *exposure to CMR agents* (27 agents classified as being carcinogenic or probably carcinogenic or mutagenic in humans by the IARC or classified as known, presumed, or suspected to have CMR potential in humans according to the European Union regulations^{2,3}).

The risk that exposure of a worker to a physical constraint will eventually become manifest as an adverse effect on their health depends, among other factors, on the duration of the exposure: the longer the exposure, the greater the risk. However, it is impossible to determine a threshold for the duration of exposure below which the health risk would be negligible. Here, we considered thresholds – definable with the SUMER survey – above which physical working conditions could be classified as demanding due to their arduousness and significantly increased pathogenicity when these thresholds are exceeded. The chosen thresholds, which were similar to those in previous studies⁴⁻⁷, were not particularly restrictive, yet nonetheless relevant in terms of prevention. They were: 10 h/week for the lifting of heavy loads, extreme temperatures, noise > 85 dB, whole-body vibrations caused by fixed machinery, and 2 h/week for awkward postures, arm/hand vibrations, and impulse noise. For CMR agents, all exposures were considered irrespective of their duration.

Statistical analysis

Descriptive statistics were used to examine trends in the prevalence of the various physically demanding working conditions. Associations of individual, job, and company characteristics with each exposure prevalence were studied using logistic regressions with random effects^{2,8-9} on the pooled sample created with the three SUMER editions. The economic activity of the company was modeled with a random intercept to account for heterogeneity in the exposure probability at a sufficiently disaggregated level. The covariates included were three variables describing employee characteristics (age, gender, and seniority), five variables related to job characteristics (employment contract, work hours, work schedules, occupation, and the main occupational duties), and two company characteristics (company size and geographical location). Two dichotomous variables identifying the edition of the survey and interaction terms between the explanatory variables and these dichotomous variables were introduced in the models to determine whether the determinants of the dependent variables changed over the

period (2003, 2010, and 2017). In such specifications, the coefficients associated with the explanatory variables capture the effects of the reference year (2003) – they are called *main effects* – and the interaction terms capture the temporal changes from that reference year. More specifically, if for a given explanatory variable, the associated interaction term for 2010 (or 2017) was not statistically significant, it means that the effect of this variable on the dependent variable remained constant between 2003 and 2010 (or 2017). All of the analyses were performed using STATA V.16.0 software (StataCorp. College Station, TX, USA).

Results

An increase in exposures to physically demanding working conditions?

All up, we estimated that 54% of workers from all industries in the private sector and in public hospitals, corresponding to 9.8 million French employees in 2017, were exposed to at least one of the physical working conditions identified in the SUMER survey. This proportion decreased by 2.6 points between 2010 and 2017, returning to the level in 2003 (Table 1). However, not all of the occupational risk exposures followed this general trend. While the prevalence of exposure to severe physical constraints increased from 44.8% to 49.5% (+4.5 points) between 2003 and 2017, exposure associated with a hazardous physical environment decreased sharply from 24.3% to 18% (-6.3 points) over the same period.

[insert Table 1]

The proportion of workers exposed to harmful noise, extreme temperatures, and CMR agents declined continuously throughout the period. The prevalence of exposure to repeated handling of heavy loads (10 hours/week or more) also declined sharply between 2003 and 2017 (from 13.2% to 8.5%). This decrease is mainly attributable to changes in the duration of the exposure. Indeed, the rate of exposure to carrying of heavy loads for any duration increased from 57% in 2003 to 64% in 2017. But among the exposed workers, the proportion with exposure durations of more than 10 hours per week decreased from 31.6% to 25.8% over the same period.

For other severe physical constraints, the exposures increased over the study period. The prevalence of exposure to awkward postures increased from 37% in 2003 to 45% in 2017, mainly due to increased exposures to kneeling, and squatting and twisting postures (other postural constraints). In addition, a slight increase in exposure to vibrations was observed.

Changes in exposure inequalities

Multiple regressions (Tables 2 and 3) show that the observed decreases in the prevalence of exposure to factors generating a hazardous physical environment and to the repeated handling of heavy loads did not occur to the same extent for all workers. Some workers experienced greater reductionsⁱ. Examples include workers with a specific status for exposure to harmful noise or extreme temperatures, employees working on Sundays for exposure to carrying of heavy loads or extreme temperatures, or employees in shift work or hired in medium-sized companies (50-499 employees) for exposure to CMR agents. In 2003, these groups of employees had higher probabilities of exposure to the factors considered, but the differences in

ⁱ They are identified by a significant OR and less than 1 for the 2017 interaction term.

exposure narrowed between 2003 and 2017. Moreover, employees in management and accounting duties were less likely to be exposed to harmful noise or the carrying of heavy loads in 2003, and this was even more so in 2017, as was also the case for administrative assistants, typists, and receptionists for the latter exposure.

[insert Tables 2, 3]

By contrast, the decrease in exposures to CMR agents, harmful noise, and handling of heavy loads occurred to the detriment of other groups of workers. The overexposure of men to CMR agents observed in 2003 worsened in 2017. Differences in exposures to harmful noise and the lifting of heavy loads between full-time and part-time workers also increased over this period. Similarly, all other things being equal, blue-collar workers were exposed more to harmful noise and CMR chemicals than the other socio-professional categories in 2003. However, this gap widened further in relative terms in 2010 and in 2017. In addition, service workers, who had a lower prevalence of exposure to CMR agents than technicians and associate professionals in 2003, were more exposed in 2017 than the latter group. The decline in the exposure to carrying of heavy loads was lower among managers, although they remained the category with the lowest exposure to this occupational risk in 2017.

The general increase over the period 2003-2017 in the prevalence of exposures to awkward postures and vibrations was also heterogeneous across the various socio-professional categories. It was much more pronounced for blue-collar workers. Compared to technicians, skilled and unskilled blue-collar workers already had a higher probability in 2003 of being exposed to awkward postures and vibrations, and this situation was more pronounced in 2017. The situation in regard to service workers also deteriorated in terms of the exposure to awkward postures in this same fourteen-year period, although it improved for vibration exposure. While managers had a probability of exposure to awkward postures that was statistically similar to that for technicians in 2003, they were exposed less often in 2017. Yet managers became more exposed to vibrations in 2017 than technicians, whereas the opposite was true in 2003.

A number of other effects were reversed between 2003 and 2017. Shift work, which was associated with a lower prevalence of exposures to vibrations and awkward postures in 2003, was associated with a higher prevalence in 2017. Similarly, all other things being equal, night workers were less exposed to vibrations in 2003 while they were more exposed than their day counterparts in 2017. On the other hand, night workers have been under-exposed to awkward postures since 2010.

At the company level, size, which was not statistically significant in 2003 and 2010 for exposure to awkward postures, became significant in 2017. Large companies (500 employees or more) have been more successful at limiting exposure to these postural constraints. In terms of exposure to vibrations, employees at large companies were already the least exposed in 2003 and remained so over the fourteen-year period. By contrast, employees at very small companies (1 to 9 employees) experienced a much greater increase in the exposure prevalence than those at other-sized companies.

Discussion

The decrease in occupational exposures to factors generating a hazardous physical environment (e.g., CMR agents, harmful noise, and extreme temperatures) between 2003 and 2017 in France

occurred in the context of tighter regulations. For example, the 23rd of December 2003 Decree on the prevention of chemical risks fundamentally changed the rules by imposing the requirement to perform prior risk assessments and regular measurements of concentrations, and for employees to be informed by their occupational physician of the risks of exposure to CMR agents. Similarly, the 9th of February 2006 Decree established Binding Occupational Exposure Limit Values (BOELVs) for certain CMR agents (e.g., wood dust, benzene, diethylamide, and lead). Thus, the safe limit values are an important part of broader risk prevention strategies, and they have the advantage of providing a benchmark for the minimal level in regard to health protection. Awareness of the risks of occupational exposure to CMR agents has also been heightened by the implementation on the 1st of January 2007 of the REACH regulations for streamlining restrictions and for improvement of the regulatory framework of the European Union in regard to chemicals. Moreover, this decrease can also be explained by changes in production processes or by substitution with safer products.

The same observation can be made regarding the decrease in exposure to harmful noise. A major effort to raise awareness of the harmful effects of noise in the workplace has been underway since the early 2000s, with, for example, the "European Year of Noise" organized by the European Agency for Health and Safety at Work in 2005. From a regulatory standpoint, a new European directive, known as "Noise" (2003/10/EC), introduced in 2003, was transposed into French law by decree 2006-892 in July 2006. This regulation defines exposure thresholds above which various preventive actions are mandatory for the employer (e.g., implementation of a program of actions to reduce noise exposure, identification of noisy areas and limitation of their access, use of personal noise protection devices) and, like the exposure limit values for chemical agents, it sets a binding exposure limit value (87 dB once the attenuation provided by personal protective equipment is taken into account)¹⁰. Nevertheless, in all cases, regardless of the noise level, the directive requires companies to eliminate the risk at the source or to reduce it to a minimum if it is not possible to eliminate it by choosing the least noisy equipment and production processes, by limiting the propagation of noise by enclosing machinery, by enclosing workspaces, or by soundproofing. By contrast, there is no indication in the French Labor Code of the maximum/minimum temperature beyond which it is dangerous or prohibited to work. The employer is merely required to implement the measures necessary to ensure the safety of the employees and to protect the physical and mental health of workers (art. L.4121 of the Labor Code) by the application of general prevention strategies. However, ongoing issues relating to climate change have reinforced the commitment of the labor force to reduce the risks associated with thermal environments. This could explain part of the decline in exposure to these risk factors. It should also be noted that the workforce of some occupations that require working in high heat environments (e.g., dyeing plants, dry cleaners, laundries, blast furnaces, and foundries) decreased over our study periodⁱⁱ.

The sharp drop in exposure to repeated handling of heavy loads (10 h/week or more) is undoubtedly largely attributable to technical developments, with mechanized assistance increasingly being adapted to the tasks to be performed¹¹. But, these developments, as well as the preventive measures gradually implemented in companies, have mainly led to a reduction in exposure durations rather than the elimination of the carrying of heavy loads. France appears to be more affected by this occupational constraint than other European countries. Based on comparable data, the European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions has shown that in 2015, 36% of the workers in France reported that at least a ¼ of

ⁱⁱ In the SUMER survey, the proportion of workers in foundries (respectively in laundries) decreased by 79% (respectively 53%) between 2003 and 2017. Nevertheless, a degree of caution is warranted due to the limited number of interviewed workers in these occupations in the survey: approximately fifty in 2003 and twenty in 2017.

their working hours involved carrying of heavy loads, while the prevalence of the exposure to this risk factor was only 28% in Germany, 32% in the United Kingdom, and 32% in the European Union in general¹².

The upward trend in exposure to other severe physical constraints is, however, the most worrisome. The prevalence of exposure to awkward postures increased from 36.9% to 45.2% between 2003 and 2017 and for vibration exposure it increased from 6.7% to 8.2%. Yet, severe physical constraints often contribute to the development of musculoskeletal disorders (MSDs), herniated disks, low back pain, and traumatic accidents, which can be a source of physical disability¹³. The extensive epidemiological literature on this topic shows that working in awkward positions is associated with bruises, sprains, fractures, dislocations, and epicondylitis, as well as chronic back, shoulder, and neck pain¹³⁻¹⁸. Regular exposure to vibrations can cause wrist to elbow pain, Raynaud's syndrome, and/or finger sensitivity disorders. Several epidemiological studies have uncovered significant and positive associations between exposure to work-related vibrations and MSDs^{13,16,19-20}. As exposure to severe physical constraints has not decreased drastically in recent decades and, therefore, remained high (it now affects almost half of all employees), MSDs are still by far the primary cause of compensated occupational diseases. Having steadily increased since the early 1990s, MSDs of limbs and low back pain accounted for 87% of all recognized occupational diseases in 2017. MSDs were also the leading cause of lost working days due to work stoppages, with the loss of more than 10 million working days in 2017 and a direct cost to companies of almost €2 billion for just the MSDs recognized as occupational diseases²¹. Our analysis of trends in exposure indicates that there is a need to develop new/reinforced interventions to reduce the prevalence of severe physical constraints that contribute to MSDs. Yet at the time that MSDs are placing a huge economic burden on employers and the public health-care system, France amended the law that defined the list of hardship factors that allowed exposed employees to retire earlier or with better compensation and for which companies had assessment and prevention obligations: the four factors that were removed in 2017 are the handling of heavy loads, awkward postures, mechanical vibrations, and dangerous chemical agents. Future surveys of those risk factors will help to determine the extent to which this reform may have affected the prevention behavior of companies and possibly contributed to more extensive occupational exposures.

The other worrisome trend, highlighted by our study, is the significant increase in a number of exposure inequalities, particularly to the detriment of the blue-collar workers. Indeed, the decrease in the risks of exposure to harmful noise and CMR agents between 2003 and 2017 was much lower for blue-collar workers, while at the same time they experienced a more pronounced increase in exposures to awkward postures and vibrations. These changes in exposure to arduous physical working conditions, the effects of which may extend beyond the workers' working lives, contribute to social inequalities in health and life expectancy. Indeed, in France in 2016, a 35-year-old blue-collar worker could expect to live in "good health" (i.e., able to comfortably perform everyday tasks) until the age of 77.6 years compared with 84 years for a manager, that is to say, a difference of 6 years in the onset of a degree of physical disability²². In addition to aiming for a general reduction in exposure to all physically demanding working conditions, future adjustments to the national prevention and protection strategies should, therefore, also seek to reduce disparities that affect vulnerable populations and ensure that improvements in occupational safety and health can benefit all workers. Our results from large representative samples of French working populations are of great value to nationwide governmental figures and social partners in their decision-making in regard to the requirements for regulations and the allocation of prevention resources. They promote

understanding of how to prioritize the actions to be taken in regard to groups with the worst trends in exposures to occupational risks (e.g., blue-collar workers, and shift/night workers for some risk factor). It is likely that reinforcement of prevention measures for well-identified high-priority targets would help reduce the adverse impacts of demanding physical working conditions and associated musculoskeletal disorders.

Funding

This study was funded by the French Directorate of Research, Studies and Statistics Coordination (Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques – DARES) of the French Ministry of Labour, in the framework of funding for “Social inequalities in Health” projects. This research received support from the Chair “Prevent’Horizon”, under the aegis of the Risk Foundation in partnership with UCLB, Actuaris, AG2R la Mondiale, G2S, COVEA, Groupama Gan Vie, Groupe Pasteur Mutualité, Harmonie Mutuelle, Humanis Prevoyance, and la Mutuelle Générale. The funding partners had no involvement in the analysis and the interpretation of the data, writing of the manuscript, and the decision to submit the manuscript for publication.

Conflict of interest

The authors declare that they have no competing interests.

Key points

- Several health policies for the prevention of exposure to physically demanding working conditions have been implemented in France over the past 20 years.
- While the prevalence of exposure to a hazardous physical environment (harmful noise, extreme temperatures, CMR) decreased between 2003 and 2017, the exposure to severe physical constraints (handling of heavy loads, awkward postures, vibrations) increased.
- Our study highlights a widening of occupational exposure inequalities, particularly to the detriment of the blue-collar workers.
- Future adjustments to the national prevention and protection strategies should, in addition to achieving a general reduction in exposure to all physically demanding working conditions, aim to reduce the disparities affecting vulnerable populations.
- Monitoring trends in disparities will allow public health policy-makers to identify high-priority targets for prevention in order to reduce the adverse impacts of exposure to occupational risks.

References

1. Arnaudo B, Léonard M, Sandret N, et al. L'évolution des risques professionnels dans le secteur privé entre 1994 et 2010: les premiers résultats de l'enquête SUMER (Evolution of occupational risks in the private sector between 1994 and 2010 : first results of the SUMER survey) ; 2012 *DARES Analyses* 02. Available at: www.inrs.fr/dms/inrs/CataloguePapier/DMT/T1-TF-201/tf201.pdf
2. Havet N, Penot P, Morelle M, et al. Trends in occupational disparities for exposure to carcinogenic, mutagenic and reprotoxic chemicals in France 2003-10. *Eur J Public Health* 2017; 27(3): 425-432.
3. Havet N, Penot P, Plantier M, et al. Trends in the control strategies for occupational exposure to carcinogenic, mutagenic, and reprotoxic chemicals in France (2003-2010). *Ann Work Expo Health* 2019; 63(5): 488-504.
4. Arnaudo B, Hamon-Cholet S, Waltisperger D. Les contraintes posturales et articulaires au travail. *Documents pour le Médecin du Travail* 2006 ; 107 : 329-336.
5. Rivalin R, Sandret N. L'exposition des salariés aux facteurs de pénibilité dans le travail. *DARES Analyses* 2014 ; 11 : 1-12.
6. Havet N, Huguet M, Toniotta J. L'exposition des travailleurs de nuit aux facteurs de pénibilité en France : les enseignements de l'enquête SUMER 2010 (Night workers' exposure to harshness factors in France : Lessons learned from the 2010 SUMER Survey). *Rev Epidémiol Santé Publique* 2017 ; 65(6) : 397-407.
7. Havet N, Fournier J, Stefanelli J, et al. Disparate exposure to physically demanding working conditions in France. *Rev Epidémiol Santé Publique* 2020; 68(6): 319-392.
8. Rabe-Hesketh S, Skrondal A. *Multilevel and Longitudinal Modeling Using Stata*, 2nd edn. College Station, Texas: Stata Press, 2008.
9. Goldstein H. *Multilevel Statistical Model*, 4th edn. John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, United Kingdom, 2011.
10. Canetto P. Une nouvelle réglementation sur le bruit au travail. *Documents pour le Médecin du Travail* 2006 ; 107 :297-307.
11. Memmi S, Rosankis E, Sandret N, et al. Comment ont évolué les expositions des salariés du secteur privé aux risques professionnels sur les vingt dernières années ? Premiers résultats de l'enquête SUMER 2017. *DARES Analyses* 2019 ; 41 : 1-14.
12. Eurofound. *Sixth European Working Conditions Survey: Overview report*, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. Available at: https://www.eurofound.europa.eu/sites/default/files/ef_publication/field_ef_document/ef1634en.pdf
13. Charles L, Ma C, Burchfiel C, Dong R. Vibration and Ergonomic Exposures Associated With Musculoskeletal Disorders of the Shoulder and Neck. *Saf Health Work* 2018; 9: 125-132.

14. Feivele H, Jensen C, Burr H. Risk factors for neck-shoulder and wrist-hand symptoms in a 5-year follow-up study of 3,990 employees in Denmark. *Arch Occup Environ Health* 2002; 75:243-251.
15. Lund T, Labriola M, Christensen K, et al. Physical Work Environment Risk Factors for Long Term Sickness: Prospective Findings among a cohort of 5357 employees in Denmark. *BMJ* 2006; 332: 449-452.
16. Roquelaure Y, Ha C, Rouillon C, et al. Risks factors for upper-extremity musculoskeletal disorders in the working population. *Arthritis Rheum* 2009; 61: 1425-1434.
17. Herin F, Vezina M, Thaon I, et al. Predictors of chronic shoulder pain after 5 years in a working population. *Pain* 2012 ; 153: 2253-2259.
18. Sterud T, Johannessen HA, Tynes T. Work-related psychosocial and mechanical risk factors for neck/shoulder pain: a 3-year follow-up study of the general working population in Norway. *Int Arch Occup Environ Health* 2014; 87:471-481.
19. Palmer KY, Griffin MJ, Syddall HE, et al. Exposure to hand-transmitted vibration and pain in the neck and upper limbs. *Occup Med* 2001; 51: 464-467.
20. Hagberg M, Burstrom L, Ekman A, Vilhelmsson R. The association between whole body vibration exposure and musculoskeletal disorders in the Swedish work force is confounded by lifting and posture. *J Sound Vibr* 2006; 298: 492-498.
21. Assurance Maladie. Rapport annuel 2017, l'assurance maladie-risques professionnels. Available at: https://assurance-maladie.ameli.fr/sites/default/files/2018-12_rapport-annuel-2017-risques-professionnels_assurance-maladie.pdf
22. Insee. Les hommes cadres vivent toujours 6 ans de plus que les hommes ouvriers. *Insee Première* 2016 ; 1584 : 1-4. Available at: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1908110>

Table 1: Prevalence of exposure to physically demanding working conditions in France in 2003, 2010, and 2017

	SUMER		
	2003	2010	2017
At least one of the physical working conditions	53.73%	56.57%	53.90%
Severe physical constraints:	44.78%	49.55%	49.48%
<i>- Handling of heavy loads</i>	<i>13.24%</i>	<i>11.30%</i>	<i>8.51%</i>
<i>- Awkward body postures:</i>	<i>36.87%</i>	<i>42.76%</i>	<i>45.18%</i>
holding one's arms up	7.99%	8.53%	9.00%
kneeling	7.01%	7.12%	10.24%
neck constraints	19.68%	25.66%	20.83%
other postural constraints	16.13%	15.88%	27.56%
<i>- Vibrations</i>	<i>6.73%</i>	<i>7.34%</i>	<i>8.19%</i>
Hazardous physical environment	24.32%	21.05%	17.91%
<i>- Harmful noise:</i>	<i>12.70%</i>	<i>12.29%</i>	<i>9.52%</i>
noise > 85 dB	8.30%	7.71%	4.71%
impulse noise	7.41%	7.56%	6.80%
<i>- Extreme temperatures:</i>	<i>4.78%</i>	<i>4.16%</i>	<i>3.38%</i>
< 15 °C	2.43%	1.88%	1.81%
> 24 °C	2.47%	2.44%	1.63%
<i>- Exposure to CMR agents</i>	<i>14.15%</i>	<i>10.89%</i>	<i>9.78%</i>

Table 2 Results from multivariate random effect logit regressions on exposures associated with a hazardous physical environment (SUMER 2003, 2010, and 2017)

	Harmful noise			Extreme temperatures			CMR		
	Adjusted prevalence odds ratios [‡]			Adjusted prevalence odds ratios [‡]			Adjusted prevalence odds ratios [‡]		
		[95% CI]			[95% CI]			[95% CI]	
	Main effect	Interc. 2010	Interc. 2017	Main effect	Interc. 2010	Interc. 2017	Main effect	Interc. 2010	Interc. 2017
Men	2.35***	0.84**	0.94	1.12	1.08	1.30***	1.76***	1.01	1.41***
	[2.12-2.59]	[0.72-0.97]	[0.77-1.14]	[0.99-1.27]	[0.89-1.30]	[1.01-1.66]	[1.61-1.92]	[0.88-1.16]	[1.18-1.69]
Age	1.00**	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.99***	0.99***	1.00
	[0.99-1.00]	[0.99-1.00]	[0.99-1.00]	[0.99-1.00]	[0.99-1.00]	[0.99-1.01]	[0.99-0.99]	[0.99-1.00]	[1.00-1.01]
Job seniority (Ref: 10 years or more)									
< 1 year	0.92	0.89	0.82	1.07	0.80	0.65	0.66***	1.04	1.14
	[0.79-1.07]	[0.72-1.11]	[0.60-1.12]	[0.87-1.32]	[0.59-1.09]	[0.42-1.02]	[0.57-0.76]	[0.84-1.30]	[0.84-1.54]
1 to 3 years	0.96	1.02	0.99	0.93	1.02	1.01	0.85***	1.01	1.28**
	[0.87-1.05]	[0.87-1.18]	[0.81-1.22]	[0.80-1.07]	[0.82-1.28]	[0.75-1.37]	[0.77-0.92]	[0.88-1.17]	[1.05-1.55]
4 to 9 years	0.97	1.02	1.02	1.11	0.97	0.89	0.89***	1.00	1.23***
	[0.89-1.05]	[0.90-1.15]	[0.88-1.20]	[0.98-1.25]	[0.80-1.16]	[0.70-1.12]	[0.82-0.96]	[0.89-1.13]	[1.06-1.42]
Full-time	1.50***	1.04	1.39**	1.46***	0.93	1.34	1.36***	0.91	0.86
	[1.28-1.76]	[0.84-1.30]	[1.01-1.91]	[1.22-1.76]	[0.72-1.22]	[0.90-1.98]	[1.20-1.54]	[0.75-1.10]	[0.67-1.11]
Shift work	1.61***	0.99	1.07	1.34***	0.80**	1.08	1.39***	0.88**	0.85**
	[1.49-1.75]	[0.88-1.12]	[0.91-1.26]	[1.20-1.51]	[0.67-0.95]	[0.86-1.37]	[1.28-1.49]	[0.78-0.99]	[0.73-0.99]
Night work	1.28***	1.06	0.90	1.39***	0.95	0.93	1.13***	1.07	1.08
	[1.18-1.39]	[0.93-1.20]	[0.76-1.05]	[1.24-1.55]	[0.80-1.12]	[0.74-1.17]	[1.05-1.22]	[0.95-1.21]	[0.93-1.26]
Sunday work	0.84***	1.00	1.24***	1.37***	1.02	0.47***	1.02	0.87**	0.98
	[0.77-0.91]	[0.89-1.13]	[1.06-1.45]	[1.23-1.53]	[0.87-1.20]	[0.38-0.59]	[0.95-1.10]	[0.78-0.98]	[0.85-1.14]
Employment contract (Ref: Permanent contract)									
Agency workers.fixed-term contract	1.24***	0.82**	0.95	0.96	1.06	1.27	1.07	0.92	1.03
	[1.09-1.42]	[0.69-0.98]	[0.73-1.23]	[0.80-1.15]	[0.82-1.37]	[0.88-1.81]	[0.95-1.22]	[0.76-1.10]	[0.80-1.33]
Workers with a specific status [§]	1.21	0.75	0.65**	2.56***	0.26***	0.22***	0.79***	1.19	1.25
	[0.93-1.57]	[0.56-1.00]	[0.45-0.92]	[1.91-3.44]	[0.18-0.38]	[0.13-0.37]	[0.67-0.94]	[0.96-1.47]	[0.96-1.64]
Occupational status (Ref: Technicians and associate professionals)									
Executives, managers	0.55***	0.96	1.00	0.30***	0.90	2.11***	0.48***	0.83	0.93
	[0.45-0.67]	[0.73-1.27]	[0.74-1.37]	[0.21-0.44]	[0.54-1.51]	[1.25-3.55]	[0.41-0.55]	[0.66-1.04]	[0.72-1.20]
Clerks	0.71***	1.40	1.06	0.47***	0.98	0.94	0.46***	1.31	0.88
	[0.55-0.91]	[0.99-1.98]	[0.62-1.81]	[0.33-0.68]	[0.55-1.74]	[0.38-2.31]	[0.37-0.57]	[0.94-1.82]	[0.51-1.52]
Service workers	0.81	1.11	1.10	0.85	1.29	1.11	0.65***	1.55***	1.59***
	[0.65-1.00]	[0.84-1.48]	[0.77-1.57]	[0.70-1.03]	[0.98-1.71]	[0.77-1.61]	[0.56-0.75]	[1.26-1.92]	[1.22-2.08]
Skilled blue-collar workers	1.88***	1.15**	1.20**	1.66***	0.97	0.97	1.46***	1.28***	1.86***
	[1.72-2.06]	[1.00-1.33]	[1.01-1.42]	[1.43-1.93]	[0.78-1.22]	[0.73-1.28]	[1.34-1.59]	[1.12-1.46]	[1.59-2.17]
Unskilled blue-collar workers	2.05***	1.18**	1.02	2.05***	0.90	1.07	1.29***	1.31***	1.23
	[1.84-2.28]	[1.00-1.38]	[0.82-1.26]	[1.73-2.43]	[0.70-1.15]	[0.78-1.48]	[1.16-1.42]	[1.12-1.53]	[0.99-1.53]
Main occupational duties (Ref: Production, Manufacturing, and construction)									
Installation, repair, maintenance	0.98	0.96	1.18	0.48***	1.00	1.18	1.85***	1.02	0.99
	[0.90-1.07]	[0.85-1.10]	[0.99-1.40]	[0.41-0.57]	[0.78-1.27]	[0.85-1.62]	[1.71-2.01]	[0.90-1.15]	[0.84-1.17]
Cleaning, childcare, home management	0.31***	0.99	1.79***	0.40***	0.99	0.96	0.40***	0.98	0.96
	[0.24-0.39]	[0.72-1.35]	[1.20-2.68]	[0.31-0.51]	[0.68-1.44]	[0.56-1.65]	[0.33-0.50]	[0.72-1.34]	[0.62-1.48]
Handling, logistics, warehousing	0.22***	1.04	1.22	0.55***	1.09	1.23	0.32***	0.76***	0.96
	[0.20-0.25]	[0.87-1.24]	[0.95-1.57]	[0.48-0.65]	[0.87-1.37]	[0.90-1.68]	[0.29-0.36]	[0.63-0.93]	[0.75-1.22]
Administrative assistant, typing, receptionist	0.15***	0.65	0.95	0.14***	1.05	1.04	0.19***	0.57**	0.97
	[0.11-0.21]	[0.39-1.07]	[0.47-1.93]	[0.09-0.24]	[0.51-2.15]	[0.38-2.89]	[0.14-0.25]	[0.35-0.95]	[0.50-1.89]
Management and accounting	0.12***	0.62**	0.31**	0.14***	0.67	0.64	0.11***	0.88	0.88
	[0.10-0.16]	[0.38-1.00]	[0.11-0.88]	[0.10-0.20]	[0.31-1.47]	[0.19-2.19]	[0.08-0.13]	[0.52-1.49]	[0.40-1.97]
Commerce and sales, marketing	0.07***	1.60***	1.60**	0.37***	0.89	0.60**	0.21***	1.10	0.97
	[0.06-0.09]	[1.15-2.24]	[1.05-2.45]	[0.31-0.46]	[0.67-1.19]	[0.40-0.91]	[0.18-0.24]	[0.87-1.40]	[0.70-1.33]
Engineering, R&D, education	0.14***	1.18	1.38	0.26***	1.07	1.10	0.40***	1.42***	1.08
	[0.11-0.18]	[0.84-1.67]	[0.91-2.09]	[0.18-0.38]	[0.62-1.87]	[0.55-2.19]	[0.35-0.47]	[1.12-1.80]	[0.79-1.46]
Other	0.24***	1.17	1.49***	0.13***	1.86***	2.96***	0.47***	1.11	1.32***
	[0.20-0.30]	[0.91-1.50]	[1.13-1.96]	[0.10-0.18]	[1.30-2.67]	[2.01-4.36]	[0.41-0.55]	[0.92-1.35]	[1.07-1.63]
Company size (Ref: More than 500 employees)									
1 to 9 employees	0.93	1.02	1.15	0.97	0.54***	1.38	1.46***	1.20**	0.97
	[0.83-1.05]	[0.85-1.22]	[0.92-1.45]	[0.81-1.16]	[0.41-0.71]	[0.98-1.96]	[1.32-1.63]	[1.01-1.42]	[0.79-1.18]
10 to 49 employees	1.12**	1.05	1.15	1.09	0.71***	1.23	1.26***	1.00	0.96
	[1.01-1.25]	[0.89-1.23]	[0.94-1.41]	[0.92-1.29]	[0.56-0.92]	[0.89-1.70]	[1.14-1.39]	[0.86-1.17]	[0.80-1.15]
50 to 499 employees	1.31***	1.07	0.94	1.44***	0.70***	0.88	0.99	1.15**	0.76***
	[1.20-1.43]	[0.93-1.23]	[0.78-1.12]	[1.26-1.66]	[0.56-0.86]	[0.67-1.18]	[0.91-1.07]	[1.00-1.31]	[0.64-0.90]
Year	0.05***	1.38	0.74	0.02***	1.82**	1.03	0.14***	0.75	0.40***
	[0.03-0.07]	[0.91-2.10]	[0.41-1.36]	[0.01-0.03]	[1.01-3.26]	[0.44-2.40]	[0.09-0.21]	[0.51-1.09]	[0.24-0.68]
Correlation coef.	0.12			0.15			0.21		
No obs.	110,824			110,379			111,577		

Notes: **, *** represent the significance level at 5% and 1%. [‡]Odds ratio adjusted on all the variables in the model, including the geographical location of the company (region). [§]Workers with specific status are employees working in government-owned or controlled corporations and who enjoy a special status (SNCF (national railways), the RATP (Parisian transport), the electrical and gas companies (EDG-GDF), etc.

Table 3 Results from multivariate random effect logit regressions on severe physical constraints (SUMER 2003, 2010, and 2017)

	Handling of heavy loads			Awkward body postures			Vibrations		
	Adjusted prevalence odds ratios [95% CI]			Adjusted prevalence odds ratios [95% CI]			Adjusted prevalence odds ratios [95% CI]		
	Main effect	Interc. 2010	Interc. 2017	Main effect	Interc. 2010	Interc. 2017	Main effect	Interc. 2010	Interc. 2017
Men	1.30** [1.20-1.41]	0.82*** [0.72-0.92]	0.91 [0.77-1.07]	0.76*** [0.72-0.80]	1.00 [0.93-1.08]	1.02 [0.93-1.11]	2.71*** [2.30-3.18]	1.32** [1.03-1.69]	1.38** [1.05-1.81]
Age	0.99*** [0.99-1.00]	1.00 [1.00-1.01]	1.00 [0.99-1.01]	0.99*** [0.99-1.00]	1.00 [1.00-1.00]	1.00 [0.99-1.00]	0.99*** [0.98-0.99]	1.00 [0.99-1.01]	1.00 [0.99-1.01]
Job seniority (Ref: 10 years or more)									
< 1 year	1.05 [0.92-1.20]	0.87 [0.71-1.06]	0.77 [0.56-1.05]	0.92 [0.84-1.01]	1.00 [0.88-1.14]	0.81** [0.68-0.97]	1.01 [0.84-1.22]	0.87 [0.66-1.14]	0.89 [0.64-1.25]
1 to 3 years	1.00 [0.91-1.10]	1.03 [0.89-1.19]	0.88 [0.71-1.08]	0.99 [0.94-1.05]	1.02 [0.93-1.11]	0.88** [0.79-0.99]	1.18** [1.04-1.34]	0.97 [0.80-1.17]	0.90 [0.72-1.13]
4 to 9 years	1.08 [0.99-1.17]	0.98 [0.87-1.11]	0.89 [0.75-1.04]	1.01 [0.96-1.06]	1.02 [0.95-1.10]	0.96 [0.88-1.05]	1.16*** [1.04-1.29]	0.92 [0.78-1.08]	0.96 [0.80-1.15]
Full-time	1.29*** [1.17-1.44]	0.92 [0.79-1.08]	1.31** [1.04-1.65]	1.12*** [1.05-1.19]	1.04 [0.95-1.13]	1.05 [0.94-1.18]	1.50*** [1.21-1.86]	1.10 [0.81-1.50]	1.03 [0.73-1.46]
Shift work	1.42*** [1.31-1.53]	0.87** [0.78-0.98]	0.90 [0.77-1.06]	0.88*** [0.83-0.93]	1.03 [0.95-1.12]	1.23*** [1.10-1.36]	0.73*** [0.65-0.82]	0.95 [0.80-1.13]	1.50*** [1.24-1.81]
Night work	1.03 [0.95-1.11]	0.98 [0.87-1.11]	1.02 [0.87-1.21]	1.00 [0.95-1.06]	0.91** [0.84-0.99]	0.88** [0.80-0.98]	0.87** [0.78-0.98]	1.17 [0.98-1.39]	1.34*** [1.11-1.61]
Sunday worki	1.08** [1.00-1.16]	1.00 [0.89-1.11]	0.73*** [0.63-0.85]	0.92*** [0.88-0.97]	0.97 [0.91-1.05]	1.02 [0.94-1.12]	0.76*** [0.68-0.85]	0.90 [0.77-1.06]	1.16 [0.96-1.39]
Employment contract (Ref: Permanent contract)									
Agency workers.fixed-term contract	1.03 [0.92-1.16]	0.92 [0.78-1.09]	0.87 [0.67-1.13]	0.99 [0.91-1.07]	0.98 [0.87-1.10]	1.10 [0.94-1.28]	1.15 [0.98-1.35]	1.06 [0.85-1.33]	1.07 [0.81-1.42]
Workers with a specific status	1.70*** [1.47-1.96]	0.76*** [0.63-0.93]	0.23*** [0.15-0.36]	1.15*** [1.04-1.26]	0.78*** [0.69-0.88]	0.78*** [0.67-0.92]	1.90*** [1.31-2.74]	0.58** [0.38-0.90]	0.76 [0.48-1.20]
Occupational status (Ref: Technicians and associate professionals)									
Executives, managers	0.16*** [0.11-0.23]	1.52 [0.96-2.43]	1.92*** [1.14-3.24]	0.97 [0.90-1.04]	1.12** [1.01-1.23]	0.82*** [0.73-0.92]	0.28*** [0.17-0.46]	0.76 [0.37-1.55]	2.87*** [1.62-5.10]
Clerks	1.23** [1.02-1.47]	1.37** [1.03-1.81]	0.92 [0.55-1.52]	1.29*** [1.20-1.39]	1.03 [0.92-1.14]	0.90 [0.78-1.04]	0.50** [0.29-0.88]	0.55 [0.22-1.39]	0.49 [0.16-1.43]
Service workers	4.22*** [3.77-4.73]	0.85 [0.72-1.01]	0.97 [0.77-1.22]	1.45*** [1.34-1.56]	0.84*** [0.75-0.93]	1.30*** [1.15-1.48]	1.87*** [1.40-2.48]	0.97 [0.64-1.46]	0.44*** [0.28-0.69]
Skilled blue-collar workers	2.41*** [2.16-2.70]	1.04 [0.88-1.23]	1.18 [0.95-1.46]	1.57*** [1.46-1.68]	0.92 [0.83-1.02]	1.73*** [1.54-1.95]	2.98*** [2.60-3.42]	1.13 [0.91-1.39]	1.64*** [1.31-2.04]
Unskilled blue-collar workers	4.45*** [3.95-5.02]	0.91 [0.76-1.09]	0.94 [0.73-1.20]	1.59*** [1.47-1.73]	0.91 [0.81-1.02]	1.49*** [1.28-1.73]	2.77*** [2.37-3.23]	1.13 [0.90-1.43]	1.47*** [1.13-1.92]
Main occupational duties (Ref: Production, manufacturing, and construction)									
Installation, repair, maintenance	0.55*** [0.50-0.62]	0.96 [0.80-1.14]	1.02 [0.80-1.31]	1.66*** [1.54-1.78]	0.96 [0.86-1.08]	0.93 [0.81-1.08]	1.47*** [1.33-1.63]	0.92 [0.80-1.07]	1.11 [0.92-1.34]
Cleaning, childcare, home management	0.38*** [0.32-0.46]	0.82 [0.64-1.05]	0.98 [0.69-1.39]	0.70*** [0.62-0.78]	1.19** [1.02-1.39]	1.32*** [1.08-1.61]	0.59*** [0.45-0.77]	1.06 [0.74-1.51]	1.49 [0.97-2.30]
Handling, logistics, warehousing	2.32*** [2.12-2.55]	0.88 [0.76-1.00]	0.87 [0.72-1.06]	0.88*** [0.81-0.95]	1.03 [0.91-1.16]	1.14 [0.98-1.33]	0.07*** [0.05-0.09]	0.90 [0.60-1.35]	8.02*** [5.77-11.15]
Administrative assistant, typing, receptionist	0.14*** [0.10-0.19]	0.41*** [0.24-0.69]	0.28** [0.10-0.81]	0.84*** [0.76-0.94]	1.36*** [1.17-1.58]	1.21** [1.00-1.46]	0.05*** [0.02-0.13]	0.64 [0.12-3.46]	4.80** [1.30-17.73]
Management and accounting	0.17*** [0.13-0.22]	0.18*** [0.08-0.41]	0.09** [0.01-0.67]	0.80*** [0.73-0.88]	1.56*** [1.36-1.78]	1.29*** [1.09-1.54]	0.04*** [0.02-0.08]	1.38 [0.40-4.75]	4.02** [1.27-12.76]
Commerce and sales, marketing	0.57*** [0.50-0.65]	0.93 [0.76-1.13]	0.79 [0.61-1.04]	0.61*** [0.56-0.66]	1.45*** [1.29-1.63]	1.30*** [1.12-1.50]	0.08*** [0.06-0.12]	0.86 [0.51-1.46]	2.24*** [1.33-3.78]
Engineering, R&D, education	0.09*** [0.05-0.14]	1.04 [0.48-2.22]	1.49 [0.62-3.56]	0.95 [0.87-1.05]	1.18*** [1.03-1.36]	1.09 [0.93-1.28]	0.04*** [0.02-0.09]	1.54 [0.56-4.21]	1.74 [0.61-4.92]
Other	0.74*** [0.63-0.86]	0.84 [0.69-1.02]	0.78** [0.61-0.99]	0.55*** [0.50-0.61]	1.47*** [1.30-1.66]	1.80*** [1.57-2.06]	0.16*** [0.11-0.24]	1.00 [0.62-1.61]	4.96*** [3.21-7.65]
Company size (Ref: More than 500 employees)									
1 to 9 employees	0.92 [0.82-1.04]	1.00 [0.83-1.21]	1.03 [0.81-1.31]	1.01 [0.94-1.08]	0.95 [0.86-1.05]	1.13** [1.00-1.28]	1.47*** [1.25-1.72]	1.42*** [1.11-1.81]	1.44*** [1.11-1.87]
10 to 49 employees	1.29*** [1.16-1.44]	0.97 [0.82-1.15]	0.84 [0.68-1.04]	0.98 [0.92-1.05]	0.99 [0.90-1.08]	1.22*** [1.09-1.36]	1.57*** [1.36-1.82]	1.21 [0.96-1.53]	1.13 [0.88-1.45]
50 to 499 employees	1.37*** [1.25-1.50]	1.02 [0.88-1.19]	0.85 [0.70-1.03]	0.97 [0.92-1.03]	1.08 [0.99-1.17]	1.13** [1.02-1.24]	1.18** [1.03-1.35]	1.18 [0.95-1.47]	1.13 [0.90-1.42]
Year	0.04*** [0.03-0.06]	1.13 [0.77-1.65]	1.03 [0.58-1.82]	1.03 [0.56-0.80]	1.15 [0.92-1.44]	0.92 [0.68-1.24]	0.02*** [0.01-0.03]	0.57 [0.31-1.02]	0.65 [0.32-1.30]
Correlation coef.	0.09			0.02			0.14		
No obs.	109.297			109.616			111.150		

Notes: **, *** represent the significance level at 5% and 1%. [£]Odds ratio adjusted on all the variables in the model, including the geographical location of the company (region). [§]Workers with specific status are employees working in government-owned or controlled corporations and who enjoy a special status (SNCF (national railways), the RATP (Parisian transport), the electrical and gas companies (EDG-GDF), etc.

CHAPITRE 6

Annexes

Annexe 1

Table 6.1 – Variables utilisées pour le repérage des différents facteurs de pénibilités dans l'enquête SUMER 2017 et CdT 2016

	Enquête CdT 2016	SUMER 2017	
	Variables pour le repérage	Variables pour le repérage	Seuils de pénibilité retenus
Contraintes physiques marquées			
<i>Manutention de charges lourdes</i>	CWLOURD	LOURDE, LOURDD	10h/semaine et plus
<i>Postures pénibles</i>			
- Maintien des bras en l'air		BRASE, BRASD	2h/semaine et plus
- Position à genoux		GENOUE, GENOUD	2h/semaine et plus
- Position fixe de la tête et du cou		COUE, COUD	2h/semaine et plus
- Autres contraintes posturales (posture accroupie, en torsion, etc.)		AUTPE, AUTPD	2h/semaine et plus
- Travailler longtemps debout	CWDEBOU		
- Rester longtemps dans une autre posture pénible ou fatigante à la longue	CWPOSTU		
<i>Mouvements douloureux ou fatigants</i>	CWMVT		
<i>Vibrations mécaniques :</i>	CWVIB		
- Utilisation d'outils transmettant des vibrations aux membres supérieurs		VISUPE, VISUPD	2h/semaine et plus
- Vibrations créées par des installations fixes		VIVIXE, VIVIXD	10h/semaine et plus
Environnement physique agressif			
<i>Nuisances sonores :</i>			
- Bruit de niveau d'exposition sonore supérieure à 85 décibels		SONAE, SONAD	10h/semaine et plus
- Bruit comportant des chocs et des impulsions		SONIE, SONID	2h/semaine et plus
<i>Nuisances thermiques :</i>			
- Travail au froid		FROIE, FROID	10h/semaine et plus
- Travail à la chaleur		CHAUE, CHAUD	10h/semaine et plus
<i>Agents chimiques dangereux :</i>	SECTOXNO		
- Exposition à des agents CMR		Q311E-Q369E	
- Respirer des fumées ou des poussières	SECFUPOU		
Rythmes de travail « atypiques »			
<i>Travail de nuit</i>	NUIT, NBNUIT	NOCT, NBNUIT	Plus de 50 nuits par an
<i>Travail en équipes successives alternantes (travail posté)</i>	HORVAR	EQUIP	
<i>Travail répétitif</i>	REPETE	REPETE, REPETED	10h/semaine et plus

Note : 29 produits ou familles de produits CMR sont identifiables dans l'enquête SUMER 2017. Il s'agit des 28 produits déjà identifiés dans l'enquête 2010 [Havet et al. (2014), Havet et al. (2017b)], plus les pesticides classés cancérigènes.

Annexe 2

Figure 6.1 – Intervalles de confiance des termes aléatoires associés à chaque secteur d'activité issus des modèle multi-niveaux d'être exposé aux contraintes physiques (SUMER 2017)

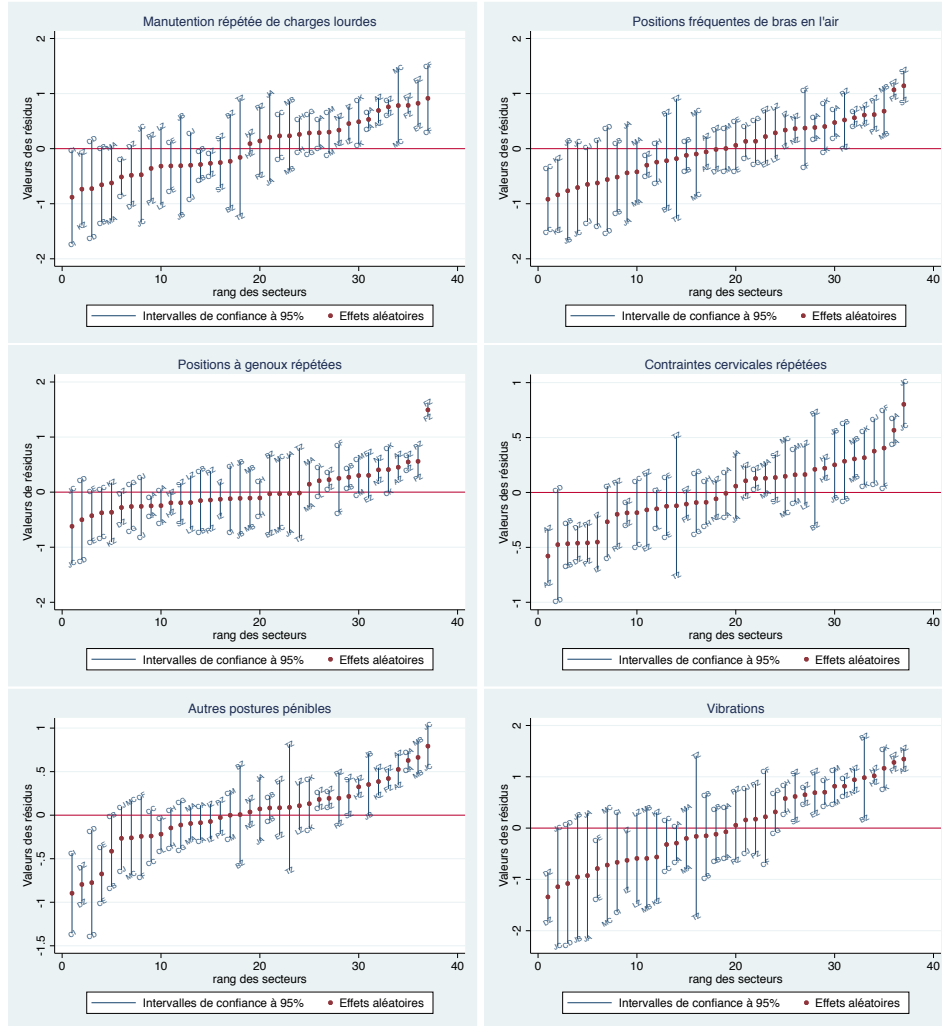
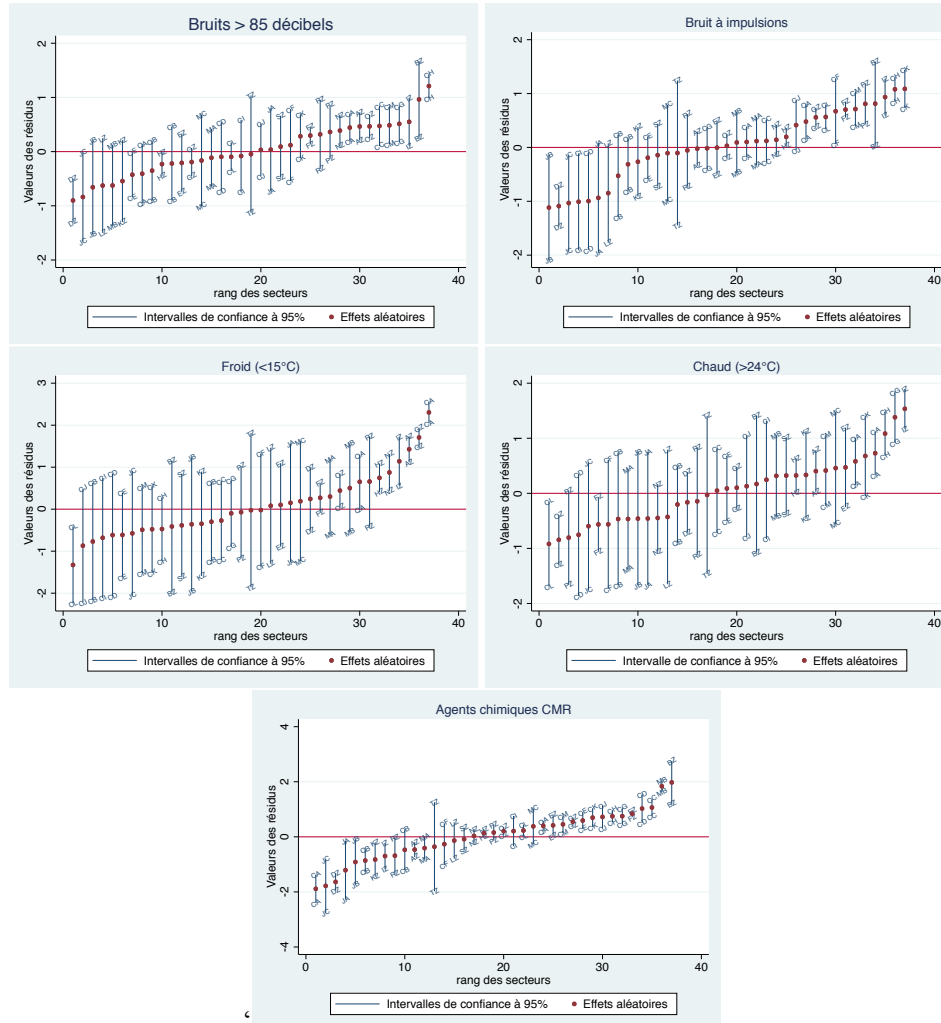


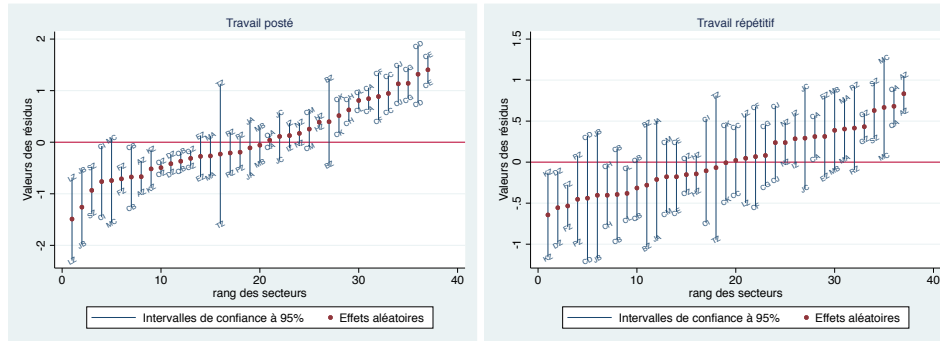
Figure 6.2 – Intervalles de confiance des termes aléatoires associés à chaque secteur d’activité issus de l’estimation des modèle multi-niveaux d’être exposé à un environnement physique agressif (SUMER 2017)



Légende : **AZ :** Agriculture, sylviculture et pêche; **BZ :** Industries extractives; **CA :** Fabrication de denrées alimentaires, de boissons et de produits à base de tabac; **CB :** Fabrication de textiles, industries de l’habillement, industrie du cuir et de la chaussure; **CC :** Travail du bois, industries du papier et imprimerie; **CD :** Cokéfaction et raffinage; **CE :** Industrie chimique; **CF :** Industrie pharmaceutique; **CG :** Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique ainsi que d’autres produits minéraux non métalliques; **CH :** Métallurgie et fabrication de produits métalliques à l’exception des machines et des équipements; **CI :** Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques; **CJ :** Fabrication d’équipements électriques; **CK :** Fabrication de machines et équipements; **CL :** Fabrication de matériels de transport; **CM :** Autres industries manufacturières; réparation et installation de machines et d’équipements; **DZ :** Production et distribution d’électricité, de gaz, de vapeur et d’air conditionné; **EZ :** Production et distribution d’eau; assainissement, gestion des déchets et dépollution; **FZ :** Construction; **GZ :** Commerce; réparation d’automobiles et de motocycles; **HZ :** Transports et entreposage; **IZ :** Hébergement et restauration; **JA :** Edition, audiovisuel et diffusion; **JB :** Télécommunications; **JC :** Activités informatiques et services d’information; **KZ :** Activités financières et d’assurance; **LZ, LI :** Activités immobilières; **MA :** Activités juridiques, comptables, de gestion, d’architecture, d’ingénierie, de contrôle et d’analyses techniques; **MB :** Recherche-développement scientifique; **MC :** Autres activités spécialisées, scientifiques et techniques; **NZ :** Activités de services administratifs et de soutien; **OZ :** Administration publique; **PZ :** Enseignement; **QA :** Activités pour la santé humaine; **QB :** Hébergement médico-social et social et action sociale sans hébergement; **RZ :** Arts, spectacles et activités récréatives; **SZ :** Autres activités de services; **TZ :** Activités des ménages en tant qu’employeurs; **UZ :** Activités extra-territoriales.

Annexe 3

Figure 6.3 – Intervalles de confiance des termes aléatoires associés à chaque secteur d'activité issus de l'estimation des modèle multi-niveaux d'être exposé au travail posté et au travail répétitif (SUMER 2017)



Légende : **AZ :** Agriculture, sylviculture et pêche; **BZ :** Industries extractives; **CA :** Fabrication de denrées alimentaires, de boissons et de produits à base de tabac; **CB :** Fabrication de textiles, industries de l'habillement, industrie du cuir et de la chaussure; **CC :** Travail du bois, industries du papier et imprimerie; **CD :** Cokéfaction et raffinage; **CE :** Industrie chimique; **CF :** Industrie pharmaceutique; **CG :** Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique ainsi que d'autres produits minéraux non métalliques; **CH :** Métallurgie et fabrication de produits métalliques à l'exception des machines et des équipements; **CI :** Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques; **CJ :** Fabrication d'équipements électriques; **CK :** Fabrication de machines et équipements; **CL :** Fabrication de matériels de transport; **CM :** Autres industries manufacturières; réparation et installation de machines et d'équipements; **DZ :** Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné; **EZ :** Production et distribution d'eau; assainissement, gestion des déchets et dépollution; **FZ :** Construction; **GZ :** Commerce; réparation d'automobiles et de motocycles; **HZ :** Transports et entreposage; **IZ :** Hébergement et restauration; **JA :** Edition, audiovisuel et diffusion; **JB :** Télécommunications; **JC :** Activités informatiques et services d'information; **KZ :** Activités financières et d'assurance; **LZ, LI :** Activités immobilières; **MA :** Activités juridiques, comptables, de gestion, d'architecture, d'ingénierie, de contrôle et d'analyses techniques; **MB :** Recherche-développement scientifique; **MC :** Autres activités spécialisées, scientifiques et techniques; **NZ :** Activités de services administratifs et de soutien; **OZ :** Administration publique; **PZ :** Enseignement; **QA :** Activités pour la santé humaine; **QB :** Hébergement médico-social et social et action sociale sans hébergement; **RZ :** Arts, spectacles et activités récréatives; **SZ :** Autres activités de services; **TZ :** Activités des ménages en tant qu'employeurs; **UZ :** Activités extra-territoriales.

Annexe 4

Figure 6.4 – Intervalles de confiance des termes aléatoires associés à chaque secteur d’activité issus des modèle multi-niveaux d’être exposé à des pénibilités physiques (CdT 2016)

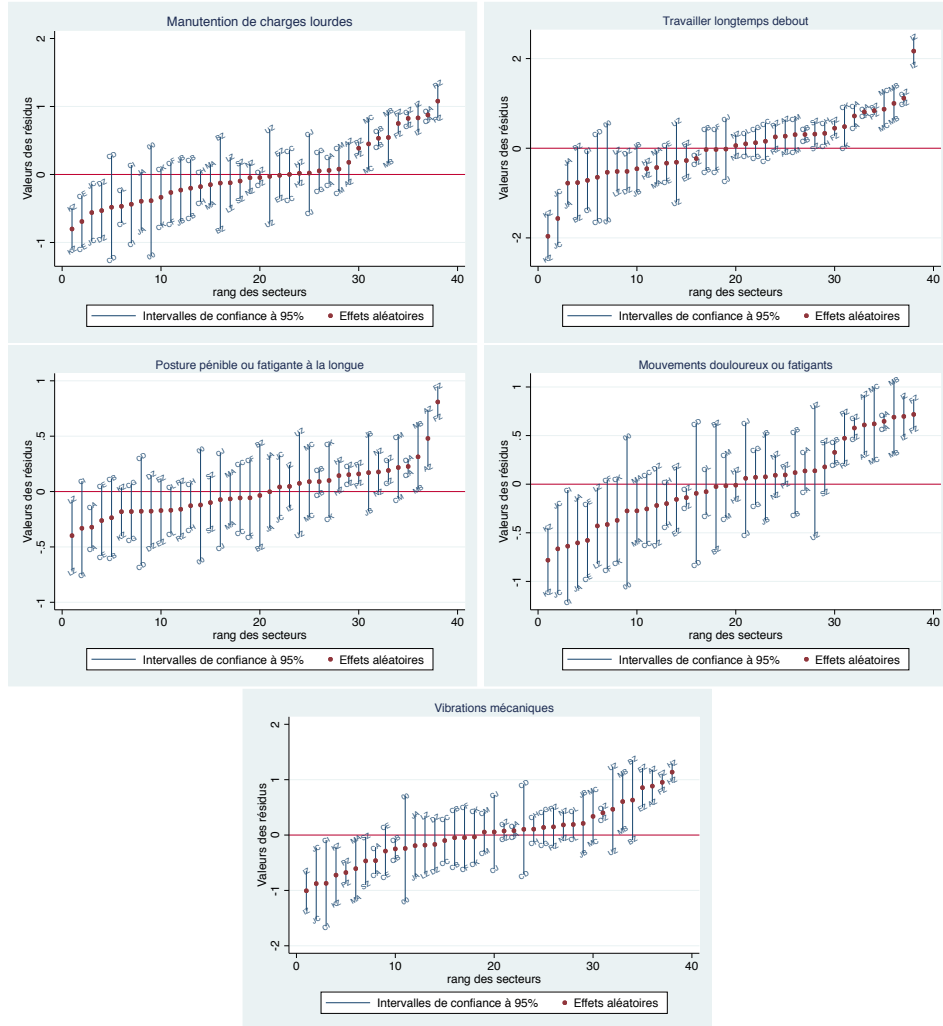
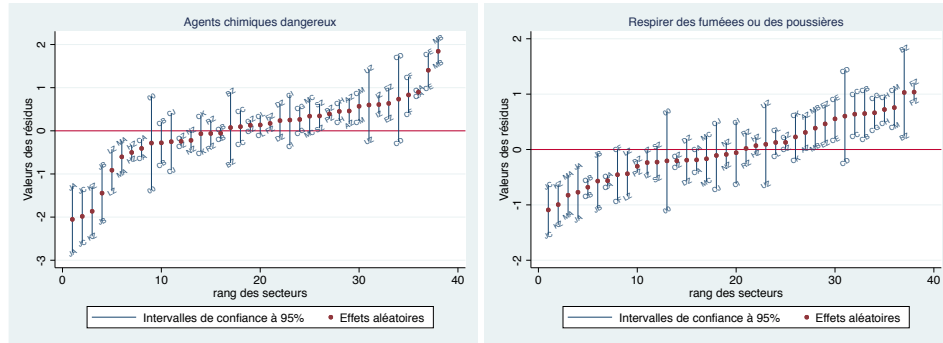


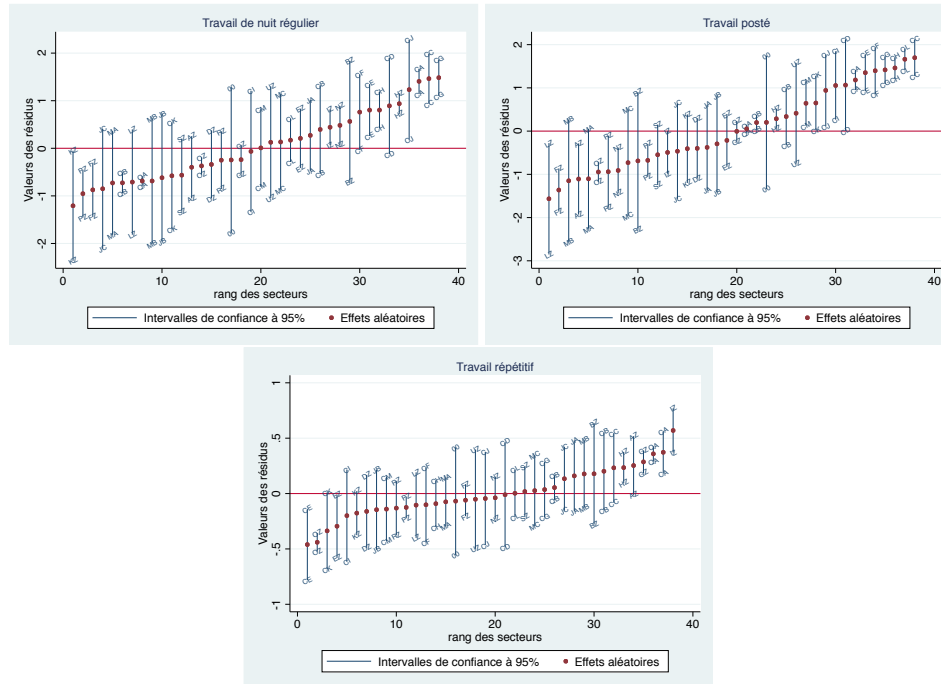
Figure 6.5 – Intervalles de confiance des termes aléatoires associés à chaque secteur d’activité issus des modèle multi-niveaux d’être exposé à un environnement agressif (CdT 2016)



Légende : **AZ :** Agriculture, sylviculture et pêche; **BZ :** Industries extractives; **CA :** Fabrication de denrées alimentaires, de boissons et de produits à base de tabac; **CB :** Fabrication de textiles, industries de l’habillement, industrie du cuir et de la chaussure; **CC :** Travail du bois, industries du papier et imprimerie; **CD :** Cokéfaction et raffinage; **CE :** Industrie chimique; **CF :** Industrie pharmaceutique; **CG :** Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique ainsi que d’autres produits minéraux non métalliques; **CH :** Métallurgie et fabrication de produits métalliques à l’exception des machines et des équipements; **CI :** Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques; **CJ :** Fabrication d’équipements électriques; **CK :** Fabrication de machines et équipements; **CL :** Fabrication de matériels de transport; **CM :** Autres industries manufacturières; réparation et installation de machines et d’équipements; **DZ :** Production et distribution d’électricité, de gaz, de vapeur et d’air conditionné; **EZ :** Production et distribution d’eau; assainissement, gestion des déchets et dépollution; **FZ :** Construction; **GZ :** Commerce; réparation d’automobiles et de motocycles; **HZ :** Transports et entreposage; **IZ :** Hébergement et restauration; **JA :** Edition, audiovisuel et diffusion; **JB :** Télécommunications; **JC :** Activités informatiques et services d’information; **KZ :** Activités financières et d’assurance; **LZ, LI :** Activités immobilières; **MA :** Activités juridiques, comptables, de gestion, d’architecture, d’ingénierie, de contrôle et d’analyses techniques; **MB :** Recherche-développement scientifique; **MC :** Autres activités spécialisées, scientifiques et techniques; **NZ :** Activités de services administratifs et de soutien; **OZ :** Administration publique; **PZ :** Enseignement; **QA :** Activités pour la santé humaine; **QB :** Hébergement médico-social et social et action sociale sans hébergement; **RZ :** Arts, spectacles et activités récréatives; **SZ :** Autres activités de services; **TZ :** Activités des ménages en tant qu’employeurs; **UZ :** Activités extra-territoriales.

Annexe 5

Figure 6.6 – Intervalles de confiance des termes aléatoires associés à chaque secteur d'activité issus des modèle multi-niveaux d'être exposé à des rythmes de travail atypiques (CdT 2016)



Légende : AZ : Agriculture, sylviculture et pêche; BZ : Industries extractives; CA : Fabrication de denrées alimentaires, de boissons et de produits à base de tabac; CB : Fabrication de textiles, industries de l'habillement, industrie du cuir et de la chaussure; CC : Travail du bois, industries du papier et imprimerie; CD : Cokéfaction et raffinage; CE : Industrie chimique; CF : Industrie pharmaceutique; CG : Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique ainsi que d'autres produits minéraux non métalliques; CH : Métallurgie et fabrication de produits métalliques à l'exception des machines et des équipements; CI : Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques; CJ : Fabrication d'équipements électriques; CK : Fabrication de machines et équipements; CL : Fabrication de matériels de transport; CM : Autres industries manufacturières; réparation et installation de machines et d'équipements; DZ : Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné; EZ : Production et distribution d'eau; assainissement, gestion des déchets et dépollution; FZ : Construction; GZ : Commerce; réparation d'automobiles et de motocycles; HZ : Transports et entreposage; IZ : Hébergement et restauration; JA : Edition, audiovisuel et diffusion; JB : Télécommunications; JC : Activités informatiques et services d'information; KZ : Activités financières et d'assurance; LZ, LI : Activités immobilières; MA : Activités juridiques, comptables, de gestion, d'architecture, d'ingénierie, de contrôle et d'analyses techniques; MB : Recherche-développement scientifique; MC : Autres activités spécialisées, scientifiques et techniques; NZ : Activités de services administratifs et de soutien; OZ : Administration publique; PZ : Enseignement; QA : Activités pour la santé humaine; QB : Hébergement médico-social et social et action sociale sans hébergement; RZ : Arts, spectacles et activités récréatives; SZ : Autres activités de services; TZ : Activités des ménages en tant qu'employeurs; UZ : Activités extra-territoriales.

Annexe 6

Table 6.2 – Variables utilisées pour les différents indicateurs de santé dans l'enquête SUMER 2017 et CdT 2016

	Enquête CdT 2016	SUMER 2017
Etat de santé général (déclaré)	BSANTE	AQ45
Arrêts maladies :		
- Nombre d'arrêts maladie (hors accidents et maternité) au cours des 12 derniers mois	ARETMAL	AQ64
- Nombre total de jours d'absences associés à ces arrêts	ATMAL	AQ65
Accidents du travail		
- Nombre d'accidents du travail (hors trajet) au cours des 12 derniers mois	ACCIDT	AQ66
- Nombre total de jours d'absences du fait de ces accidents	ARRET, NBJARR	AQ67

Annexe 7

Afin de retenir les spécifications de régression bivariée ordonnée généralisée les plus adaptées pour expliquer l'état de santé déclaré et le nombre d'arrêts maladie à partir de l'enquête SUMER 2017 et CdT 2016, nous avons mis en concurrence les fonctions copules suivantes :

- *Gaussienne* : $c(u_1, u_2) = \Phi_2(\Phi^{-1}(u_1), \Phi^{-1}(u_2); \theta)$ avec $\Phi_2(\cdot, \cdot; \theta)$ la fonction de répartition d'une loi normale bivariée de coefficient $-1 \leq \theta \leq 1$ et Φ^{-1} l'inverse de la fonction de répartition d'une loi normale univariée $N(0, 1)$;
- *Clayton* : $c(u_1, u_2) = [\max\{u_1^{-\theta} + u_2^{-\theta} - 1, 0\}]^{-1/\theta}$ pour $-1 \leq \theta < 0$ et $0 < \theta < +\infty$ et $c(u_1, u_2) = u_1 \cdot u_2$ pour $\theta = 0$;
- *Frank* : $c(u_1, u_2) = -\frac{1}{\theta} \left(1 + \frac{(e^{-\theta \cdot u_1} - 1)(e^{-\theta \cdot u_2} - 1)}{e^{-\theta} - 1} \right)$ pour $\theta \neq 0$ et $c(u_1, u_2) = u_1 \cdot u_2$ pour $\theta = 0$;
- *Gumbel* : $c(u_1, u_2) = \exp(-[(-\ln u_1)^\theta + (-\ln u_2)^\theta]^{1/\theta})$ pour $\theta \geq 1$;
- *Joe* : $c(u_1, u_2) = 1 - [(1 - u_1)^\theta + (1 - u_2)^\theta - (1 - u_1)^\theta(1 - u_2)^\theta]^{1/\theta}$ pour $\theta \geq 1$.

De plus, nous avons autorisé ou non les distributions marginales à être un mélange de deux distributions normales en imposant des restrictions sur π_1 et π_2 dans l'équation suivante :

$$F_j(\varepsilon) = \pi_j \Phi\left(\frac{\varepsilon - \mu_{j1}}{\sigma_{j1}}\right) + (1 - \pi_j) \Phi\left(\frac{\varepsilon - \mu_{j2}}{\sigma_{j2}}\right), j = 1, 2 \quad (6.1)$$

où π_j est le paramètre de mélange compris entre 0 et 1, (μ_{j1}, μ_{j2}) et $(\sigma_{j1}, \sigma_{j2})$ les paramètres de positionnement et de dispersion satisfaisant les conditions de normalisation de moyenne nulle et de variance unitaire. 4 cas de figure ont été envisagés : i) Aucun mélange : $\pi_1 = \pi_2 = 0$; ii) Mélange seulement pour $F_1(\cdot)$: $\pi_2 = 0$; iii) Mélange seulement pour $F_2(\cdot)$: $\pi_1 = 0$; iv) Mélange pour $F_1(\cdot)$ et $F_2(\cdot)$: pas de restriction spécifique sur π_1 et π_2

Le tableau 6.3 reporte les valeurs des log-vraisemblances maximales et des critères AIC des différentes spécifications estimées afin de choisir le modèle le plus robuste. A partir de l'enquête SUMER 2017, il ressort que la régression bivariée ordonnée avec une copule Gumbel et un mélange de 2 lois normales pour $F_1(\cdot)$ est à privilégier par rapport aux autres spécifications, car elle obtient le critère AIC le plus faible et la valeur de la log-vraisemblance la plus élevée. On peut noter que l'estimation de certaines spécifications n'ont pas convergé, ce qui est usuel avec l'approche par copule [Trivedi & Zimmer (2007)]. Cela indique que la forme de

dépendance imposée par la copule choisie entre les termes d'erreurs ou le choix des fonctions marginales n'étaient pas pertinents pour les données. Dans notre cas, comme le meilleur modèle est obtenu avec une copule Gumbel, cela signifie qu'il y a une forte dépendance dans les queues de distributions à droite et une faible dépendance à gauche.

Table 6.3 – Log-vraisemblances et critères AIC des différentes spécifications alternatives des modèles de régression bivariée ordonnée généralisée (SUMER 2017, CdT 2016)

SUMER 2017								
Mélanges pour les distributions marginales								
	<i>Aucun</i>		<i>Uniquement pour $F_1(\cdot)$</i>		<i>Uniquement pour $F_2(\cdot)$</i>		<i>Pour $F_1(\cdot)$ et $F_2(\cdot)$</i>	
Copule	ln L	AIC	ln L	AIC	ln L	AIC	ln L	AIC
Gaussienne	-31724.89	63689.77	-31718.88	63683.76	-31717.85	63681.71	-31711.76	63675.51
Clayton	-31858.51	63957.03	-31852.87	63951.74	-31851.13	63948.26	nc	nc
Frank	-31756.85	63753.7	-31750.88	63747.77	-31749.63	63745.27	nc	nc
Gumbel	-31697.12	63634.24	-31690.42	63626.84	nc	nc	nc	nc
Joe	-31717.85	63675.69	-31710.81	63667.63	nc	nc	nc	nc

Conditions de Travail 2016								
Mélanges pour les distributions marginales								
	<i>Aucun</i>		<i>Uniquement pour $F_1(\cdot)$</i>		<i>Uniquement pour $F_2(\cdot)$</i>		<i>Pour $F_1(\cdot)$ et $F_2(\cdot)$</i>	
Copule	ln L	AIC	ln L	AIC	ln L	AIC	ln L	AIC
Gaussienne	-27334.12	54888.25	nc	nc	nc	nc	nc	nc
Clayton	-27419.07	55058.14	nc	nc	-27417.22	55060.44	nc	nc
Frank	-27347.00	54913.99	nc	nc	nc	nc	nc	nc
Gumbel	-27329.90	54879.80	nc	nc	nc	nc	nc	nc
Joe	-27351.89	54923.78	nc	nc	nc	nc	nc	nc

Note : nc : non convergence du modèle

Sources : enquête SUMER 2017, enquête Conditions de Travail 2016.

Champ : salariés France métropolitaine qui ont au moins une année d'ancienneté dans l'entreprise.

Bibliographie

- Akerstedt, T. (2003), 'Shift work and disturbed sleep/wakefulness', *Occupational Medicine* **53**, 89–94.
- Akerstedt, T., Knutsson, A., Narusyte, J., Svedberg, P., Kecklund, G. & Alexander-son, K. (2013), 'Night work and breast cancer in women : a Swedish Cohort study', *BMJ Open* **5**, e008127.
- Akerstedt, T., Knutsson, A., Narusyte, J., Svedberg, P., Kecklund, G. & Alexander-son, K. (2015), 'Night work and breast cancer in women : a Swedish cohort study', *BMJ Open* **5**(4).
- Algava, E. (2014), 'Le travail de nuit en 2012', *Dares Analyses* **62**.
- Algava, E. & Vinck, L. (2015), 'Contraintes physiques, prévention des risques et accidents du travail', *Synthèse Stat DARES* **10**.
- Allebeck, P. & Mastekaasa, A. (2004), 'Causes of sickness absence : research approaches and explanatory models', *Scandinavian Journal of Public Health* **32**(63), 36–43.
- Amira, S. (2016), 'La prévention des risques professionnels : les mesures mises en œuvre par les employeurs publics et privés', *DARES Analyses* **13**.
- Amira, S. & Ast, D. (2014), 'Des risques professionnels contrastés selon les métiers', *DARES Analyses* **39**.

- Amossé, T. (2002), 'Vingt cinq ans de transformation des mobilités sur le marché du travail', *Données Sociales* pp. 235–242.
- ANSES (2016), 'Evaluation des risques sanitaires liés au travail de nuit', *Rapport d'expertise collective*.
- Arnaudo, B., Hamon-Cholet, S. & Waltisperger, D. (2007), 'Les contraintes posturales et articulaires au travail', *Document du Médecin du Travail* **107**, 329–336.
- Arnaudo, B., Léonard, M., Sandret, N., Cavet, M., Coutrot, T. & Rivalin, R. (2012), 'L'évolution des risques professionnels dans le secteur privé entre 1994 et 2010 : premiers résultats de l'enquête SUMER', *DARES Analyses* **02**.
- Askenazy, P. (2009), 'Un regard économique sur la santé au travail', *Regards croisés sur l'économie* **1(5)**, 54–60.
- Assurance Maladie (2017), 'Données 2016 des accidents du travail et maladies professionnelles : des chiffres contrastés selon les risques et les secteurs dans un contexte de baisse globale de la sinistralité', https://www.carsat-nordpicardie.fr/images/CP_sinistralite%C3%A9_AMRP_14092017.pdf.
- Bara, A.-C. & Arber, S. (2009), 'Working shifts and mental health – findings from the British Household Panel Survey (1995–2005)', *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* pp. 361–367.
- Barnay, T. (2005), 'Santé déclarée et cessation d'activité', *Revue Française d'Economie* **20(2)**, 73–106.
- Barnay, T. & Defebvre, E. (2016), 'L'influence de la santé mentale déclarée sur le maintien dans l'emploi', *Economie et Statistique* **486-487**, 45–78.
- Barnay, T., Favrot, J. & Pollak, C. (2015a), 'L'effet des arrêts maladie sur les trajectoires professionnelles', *Economie et Statistique* **475-476**, 135–156.
- Barnay, T., Halima, M. B., Duguet, E., Lanfranchi, J. & Le Clainche, C. (2015b), 'La survenue du cancer : effets de court et moyen termes sur les situations professionnelles', *Economie et Statistique* **475-476**, 157–186.
- Barnay, T., Juin, S. & Legal, R. (2013), 'Les disparités de prise d'arrêts maladie entre secteurs d'activité en France : une analyse longitudinale sur données administratives', *Document de Travail Erudite* (6), 121–125.
- Barnay, T., Sauze, D. & Sultan-Taïeb, H. (2010), 'La santé au travail : une préoccupation multiforme pour les économistes', *Revue Française des Affaires Sociales* **4**, 7–25.
- Bayart, C., Havet, N. & Bonnel, P. (2018), 'Daily (Im)Mobility Behaviours in France : An application of Hurdle models', *Transportation Research Part A : Policy and Practice* **116**, 456–467.

- Ben Halima, M. & Regaert, C. (2013), 'Duration of Sick Leave, Income and Health Insurance : Evidence from French French linked employer-employee data', *Economics Bulletin* **33**(1), 46–55.
- Ben Halima, M. A., Koubi, M. & Regaert, C. (2018), 'The Effects of the Complementary Compensation on Sickness Absence : an Approach Based on Collective Bargaining Agreements in France', *Labour* **32**(3), 353–394.
- Ben Halima, M., Debrand, T. & Regaert, C. (2011), 'Comprendre les disparités des arrêts maladie selon les départements', *Revue Française d'Economie* **26**(39), 1–25.
- Bluestone, B. (1970), 'The tripartite economy : Labour market and the working poor', *Poverty and human resources abstracts* **5**.
- Boggild, H. & Knutsson, A. (1999), 'Shift work, risk factors and cardiovascular disease', *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* **25**(2), 85–99.
- Buchmueller, T., Couffinhal, A., Grignon, M., Perronnin, M. & Szwarcensztein, K. (2002), 'Consulter un généraliste ou un spécialiste : influence des couvertures complémentaires sur le recours aux soins', *Questions d'économie de la santé* (47).
- Bué, J., Coutrot, T., Guignon, N. & Sandret, N. (2008), 'Les facteurs de risques psychosociaux au travail? : une approche quantitative par l'enquête SUMER', *Revue Française des Affaires Sociales* **2-3**, 45–70.
- Böckerman, P. & Ilmakunnas, P. (2008), 'Interaction of working conditions, job satisfaction, and sickness absences : Evidence from a representative sample of employees', *Social Science & Medicine* **67**(4), 520 – 528.
- Böckerman, P., Kanninen, O. & Suoniemi, I. (2018), 'A kink that makes you sick : The effect of sick pay on absence', *Journal of Applied Econometrics* **33**(4), 568–579.
- Cameron, A. & Trivedi, P. (1998), Regression Analysis of Count Data, in 'Econometric Society Monograph n°53', Cambridge University Press.
- Canetto, P. (2006), 'Une nouvelle réglementation sur le bruit au travail', *Documents pour le Médecin du Travail* **107**(TC110), 297–307.
- Cassou, B., Derriennic, F., Montfort, C. & Amphoux, M. (1997), 'Facteurs prédictifs d'incapacité physique dans une cohorte de retraités parisiens suivis pendant 10 ans', *Revue d'Epidémiologie et de Santé publique* **45**(5), 382–391.
- Cavet, M. & Léonard, M. (2013), 'Les expositions aux produits chimiques cancérigènes en 2010', *DARES Analyses* **54**.
- Chaupain-Guillot, S. & Guillot, O. (2007), 'Les absences au travail : une analyse à partir des données françaises du Panel européen des ménages', *Economie et Statistique* **408-409**, 45–80.

- Chiu, H. & Tsai, P. (2013), 'The impact of various work schedules on sleep complaints and minor accidents during work or leisure time : evidence from a National Survey', *Journal of Occupational and Environmental Medicine* **55**(3), 325–330.
- Coutrot, T. & Davie, E. (2014), 'Les conditions de travail des salariés dans le secteur privé et la fonction publique', *DARES Analyses* **102**.
- Coutrot, T. & Sandret, N. (2013), 'La prévention des risques professionnels vue par les médecins du travail', *Dares Analyses* **55**.
- Coutrot, T., Memmi, S., Rosankis, N. & Sandret, N. (2018), 'Enquête SUMER 2016-2017 : bilan de la collecte', *Références en Santé au Travail* **156**, 19–27.
- Cragg, J. (1971), 'Some Statistical Models for Limited Dependent Variables with Application to the Demand for Durable Goods', *Econometrica* **39**(5), 829–844.
- Czeisler, C. & Gooley, J. (2007), 'Sleep and circadian rhythms in humans', *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* **72**, 579–597.
- de Larquier, G. & Remillon, D. (2008), 'Assiste-t-on à une transformation uniforme des carrières professionnelles vers plus de mobilité ? Une exploitation de l'enquête "Histoire de vie"', *Travail et Emploi* **113**, 13–30.
- De Paola, M., Scoppa, V. & Pupo, V. (2014), 'Absenteeism in the Italian Public Sector : The Effects of Changes in Sick Leave Policy', *Journal of Labor Economics* **32**(2), 337–360.
- d'Errico, A. & Costa, G. (2011), 'Socio-demographic and work-related risk factors for medium- and long-term sickness absence among Italian workers', *European Journal of Public Health* **22**(5), 683–688.
- Derrienic, F., Saurel-Cubizolles, M. & Monfort, C. (2003), 'Santé, conditions de travail et cessation d'activité des salariés âgés', *Travail et Emploi* **96**, 37–53.
- Despres, C., Dourgnon, P., Fantin, R. & Jusot, F. (2011), 'Le renoncement aux soins pour raisons financières : une approche économétrique', *Questions d'économie de la santé* **70**.
- Dickens, W. & Lang, K. (1985), 'A test of Dual Labor Market Theory', *American Economic Review* **75**(4), 792–805.
- Diricq, N. (2011), Rapport de la commission instituée par l'article L.176-2 du Code de Sécurité Sociale, Technical report.
- DREES (2016), 'Les dépenses de santé 2015', <http://drees.solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/cns2016.pdf>.
- Driesen, K., Jansen, N., Kant, I., Mohren, D. & van Amelsvoort, L. (2010), 'Depressed mood in the working population : associations with work schedules and working hours', *Chronobiology International* **27**, 1062–1079.

- Dupret, E., Bocéréan, C., Teherani, M. & Feltrin, M. (2012), 'Le COPSOQ : un nouveau questionnaire français d'évaluation des risques psychosociaux', *Santé Publique* **24**(3), 189–207.
- Eng, A., 't Mannetje, A., McLean, D., Ellison-Laschmann, L., Cheng, S. & Pearce, N. (2011), 'Gender differences in occupational exposure patterns', *Occupational and Environmental Medicine* **68**, 888–894.
- Farbmacher, H. (2011), 'Estimation of hurdle models for overdispersed count data', *Stata Journal* **11**(1), 82–94.
- Folkard, S., Minors, D. & Waterhouse, J. (1985), 'Chronobiology and shift work : current issues and trends', *Chronobiologia* **12**, 31–54.
- Frick, B. & Malo, M. (2008), 'Labor market institutions and individual absenteeism in the European Union : the relative importance of sickness benefit systems and employment protection legislation', *Industrial Relations* **47**(4), 505–529.
- Fritschi, L., Erren, T., Glass, D., Girschik, J., Thomson, K., Saunders, C., Boyle, T., El-Zaemey, S., Rogers, P., Peters, S., Slevin, T., D'Orsogna, A., de Vocht, F., Vermeulen, R. & Heyworth, J. (2013), 'The association between different night shiftwork factors and breast cancer : a case-control study', *British Journal of Cancer* **109**(9), 2472–2480.
- Gan, Y., Yang, C., Tong, X., Sun, H., Cong, Y., Yin, X., Li, L., Cao, S., Dong, X., Gong, Y., Shi, O., Deng, J., Bi, H. & Lu, Z. (2015), 'Shift work and diabetes mellitus : a meta-analysis of observational studies', *Occupational and Environmental Medicine* **72**(1), 72–78.
- Garoche, B. (2016), 'L'exposition des salariés aux maladies professionnelles : l'importance toujours prépondérante des troubles musculo-squelettiques', *Dares Résultats* (081), 1–8.
- Gilg soit Ilg, A. & Fouquet, N. (2017), 'Fraction attribuable et risques professionnels', [http : //www.rencontresantepubliquefrance.fr/wp-content/uploads/2017/06/GILG_FOUQUET.pdf](http://www.rencontresantepubliquefrance.fr/wp-content/uploads/2017/06/GILG_FOUQUET.pdf).
- Goldstein, H. (2010), *Multilevel Statistical Models*, 4th Edition, Chichester, West Sussex : Wiley-Blackwell.
- Gollac, M. (1997), 'Des chiffres insensés ? Pourquoi et comment on donne du sens aux données', *Revue française de sociologie* **38**(1), 1–36.
- Gollac, M. & Bodies, M. (2010), Mesurer les facteurs psychosociaux de risque au travail pour les maîtriser, Rapport, [http : //travailemploi.gouv.fr/img/pdf/rapport_srpstdefinitif_rectifie_11_50.pdf](http://travailemploi.gouv.fr/img/pdf/rapport_srpstdefinitif_rectifie_11_50.pdf), DARES, Ministère du Travail et de l'Emploi.
- Gollac, M., Volkoff, S. & Wolff, L. (2014), *Les conditions de travail*, La Découverte, 3e édition.

- Greene, W. & Hensher, D. (2010), *Modeling Ordered Choices*, Cambridge Books, Cambridge University Press.
- Gu, F., Han, J., Laden, F., Pan, A., Caporaso, N., Stampfer, M., Kawachi, I., Rexrode, K., Willett, W., Hankinson, S., Speizerand, F. & Schernhammer, E. (2015), 'Total and cause-specific mortality of US. Nurses working rotating night shifts', *American Journal of Preventive Medicine* **48**(3), 241–252.
- Guignon, N., Niedhammer, I. & Sandret, N. (2008), 'Les facteurs psychosociaux au travail : Une évaluation par le questionnaire de Karasek dans l'enquête SUMER 2003', *Documents pour le Médecin du Travail* **115**, 389–398.
- Guo, Y., Liu, Y., Huang, X., Rong, Y., He, M., Wang, Y., Yuan, J., Wu, T. & Chen, W. (2013), 'The effects of shift work on sleeping quality, hypertension and diabetes in retired workers', *PLoS One* **8**(8), e71107.
- Hanger, L. (2002), 'Hearing Protection. Didn't Hear It Coming...Noise and Hearing in Industrial Accidents', *Occupational Health and Safety* **71**(9), 196–200.
- Hansen, J. & Lassen, C. (2012), 'Nested case-control study of night shift-work and breast cancer risk among women in the Danish military', *Occupational and Environmental Medicine* **69**, 551–556.
- Havet, N. & Penot, A. (2021), 'Trends in exposure to physically demanding working conditions in France, in 2003, 2010 and 2017', *mimeo* pp. 1–14.
- Havet, N., Bayart, C. & Penot, A. (2021), 'La pénibilité au travail dans les professions de l'économie verte : les enseignements des enquêtes SUMER 2010-2017', *mimeo* pp. 1–24.
- Havet, N., Fournier, J., Stefanelli, J., Plantier, M. & Penot, A. (2020), 'Disparate exposure to physically demanding working conditions in France', *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique* **68**(6), 327–336.
- Havet, N., Huguet, M. & Tonietta, J. (2017a), 'L'exposition des travailleurs de nuit aux facteurs de pénibilité en France : les enseignements de l'enquête SUMER 2010', *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique* **65**(6), 397–407.
- Havet, N., Penot, A., Morelle, M., Fervers, B., Charbotel, B., Perrier, L. & Plantier, M. (2014), 'Inégalités de l'exposition aux produits cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques (CMR) en milieu professionnel : les enseignements de l'enquête SUMER, Rapport final de recherche pour la DARES, Ministère de la santé et de la solidarité, dans le cadre de l'appel à projet "Risques du Travail : autour de SUMER 2010" 1-148, DARES.
- Havet, N., Penot, A., Morelle, M., Perrier, L., Charbotel, B. & Fervers, B. (2017b), 'Varied exposure to carcinogenic, mutagenic, and reprotoxic (CMR) chemicals in occupational settings in France', *International Archives of Occupational and Environmental Health* **90**(2), 227–241.

- Havet, N., Penot, A., Plantier, M., Charbotel, B., Morelle, M. & Fervers, B. (2018), 'Do regulations protect workers from occupational exposures to carcinogenic, mutagenic and reprotoxic (CMR) agents in France?', *Occupational and Environmental Medicine* **75**, 389–397.
- Havet, N., Penot, A., Plantier, M., Charbotel, B., Morelle, M. & Fervers, B. (2019a), 'Inequalities in the control of the occupational exposure in France to carcinogenic, mutagenic, and reprotoxic chemicals', *European Journal of Public Health* **29**(1), 140–147.
- Havet, N., Penot, A., Plantier, M., Morelle, M., Fervers, B. & Charbotel, B. (2019b), 'Trends in the control strategies for occupational exposure to carcinogenic, mutagenic, and reprotoxic chemicals in France (2003-2010)', *Annals of Work Exposures and Health* **63**(5), 488–504.
- Hermansson, J., Gillander Gadin, K., Karlsson, B., Reuterwall, C., Hallqvist, J. & Knutsson, A. (2015), 'Case fatality of myocardial infarction among shift workers', *International Archives of Occupational and Environmental Health* **88**(5), 599–605.
- Hernandez-Alava, M. & Pudney, S. (2016), 'Bicop : A command for fitting bivariate ordinal regressions with residual dependence characterized by a copula function and normal mixture marginals', *Stata Journal* **16**(1), 159–184.
- Hox, J., Moerbeek, M. & Schoot, R. (2010), *Multilevel Analysis : Techniques and Applications*, Second Edition, New York : Routledge.
- Ijaz, S., Verbeek, J., Seidler, A., Lindbohm, M., Ojajarvi, A., Orsini, N., Costa, G. & Neuvonen, K. (2013), 'Night-shift work and breast cancer – a systematic review and meta- analysis', *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* **39**(5), 431–447.
- Imbernon, E. (2005), *Estimation du nombre de cas de certains cancers attribuables à des facteurs professionnels en France*, Institut de Veille Sanitaire.
- INRS (2013), 'Horaires atypiques de travail', *Brochure INRS* .
- Jia, Y., Lu, Y., Wu, K., Lin, Q., Shen, W., Zhu, M., Huang, S. & Chen, J. (2013), 'Does night work increase the risk of breast cancer? A systematic review and meta-analysis of epidemiological studies', *Cancer Epidemiology* **37**(3), 197–206.
- Joutard, X., Paraponaris, A., Sagaon-Teyssier, L. & Ventelou, B. (2012), 'A Continuous-time Markov model for transitions between employment and non-employment : the impact of a cancer diagnosis', *Annals of Economics and Statistics* **107-108**, 239–266.
- Jusot, F. (2014), 'La complémentaire santé : une source d'inégalités face à la santé?', *Les Tribunes de la Santé* **43**, 69–78.

- Karasek, R.-A. (1979), 'Job demands, job decision latitude, and mental strain : implications for job redesign', *Administrative Science Quarterly* **24**, 285–308.
- Knutsson, A. (2003), 'Health disorders of shift workers', *Occupational Medicine* **53**, 103–108.
- Knutsson, A. & Boggled, H. (2010), 'Gastrointestinal disorders among shift workers', *Scandinavian Journal of Work and Environmental Health* **36**(2), 85–95.
- Knutsson, A., Alfredsson, L., Karlsson, B., Akerstedt, T., Fransson, E., Westerholm, P. & Westerlund, H. (2013), 'Breast cancer among shift workers : results of the WOLF longitudinal cohort study', *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* **39**(2), 170–177.
- Kubo, T., Ozasa, K., Mikami, K., Wakai, K., Fujino, Y., Watanabe, Y., Miki, T., Nakao, M., Hayashi, K., Suzuki, K., Mori, M., Washio, M., Sakauchi, F., Ito, Y., Yoshimura, T. & Tamakoshi, A. (2006), 'Prospective cohort study of the risk of prostate cancer among rotating-shift workers : findings from the Japan collaborative cohort study', *American Journal of Epidemiology* **164**, 549–555.
- Laaksonen, M., Pitkaniemi, J., Rahkonen, O. & Lahelma, E. (2010), 'Work Arrangements, Physical Working Conditions, and Psychosocial Working Conditions as Risk Factors for Sickness Absence : Bayesian Analysis of Prospective Data', *Annals of Epidemiology* **20**(5), 332 – 338.
- Labriola, M., Lund, T. & Burr, H. (2006a), 'Prospective study of physical and psychosocial risk factors for sickness absence', *Occupational Medicine* **56**(7), 469–474.
- Labriola, M., Lund, T. & Burr, H. (2006b), 'Prospective study of physical and psychosocial risk factors for sickness absence', *Occupational Medicine* **56**(7), 469–474.
- Léger, D., Bayon, V., Metlaine, A., Prevot, E., Didier-Marsac, E. & Choudat, D. (2009), 'Horloge biologique, sommeil et conséquences médicales du travail posté', *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement* **70**, 246–252.
- Lengagne, P. & Perronin, M. (2005), 'Impact des niveaux de garantie des complémentaires santé sur les consommations de soins peu remboursées par l'Assurance maladie : le cas des lunettes et des prothèses dentaires', *Questions d'économie de la santé* (100).
- Lesuffleur, T., Chastang, J.-F., Sandret, N. & Niedhammer, I. (2014), 'Psychosocial factors at work and sickness absence : Results from the French National SUMER Survey', *American Journal of Industrial Medicine* **57**(6), 695–708.
- Luce, D. & Goldberg, M. (1997), 'Les cancers professionnels (à l'exception de l'amiante)', *Oncologie* **9**, 331–334.

- Lund, T., Labriola, M., Christensen, K., Bültmann, U. & Villadsen, E. (2006a), 'Physical Work Environment Risk Factors for Long Term Sickness : Prospective Findings among a Cohort of 5357 Employees in Denmark', *The British Medical Journal* **332**, 449–452.
- Lund, T., Labriola, M., Christensen, K., Bültmann, U. & Villadsen, E. (2006b), 'Physical Work Environment Risk Factors for Long Term Sickness : Prospective Findings among a Cohort of 5357 Employees in Denmark', *The British Medical Journal* **332**, 449–452.
- Memmi, S., Rosankis, E., Sandret, N., Duprat, P., Léonard, M., Morand, S. & Tassy, V. (2019), 'Comment ont évolué les expositions des salariés du secteur privé aux risques professionnels sur les vingt dernières années ? Premiers résultats de l'enquête Sumer 2017', *Dares Analyses* (041), 1–14.
- Ménégaux, F., Truong, T., Anger, A., Cordina-Duverger, E., Lamkarkach, F., Arveux, P., Kerbrat, P., Févotte, J. & Guénel, P. (2013), 'Night work and breast cancer : a population based control study in France (the CECILE study)', *International Journal of Cancer* **132**, 924–931.
- Messing, K. (2004), 'Physical Exposures in Work Commonly Done by Women', *Canadian Journal of Applied Physiology* **29**(5), 639–656.
- Minors, D. & Waterhouse, J. (1986), 'Circadian rhythms and their mechanisms', *Experientia* **42**, 1–13.
- Molinié, A.-F. (2003), 'Interroger les salariés sur leur passé professionnel : le sens des discordances', *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique* **51**, 589–605.
- Mullahy, J. (1986), 'Specification and testing of some modified count data models', *Journal of Econometrics* **33**(3), 341–365.
- Nabe-Nielsen, K., Tüchsen, F., Christensen, K., Garde, A. & Diderichsen, F. (2009), 'Differences between day and nonday workers in exposure to physical and psychosocial work factors in the Danish eldercare sector', *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* **35**(1), 48–55.
- Nelson, D., Nelson, R., Concha-Barrientos, M. & Fingerhut, M. (2005), 'The Global Burden of Occupational Noise-Induced Hearing Loss', *American Journal of Industrial Medicine* **48**(6), 446–458.
- Niedhammer, I., Bugel, I., Goldberg, M., Leclerc, A. & Guéguen, A. (1998), 'Psychosocial factors at work and sickness absence in the Gazel cohort : a prospective study', *Occupational and Environmental Medicine* **55**(11), 735–741.
- Niedhammer, I., Chastang, J. & David, S. (2008), 'Importance of psychosocial work factors on general health outcomes in the national French SUMER survey', *Occupational Medicine* **58**(1), 15–24.

- Niedhammer, I., Chastang, J., Sultan-Taïeb, H., Vermeulen, G. & Parent-Thirion, A. (2013), 'Psychosocial Work Factors and Sickness Absence in 31 countries in Europe', *European Journal of Public Health* **23**(4), 622–629.
- Niedhammer, I., Lesuffeur, T., Labarthe, G. & Chastang, J.-F. (2018), 'Role of working conditions in the explanation of occupational inequalities in work injury : findings from the national French SUMER survey', *BMC Public Health* **18**(344), 1–13.
- Niedhammer, I., Lesuffeur, T., Memmi, S. & Chastang, J. (2017), 'Importance of psychosocial work factors on general health outcomes in the national French SUMER survey', *European Journal of Public Health* **27**(6), 1061–1068.
- North, F., Syme, L., Feeney, A., Shipley, M. & Marmot, M. (1996a), 'Psychosocial Work Environment and Sickness Absence among British Civil Servants :The Whitehall II Study', *American Journal of Public Health* **86**(3), 332–340.
- North, F., Syme, L., Feeney, A., Shipley, M. & Marmot, M. (1996b), 'Psychosocial Work Environment and Sickness Absence among British Civil Servants :The Whitehall II Study', *American Journal of Public Health* **86**(3), 332–340.
- Oginski, A., Pokorski, J. & Rutenfranz, J. (1987), *Contemporary advances in shift-work research : theoretical and practical aspects in the late eighties*, Frankfurt : Proceedings of the 8th International Symposium on Night and Shift Work.
- O'Neil, B., Forsythe, M. & Stanish, W. (2001), 'Chronic Occupational Repetitive Strain Injury', *Canadian Family Physician* **47**, 311–316.
- Ose, S. (2005), 'Working conditions, compensation and absenteeism', *Journal of Health Economics* **24**(1), 161–188.
- Osterman, P. (1975), 'An empirical study of labor market segmentation', *Industrial and Labor Relations Review* **28**(4), 508–523.
- Pailhé, A. (2004), 'Age et conditions de travail', *Gérontologie et Société* **27**(111), 113–130.
- Pan, A., Schernhammer, E., Sun, Q. & Hu, F. (2011), 'Rotating night shift work and risk of type 2 diabetes : two prospective cohort studies in women', *PloS Medicine* **8**(12), e1001141.
- Papantoniou, K., Castano-Vinyals, G., Espinosa, A., Aragonés, N., Perez-Gomez, B., Burgos, J., Gomez-Acebo, I., Llorca, J., Peiro, R., Jimenez-Moleon, J., Arredondo, F., Tardon, A., Pollan, M. & Kogevinas, M. (2015), 'Night Shift Work. Chronotype and prostate cancer risk in the MCC-Spain case-control study', *International Journal of Cancer* **137**, 1147–1157.
- Parent, M., El-Zein, M., Rousseau, M., Pintos, J. & Siemiatycki, J. (2012), 'Night work and the risk of cancer among men', *American Journal of Epidemiology* **176**, 751–759.

- Pietroiusti, A., Neri, A., Somma, G., Coppeta, L., Iavicoli, I., Bergamaschi, A. & Magrini, A. (2010), 'Incidence of metabolic syndrome among night-shift healthcare workers', *Occupational and Environmental Medicine* **67**, 54–57.
- Piore, M. (1978), 'Dualism in the Labor Market : A Response to Uncertainty and Flux : the Case of France', *Revue Economique* **29**(1), 26–48.
- Pollak, C. (2015), 'L'effet du délai de carence sur le recours aux arrêts maladie des salariés du secteur privé', *Dossier Solidarité et Santé* (58).
- Rabe-Hesketh, S. & Skrondal, A. (2012), *Multilevel and Longitudinal Modeling Using Stata*, Third Edition, Stata Press.
- Ramaux, C. (2006), *Emploi : éloge de la stabilité, L'état social contre la flexicurité*, Milles et une nuits.
- Rivalin, R. & Sandret, N. (2014), 'L'exposition des salariés aux facteurs de pénibilité dans le travail', *DARES Analyses* **95**.
- Robert, L., Turpin-Legendre, E., Shettle, J., Tissot, T., Aubry, C. & Siano, B. (2019), 'Travailler dans une ambiance thermique chaude', *Références en Santé au Travail* **158**(TC165), 31–55.
- Rouxel, C. (2009), 'Conditions de travail et précarité de l'emploi', *Dares Premières Synthèses* **28.2**.
- Sajaia, Z. (2008), 'Maximum Likelihood Estimation of a Bivariate Ordered Probit Model : Implementation and Monte Carlo Simulations', *Stata Journal* **2**(3), 311–328.
- Santos Silva, J. (2003), 'A note on the estimation of mixture models under endogenous sampling', *Econometrics Journal* **6**, 46–52.
- Schernhammer, E., Laden, F., Speizer, F., Willett, W., Hunter, D., Kawachi, I., Fuchs, C. & Colditz, G. (2003), 'Night-shift work and risk of colorectal cancer in the nurses' health study', *Journal of the National Cancer Institute* **95**, 825–828.
- Segawa, K. & Nakazawa, S. (1987), 'Peptic ulcer is prevalent among shift workers', *Digestive Diseases and Sciences* **32**, 449–53.
- Shapiro, C. & Stiglitz, J. (1984), 'Equilibrium Unemployment as a Worker Discipline device', *American Economic Review* **74**, 433–444.
- Sugisawa, A. & Uehata, T. (1998), 'Onset of peptic ulcer and its relation to work-related factors and life events : a prospective study', *Journal of Occupational Health* **40**, 22–31.
- Tessier, P. & Wolff, F. (2005), 'Offre de travail et santé en France', *Economie et Prévision* **168**, 17–41.
- Trivedi, P. & Zimmer, D. (2007), 'Copula Modeling : An Introduction for Practitioners', *Foundations and Trends(R) in Econometrics* **1**(1), 1–111.

- Tynes, T., Aagestad, C., Thorsen, S., Andersen, L., Perkio-Makela, M., Garcia, F. P., Galiana Blanco, L., Vermeylen, G., Parent-Thirion, A., Hooftman, W., Houtman, I., Liebers, F., Burr, H. & Formazin, M. (2017), 'Physical working conditions as covered in European monitoring questionnaires', *BMC Public Health* **17**(544), 1–9.
- Vahtera, J., Kivimäki, M., Pentti, J. & Theorell, T. (2000), 'Effect of change in the psychosocial work environment on sickness absence : a seven year follow up of initially healthy employees', *Journal of Epidemiology & Community Health* .
- Vesterinen, J., Pouta, E., Huhata, A. & Neuvonen, M. (2010), 'Impacts of changes in water quality on recreation behavior and benefits in Finland', *Journal of Environmental Management* **91**(4), 984–994.
- Vetter, C., Fischer, D., Matera, J. & Roenneberg, T. (2015), 'Aligning work and circadian time in shift workers improves sleep and reduces circadian disruption', *Current Biology* **25**(7), 907–911.
- Volkoff, S. (2007), 'Les 3 facettes de la pénibilité', *Santé & Travail* **59**.
- Vuong, Q. (1989), 'Likelihood ratio tests for model selection and non-nested hypotheses', *Econometrica* **57**, 307–333.
- Vyas, M., Garg, A., Iansavichus, A., Costella, J., Donner, A., Laugsand, L., Janszky, I., Mrkobrada, M., Parraga, G. & Hackam, D. (2012), 'Shift work and vascular events : systematic review and meta-analysis', *British Medical Journal* **345**, e4800.
- Wang, F., Zhang, L., Zhang, Y., Zhang, B., He, Y., Xie, S., Li, M., Miao, X., Chan, E., Tang, J., Wong, M., Li, Z., Yu, I. & Tse, L. (2014), 'Meta-analysis on night shift work and risk of metabolic syndrome', *Obesity Reviews* **15**(9), 709–720.
- Wilsmore, B., Grunstein, R., Fransen, M., Woodward, M., Norton, R. & Ameratunga, S. (2013), 'Sleep habits, insomnia, and daytime sleepiness in a large and healthy community-based sample of New Zealanders', *Journal of Clinical Sleep Medicine* **9**(6), 559–566.
- Winkelmann, R. (2004), 'Health care reform and the number of doctor visits - An econometric analysis', *Journal of Applied Econometrics* **19**, 455–472.
- Winkelmann, R. (2008), *Econometric Analysis of Count Data*, 5th ed. Berlin Springer.
- Wong, I., Lindner, M., Cowling, B., Lau, E., Lo, S.-V. & Leung, G. (2010), 'Measuring moral hazard and adverse selection by propensity scoring in the mixed health care economy on Hong Kong', *Health Policy* **95**, 24–35.
- Yilmaz, E. (2006), 'Pénibilité du travail : Evaluation statistique', *Document de travail, Centre d'études de l'emploi* **55**.

- Yong, M., Blettner, M., Emrich, K., Nasterlack, M., Oberlinner, C. & Hammer, G. (2014), 'A retrospective cohort study of shift work and risk of incident cancer among German male chemical workers', *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* **40**(5), 502–510.
- Zhao, I., Bogossian, F. & Turner, C. (2012), 'Does maintaining or changing shift types affect BMI? A longitudinal study', *Journal of Occupational and Environmental Medicine* **54**(5), 525–531.