

Étude comparative des banques de données de mesures d'exposition IMIS (OSHA) et LIMS (IRSST)

Philippe Sarazin
France Labrèche
Jacques Lesage
Jérôme Lavoué

RAPPORTS
SCIENTIFIQUES

R-1032

NOS RECHERCHES travaillent pour vous !

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

Mission

Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes;

Assurer la diffusion des connaissances et jouer un rôle de référence scientifique et d'expertise;

Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail.

Pour en savoir plus

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement. www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement :

- au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CNESST (preventionautravail.com)
- au bulletin électronique [InfoIRSST](#)

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales du Québec
2018
ISBN : 978-2-89797-029-1
ISSN : 0820-8395

IRSST - Direction des communications
et de la valorisation de la recherche
505, boulevard De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : 514 288-1551
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche Robert-Sauvé
en santé et en sécurité du travail,
novembre 2018

Étude comparative des banques de données de mesures d'exposition IMIS (OSHA) et LIMS (IRSST)

Philippe Sarazin¹, France Labrèche¹,
Jacques Lesage², Jérôme Lavoué³

¹IRSST

²Université du Québec à Montréal

³Université de Montréal

RAPPORTS
SCIENTIFIQUES

R-1032



Avis de non-responsabilité

L'IRSST ne donne aucune garantie relative à l'exactitude, la fiabilité ou le caractère exhaustif de l'information contenue dans ce document.

En aucun cas l'IRSST ne saurait être tenu responsable pour tout dommage corporel, moral ou matériel résultant de l'utilisation de cette information.

Notez que les contenus des documents sont protégés par les législations canadiennes applicables en matière de propriété intellectuelle.

Cette publication est disponible en version PDF sur le site Web de l'IRSST.



ÉVALUATION PAR DES PAIRS

Conformément aux politiques de l'IRSST, les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier M^{me} Guylaine Beauchamp et M. Gilles Bensimon, de l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), pour nous avoir donné l'accès aux données de la banque LIMS et pour avoir clarifié plusieurs éléments relatifs à son contenu. Nous exprimons notre reconnaissance envers M. Patrice Duguay, de l'IRSST, pour avoir fourni des informations sur les classes de secteurs d'activité économique au Québec. Finalement, nous tenons à remercier M. Dan Vatnik, programmeur, M. Mawoulé Sant'Anna, agent de recherche, et M^{me} Solène Cadiou, stagiaire, qui ont contribué à la préparation des données des banques IMIS et LIMS et au développement des différentes analyses utilisées au cours de cette étude.

SOMMAIRE

Une bonne connaissance des niveaux d'exposition des travailleurs aux contaminants chimiques est fondamentale dans un programme de maîtrise, de prévention et de gestion des risques associés à ces substances. Au Québec, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) administre un système de gestion de l'information du laboratoire (LIMS – *Laboratory Information Management System*). Cette banque de données électronique contient l'ensemble des résultats d'analyse liés à l'évaluation de l'exposition telle que mesurée par les équipes de santé au travail depuis 1985. Les données du LIMS sont intéressantes pour établir des portraits d'exposition. Cependant, leur interprétation est limitée par le peu d'éléments d'information sur les circonstances et les objectifs associés à chaque prélèvement. La banque de données *Integrated Management Information System* (IMIS) de l'agence américaine *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), qui contient les résultats des analyses d'échantillons recueillis depuis 1979 par ses inspecteurs, renferme une information plus complète sur le contexte des prélèvements que celle colligée dans le LIMS. De plus, contrairement au LIMS qui présente seulement les valeurs de concentration de l'échantillon, la majorité des résultats dans l'IMIS sont des mesures d'exposition individuelles calculées, directement comparables aux valeurs limites d'exposition.

Considérant la similarité des activités socio-économiques américaines et québécoises, l'objectif général de cette activité de recherche était de comparer les données d'exposition recueillies par l'agence OSHA et les données du LIMS pour évaluer leur utilité comme source d'information sur les conditions d'exposition des travailleurs québécois.

La comparaison des données américaines et québécoises a porté sur l'ensemble des agents chimiques analysés au cours d'une période commune aux deux banques de données. Elle a été organisée selon 2 axes. Le premier axe a porté sur la comparaison des secteurs d'activité économique associés à des expositions dans l'IMIS et le LIMS. Les couples agent chimique-secteur d'activité pour lesquels au moins 10 mesures détectées étaient disponibles ont été identifiés dans une banque, puis la proportion des couples retrouvés dans l'autre banque a été déterminée. Le second axe a porté sur la comparaison des niveaux d'exposition. Une première analyse descriptive a comparé les niveaux médians par agent chimique sans égard à la période ou au secteur d'activité économique. Une seconde analyse comparant les niveaux moyens recensés dans l'IMIS et le LIMS a été réalisée par modélisation statistique en prenant en considération l'année de mesure, l'activité économique et la durée de mesure. Les résultats ont été synthétisés pour l'ensemble des agents selon les familles des métaux et des solvants.

Les extraits d'IMIS (352 442 enregistrements) et du LIMS (386 083 enregistrements) couvraient la période 1985-2011 et comprenaient 49 substances communes, soit 21 solvants, 15 métaux, 5 gaz, 4 isocyanates, 2 acides, ainsi que la silice cristalline et le styrène. Les données relatives aux métaux étaient plus nombreuses dans l'IMIS (234 387 c. 86 054) alors que celles relatives aux solvants l'étaient dans le LIMS (247 367 c. 71 690). Les données relatives aux agents plomb, toluène, fer et manganèse étaient nombreuses dans les deux banques. Pour l'ensemble des 49 agents, les proportions des mesures non détectées et celles dépassant les valeurs recommandées par l'ACGIH étaient fortement associées entre les deux banques.

Les enregistrements dans l'IMIS et le LIMS étaient concentrés dans le domaine manufacturier, avec plus de 70 % des mesures liées aux deux premiers groupes prioritaires de la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST)¹. De façon générale, les mesures étaient réparties de façon similaire pour les différents secteurs entre l'IMIS et le LIMS. La comparaison des couples agent-secteur d'activité associés à des mesures quantifiées a pu être effectuée pour 36 agents. Dans l'IMIS, 61,4 % des couples identifiés ont pu être associés au LIMS, alors que 62,8 % des couples identifiés dans le LIMS ont pu être liés à l'IMIS. Les banques IMIS et LIMS fournissent donc des portraits globalement compatibles, mais complémentaires sur la présence d'expositions dans le tissu industriel nord-américain.

La comparaison directe des niveaux d'exposition a été limitée par la compatibilité des systèmes de classification des activités économiques entre l'IMIS et le LIMS, et par l'absence d'information sur la durée des mesures dans le LIMS pour les années antérieures à 1994. Ainsi, la comparaison descriptive a été établie pour, respectivement, 169 388 et 367 486 enregistrements de l'IMIS et du LIMS, alors que pour la modélisation, le total combiné ne dépassait pas 100 000 enregistrements. Les analyses descriptives et de modélisation ont montré que les niveaux d'exposition aux métaux étaient plus faibles dans l'IMIS que dans le LIMS, à la fois pour les mesures de courte durée et de longue durée, d'un facteur d'environ 2. Ces observations globales étaient valables pour la majorité des métaux étudiés. Pour les solvants, les analyses descriptives ont montré des niveaux de courte durée similaires entre les deux banques, malgré des variations notables entre certains agents. Pour les mesures de longue durée, les analyses suggèrent des niveaux légèrement plus élevés pour l'IMIS. Des variations notables entre certains solvants étudiés ont également été observées.

Malgré l'absence de données de référence pour vérifier à quel point les mesures de l'IMIS et celles du LIMS sont représentatives des expositions subies par les travailleurs québécois, cette recherche, qui suggère que les deux banques fournissent un portrait global cohérent à la fois sur le plan des activités couvertes que sur celui des niveaux d'exposition, est rassurante à cet égard. Les résultats de cette étude, étant donné la rareté des données de mesure disponibles, valident fortement l'utilisation conjointe de l'IMIS et du LIMS pour l'évaluation de l'exposition des travailleurs dans le contexte québécois.

¹ Voir le tableau 5 pour obtenir la liste des secteurs d'activité faisant partie des groupes prioritaires.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	I
SOMMAIRE	III
TABLE DES MATIÈRES	V
LISTE DES TABLEAUX	VII
LISTE DES FIGURES	IX
LISTE DES ACRONYMES, SIGLES ET ABRÉVIATIONS	XI
1. INTRODUCTION	1
1.1 Connaître l'exposition pour améliorer la santé au travail	1
1.2 Banques de données d'exposition professionnelle (BDEP)	1
1.3 Banque québécoise LIMS de l'IRSST	2
1.4 Banque IMIS de l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA)	2
2. OBJECTIFS DE RECHERCHE	5
3. MÉTHODOLOGIE	7
3.1 Banques de données	7
3.1.1 Description de la banque québécoise LIMS	7
3.1.2 Description de la banque américaine IMIS	7
3.2 Préparation des extraits des banques IMIS et LIMS	8
3.3 Comparaison des listes de secteurs d'activité associés à des expositions quantifiées dans les banques IMIS et LIMS	9
3.4 Comparaison des concentrations mesurées pour les secteurs d'activité communs aux deux banques	10
3.4.1 Comparaison descriptive	12
3.4.2 Comparaison par modélisation statistique	13
4. RÉSULTATS	17
4.1 Analyse descriptive détaillée du contenu des banques IMIS et LIMS	17
4.1.1 Extraits de l'IMIS et du LIMS	17
4.1.2 Mise en commun	17
4.1.3 Portrait descriptif	17
4.2 Comparaison des listes des secteurs d'activité associés à des expositions quantifiées dans les banques IMIS et LIMS	24
4.3 Comparaison des concentrations mesurées pour les secteurs d'activité communs aux deux banques	27

4.3.1	Comparaison descriptive	27
4.3.2	Comparaison par modélisation statistique	32
5.	DISCUSSION	37
5.1	Remarques préliminaires	37
5.2	Analyse descriptive	37
5.3	Comparaison des secteurs d'activité économique	39
5.4	Comparaison des niveaux d'exposition	40
5.5	Considérations méthodologiques	43
5.6	Recommandations	46
6.	CONCLUSION	49
	BIBLIOGRAPHIE	51
ANNEXE A :	LISTE DES AGENTS ANALYSÉS POUR LA COMPARAISON IMIS- LIMS	57
ANNEXE B :	RÉSULTATS PAR AGENT POUR LA COMPARAISON DES SECTEURS D'ACTIVITÉ ASSOCIÉS À DES MESURES ENREGISTRÉES DANS L'IMIS ET LE LIMS	59
ANNEXE C :	RÉSULTATS PAR AGENT POUR LA COMPARAISON DES SECTEURS D'ACTIVITÉ ASSOCIÉS À DES MESURES > TLV® DANS L'IMIS ET LE LIMS.....	63

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Caractéristiques des classes d'agents chimiques recensées dans les banques IMIS et LIMS	19
Tableau 2 :	Dix agents chimiques les plus fréquents dans les deux banques IMIS et LIMS	19
Tableau 3 :	Nombre de mesures, proportion des mesures non détectées et de celle des mesures au-dessus des valeurs limites d'exposition de l'ACGIH, par agent dans les deux banques IMIS et LIMS	20
Tableau 4 :	Dix secteurs d'activité économique les plus fréquents dans les banques IMIS et LIMS	22
Tableau 5 :	Répartition des mesures dans l'IMIS et le LIMS, et de la population active québécoise de 1986, par groupe prioritaire de la CNESST	24
Tableau 6 :	Proportions des couples agent-CANSIC dans le LIMS se retrouvant également dans l'IMIS	25
Tableau 7 :	Proportions des couples agent-USSIC de l'IMIS se retrouvant également dans le LIMS	26
Tableau 8 :	Médianes des ratios de médianes (MrM IMIS/LIMS), calculées selon la classification des industries, la période et le seuil de mesures de courte durée pour le LIMS, pour les solvants et les métaux	29
Tableau 9 :	Médianes des différences de proportions dépassant la TLV [®] (MdPr IMIS–LIMS) calculées selon la classification des industries, la période et le seuil de mesures courte durée pour le LIMS, pour les solvants et les métaux.....	31
Tableau 10 :	Ratios IMIS/LIMS pour les années 1997 et 2008 prédits par la modélisation TOBIT, selon la classification des industries, pour les solvants et les métaux.....	33
Tableau 11 :	Rapports de cote (RC) de dépassement de la TLV [®] IMIS/LIMS pour les années 1997 et 2008, prédits par la modélisation logistique selon la classification des industries, pour les solvants et les métaux	35
Tableau 12 :	Liste des agents analysés pour la comparaison IMIS–LIMS	57
Tableau 13 :	Proportions des couples agent-secteur d'activité dans le LIMS se retrouvant également dans l'IMIS, stratifiées par agent chimique (mesures détectées)	59

Tableau 14 :	Proportions des couples agent-secteur d'activité dans l'IMIS se retrouvant également dans le LIMS, stratifiées par agent chimique (mesures détectées).....	61
Tableau 15 :	Proportions des couples agent-secteur d'activité dans le LIMS se retrouvant également dans l'IMIS, stratifiées par agent chimique (mesures > TLV [®]).....	63
Tableau 16 :	Proportions des couples agent-secteur d'activité dans l'IMIS se retrouvant également dans le LIMS, stratifiées par agent chimique (mesures > TLV [®])	63

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Nombre de mesures annuelles dans l'IMIS et le LIMS.....	18
Figure 2 :	Répartition des mesures dans l'IMIS et le LIMS et de la population active québécoise de 1986, par secteur d'activité économique (classification SAE CNESST), limitée aux secteurs représentant au moins 3 % de l'ensemble dans une des sources de données (15 secteurs sur 32).....	23
Figure 3 :	Proportions des couples agents-secteur d'activité du LIMS pouvant être liés à l'IMIS et de l'IMIS pouvant être liés au LIMS, stratifiées par agent chimique.....	27
Figure 4 :	Nombre d'enregistrements par année dans les banques CWED et LIMS (1985-2004).....	38

LISTE DES ACRONYMES, SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ACGIH:	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ART :	<i>Advanced REACH Tool</i>
ATABAS :	Banque danoise de données sur l'exposition professionnelle
BDEP :	Banque de données d'exposition professionnelle
CAEQ :	Classification des activités économiques du Québec
CANSIC :	Classification canadienne des activités économiques
CAREX :	Projet d'évaluation des populations canadiennes exposées aux cancérogènes (CARcinogen EXposure)
CEHD :	<i>Chemical Exposure Health Data</i>
CIRC :	Centre international de recherche sur le cancer
CNESST :	Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail
COLCHIC :	Banque française de données sur l'exposition professionnelle
CWED :	<i>Canadian Workplace Exposure Database</i>
dPr :	Différence de proportion
EXPO :	Banque norvégienne de données sur l'exposition professionnelle
FIBREX :	Banque de données sur l'exposition aux fibres organiques ou inorganiques artificielles en France
HAP :	Hydrocarbure aromatique polycyclique
IMIS :	<i>Integrated Management Information System</i>
INRS :	Institut national de recherche et de sécurité (France)
IRSST :	Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail
LIMS :	<i>Laboratory Information Management System</i>
LQ :	Limite de quantification
LSST :	Loi sur la santé et la sécurité du travail

MdPr :	Médiane des différences de proportion
MEGA :	Banque allemande de données sur l'exposition professionnelle
MG :	Moyenne géométrique
MrM :	Médiane des ratios de médianes
MSHA :	<i>Mine Safety and Health Administration</i>
ND :	Non détecté
NEDB :	<i>National Exposure Database</i>
NOES :	<i>National Occupational Exposure Survey</i>
OSHA :	<i>Occupational Safety and Health Administration</i>
RC :	Rapport de cotes
rM :	Ratio de médianes
RSPSAT :	Réseau de santé publique en santé au travail
SCIAN :	Système de classification des industries de l'Amérique du Nord
SIC :	<i>Standard Industrial Classification</i>
SIREP :	<i>Italian information system for recording occupational exposures to carcinogens</i>
SOLVEX :	Banque de données d'exposition aux solvants en France
STEL :	<i>Short-Term Exposure Level</i>
TLV [®] :	<i>Threshold Limit Value</i>
TWA :	<i>Time-Weighted Average</i>
USSIC :	Classification américaine des activités économiques
VECD :	Valeur d'exposition de courte durée
VEMP :	Valeur d'exposition moyenne pondérée
VLE :	Valeur limite d'exposition

1. INTRODUCTION

1.1 Connaître l'exposition pour améliorer la santé au travail

En santé au travail, l'évaluation de l'exposition des travailleurs aux agents chimiques joue un rôle essentiel dans un programme de maîtrise et de gestion des risques. La disponibilité de l'information sur l'intensité, la durée et la fréquence de l'exposition aux contaminants permet d'établir des programmes de surveillance de l'exposition efficaces et de soutenir la mise en place de politiques de prévention ciblées par secteur d'activité ou par profession. Elle peut également servir au développement de modèles prédictifs de l'exposition en milieu de travail et à la réalisation d'études épidémiologiques.

Les approches traditionnelles pour l'épidémiologie sont fondées sur des expertises semi-quantitatives et ne permettent pas d'établir des courbes exposition-réponse essentielles pour la gestion du risque (Teschke *et al.*, 2002). L'investissement important que requièrent les mesures en hygiène du travail a favorisé le développement d'approches permettant de réduire l'effort d'échantillonnage pour évaluer une situation, pourvu que des informations soient disponibles à partir d'autres sources (Hewett, Logan, Mulhausen, Ramachandran et Banerjee, 2006; Sottas *et al.*, 2009; Tielemans *et al.*, 2011). Enfin, l'établissement de priorités d'intervention en santé au travail repose sur des évaluations des populations exposées, du fardeau des maladies d'origine professionnelle et des coûts associés. Ces activités ne peuvent fournir des résultats fiables sans la présence de sources d'information sur l'exposition valides et couvrant l'ensemble de la population (Kauppinen *et al.*, 2000; Labrèche *et al.*, 2012; Van Tongeren *et al.*, 2012).

1.2 Banques de données d'exposition professionnelle (BDEP)

Les banques de données d'exposition professionnelles nationales, systèmes d'archivage des mesures d'hygiène effectuées par des agences gouvernementales dans le cadre de leurs activités de prévention ou de contrôle, représentent à première vue un potentiel important comme source d'information populationnelle. La plupart ayant vu le jour durant les années 1980, c'est à l'aube des années 2000 que les études rapportant leur exploitation en matière d'épidémiologie ou de santé publique ont commencé à se multiplier. À l'international, des banques de données française (Clerc, Bertrand et Vincent, 2014; Kauffer et Vincent, 2007; Mater, Paris et Lavoue, 2016), allemande (Koppisch, Schinkel, Gabriel, Fransman et Tielemans, 2012; Pesch *et al.*, 2015), italienne (Scarselli, Binazzi et Di Marzio, 2011; Scarselli, Binazzi, Marzio, Marinaccio et Iavicoli, 2012; Scarselli, Corfiati et Marzio, 2016; Scarselli, Di Marzio, Marinaccio et Iavicoli, 2013; Scarselli, Montaruli et Marinaccio, 2007) et américaines (Cowan *et al.*, 2015; Henn *et al.*, 2011; Sarazin, Burstyn, Kincl et Lavoue, 2016) sont exploitées. La banque française a notamment permis de créer plusieurs outils de prédiction des expositions aux composés organiques volatils, aux solvants et à l'amiante (Clerc *et al.*, 2014; INRS, 2015a, 2015b). Le projet SYNERGY représente le premier exemple d'étude cas-témoin multicentrique internationale reposant sur une évaluation quantitative de l'exposition basée sur des banques de mesure pour 5 cancérogènes (Olsson *et al.*, 2011; Peters *et al.*, 2012). Au Canada, la banque de données CWED est principalement constituée de données ontariennes et britannico-colombiennes. Implantée en 2008, elle a servi de source d'information pour le projet CAREX Canada, lui-même utilisé pour estimer le nombre de travailleurs exposés aux cancérogènes au Québec (Hall, Peters, Demers et Davies, 2014; Labrèche *et al.*, 2012).

1.3 Banque québécoise LIMS de l'IRSST

Au Québec, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) gère le *Laboratory Information Management System* (LIMS), une banque électronique contenant l'ensemble des résultats d'analyse liés aux mesures prélevées par les équipes du réseau public en santé au travail (hygiénistes et techniciens des Agences régionales de santé et de services sociaux et des Centres intégrés de santé et de services sociaux) depuis 1985, de même que ceux correspondant aux prélèvements effectués par les autres membres du réseau québécois de prévention (inspecteurs de la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST) et conseillers des associations sectorielles paritaires). Une recherche financée par l'IRSST et réalisée par Lavoué *et al.* (2012) a permis de documenter dans la banque LIMS un total de 557 000 enregistrements pertinents correspondant à des analyses de laboratoire effectuées de 1985 à 2008 sur des prélèvements dans l'air des milieux de travail.

Malgré le peu d'éléments d'information sur les circonstances de chaque prélèvement, les données du LIMS sont utilisées pour établir des portraits d'exposition puisqu'elles constituent actuellement la seule source de données informatisées historiques disponible au Québec. Plusieurs bilans partiels du contenu de cette banque ont déjà été dressés par des chercheurs de l'IRSST pour étudier l'exposition à des agents chimiques en particulier (Ostiguy, Cordeiro, Bensimon et Baril, 2011; Ostiguy, Morin, Bensimon et Baril, 2012). Cependant, comme discuté dans ces différents bilans, l'interprétation de ces données est en grande partie limitée par le manque d'information contextuelle sur les circonstances associées aux résultats analytiques; elle doit donc être faite avec beaucoup de prudence. Ainsi, on ne connaît pas la nature de l'échantillon (personnel, ambiant, source), la stratégie d'échantillonnage utilisée (évaluation d'une tâche, estimation d'une concentration d'exposition pondérée) ou encore la profession (titre d'emploi) ou la tâche évaluée. Il n'est pas non plus possible d'associer des échantillons ayant servi à calculer une moyenne d'exposition pondérée sur la durée du quart de travail (par exemple deux échantillons successifs prélevés le matin et l'après-midi).

1.4 Banque IMIS de l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA)

La banque de données IMIS (*Integrated Management Information System*) de l'agence américaine Occupational Safety and Health Administration (OSHA) représente la seule autre source de données d'ampleur semblable, voire supérieure, à la banque LIMS en Amérique du Nord. Accessible publiquement grâce à la loi américaine d'accès à l'information (Freedom of Information Act), la banque IMIS a été mise en place en 1979 et contient aujourd'hui près de 1,5 million de mesures effectuées par les inspecteurs d'OSHA chargés de vérifier la conformité des milieux de travail aux valeurs limites d'exposition (VLE). Les mesures sont accompagnées d'une information contextuelle plus riche que celle du LIMS québécois, permettant de connaître les caractéristiques de l'industrie visitée (secteur d'activité économique, date de prélèvement, raison de la visite, type d'exposition et titre d'emploi). Les résultats d'exposition répertoriés proviennent de procédures d'échantillonnage ayant utilisé des techniques analytiques standardisées et rigoureusement vérifiées par des protocoles de contrôle et d'assurance qualité. De plus, une majorité des mesures d'exposition a été prise dans la zone respiratoire du travailleur, ce qui est plus représentatif de l'exposition subie par le travailleur que des mesures relevées à des postes d'échantillonnage stationnaires (c.-à-d. air ambiant). Il y a plus de 1 000 agents chimiques différents dans la banque IMIS (Lavoue, Friesen et Burstyn, 2013), ce qui

couvre l'ensemble des contaminants réglementés par l'agence américaine OSHA. Parmi les utilisations récentes de cette banque, des analyses sur l'exposition au plomb (Henn *et al.*, 2011; Okun, Cooper, Bailer, Bena et Stayner, 2004), à la silice cristalline (Linch, Miller, Althouse, Groce et Hale, 1998; Yassin, Yebesi et Tingle, 2005), au formaldéhyde (Lavoue, Vincent et Gerin, 2008; Melville et Lippmann, 2001) et au béryllium (Hamm et Burstyn, 2011) ont été présentées. Ces études ont permis de dresser des portraits globaux de l'exposition professionnelle, d'estimer le nombre de travailleurs exposés dans certains secteurs économiques et d'établir l'évolution temporelle de l'exposition à ces contaminants. Notons également la publication récente d'un article décrivant l'analyse globale de la banque IMIS pour plus de 70 agents et qui visait à déterminer des biais potentiels dans les résultats d'exposition (Sarazin, Burstyn, Kincl, Friesen et Lavoue, 2018; Sarazin *et al.*, 2016). Considérant la richesse de l'information contextuelle accompagnant les résultats d'exposition, et le fait que la majorité des résultats sont directement interprétables en fonction des valeurs limites d'exposition, la banque IMIS présente un potentiel élevé pour le développement d'applications liées à la prévention des maladies professionnelles dans le contexte nord-américain.

En résumé, les données quantitatives contenues dans les BDEP sont une source d'information importante sur les conditions d'exposition des travailleurs aux agents chimiques. Au Québec, les résultats d'analyse de laboratoire contenus dans la banque LIMS ont été utilisés à des fins d'identification de besoins de recherche et de priorisation d'interventions préventives. Cependant, la fiabilité des estimations d'exposition réalisées à partir de la banque LIMS a maintes fois été remise en question.

2. OBJECTIFS DE RECHERCHE

L'objectif général de cette activité de recherche était de comparer les données d'exposition recueillies par l'agence OSHA avec les données du LIMS pour évaluer leur utilité comme source d'information sur les conditions d'exposition des travailleurs québécois afin de cibler les secteurs d'activité où les travailleurs sont susceptibles d'être exposés et ainsi déterminer les besoins en matière d'avancement des connaissances.

Les objectifs spécifiques étaient :

- 1) Évaluer dans quelle mesure la présence d'agents chimiques est identifiée dans les mêmes secteurs d'activité pour la banque de l'agence OSHA (IMIS) et pour le LIMS;
- 2) Évaluer l'adéquation entre les concentrations rapportées pour un ensemble d'agents chimiques dans les secteurs communs aux deux banques de données.

3. MÉTHODOLOGIE

Après une brève description du contenu respectif ainsi que du type d'information disponible dans les banques LIMS et IMIS, les approches utilisées pour atteindre les objectifs spécifiques sont présentées. Elles incluent 1) la préparation des extraits des banques IMIS et LIMS; 2) la comparaison des secteurs d'activité associés à des expositions mesurées; 3) la comparaison des concentrations rapportées pour les périodes et secteurs d'activité communs aux deux banques.

3.1 Banques de données

3.1.1 Description de la banque québécoise LIMS

Une activité de recherche antérieure, réalisée par Lavoué *et al.* (2012), a permis l'identification des agents chimiques, des activités économiques, de la période temporelle et de l'ensemble de l'information contextuelle disponible dans le LIMS. Brièvement, l'extrait du LIMS avait permis de documenter un total de 557 000 résultats d'analyses associés à des prélèvements dans l'air effectués dans 13 370 établissements entre 1985 et 2008, excluant les échantillons de procédé, les témoins, les analyses de contamination de surface et les deuxièmes sections de tube. Des 173 différents agents chimiques extraits du LIMS et décrits par Lavoué *et al.* (2012), 63 étaient associés à plus de 1 000 mesures d'exposition relevées en zone respiratoire ou à des postes d'échantillonnage stationnaires, représentant 93 % du nombre total d'enregistrements. Ces agents étaient principalement répartis dans les classes d'agents chimiques des métaux, des solvants, des gaz, des poussières, des isocyanates et des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

Les données extraites du LIMS pour la présente recherche couvrent la période 1985-2014. Elles contiennent 593 002 résultats d'analyses de 57 substances réalisées dans 13 132 établissements.

3.1.2 Description de la banque américaine IMIS

Un extrait électronique de la banque IMIS, couvrant la période 1979-2012, a été obtenu par l'équipe de recherche de Jérôme Lavoué auprès de l'OSHA grâce à la loi américaine d'accès à l'information (Freedom of Information Act). Brièvement, l'extrait de l'IMIS contenait 851 987 enregistrements associés à 132 280 inspections effectuées en milieu de travail au cours de la période 1979-2012, ces données étant réparties entre 1 050 codes d'activité industrielle selon la classification américaine *Standard Industrial Classification* (SIC) de 1987. Étant donné que les données de l'IMIS proviennent d'activités de vérification de la conformité aux normes, la majorité d'entre elles consiste en des moyennes pondérées sur 8 heures ou encore en des moyennes de courte durée en fonction de la période de référence spécifiée par l'OSHA. Des 1 169 différents agents chimiques recensés dans la banque, 65 avaient fait l'objet de plus de 1 000 mesures d'exposition relevées en zone respiratoire ou à des postes d'échantillonnage stationnaires, soit 91 % du nombre total d'enregistrements dans l'IMIS. Ces agents chimiques étaient répartis dans les mêmes classes que celles présentes dans le LIMS, soit les classes des métaux, des solvants, des gaz, des poussières, des isocyanates et des HAP. Finalement, un peu plus de 65 % des données correspondaient à des inspections réalisées à la suite d'une

plainte d'un employé ou d'une demande d'un inspecteur, les autres mesures étant associées à des visites planifiées.

En plus des valeurs numériques correspondant aux niveaux d'exposition, les entrées dans la banque IMIS incluent des informations contextuelles sur les caractéristiques de l'établissement visité et de l'inspection qui a été menée. Les éléments d'information suivants décrivent le contexte dans lequel le prélèvement a été effectué : identification de l'agent mesuré, date d'échantillonnage, nom de l'établissement, titre d'emploi, secteur d'activité économique (code à 4 chiffres de la SIC), type de prélèvement (zone respiratoire, postes d'échantillonnage stationnaires), type d'inspection (indique la raison de la visite : visite non programmée [plainte, suivi, référence d'un inspecteur] ou programmée [planifiée, reliée à une autre inspection]), type d'exposition (en l'absence de la durée de prélèvement elle-même, indique si la mesure correspond à une valeur d'exposition moyenne pondérée [VEMP], à une valeur d'exposition de courte durée [VECD] ou à un résultat non détecté [ND]), présence d'un syndicat, portée de l'inspection (visite partielle ou complète de l'établissement) et localisation (ville où l'inspection a eu lieu).

3.2 Préparation des extraits des banques IMIS et LIMS

Sélection des agents chimiques

Les agents chimiques ont été sélectionnés parmi les plus fréquents (>500 mesures) et ceux qui étaient communs aux deux banques. Il a de plus été nécessaire d'élaborer une table de correspondance entre les champs d'information décrivant les agents dans les deux banques. En effet, pour certains composés comme les métaux, les poussières ou des composés possédant des isomères, des différences de spéciation ou de caractérisation physico-chimique existaient (p. ex., composés du chrome c. chrome VI), alors que pour d'autres, des regroupements ont été effectués pour rendre plus comparables les données des deux banques (p. ex. les fumées et poussières de cuivre ont dû être regroupées dans l'IMIS).

Attribution des codes d'activité économique

Afin de pouvoir réaliser certaines analyses comparatives entre les banques IMIS et LIMS, il a été nécessaire d'uniformiser les systèmes de classification industrielle utilisés par les deux banques. Chaque enregistrement du LIMS est associé à un code d'activité économique attribué à l'établissement visité par la CNESST suivant la Classification des activités économiques du Québec (CAEQ) de 1984 (Bureau de la statistique du Québec, 1984), alors que les données de l'IMIS sont répertoriées selon la classification américaine SIC version 1987 (OSHA, 2014). À noter qu'à partir de 1998, le code de la version 1997 du Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) (Statistique Canada, 2002) est également indiqué dans la banque IMIS. Finalement, dans le cadre d'une autre étude de l'IRSST, des codes SCIAN ont été attribués à un certain nombre d'établissements du LIMS entre les années 2000 et 2014 à partir de statistiques provenant du Dépôt de données central et régional (DDCR) de la CNESST et des fichiers du LIMS, traitement IRSST (2014; 2015).

Les analyses comparatives présentées dans ce rapport et nécessitant la prise en compte de l'industrie ont utilisé 3 types de liens entre l'IMIS et le LIMS :

- Attribution d'un code de classification américaine des activités économiques (version 1987, nommée ci-après USSIC) aux données du LIMS. Cette attribution a été effectuée en passant, dans un premier temps, de la classification CAEQ à la classification canadienne des activités économiques (version 1980, nommée ci-après CANSIC). Dans un second temps, une table de concordance entre CANSIC et USSIC, obtenue de Statistiques Canada, a été appliquée;
- Attribution d'un code CANSIC aux données de l'IMIS. Cette attribution a été effectuée avec la table de concordance entre CANSIC et USSIC;
- Utilisation des codes SCIAN disponibles dans les deux banques.

Ces trois types de lien ont été créés, car aucune des approches ne permettait de relier parfaitement les données des deux banques. Dans le premier cas, la table de concordance entre CANSIC et USSIC n'étant pas unique (c.-à-d. un code peut correspondre à plusieurs codes dans la classification cible), une proportion significative des données du LIMS se retrouve sans code USSIC; dans le deuxième cas, une proportion significative des données de l'IMIS se retrouve sans code CANSIC; finalement, les codes SCIAN, bien que communs aux deux banques, n'ont été attribués qu'à un sous-groupe d'établissements. Comme il est plausible que des sous-ensembles différents des banques soient éliminés lorsque les enregistrements sans code sont supprimés, l'utilisation de ces trois approches représente une forme d'analyse de sensibilité.

Période de référence associée aux mesures

La durée de prélèvement est indiquée différemment dans les banques IMIS et LIMS. Dans l'IMIS, les mesures peuvent être classées en deux sous-groupes selon la période de référence associée à la mesure : valeur pondérée pour un quart de travail complet ou valeur d'exposition courte durée. Les comparaisons de concentration entre l'IMIS et le LIMS ont donc été stratifiées selon cette dichotomie. La période de référence est indiquée dans l'IMIS sous forme de catégorie en fonction de la valeur limite pertinente : on distingue les valeurs sur 8 h (TWA pour *time weighted average*), les valeurs courte durée (STEL pour *short term exposure limit*), les valeurs plafond (*ceiling*) et les valeurs de pic (*peak*). Dans plusieurs analyses récentes de l'IMIS, les valeurs courte durée, pic et plafond ont été rassemblées sous le terme « courte durée » (Lavoue *et al.*, 2013; Lavoue *et al.*, 2008; Sarazin *et al.*, 2016), procédure adoptée pour le présent travail. Dans le LIMS, les durées de prélèvement exactes sont disponibles pour chaque enregistrement. Ces valeurs de durée ont été utilisées, en choisissant *a priori* un seuil de 30 minutes pour séparer les mesures de courte durée des mesures de longue durée. Plusieurs analyses de sensibilité ont cependant été réalisées pour évaluer ce critère.

3.3 Comparaison des listes de secteurs d'activité associés à des expositions quantifiées dans les banques IMIS et LIMS

Cette comparaison visait à établir la concordance entre l'IMIS et le LIMS pour la période 1985-2011 en ce qui concerne l'identification d'industries dans lesquelles la présence d'agents

chimiques est avérée, sans égard aux niveaux d'exposition. Elle visait à évaluer dans quelle mesure les banques IMIS et LIMS permettent de répondre de façon similaire à la question : quelles substances retrouve-t-on en quantité mesurable en fonction des secteurs d'activité économique?

L'unité de comparaison pour cette analyse est une combinaison industrie-agent. Le principe de la comparaison est le suivant : identification dans une banque des couples agent-secteur d'activité comportant un minimum de 10 valeurs détectées, et vérification si ces couples sont également identifiés dans l'autre banque. Cette opération est complexe en raison du problème de liaison entre l'IMIS et le LIMS par l'intermédiaire des codes d'industrie. En effet, un lien unique (c.-à-d. un code dans la classification d'origine lié avec seulement un code dans la classification cible) avec la classification USSIC ne pouvait être établi qu'avec 41 % des 548 codes CANSIC différents inclus dans le LIMS (28 % des enregistrements du LIMS). Dans l'autre sens, un lien unique avec la classification CANSIC ne pouvait être établi qu'avec 54 % des 868 codes USSIC différents inclus dans l'IMIS (53 % des enregistrements de l'IMIS).

Pour pallier cette contrainte, la banque LIMS, codée avec CANSIC, a servi de point de départ. Pour chaque couple agent-code CANSIC du LIMS identifié (≥ 10 mesures détectées), la table de concordance CANSIC-USSIC a été utilisée pour obtenir un ou plusieurs couples agent-code USSIC (en fonction du nombre de codes cibles USSIC). Si l'un des couples agent-USSIC était également identifié (≥ 10 mesures détectées) dans l'IMIS, le couple initial dans le LIMS était bel et bien considéré comme étant lié à l'IMIS. Cette procédure permettait de contourner la contrainte associée aux liens de type 'un à plusieurs' dans la table de concordance entre les deux classifications. Dans un deuxième temps, elle a également été mise en œuvre dans le sens IMIS vers LIMS avec la table de concordance USSIC-CANSIC.

Pour la classification SCIAN, disponible pour 22 % et 37 % des enregistrements de l'IMIS et du LIMS respectivement, la comparaison a été effectuée simplement en identifiant quelle proportion de l'ensemble des couples agent-secteur d'activité était commune ou exclusive à chaque banque.

Dans chaque banque, seules les substances pour lesquelles les données étaient distribuées dans au moins 6 codes industriels rencontrant le critère de 10 valeurs détectées étaient conservées pour cette analyse.

3.4 Comparaison des concentrations mesurées pour les secteurs d'activité communs aux deux banques

Cette analyse visait à établir la concordance des niveaux rapportés entre les banques IMIS et LIMS pour les agents chimiques et les secteurs d'activité communs selon la période de référence. L'analyse a porté sur deux aspects : la comparaison des niveaux moyens d'exposition dans chaque banque et le calcul des proportions des mesures dépassant un seuil donné. Cette dernière approche, employée récemment sur les données de l'IMIS (Hamm et Burstyn, 2011; Lee, Lavoue, Spinelli et Burstyn, 2015), permettait d'éviter les défis méthodologiques associés à l'estimation de paramètres de distribution en présence de données rapportées sous la limite de quantification (Helsel, 2005). En effet, 41 % et 40 % des mesures enregistrées sont en dessous des limites de quantification respectivement dans l'IMIS et le

LIMS. Le seuil sélectionné pour estimer les fractions de dépassement était basé sur les *Threshold Limit Values* (TLV[®]) proposées par l'ACGIH (ACGIH, 2017).

La comparaison des niveaux moyens d'exposition a nécessité un prétraitement considérable des données dans les deux banques puisqu'aucune d'entre elles ne fournit la limite de quantification lorsqu'un échantillon est rapporté « non détecté » ou « non quantifié ». Deux approches ont donc été utilisées pour estimer des limites de quantification (LQ) propres à chaque substance. La première est empirique et repose sur l'examen des graphes quantiles-quantiles (QQ-plot) et la deuxième repose sur la consultation des référentiels historiques de méthodes analytiques disponibles aux États-Unis (pour l'IMIS) et au Québec (pour le LIMS). La description détaillée de ces deux approches ainsi que la comparaison des résultats obtenus est présentée en détail dans un rapport disponible dans une annexe en ligne². Finalement, des LQ ont été déterminées pour l'IMIS et le LIMS en utilisant l'approche basée sur les référentiels historiques au vu des conclusions de ce rapport, reprises ici :

- les LQ bibliographiques obtenues à partir des manuels des agences américaines et québécoises OSHA et IRSST sont du même ordre de grandeur;
- les LQ bibliographiques ont tendance à être supérieures aux LQ empiriques par un facteur 3 pour le LIMS et un facteur 10 à 100 pour l'IMIS;
- les LQ empiriques de l'IMIS sont nettement plus faibles que les LQ empiriques du LIMS;
- les LQ bibliographiques décroissent avec le temps, de façon spécifique par classe d'agent chimique.

En plus de ce processus, la banque IMIS comportait un défi supplémentaire : la variable identifiant un résultat comme non détecté étant la même que celle qui identifie la durée de la mesure, il n'était pas possible de déterminer la durée de mesure associée à ce type de résultat. Or, la durée de mesure, associée au volume d'échantillonnage, est un déterminant important de la LQ. Par conséquent, une approche par arbre de décision a été adoptée pour permettre de prédire la durée de mesure dans l'IMIS (courte durée c. longue durée) en fonction d'autres variables dans cette banque. Cette approche est décrite en détail dans la thèse de doctorat de Philippe Sarazin (Sarazin, 2016). Ces travaux ont permis d'associer chaque enregistrement de l'IMIS et du LIMS, rapporté comme non détecté, à une LQ.

Finalement, les analyses décrites plus bas ont été restreintes aux deux classes principales des métaux et des solvants qui contiennent le plus grand nombre d'agents communs aux deux banques (36 sur 49) et qui représentent respectivement 80 % et 82 % des données de l'IMIS et du LIMS. Les résultats sont également systématiquement séparés pour les solvants et les métaux, car des différences notables avaient été observées entre ces deux classes d'agents dans des études descriptives préliminaires.

² <http://expostats.ca/jlavoue/LOQv2.html>.

3.4.1 Comparaison descriptive

Préparation des données

Les analyses de comparaison descriptive ont été réalisées séparément pour les mesures de courte durée et de longue durée. Le jeu de données a été restreint à la période temporelle 1994-2011 pour les deux banques puisque les durées de prélèvement n'étaient pas disponibles dans le LIMS pour les mesures enregistrées avant 1994. Les enregistrements rapportés comme non détectés ont été remplacés par la valeur de la LQ divisée par deux. Les analyses ont été réalisées pour les agents chimiques comptant plus de 100 mesures dans chacune des deux banques.

A) Ratio de médianes

Cette approche consistait à calculer le ratio des médianes des concentrations d'exposition de la banque IMIS sur les médianes des concentrations d'exposition de la banque LIMS pour chaque agent chimique sélectionné, ce qui a permis d'obtenir un ratio de médianes (rM) par agent. Un indicateur, appelé médiane des ratios de médianes (MrM), a été ensuite utilisé pour synthétiser les valeurs de ce ratio à travers les agents.

$$rM_i = \frac{\text{med}(\text{valeurs dans IMIS pour l'agent } i)}{\text{med}(\text{valeurs dans LIMS pour l'agent } i)} \quad (1)$$

$$MrM = \text{med}(rM) \quad (2)$$

Ainsi, si les concentrations d'exposition dans l'IMIS sont dans l'ensemble plus élevées que celles dans le LIMS, une MrM supérieure à 1 devrait être obtenue; dans la situation inverse, une MrM inférieure à 1 devrait être obtenue.

B) Différence de proportions > TLV[®]

Cette approche consistait à calculer la différence entre la proportion des mesures d'exposition dépassant la TLV[®] dans l'IMIS et celle des mesures d'exposition dépassant la TLV[®] dans le LIMS pour chaque agent chimique sélectionné, ce qui a permis d'obtenir une différence de proportions (dPr). Un indicateur, appelé médiane des différences de proportion ($MdPr$), a été ensuite utilisé pour synthétiser ces valeurs de différence à travers les agents.

$$dPr_i = (\% \text{ de valeurs } > TLV \text{ dans IMIS pour l'agent } i) - (\% \text{ de valeurs } > TLV \text{ dans LIMS pour l'agent } i) \quad (3)$$

$$MdPr = \text{med}(dPr) \quad (4)$$

Ainsi, si les proportions des mesures d'exposition dépassant la TLV[®] dans l'IMIS sont dans l'ensemble plus élevées que celles dans le LIMS, une MdPr supérieure à 0 devrait être obtenue; dans la situation inverse, une MdPr inférieure à 0 devrait être obtenue.

Stratification des analyses

Les indicateurs MrM et MdPr ont été calculés en tenant compte de la durée de la mesure (courte ou longue), selon différentes strates des variables suivantes :

- Ensemble des données de l'IMIS et du LIMS pour l'ensemble des périodes;
- Données associées à des secteurs d'activité communs aux deux banques, selon le système de classification des industries (CANSIC, USSIC, SCIAN);
- Période (1994-2002, 2003-2011);
- Seuil choisi pour séparer les mesures de courte durée de celles de longue durée dans le LIMS (les seuils de 60 et 240 minutes ont été testés).

Pour chacune des strates, les analyses ont été réalisées pour les agents chimiques ayant fait l'objet de plus de 100 mesures dans chacune des deux banques.

3.4.2 Comparaison par modélisation statistique

La modélisation statistique, qui permet l'étude de la relation entre les niveaux d'exposition aux contaminants chimiques et des facteurs associés aux niveaux d'exposition, représente un puissant outil d'interprétation des mesures contenues dans les banques de données comme celles de l'IMIS et du LIMS. En hygiène du travail, les modèles statistiques multivariés constituent maintenant l'approche standard pour ce type d'analyse (Friesen *et al.*, 2012; Lavoue *et al.*, 2013; Lee *et al.*, 2015; Sarazin *et al.*, 2016).

L'objectif de l'analyse était de déterminer les différences systématiques entre les banques IMIS et LIMS en tenant compte des tendances temporelles, de la durée de la mesure et du secteur industriel. Un défi particulier devait être relevé; il consistait à utiliser une approche permettant de combiner les résultats de tous les agents chimiques et d'obtenir un portrait global des différences entre les niveaux d'exposition enregistrés dans les deux banques. Une telle approche a été développée dans le cadre de la recherche doctorale de Philippe Sarazin (Sarazin, 2016; Sarazin *et al.*, 2016) et est particulièrement d'intérêt dans l'étude de sources de données multiagents de grande taille telles que les BDEP. Cette approche (détaillée dans les sous-sections suivantes) a été utilisée dans la présente recherche : elle consiste, dans un premier temps, à ajuster un modèle séparément pour chaque agent chimique et, dans un deuxième temps, à utiliser la méta-analyse afin de synthétiser les différences entre l'IMIS et le LIMS à travers l'ensemble des agents chimiques.

Pour l'analyse de comparaison par modélisation statistique, le jeu de données a été restreint aux mesures de longue durée dans les industries communes aux banques IMIS et LIMS pour la période 1994-2011, car la quantité limitée de mesures de courte durée ne permettait pas l'obtention de résultats robustes. En effet, la proportion de mesures de courte durée n'était globalement que de 13 % et 16 % respectivement dans les banques IMIS et LIMS. D'ailleurs, le

seuil correspondant à une mesure de longue durée a dû être revu à la baisse (de 240 à 120 min) pour la comparaison par modélisation, car un seuil de 240 min limitait considérablement la taille d'échantillon disponible. Les données des deux banques ont été mises en commun et une variable identifiant la provenance de la donnée (source) a été créée. L'analyse a été réalisée selon deux approches de modélisation : les modèles dits de régression TOBIT et les modèles de régression logistique.

Modèles TOBIT et modèles de régression logistique

La modélisation TOBIT permet de prendre en compte les valeurs non détectées sans les remplacer de façon arbitraire par une valeur unique (Lavoue *et al.*, 2013; Lavoue, Gerin et Vincent, 2011; Lubin *et al.*, 2004; Persson et Rootzen, 1977). Un seuil maximal de 60 % de mesures non détectées a été choisi comme critère de sélection des agents chimiques. Une transformation logarithmique des mesures a été effectuée avant la modélisation afin de considérer la distribution lognormale des mesures d'exposition en milieu de travail (AQHSST, 2004).

La modélisation logistique permet quant à elle d'expliquer les valeurs d'une variable réponse binaire à partir d'une combinaison de variables explicatives continues ou binaires (Hosmer et Lemeshow, 2000). Dans la présente étude, cette approche a été utilisée afin d'estimer la probabilité que l'exposition dépasse ou non un seuil prédéfini (c.-à-d. les TLV[®] de l'ACGIH). Cette approche a permis l'inclusion de l'ensemble des résultats rapportés sous la limite de quantification, sans nécessiter de valeur de LQ, en les classant comme inférieurs à la TLV[®].

Les variables communes aux deux banques ont été incluses dans les analyses de régression TOBIT et logistique pour chaque agent chimique : « source de données », « industrie » et « année de mesure ». L'analyse a porté en particulier sur l'estimation de l'influence de la variable « source de données », indicateur d'une différence systématique globale entre les banques IMIS et LIMS indépendamment des autres variables du modèle. L'observation d'interactions de la variable « source des données » avec les autres variables serait plutôt indicatrice d'effets différents pour ces dernières dans les banques IMIS et LIMS (p. ex., tendance temporelle différente entre les deux banques). Les données ont donc été modélisées pour chaque agent en incluant les trois variables communes, ainsi que l'interaction entre la source et l'année de mesure. L'interaction entre la source et l'industrie n'a pas été incluse dans les modèles puisque le nombre de mesures n'était pas suffisant pour chacune des combinaisons « source-industrie ».

Regroupement des variables d'activité économique

Le type d'industrie a été inclus dans nos analyses de modélisation afin d'ajuster pour un biais potentiel dans l'estimation des effets des autres variables du modèle. Les variables décrivant l'industrie (CANSIC, USSIC, SCIAN) comptent plusieurs centaines de catégories qui sont organisées en niveaux hiérarchiques. Par exemple, pour la classification CANSIC, il existe 4 niveaux de codification : 4 caractères pour caractériser le niveau le plus fin, 3 et 2 caractères pour les niveaux intermédiaires, et 1 caractère pour le niveau le plus grossier. Afin d'assurer un nombre suffisant de mesures par industrie pour un agent chimique, les catégories possédant un faible nombre de mesures ont été regroupées selon l'approche suivante : lorsque le nombre de mesures dans une catégorie d'industrie à 4 caractères était inférieur à 30, le caractère

spécifiant le niveau le plus fin était supprimé, ce qui reclassait les mesures dans la catégorie plus grossière à 3 caractères correspondante. Le processus était répété jusqu'à ce que le nombre de mesures dans la catégorie d'industrie soit supérieur ou égal à 30 ou que la catégorie soit réduite au niveau le plus grossier (code à 1 caractère). Finalement, si le nombre de mesures associées à un code à 1 caractère était inférieur à 30, ces mesures étaient classées dans une catégorie « autre ». Cette approche a déjà été employée pour la gestion de ce type de variables (Lavoue *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2015; Sarazin *et al.*, 2016).

Ratio des moyennes géométriques et rapport des cotes de dépasser la TLV[®] IMIS/LIMS

Afin d'évaluer une différence moyenne entre les niveaux d'exposition enregistrés dans les deux banques, les calculs suivants ont été faits pour chaque agent chimique : 1) le ratio des moyennes géométriques (MG) prédites IMIS/LIMS à l'aide des modèles TOBIT, 2) le rapport des cotes (RC) de dépasser la TLV[®] IMIS/LIMS à l'aide des modèles logistiques. Le RC IMIS/LIMS représente la cote (le risque) de dépasser la TLV[®] pour l'IMIS divisé par la cote de dépasser la TLV[®] pour le LIMS (une cote étant le quotient de la probabilité de dépasser la TLV[®] par la probabilité de ne pas l'excéder).

Les ratios IMIS/LIMS ont été calculés selon les scénarios suivants :

- Système de classification des industries (CANSIC, USSIC ou SCIAN);
- Années (1997 : début de la période commune, 2008 : fin de la période commune);
- Seuil choisi pour séparer les mesures de courte durée de celles de longue durée dans le LIMS (les seuils de 30 et 120 minutes ont été testés).

Pour chacun des scénarios étudiés, les analyses ont été réalisées pour les agents chimiques comptant plus de 100 mesures de longue durée dans chacune des deux banques.

Méta-analyse pour la synthèse des résultats à travers les agents

La comparaison des niveaux d'exposition entre les banques IMIS et LIMS à l'aide des modèles TOBIT et de régression logistique a été réalisée séparément pour chacun des agents chimiques. Pour chacun des scénarios étudiés, un ratio IMIS/LIMS a été obtenu pour chaque agent chimique (p. ex., un ratio IMIS/LIMS pour le scénario « classification = CANSIC », « année = 1997 » et « seuil choisi pour déterminer les mesures de longue durée dans le LIMS > 30 minutes »).

La méta-analyse est une méthode statistique qui permet de combiner les résultats individuels de plusieurs études indépendantes en un résultat commun (Borenstein, Hedges, Higgins et Rothstein, 2010; Sarazin *et al.*, 2016). Dans le contexte de la présente analyse, les agents chimiques correspondaient aux « études ». La méta-analyse à effets aléatoires avec estimateur de DerSimonian et Laird (Borenstein *et al.*, 2010) a donc été utilisée afin de combiner les résultats de tous les agents chimiques et d'obtenir un portrait global du ratio IMIS/LIMS pour le scénario étudié. L'estimation du ratio IMIS/LIMS global d'un scénario est donc la moyenne pondérée des estimations individuelles à travers les agents chimiques. La pondération dépend de la taille de l'échantillon, de l'erreur type du ratio de l'agent et de la distance entre le ratio spécifique à l'agent et le ratio moyen global.

Logiciels

Les analyses ont été réalisées en utilisant le logiciel statistique R 3.1.3 (R Development Core Team, Vienna, Austria), à l'aide des *packages survival* (Therneau et Lumley, 2016) pour la modélisation TOBIT et *metafor* (Viechtbauer, 2014) pour la méta-analyse.

4. RÉSULTATS

4.1 Analyse descriptive détaillée du contenu des banques IMIS et LIMS

4.1.1 Extraits de l'IMIS et du LIMS

L'extrait de la banque américaine IMIS utilisé pour cette étude a été obtenu et prétraité dans le cadre de recherches précédentes et est décrit dans la section 3 sur la méthodologie.

L'extrait de la banque LIMS obtenue de l'IRSST, couvre la période 1985-2014. Il contenait 593 002 résultats d'analyses de 57 substances réalisées dans 13 132 établissements. Les résultats non interprétables (n = 4 113) ont été supprimés, de même que 78 668 enregistrements ne portant pas de numéro d'établissement. Les codes CAEQ existants ont été transformés en code CANSIC à partir d'une table de concordance fournie par Statistique Canada. Les deux systèmes sont très similaires, mais une décision par jugement a dû être prise pour certaines liaisons donnant lieu à plusieurs possibilités (environ 20 000 enregistrements). Un certain nombre de codes CANSIC (environ 10 000 enregistrements) ont également pu être assignés pour des enregistrements initialement sans code CAEQ en utilisant le code assigné à d'autres enregistrements du même établissement. À la fin de la procédure d'attribution des codes CANSIC, il y avait 440 238 enregistrements possédant un code CANSIC à 4 caractères, et 42 667 pour lesquels un code à 3 caractères avait pu être attribué. Un code SCIAN existait pour 194 296 enregistrements.

4.1.2 Mise en commun

Il y avait un total de 49 agents chimiques qui pouvaient être liés aux 2 banques et étaient associés à un nombre important de mesures (liste complète des agents à l'annexe A). Ces substances correspondaient à 423 630 enregistrements de l'IMIS et 435 930 du LIMS. Sept classes ont été créées pour regrouper les agents chimiques : métaux (n=15 agents chimiques), solvants (n=21), acides (n=2), gaz (n=5), isocyanates (n=4), silice cristalline et styrène. Finalement, 386 083 enregistrements pour le LIMS et 352 442 enregistrements pour l'IMIS appartenaient à la période commune de 1985 à 2011.

4.1.3 Portrait descriptif

La figure 1 présente la répartition des données dans l'IMIS et le LIMS par année. Bien qu'en moyenne les deux banques aient des nombres de mesures annuelles similaires, les mesures de l'IMIS sont concentrées avant 1995, avec une diminution marquée pour les années plus récentes. En revanche, les nombres sont relativement stables au cours de la période étudiée pour le LIMS. Ces tendances étaient similaires lorsque stratifiées par classe d'agent chimique.

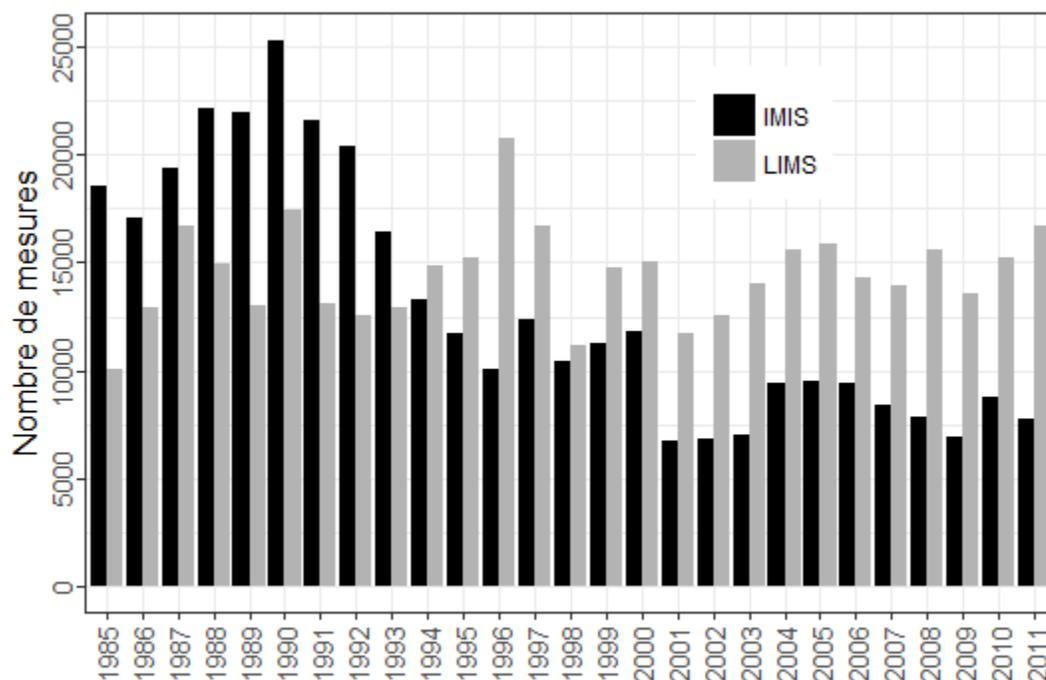


Figure 1 : Nombre de mesures annuelles dans l'IMIS et le LIMS.

Le tableau 1 résume le contenu des deux banques par classe d'agents chimiques. Le contraste entre les solvants et les métaux est notable : alors que les nombres d'enregistrements sont du même ordre de grandeur pour les autres classes, on remarque un net déséquilibre entre l'IMIS et le LIMS, avec 3 fois plus de mesures de solvants dans le LIMS que dans l'IMIS, et, à l'inverse, 3 fois plus de mesures de métaux dans l'IMIS que dans le LIMS.

Le tableau 2 présente les 10 agents les plus fréquents dans les deux banques. Il confirme la présence prépondérante des métaux dans l'IMIS et celle des solvants dans le LIMS. Les agents plomb, toluène, fer, et manganèse sont ceux que l'on retrouve fréquemment à la fois dans l'IMIS et dans le LIMS.

Le tableau 3 présente, pour chacun des 49 agents inclus dans la comparaison, le nombre de mesures, le pourcentage de valeurs non détectées et la proportion des valeurs dépassant la TLV[®] de l'ACGIH, selon la période de référence (courte durée, longue durée).

Pour l'IMIS, la médiane des proportions de non détectés était de 32 % (étendue de 7,9 % pour le trichloroéthylène à 91 % pour l'antimoine), alors qu'elle était de 48 % pour le LIMS (de 14 % pour le styrène à 88 % pour l'antimoine). Pour les deux banques, les proportions de non détectés étaient systématiquement plus élevées pour les métaux, gaz et acides (médianes entre 51 et 78 % pour le LIMS, et entre 33 et 62 % pour l'IMIS), que pour les solvants, la silice cristalline et le styrène (médianes entre 14 et 44 % pour le LIMS, et entre 10 et 23 % pour l'IMIS). Les proportions de valeurs non détectées étaient fortement associées pour l'ensemble des agents des deux banques, avec un coefficient de Spearman de 0,74.

Tableau 1 : Caractéristiques des classes d'agents chimiques recensées dans les banques IMIS et LIMS

Classe d'agents	Agent chimique	Nombre de mesures	
		LIMS	IMIS
Solvants	Solvant Stoddard, méthanol, éthanol, isopropanol, hexane, méthyl isobutyl cétone, benzène, xylène, toluène, 1,1,1-trichloroéthane, acétate d'éthyle, acétate de butyle normal, acétone, 2-butanone, tétrachloroéthylène, chlorure de méthylène, 2-butoxyéthanol, alcool butylique normal, trichloroéthylène, éthylbenzène, phénol	247 367	71 690
Métaux	Plomb, argent, cadmium, cobalt, nickel, cuivre, fer, manganèse, chrome, zinc, étain, antimoine, molybdène, béryllium, vanadium	86 054	234 387
Silice cristalline	-	10 302	18 838
Gaz	Formaldéhyde, ammoniac, chlorure de vinyle, oxyde d'éthylène, chlore	10 838	10 719
Isocyanates	HDI, 4,4'-MDI, 2,6'-TDI, 2,4'-TDI	12 601	7 152
Acides	Acide sulfurique, acide nitrique	1 458	2 112
Styrène	-	17 463	7 544

Tableau 2 : Dix agents chimiques les plus fréquents dans les deux banques IMIS et LIMS

IMIS		LIMS	
Agent	n	Agent	N
Plomb	45 530	Toluène	46 799
Fer	24 329	Xylène	34 662
Cuivre	21 255	Acétone	29 725
Manganèse	20 595	2-butanone	25 307
Zinc	20 493	Styrène	17 463
Silice cristalline	18 838	Manganèse	14 771
Toluène	17 566	Fer	14 540
Chrome	16 598	Méthyl isobutyl cétone	13 995
Nickel	15 283	Isopropanol	13 854
Cobalt	12 787	Plomb	12 629

Tableau 3 : Nombre de mesures, proportion des mesures non détectées et de celle des mesures au-dessus des valeurs limites d'exposition de l'ACGIH, par agent dans les deux banques IMIS et LIMS

Classe	Nom	n		Non décelé (%) ^(a)		Dépassant la TLV [®] (%) ^(b)	
		IMIS	LIMS	IMIS	LIMS	IMIS	LIMS
Solvant	Toluène	17 566	46 799	13	21	22	21
Solvant	Xylène	11 336	34 662	22	42	1,4	1,6
Solvant	Acétone	4 961	29 725	19	34	1,9	0,93
Solvant	2-butanone	4 848	25 307	23	50	3,2	1,1
Solvant	Méthylisobutyl cétone	2 570	13 995	25	49	7,8	4,1
Solvant	Isopropanol	3 292	13 854	20	42	3,7	2,8
Solvant	Solvent Stoddard	3 092	9 802	30	44	3,2	3
Solvant	Acétate d'éthyle	479	9 747	19	59	0,21	0,13
Solvant	Acétate de butyle	3 434	8 698	21	44	0,29	0,11
Solvant	Chlorure de méthylène	4 328	8 491	14	31	28	23
Solvant	Éthanol	595	7 756	32	54	0,67	0,46
Solvant	Butanol	608	7 031	36	61	7,1	2,8
Solvant	Hexane	1 463	6 063	23	36	7,8	7,7
Solvant	Méthanol	606	5 507	30	42	8,3	12
Solvant	Éthylbenzène	3 001	5 127	28	68	3,4	1,3
Solvant	Benzène	2 106	4 935	61	79	12	8,1
Solvant	Tetrachloroéthylène	2 146	2 794	11	44	32	12
Solvant	1,1,1 trichloroéthane	2 127	2 759	16	43	4,6	2,2
Solvant	Trichloroéthylène	1 082	2 530	7,9	31	61	40
Solvant	2-butoxyéthanol	1 289	1 179	36	45	0,62	4,8
Solvant	Phénol	761	606	42	58	0,26	0,83
Métal	Manganèse	20 595	14 771	20	19	52	70
Métal	Fer	24 329	14 540	9,4	15	8,3	9,5
Métal	Plomb	45 530	12 629	49	48	22	33
Métal	Chrome	16 598	10 146	49	64	1,7	4,4
Métal	Nickel	15 283	9 122	63	65	3,1	8,2
Métal	Cuivre	21 255	7 805	24	42	3,7	2,6
Métal	Zinc	20 493	5 813	22	17	3,8	7,4
Métal	Béryllium	12 508	4 279	85	37	11	28
Métal	Cobalt	12 787	3 128	80	51	5,3	23
Métal	Cadmium	10 777	2 902	69	77	7	14
Métal	Étain	349	277	62	86	0,57	1,8
Métal	Antimoine	11 549	238	91	88	0,56	5,9
Métal	Argent	751	196	35	40	34	20
Métal	Vanadium	10 641	133	87	61	1,9	5,3

Classe	Nom	n		Non décelé (%) ^(a)		Dépassant la TLV® (%) ^(b)	
		IMIS	LIMS	IMIS	LIMS	IMIS	LIMS
Métal	Molybdène	10 942	75	85	76	0,082	0
Gaz	Formaldéhyde	8 224	8 780	26	33	19	26
Gaz	Ammoniac	984	1 288	28	33	9,7	12
Gaz	Chlorure de vinyle	370	360	71	83	6,2	0,83
Gaz	Oxyde d'éthylène	748	301	33	67	14	24
Gaz	Chlore	393	109	48	54	13	0,92
Isocyanates	HDI	1 410	6 284	57	46	12	20
Isocyanates	4,4'-MDI	3 649	3 677	59	80	19	5,1
Isocyanates	2,4'-TDI	1 420	1 342	62	61	8,6	7,6
Isocyanates	2,6'-TDI	673	1 298	77	54	6,1	11
Acide_Base	Acide sulfurique	1 329	915	56	76	11	16
Acide_Base	Acide nitrique	783	543	58	79	2	5,2
Silice cristalline	-	18 838	10 302	24	26	71	64
Styrène	-	7 544	17 463	9,5	14	59	56

(a) Proportion des mesures rapportées sous la limite de quantification.

(b) Proportion des mesures dépassant la valeur limite d'exposition de l'ACGIH. Le calcul présenté dans le tableau vise à permettre de comparer les niveaux d'exposition dans les deux banques en évitant l'écueil du traitement des valeurs non quantifiées. Il fournit une indication sur la quantité de mesures dépassant un seuil indicatif, mais ne peut être directement lié au risque pour la santé des travailleurs (voir les considérations méthodologiques dans la section Discussion).

Pour l'IMIS, la médiane des proportions de valeurs au-dessus de la TLV® de l'ACGIH était de 7,0 % (étendue de 0,1 % pour le molybdène à 71 % pour la silice cristalline), alors qu'elle était de 7,4 % pour le LIMS (de 0 % pour le molybdène à 64 % pour la silice cristalline). Pour les deux banques, les proportions des dépassements étaient plus élevées pour le styrène et la silice (autour de 50-60 %) comparativement aux autres agents (<10 % en médiane). Les proportions de valeurs excédant les limites étaient fortement associées pour l'ensemble des agents des deux banques, avec un coefficient de Spearman de 0,79.

Les données de l'IMIS couvraient 868 codes industriels USSIC à 4 caractères, avec une médiane de 54 mesures par code (étendue de 1 à 13 892). Les données du LIMS couvraient 548 codes industriels CANSIC à 4 caractères, avec une médiane de 66 mesures par code (1 à 28 549). Le tableau 4 présente les dix codes industriels les plus fréquents dans chacune des deux banques. Le tableau 4 montre une concentration importante de mesures de l'IMIS dans des secteurs associés au travail des métaux (fonderies, sidérurgies, machines et pièces en métal). Pour le LIMS, en plus des secteurs associés au métal, ceux comportant le plus de mesures sont liés à d'autres activités (plastiques, meubles, peintures, imprimerie).

La figure 2 compare la répartition des mesures dans l'IMIS et dans le LIMS par grand secteur d'activité économique (selon les catégories des Secteurs d'activité économique – SAE - définies par la CNESST), à celle correspondante à la population active québécoise (Recensement canadien de 1986).

**Tableau 4 : Dix secteurs d'activité économique les plus fréquents
dans les banques IMIS et LIMS**

Code USSIC/ CANSIC	n	Secteur d'activité économique
IMIS (en anglais)		
3321	13892	Gray and ductile iron foundries (<i>fonderies de fonte grise et ductile</i>)
3366	10388	Copper foundries (<i>fonderies de cuivre</i>)
3714	8654	Motor vehicle parts and accessories (<i>accessoires et pièces de véhicule à moteur</i>)
3443	8215	Fabricated plate work (boiler shops) (<i>grosse tôlerie semi-finie [chaudronnerie]</i>)
3441	8028	Fabricated structural metal (<i>structure métallique semi-finie</i>)
3471	6845	Plating and polishing (<i>électroplaquage et polissage</i>)
3341	6591	Secondary nonferrous metals (<i>métaux non ferreux de seconde fusion</i>)
3325	6553	Steel foundries (<i>fonderies d'acier</i>)
3089	6167	Plastics products (<i>produits de plastique</i>)
3499	6148	Fabricated metal products (<i>fabrication des produits métalliques</i>)
LIMS		
1699	28549	Autres industries de produits en matière plastique, NCA ³
3751	21652	Industrie des peintures et vernis
2611	17435	Industrie des meubles de maison en bois
2542	17303	Industrie des armoires et placards de cuisine et des coiffeuses de salle de bain en bois
2819	8314	Autres industries d'impression commerciale
3041	7918	Industrie du revêtement sur commande de produits en métal
3099	7578	Autres industries de produits en métal, NCA
3281	6797	Industrie de la construction et de la réparation d'embarcations
3081	6624	Ateliers d'usinage
2941	6064	Fonderies de fer

La figure 2 montre un contraste important entre les statistiques du recensement et celles des deux banques de données, avec une majorité de la population active dans les secteurs secondaires et tertiaires, alors que les mesures sont concentrées dans les secteurs primaires et de la fabrication. Le secteur du bâtiment constitue une exception, puisque dans ce cas la proportion de mesures dans l'IMIS est presque égale à la proportion de travailleurs œuvrant dans ce secteur. De façon globale, la proportion de travailleurs à l'intérieur d'un secteur n'était pas associée à la proportion de mesures dans l'IMIS (coefficient de corrélation de Spearman

³ NCA = non classé ailleurs

0,17) ou dans le LIMS (coefficient de corrélation de Spearman 0,05). En revanche, les répartitions des mesures pour l'ensemble des différents secteurs étaient assez semblables entre l'IMIS et le LIMS (coefficient de corrélation de Spearman de 0,64). La figure 2 illustre quelques différences marquantes, soit un plus grand nombre de mesures dans l'IMIS pour les services commerciaux, la construction, l'industrie textile, la fabrication de produits électriques et la première transformation des métaux; et un plus grand nombre de mesures dans le LIMS pour les services médicaux et sociaux, l'enseignement, l'imprimerie et les matières plastiques.

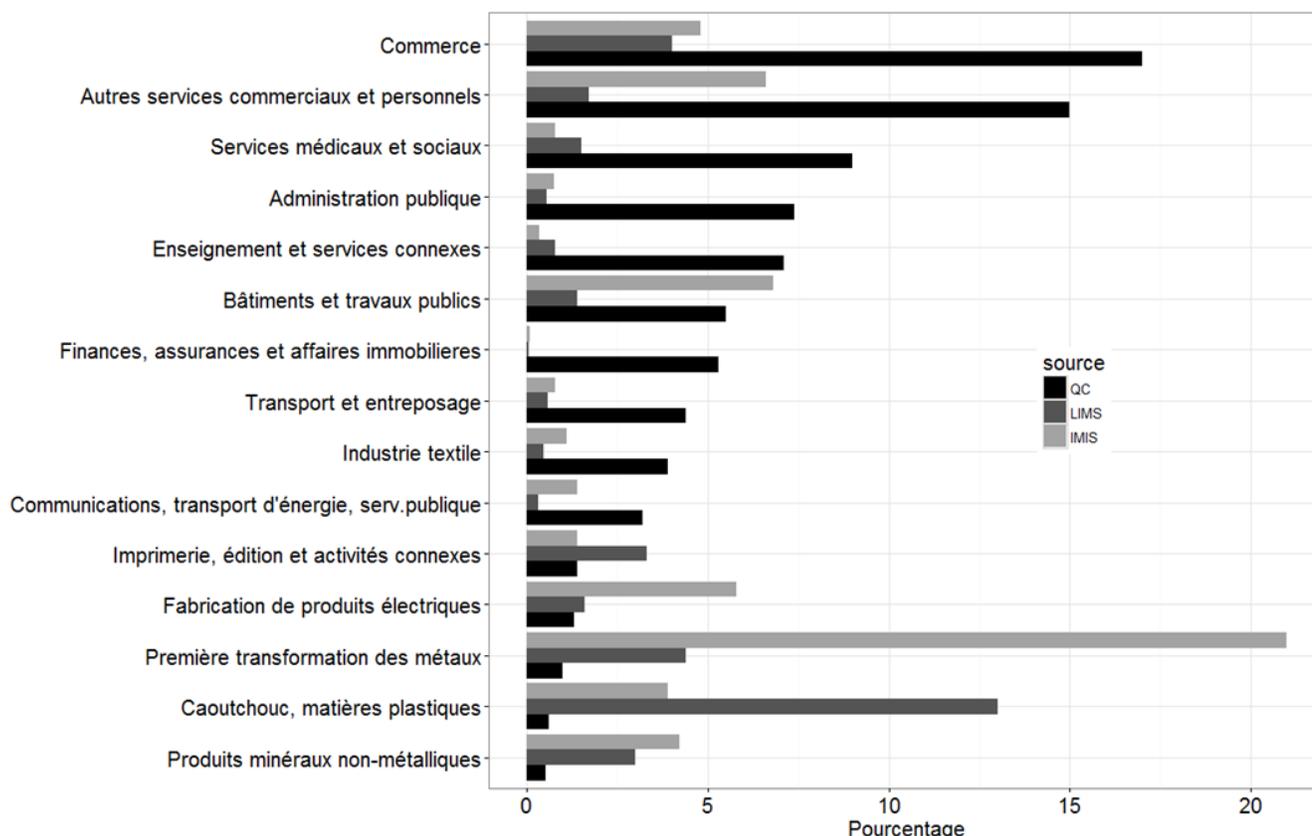


Figure 2 : Répartition des mesures dans l'IMIS et le LIMS et de la population active québécoise de 1986, par secteur d'activité économique (classification SAE CNESST), limitée aux secteurs représentant au moins 3 % de l'ensemble dans une des sources de données (15 secteurs sur 32).

Le tableau 5 illustre la répartition des mesures de l'IMIS et du LIMS et de la population active du Québec, classée par groupe prioritaire de la CNESST. Ces groupes sont liés aux priorités d'intervention du Réseau de santé publique en santé au travail. Les établissements dont l'activité économique est listée dans les groupes prioritaires I et II sont assujettis à l'ensemble des mécanismes de prévention prévus à la [Loi sur la santé et la sécurité du travail](#) (LSST) : programme de prévention, programme de santé, comité de santé et de sécurité du travail (SST) et représentant à la prévention. Les deux premiers secteurs sont associés à 69 % des mesures du LIMS, qui ne représentent pourtant que 14 % de la population active en 1986. Les mesures de l'IMIS sont réparties de façon très similaire aux mesures du LIMS, des différences apparaissant principalement entre les groupes prioritaires 3, 4, et 5.

Tableau 5 : Répartition des mesures dans l'IMIS et le LIMS, et de la population active québécoise de 1986, par groupe prioritaire de la CNESST

Groupe prioritaire de la CNESST	Population active (%) ^(a)	Mesures (%)		Secteur d'activité
		LIMS ^(b)	IMIS ^(c)	
1	9,4	28	27	Bâtiments et travaux publics; industrie chimique; forêts et scieries; mines, carrières et puits de pétrole; fabrication de produits en métal
2	4,8	41	35	Industrie du bois (sans scieries); industrie du caoutchouc et des produits en matière plastique; fabrication d'équipement de transport; première transformation des métaux; fabrication de produits minéraux non métalliques
3	17	12	4,6	Administration publique; industrie des aliments et boissons; industrie du meuble et des articles d'ameublement; industrie du papier et des activités diverses; transport et entreposage
4	22	7,3	17	Commerce; industrie du cuir; fabrication de machines (sauf électriques); industrie du tabac; industrie du textile
5	21	6,8	13	Autres services commerciaux et personnels; communications, transport d'énergie et autres services publics; imprimerie, édition et activités connexes; fabrication de produits du pétrole et du charbon; fabrication de produits électriques
6	26	4,1	3,2	Agriculture; bonneterie et habillement; enseignement et services annexes; finances, assurances et affaires immobilières; services médicaux et sociaux; chasse et pêche; industries manufacturières diverses

(a) Pourcentage de la population active québécoise selon le recensement canadien de 1986

(b) Pourcentage des enregistrements dans le LIMS

(c) Pourcentage des enregistrements dans l'IMIS

4.2 Comparaison des listes des secteurs d'activité associés à des expositions quantifiées dans les banques IMIS et LIMS

Cette analyse visait à répondre à la question suivante : les deux banques comportent-elles les mêmes secteurs d'activité économique au regard des mesures démontrant une contamination de l'air?

Globalement, 2 898 couples agent-USSIC dans l'IMIS (89 % des mesures détectées dans l'IMIS, n=180 429) et 1 948 couples agent-CANSIC dans le LIMS (96 % des mesures détectées du LIMS, n=188 458) respectaient les conditions d'inclusion pour un agent (c.-à-d. au moins 6 couples avec au moins 10 mesures détectées). Soixante-dix pour cent des agents initiaux (36 sur 49) étaient inclus dans la comparaison; 62,8 % des couples agent-CANSIC du LIMS ont pu être liés avec un couple agent-USSIC dans l'IMIS en utilisant la table de concordance. Dans

l'autre sens, 61,4 % des couples agent-USSIC dans l'IMIS ont pu être liés avec un couple agent-CANSIC dans le LIMS.

Ces résultats ont été stratifiés par classe d'agents chimiques, d'abord pour les couples agent-CANSIC du LIMS liés à l'IMIS (tableau 6), puis pour les couples agent-USSIC de l'IMIS liés au LIMS (tableau 7). Ces tableaux contiennent également une stratification selon le ratio nombre de couples agent-CANSIC dans le LIMS/nombre de couples agents-USSIC dans l'IMIS, afin de considérer le fait qu'une des deux banques contient beaucoup moins de couples que l'autre, auquel cas on pourrait s'attendre à une proportion de couples liés plus faible. La figure 3 présente les résultats spécifiques à chaque agent (les tableaux complets correspondants sont présentés à l'annexe B).

Tableau 6 : Proportions des couples agent-CANSIC dans le LIMS se retrouvant également dans l'IMIS

Strate	Nombre de couples agent-CANSIC valides dans le LIMS	Couples agent-CANSIC du LIMS liés à l'IMIS	
		Nombre	Proportion (%)
Global	1948	1224	62,8
<i>Ratio nombre de couples agent-CANSIC du LIMS/nombre de couples agent-USSIC de l'IMIS</i>			
< 0,7	815	580	71,2
0,7 - 1,3	939	596	63,5
> 1,3	194	48	24,7
<i>Famille chimique</i>			
Solvant	1158	673	58,1
Métal	522	377	72,2
Gaz	74	54	73,0
Isocyanates	61	32	52,5
Poussières	83	55	66,3
Styrène	50	33	66,0

Tableau 7 : Proportions des couples agent-USSIC de l'IMIS se retrouvant également dans le LIMS

Strate	Nombre de couples agent-USSIC valides dans l'IMIS	Couples agent-USSIC de l'IMIS liés au LIMS	
		Nombre	Proportion (%)
Global	2898	1779	61,4
<i>Ratio nombre de couples agent-CANSIC du LIMS/nombre de couples agent-USSIC de l'IMIS</i>			
< 0,7	1856	1024	55,2
0,7 - 1,3	985	716	72,7
> 1,3	57	39	68,4
<i>Famille chimique</i>			
Solvant	1161	806	69,4
Métal	1327	746	56,2
Gaz	151	78	51,7
Isocyanates	63	32	50,8
Poussières	124	78	62,9
Styrène	72	39	54,2

L'analyse par strate de ratio nombre de couples agent-CANSIC du LIMS/nombre de couples agent-USSIC de l'IMIS montre la tendance attendue, avec de plus grandes proportions de couples agent-secteur d'activité liés dans la banque comportant le moins grand nombre de couples. L'analyse par classe d'agents ne révèle pas de tendance forte qui soit contradictoire avec la stratification par ratio précédente. Par agent, la différence entre la proportion de couples agents-USSIC de l'IMIS liés au LIMS et la proportion de couples agent-CANSIC du LIMS liés à l'IMIS variait entre -37,1 % (cadmium) et 59,4 % (acétate d'éthyle), avec une médiane de -1,5 % et un intervalle interquartile de -16,6 à 15,3 % (annexe B).

La même analyse a été réalisée en utilisant cette fois un critère de 10 mesures au-dessus de la valeur limite de l'ACGIH au lieu de 10 mesures détectées (annexe C). Globalement, 496 couples agent-CANSIC dans le LIMS et 620 couples agent-USSIC dans l'IMIS respectaient les conditions d'inclusion pour un agent. Seuls 11 agents initiaux étaient inclus. Plus de la moitié (56,3 %) des couples agent-CANSIC du LIMS ont pu être liés à l'IMIS, alors que 61,1 % des couples agent-USSIC de l'IMIS ont pu être liés au LIMS.

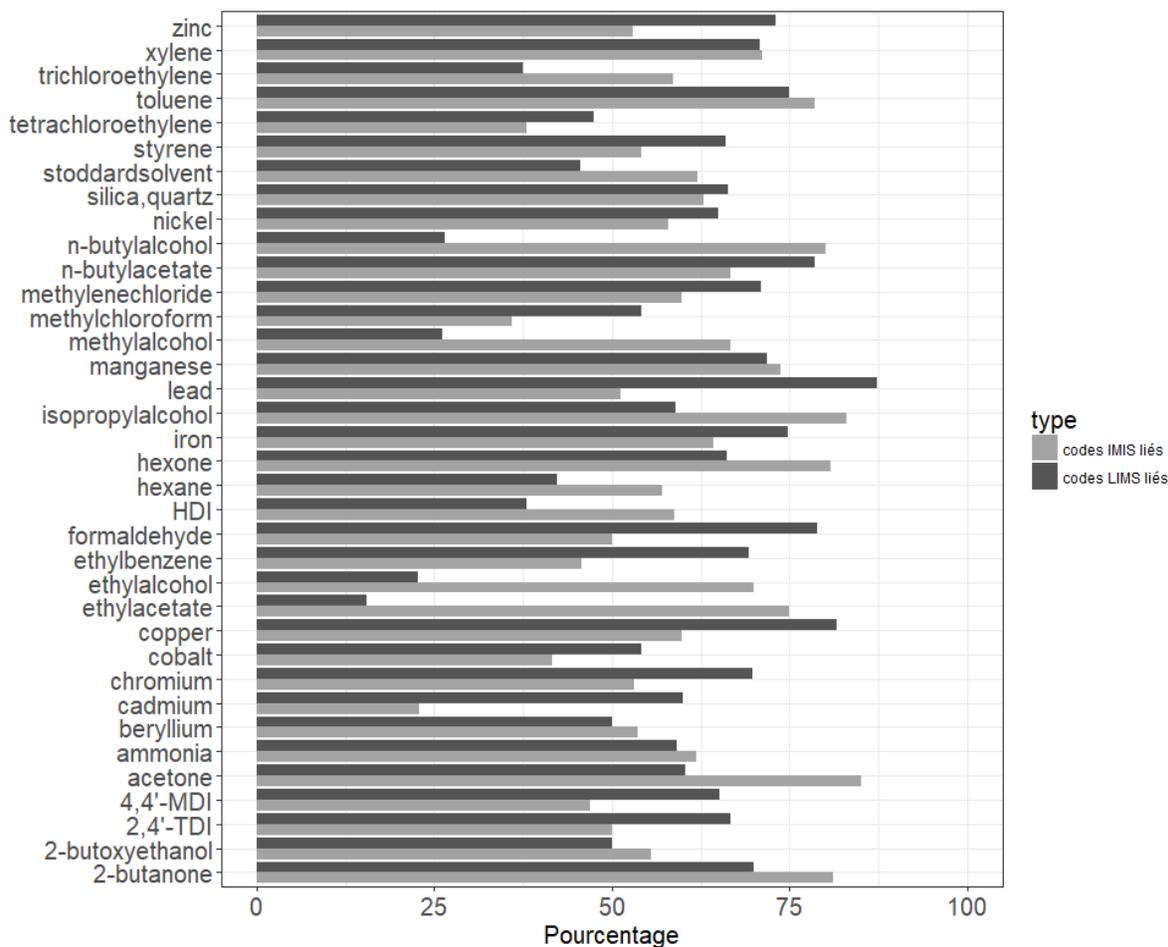


Figure 3 : Proportions des couples agents-secteur d'activité du LIMS pouvant être liés à l'IMIS et de l'IMIS pouvant être liés au LIMS, stratifiées par agent chimique.

4.3 Comparaison des concentrations mesurées pour les secteurs d'activité communs aux deux banques

4.3.1 Comparaison descriptive

Les extraits des banques IMIS et LIMS comportaient respectivement 169 388 et 267 486 mesures à la suite de la restriction s'appliquant à la période 1994–2011. Globalement, la proportion de mesures de longue durée était de 87 % dans l'IMIS et de 84 % dans le LIMS. La proportion de mesures inférieures à la LQ était respectivement de 42 %, de 41 %, de 40 % et de 44 % pour les jeux de données de l'IMIS-longue durée, de l'IMIS-courte durée, du LIMS-longue durée et du LIMS-courte durée.

A) Médianes des ratios de médianes IMIS/LIMS (MrM)

Pour les mesures de longue durée, 32 agents ont été sélectionnés (n > 100 dans les deux banques) pour les analyses de comparaison descriptive des médianes des ratios de médianes

(MrM) (20 solvants et 12 métaux), correspondant respectivement à 79 % et à 74 % des mesures de longue durée de l'IMIS et du LIMS pour la période 1994-2011. Pour les mesures de courte durée, 22 agents ont été sélectionnés (14 solvants et 8 métaux), correspondant respectivement à 63 % et à 55 % des mesures de courte durée de l'IMIS et du LIMS pour la période 1994-2011.

Les MrM calculées pour chacune des analyses stratifiées sont affichées au tableau 8, de même que le nombre d'agents chimiques et de mesures pour chacune des analyses stratifiées. Pour les solvants, les niveaux mesurés étaient globalement similaires entre l'IMIS et le LIMS, autant pour les mesures de longue durée que pour celles de courte durée. Des résultats similaires ont également été observés pour les analyses restreintes aux industries communes selon la classification CANSIC ou à des périodes temporelles spécifiques (1994-2002, 2003-2011). Des différences entre l'IMIS et le LIMS apparaissaient pour les mesures longue durée lorsque le seuil de mesures de courte durée pour le LIMS était augmenté à 240 minutes.

Pour les métaux, les niveaux mesurés étaient globalement plus élevés dans le LIMS que dans l'IMIS, autant pour les mesures de longue durée que pour celles de courte durée. Des résultats similaires pour les mesures de longue durée ont également été observés pour les analyses restreintes aux industries communes (CANSIC, USSIC et SCIAN) ou à des périodes temporelles spécifiques (1994-2002, 2003-2011). Les différences étaient atténuées lorsque le seuil de mesures de courte durée pour le LIMS était augmenté à 240 minutes.

Tableau 8 : Médianes des ratios de médianes (MrM IMIS/LIMS), calculées selon la classification des industries, la période et le seuil de mesures de courte durée pour le LIMS, pour les solvants et les métaux

	Mesure de courte durée ^a				Mesure de longue durée ^b			
	Nombre d'agents	Nombre mesures		MrM (ÉIQ ^d)	Nombre d'agents	Nombre mesures		MrM (ÉIQ)
		IMIS	LIMS			IMIS	LIMS	
Solvants								
Total^c	14	8 506	22 235	1,0 (0,4;2,0)	20	24 333	109 468	1,0 (0,7;1,6)
Industries communes								
CANSIC ^e	9	2 995	12 628	1,1 (0,7;1,2)	14	8 797	62 418	0,8 (0,6;1,0)
USSIC ^f	7	2 095	4 650	0,8 (0,7;1,0)	10	6002	24 553	0,7 (0,5;0,8)
SCIAN ^g	3	816	1 242	0,7 (0,4;0,9)	10	3 568	12 464	0,7 (0,5;1,5)
Période								
1994-2002	12	4 358	13 396	1,1 (0,6;1,8)	18	13 343	62 421	1,0 (0,8;1,5)
2003-2011	9	3 319	7 094	0,9 (0,3;1,5)	16	10 353	40 956	0,9 (0,5;1,8)
Seuil courte durée LIMS								
60 min	15	8 614	64 671	0,9 (0,5;1,7)	19	24 003	68 603	1,4 (0,9;2,2)
240 min	15	8 614	108 421	1,3 (0,9;3,3)	18	23 356	13 715	2,1 (1,3;3,9)
Métaux								
Total^c	8	5 701	1 683	0,3 (0,2;0,6)	12	91 980	56 927	0,4 (0,3;0,4)
Industries communes								
CANSIC	2	2 247	348	0,3 (0,2;0,4)	10	35 455	33 099	0,4 (0,3;0,5)
USSIC	-	-	-	-	10	17 486	12 142	0,4 (0,3;0,6)
SCIAN	-	-	-	-	10	8 854	5 901	0,4 (0,3;0,5)
Période								
1994-2002	2	2 951	428	0,1 (0,1;0,2)	10	50 313	26 940	0,3 (0,2;0,4)
2003-2011	2	1 743	250	0,5 (0,4;0,5)	11	39 193	29 810	0,4 (0,4;0,6)
Seuil courte durée LIMS								
60 min	9	5 843	34 006	0,6 (0,5;0,8)	12	91 980	52 315	0,4 (0,3;0,5)
240 min	9	5 843	49 844	0,6 (0,3;0,9)	10	87 567	7 526	0,7 (0,4;0,9)

^a Mesures de courte durée pour l'IMIS : STEL, peak et ceiling; mesures de courte durée pour LIMS : ≤ seuil de courte durée indiqué

^b Mesures de longue durée pour l'IMIS : TWA; mesures de longue durée pour LIMS : > seuil de courte durée indiqué

^c Ensemble des industries dans chaque banque, période 1994-2011, seuil courte durée LIMS = 30 minutes

^d ÉIQ, écart inter-quartile

^e CANSIC, classification canadienne des activités économiques

^f USSIC, classification américaine des activités économiques

^g SCIAN, système de classification des industries de l'Amérique du Nord

B) Médianes des différences de proportions > TLV[®] IMIS – LIMS (MdPr)

Pour les mesures de longue durée, 33 agents ont été sélectionnés ($n > 100$ dans les deux banques) pour les analyses de comparaison descriptive des médianes des différences de proportions (MdPr) (21 solvants et 12 métaux), correspondant respectivement à 80 % et à 87 % des mesures de longue durée de l'IMIS et du LIMS pour la période 1994-2011. Pour les mesures de courte durée, 22 agents ont été sélectionnés (14 solvants et 8 métaux), correspondant respectivement à 64 % et à 56 % des mesures de courte durée de l'IMIS et du LIMS pour la période 1994-2011.

Les MdPr calculées pour chacune des analyses stratifiées sont exposées au tableau 9, de même que le nombre d'agents chimiques et de mesures pour chacune des analyses stratifiées. Pour les solvants, les proportions des mesures dépassant la TLV[®] étaient globalement similaires entre celles de l'IMIS et celles du LIMS, autant pour les mesures de longue durée que de courte durée. Des résultats similaires ont également été observés pour les analyses restreintes aux industries communes (CANSIC, USSIC et SCIAN) ou à des périodes temporelles spécifiques (1994-2002, 2003-2011).

Pour les métaux, les proportions des mesures dépassant la TLV[®] étaient globalement plus élevées dans le LIMS que dans l'IMIS, autant pour les mesures de longue durée que pour celles de courte durée. Des résultats similaires ont également été observés pour les mesures de longue durée dans les analyses restreintes aux industries communes (CANSIC, USSIC et SCIAN) ou à des périodes temporelles spécifiques (1994-2002, 2003-2011). Les différences étaient atténuées lorsque le seuil de mesures de courte durée pour le LIMS était augmenté à 240 minutes.

Tableau 9 : Médianes des différences de proportions dépassant la TLV® (MdPr IMIS–LIMS) calculées selon la classification des industries, la période et le seuil de mesures courte durée pour le LIMS, pour les solvants et les métaux

	Mesure de courte durée ^a			Mesure de longue durée ^b			MdPr (ÉIQ) (%)	
	Nombre d'agents	Nombre mesures		Nombre d'agents	Nombre mesures			
		IMIS	LIMS		IMIS	LIMS		
Solvants								
Total^c	14	8 639	22 445	-1 (-7;2)	21	24 680	137 196	1 (0;2)
Industries communes								
CANSIC ^e	9	3 063	12 747	-1 (-4;0)	14	8 975	77 213	0,5 (0;3)
USSIC ^f	7	2 120	4 681	0 (-2;2)	10	6 048	29 147	0 (0;1)
SCIAN ^g	4	972	1 480	-0,5 (-4;3)	10	3 702	18 139	0 (0;1)
Période								
1994-2002	12	4 373	13 396	-2 (-5;1)	20	13 694	63 852	0,5 (-2;2)
2003-2011	9	3 335	7 280	2 (-6;2)	16	10 401	65 529	0 (0;1)
Seuil courte durée LIMS								
60 min	15	8 752	57 866	1 (-1;3)	20	24 349	95 804	1 (1;2)
240 min	15	8 752	113 692	2 (1;6)	19	23 702	31 363	2 (1;4)
Métaux								
Total^c	8	5 832	1 683	-21 (-24;-12)	12	92 874	56 927	-5 (-9;-2)
Industries communes								
CANSIC	2	2 253	348	-11 (-11;-10)	10	35 685	33 209	-5 (-14;0)
USSIC	0	0	0		10	17 638	12 157	-2 (-7;0)
SCIAN	0	0	0		10	8 926	5 934	-4 (-10;0)
Période								
1994-2002	2	2 951	428	-20 (-20;-20)	10	50 871	26 940	-5 (-17;-3)
2003-2011	2	1 749	250	-24 (-39;-10)	11	39 529	29 810	-4 (-10;-1)
Seuil courte durée LIMS								
60 min	10	6 768	6 421	-16 (-22;-12)	12	92 874	52 315	-4 (-8;-1)
240 min	10	6 768	50 915	-7 (-11;-5)	10	88 461	7 526	1 (-3;3)

^a Mesures de courte durée pour l'IMIS : STEL, peak et ceiling; mesures de courte durée pour LIMS : ≤ seuil de courte durée indiqué

^b Mesures de longue durée pour l'IMIS : TWA; mesures de longue durée pour LIMS : > seuil de courte durée indiqué

^c Ensemble des industries dans chaque banque, période 1994-2011, seuil courte durée LIMS = 30 minutes

^d ÉIQ, écart inter-quartile

^e CANSIC, classification canadienne des activités économiques

^f USSIC, classification américaine des activités économiques

^g SCIAN, système de classification des industries de l'Amérique du Nord

4.3.2 Comparaison par modélisation statistique

A) Modèles TOBIT

À la suite de l'application des critères de sélection des agents chimiques et de la restriction s'appliquant aux industries communes aux banques IMIS et LIMS, les analyses de comparaison par modélisation TOBIT ont porté sur un total de 72 348 mesures de longue durée (avec le seuil de longue durée dans le LIMS de 30 min) selon la classification CANSIC (45 % IMIS et 55 % LIMS), 32 727 mesures selon la classification USSIC (54 % IMIS et 46 % LIMS) et 41 048 mesures selon la classification SCIAN (51 % IMIS et 49 % LIMS). Le nombre plus faible de mesures dans les analyses de modélisation s'explique par trois choix méthodologiques : la conversion des codes d'industrie selon une classification commune aux deux banques (c.-à-d. CANSIC, USSIC ou SCIAN), la restriction s'appliquant aux industries communes aux deux banques et celle visant les mesures de longue durée. Le nombre de solvants retenus variait de 8 à 13 selon les classifications des industries et le seuil utilisé de mesures de longue durée pour le LIMS, alors que le nombre de métaux retenus variait de 4 à 5 selon ces mêmes facteurs.

Afin d'évaluer une différence moyenne entre les niveaux d'exposition dans les banques IMIS et LIMS, les ratios des moyennes géométriques IMIS/LIMS prédites ont été calculés par méta-analyse pour les années 1997 et 2008 pour les deux seuils retenus pour l'identification des mesures « longue durée » dans le LIMS (30 et 120 min). Les ratios et leur intervalle de confiance à 95 % ont été calculés séparément pour les métaux et les solvants pour les données restreintes aux industries communes, selon les classifications des industries CANSIC, USSIC et SCIAN (tableau 10).

Pour les solvants, les niveaux mesurés étaient globalement similaires entre le LIMS et l'IMIS, quelle que soit la classification des industries ou l'année de mesure (ratios IMIS/LIMS variant de 0,86 à 1,05 pour les analyses restreintes aux données du LIMS ayant une durée de prélèvement > 30 minutes). Il est à noter que la restriction s'appliquant aux analyses des données du LIMS ayant une durée de prélèvement > 120 minutes a eu un impact notable sur les résultats obtenus pour les solvants. En effet, les niveaux mesurés étaient alors globalement plus faibles dans le LIMS comparativement à ceux de l'IMIS avec l'utilisation du seuil de 120 minutes (ratios IMIS/LIMS variant de 1,33 à 2,76).

Pour les métaux, les niveaux mesurés étaient globalement plus élevés dans le LIMS que ceux de l'IMIS, quelle que soit la classification des industries ou l'année de mesure (ratios IMIS/LIMS variant de 0,29 à 0,44 pour les analyses restreintes aux données du LIMS ayant une durée de prélèvement > 30 minutes). Il importe de mentionner le nombre restreint de métaux sur lequel sont basés ces résultats (4 ou 5). En effet, plusieurs métaux ont été exclus des analyses en raison de leur proportion élevée de mesures non détectées (> 60 %). Les niveaux enregistrés dans le LIMS demeuraient plus élevés que ceux de l'IMIS lorsque les analyses ont été restreintes aux données du LIMS ayant une durée de prélèvement > 120 minutes (ratios IMIS/LIMS variant de 0,39 à 0,61).

Tableau 10 : Ratios IMIS/LIMS pour les années 1997 et 2008 prédits par la modélisation TOBIT, selon la classification des industries, pour les solvants et les métaux

Seuil longue durée LIMS (min) ^a	Année	CANSIC ^b		USSIC ^c		SCIAN ^d	
		Nombre d'agents	Ratio IMIS/LIMS ^e (IC 95 %)	Nombre d'agents	Ratio IMIS/LIMS (IC 95 %)	Nombre d'agents	Ratio IMIS/LIMS (IC 95 %)
Solvants							
30	1997	13	1,00 (0,74;1,35)	10	0,98 (0,69;1,39)	11	1,05 (0,69;1,59)
	2008	13	0,86 (0,63;1,19)	10	0,98 (0,70;1,37)	11	1,02 (0,71;1,45)
120	1997	10	1,47 (0,87;2,47)	9	1,33 (0,71;2,49)	8	2,76 (1,58;4,81)
	2008	10	1,52 (1,17;1,98)	9	1,68 (1,15;2,48)	8	2,13 (1,52;2,98)
Métaux							
30	1997	5	0,38 (0,22;0,64)	4	0,39 (0,23;0,67)	4	0,33 (0,21;0,51)
	2008	5	0,44 (0,32;0,60)	4	0,42 (0,32;0,56)	4	0,29 (0,18;0,46)
120	1997	5	0,46 (0,30;0,69)	4	0,48 (0,30;0,76)	5	0,61 (0,41;0,92)
	2008	5	0,50 (0,35;0,71)	4	0,47 (0,35;0,64)	5	0,39 (0,24;0,61)

^a Mesures de longue durée pour LIMS : > seuil de longue durée indiqué; Mesures de longue durée pour l'IMIS : TWA;

^b CANSIC, classification canadienne des activités économiques

^c USSIC, classification américaine des activités économiques

^d SCIAN, système de classification des industries de l'Amérique du Nord

^e Le ratio IMIS/LIMS global d'un scénario correspond à la moyenne pondérée des estimations individuelles à travers les agents chimiques (obtenu par méta-analyse)

B) Modèles de régression logistique

À la suite de l'application des critères de sélection des agents chimiques et en tenant compte de la restriction s'appliquant aux industries communes aux banques IMIS et LIMS, les analyses de comparaison par modélisation logistique ont porté sur un total de 92 897 mesures de longue durée (avec le seuil de longue durée dans le LIMS de 30 min) selon la classification CANSIC (46 % IMIS et 54 % LIMS), 39 703 mesures selon la classification USSIC (56 % IMIS et 44 % LIMS) et 52 836 mesures selon la classification SCIAN (51 % IMIS et 49 % LIMS). Le nombre de solvants sélectionnés variait de 6 à 12 selon les classifications des industries et le seuil utilisé de mesures de longue durée pour le LIMS, alors que le nombre de métaux sélectionnés variait de 7 à 10 selon ces mêmes facteurs.

Afin d'évaluer une différence moyenne entre les probabilités de dépassement de la TLV[®] dans les banques IMIS et LIMS, les rapports de cotes (RC) IMIS/LIMS prédits pour les années 1997 et 2008 ont été calculés par méta-analyse pour les deux seuils d'identification des mesures

« longue durée » dans le LIMS de 30 et 120 minutes. Les rapports et leur intervalle de confiance à 95 % ont été calculés séparément pour les métaux et les solvants pour les données restreintes aux industries communes selon les classifications des industries CANSIC, USSIC et SCIAN (tableau 11).

Pour les solvants, il n'y avait pas de différence significative de probabilités de dépassement de la TLV[®] entre les données du LIMS et celles de l'IMIS, quelle que soit la classification des industries ou l'année de mesure (les RC IMIS/LIMS variaient de 0,77 à 1,47 pour les analyses restreintes aux données du LIMS ayant une durée de prélèvement > 30 minutes). La restriction visant les analyses des données du LIMS ayant une durée de prélèvement > 120 minutes a résulté en des RC IMIS/LIMS globalement plus élevés, variant de 0,93 à 3,15.

Pour les métaux, les probabilités de dépassement étaient systématiquement plus élevées pour les données provenant du LIMS comparativement à celles de l'IMIS, quelle que soit la classification des industries ou l'année de mesure (RC IMIS/LIMS variant de 0,43 à 0,73 pour les analyses restreintes aux données du LIMS ayant une durée de prélèvement > 30 minutes). Il importe de mentionner le nombre plus élevé de métaux sur lesquels sont basés ces résultats par rapport à la modélisation TOBIT (7 à 10 pour la régression logistique contre 4 ou 5 pour la modélisation TOBIT). Les probabilités de dépassement des données du LIMS demeuraient plus élevées comparativement à celles de l'IMIS lorsque les analyses ont été restreintes aux données du LIMS ayant une durée de prélèvement > 120 minutes, mais les RC étaient plus près de la valeur nulle (0,58 à 0,90).

Tableau 11 : Rapports de cote (RC) de dépassement de la TLV[®] IMIS/LIMS pour les années 1997 et 2008, prédits par la modélisation logistique selon la classification des industries, pour les solvants et les métaux

Seuil longue durée LIMS (min) ^a	Année	CANSIC ^b		USSIC ^c		SCIAN ^d	
		Nombre d'agents	RC IMIS/LIMS ^e (IC 95 %)	Nombre d'agents	RC IMIS/LIMS (IC 95 %)	Nombre d'agents	RC IMIS/LIMS (IC 95 %)
Solvants							
30	1997	12	1,47 (0,91;2,38)	9	1,16 (0,61;2,19)	8	1,00 (0,46;2,16)
	2008	12	0,99 (0,58;1,69)	9	0,88 (0,41;1,87)	8	0,77 (0,61;0,96)
120	1997	7	2,42 (1,34;4,35)	7	3,15 (1,19;8,35)	7	1,15 (0,53;2,49)
	2008	8	1,14 (0,67;1,95)	6	0,93 (0,38;2,29)	6	1,70 (1,18;2,44)
Métaux							
30	1997	10	0,43 (0,30;0,62)	8	0,73 (0,43;1,22)	10	0,56 (0,39;0,81)
	2008	10	0,57 (0,42;0,77)	7	0,69 (0,35;1,39)	10	0,49 (0,32;0,75)
120	1997	10	0,58 (0,38;0,87)	8	0,90 (0,49;1,68)	10	0,75 (0,47;1,22)
	2008	10	0,65 (0,49;0,87)	9	0,58 (0,30;1,12)	10	0,65 (0,42;1,01)

^a Mesures de longue durée pour le LIMS : > seuil de longue durée indiqué; Mesures de longue durée pour l'IMIS : TWA;

^b CANSIC, classification canadienne des activités économiques

^c USSIC, classification américaine des activités économiques

^d SCIAN, système de classification des industries de l'Amérique du Nord

^e Le rapport de cotes IMIS/LIMS global d'un scénario correspond à la moyenne pondérée des estimations individuelles à travers les agents chimiques (obtenu par méta-analyse)

5. DISCUSSION

5.1 Remarques préliminaires

Au Québec, la banque de données du LIMS contient des résultats d'analyses effectuées par l'IRSST depuis le début des années 1980, principalement pour le compte des intervenants du Réseau de santé publique en santé au travail (RSPSAT). Le LIMS a été exploité de façon épisodique pour l'identification des secteurs d'activité économique associés à des niveaux d'exposition élevés de contaminants chimiques (Ostiguy *et al.*, 2011; Ostiguy *et al.*, 2012). Lors de ces exploitations, les auteurs ont toujours insisté sur les limites des données du LIMS et de leur analyse, principalement dues au fait qu'il s'agit de données brutes et que les circonstances entourant les mesures sont absentes. Le LIMS a récemment été exploité pour évaluer le nombre de travailleurs québécois exposés à des agents cancérigènes. Il est à noter que les auteurs rapportent avoir considéré l'utilisation de la banque américaine IMIS comme source secondaire, mais l'avoir rejetée en raison des biais soupçonnés évoqués dans la littérature (Labrèche *et al.*, 2012).

Somme toute, le LIMS représente une banque constituée de mesures effectuées au Québec, mais dont l'interprétation se complexifie en raison du manque d'information contextuelle. D'un autre côté, l'IMIS est constitué en majorité de mesures prises dans la zone respiratoire des travailleurs et représentatives des durées d'intégration pertinente pour les valeurs limites d'exposition considérées. Cependant l'applicabilité des mesures de l'IMIS pour le Québec est inconnue.

Cette recherche, à travers une comparaison exhaustive du contenu des banques LIMS et IMIS, constitue le fondement d'une utilisation conjointe des deux sources d'information pour documenter l'exposition professionnelle dans la population québécoise, et, plus largement, dans la population nord-américaine.

5.2 Analyse descriptive

L'analyse descriptive (sous-section 4.1) confirme une limite commune aux deux banques, mais sans doute plus aiguë pour le LIMS, soit la faiblesse de l'information contextuelle associée à chaque mesure. Les données de mesure du LIMS sont associées à un code d'activité économique (CAEQ1984), au motif d'intervention et à la durée de la mesure (après 1994). L'absence de la profession, du type d'échantillon (personnel ou ambiant) et une limite de quantification pour les mesures non détectées représentent les carences les plus importantes. Les mesures de l'IMIS comportent un peu plus d'information (établissement visité, type d'échantillon) et le lien avec une autre banque publique permet d'obtenir le profil des contraventions de chaque établissement (Sarazin *et al.*, 2016). Toutefois, par exemple, la profession n'est disponible que sous forme de chaîne de caractères non standardisés. Sur le plan de l'information contextuelle, les banques française COLCHIC et allemande MEGA servent de référence, bien qu'elles soient loin de contenir l'ensemble des informations jugées importantes par plusieurs groupes d'experts (Lippmann, 1995; Rajan, Alesbury, Carton et Gerin, 1997; Stamm, 2001; Vincent et Jeandel, 2001).

En ce qui a trait au nombre d'enregistrements, bien que la présente étude soit restreinte aux agents communs aux deux banques (LIMS et IMIS), les extraits initiaux de ces banques, décrits dans d'autres publications (Lavoue *et al.*, 2013; Lavoué *et al.*, 2012), font état de quelques 500 000 mesures (aux alentours de 2010). Cette similarité est marquante compte tenu de la différence énorme entre les populations actives du Québec (4 M en 2017) et des États-Unis (160 M en 2016). Compte tenu de la taille de la population active, elle reflète une richesse québécoise considérable, même comparativement aux banques COLCHIC (environ 1 M de mesures, population active en 2013 de 40 M) et MEGA (environ 2 M de mesures, population active de 42 M en 2014) (Mater *et al.*, 2016; Stamm, 2001). Sur le plan canadien, la figure 4 montre une comparaison entre les mesures contenues dans la banque CWED créée récemment par une équipe de la Colombie-Britannique et les mesures du LIMS québécois (Hall *et al.*, 2014; Lavoue, Sauve et Sarazin, 2014). Encore une fois les données québécoises se démarquent par leur richesse comparativement à celles recensées dans le reste du Canada. Ces nombres témoignent de l'importance de valoriser le plus possible les données d'exposition professionnelle québécoises.

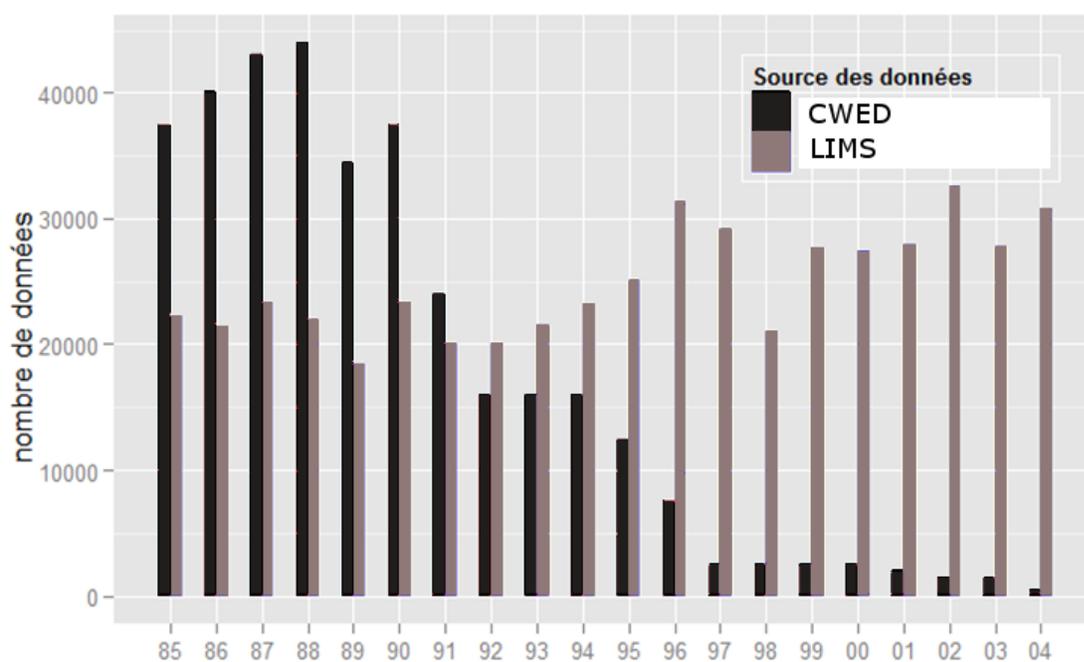


Figure 4 : Nombre d'enregistrements par année dans les banques CWED et LIMS (1985-2004)

En matière de répartition des mesures par agent, la présente analyse montre une différence marquée entre l'IMIS et le LIMS, avec une prépondérance des mesures du LIMS pour les solvants, alors que les métaux sont beaucoup plus présents dans l'IMIS. Malgré ces différences, les agents les plus fréquemment rencontrés sont similaires. Bien que les informations publiques à leur sujet soient parcellaires, il semble que les banques françaises et allemandes soient plutôt semblables au LIMS pour la répartition des mesures par agent (Mater *et al.*, 2016; Stamm, 2001; Vincent et Jeandel, 2001). Dans toutes ces banques, les agents les

plus fréquents sont le plomb, le toluène, le manganèse et la silice cristalline sous ses diverses formes. Les différences observées entre les banques pourraient s'expliquer par des variations dans le tissu industriel, dans les priorités d'action établies par les gouvernements, ou encore par des listes de valeurs limites d'exposition professionnelle relativement semblables entre les pays. Dans tous les cas, il faut reconnaître ici une caractéristique des grandes banques de données d'exposition, dont le contenu reflète l'étude de facteurs de risque connus, ce qui les rend moins utiles pour déceler de nouveaux problèmes.

5.3 Comparaison des secteurs d'activité économique

Les banques IMIS et LIMS couvrent une multitude de classes d'activité économique (catégories à 4 chiffres : environ 500 pour le LIMS, et 900 pour l'IMIS). La différence entre les nombres de codes d'activité n'est pas significative; elle reflète simplement une complexité plus grande du système de classement américain : la classification SIC1987 (USSIC) compte 1504 classes, alors que la classification canadienne (CTI1980, ou CANSIC) en compte 860.

Les mesures sont principalement concentrées dans les secteurs d'activité manufacturière alors que les travailleurs sont plus nombreux dans les industries du secteur tertiaire, une disparité cohérente avec les observations de Mater *et al.* (2016) à l'égard de COLCHIC. Selon la même tendance, 70 % des mesures de l'IMIS et du LIMS se retrouvent dans les deux premiers secteurs prioritaires de la CNESST, principalement manufacturier (secteurs primaire et secondaire), dans lesquels œuvrent 14 % de la population active. Cette disparité s'explique par la présence beaucoup moins fréquente de produits chimiques dans le secteur tertiaire par rapport à ceux utilisés dans les procédés spécifiques au secteur manufacturier. À part les similitudes globales entre l'IMIS et le LIMS pour les secteurs prioritaires #1 et 2, la répartition des mesures entre les 2 banques est assez dissemblable, avec une faible corrélation entre les nombres de mesures par catégorie SAE de la CNESST. Ces écarts peuvent s'expliquer par l'adoption de priorités différentes par les gouvernements ou encore par la variation du tissu industriel.

Comme discuté ci-haut, le fait que les mesures présentes dans les BDEP correspondent à des agents dont les effets sur la santé sont connus limite leur utilité pour détecter de nouveaux problèmes. Elles peuvent néanmoins se révéler intéressantes pour identifier des secteurs d'activité dans lesquels ces agents sont présents. Pour comparer cette possibilité entre l'IMIS et le LIMS, et juger du potentiel de complémentarité des deux banques, l'équipe de recherche a tenté d'évaluer dans quelle mesure des contaminants étaient identifiés dans les mêmes secteurs d'activité.

Globalement, quelle que soit la direction des liens établis (IMIS vers LIMS ou LIMS vers IMIS), environ les deux tiers des secteurs d'activité pour lesquels des mesures ont été enregistrées étaient identifiés par les deux banques de données. Deux tendances claires ont été établies en plus de ce résultat global. D'une part, un déséquilibre dans la proportion de liens apparaissait lorsque le nombre de couples agent-secteur d'activité dans une banque était plus faible que dans l'autre : moins de couples dans une banque correspondait à une plus grande proportion de liens, ce qui apparaît logique sur le plan purement numérique. D'autre part, la proportion de liens était plus importante à partir du LIMS pour les métaux, et plus importante à partir de l'IMIS pour les solvants. Cette tendance découle probablement du déséquilibre entre le nombre de mesures pour ces deux familles chimiques dans les deux banques. La médiane de la variabilité

entre les agents individuels dans la comparaison était proche de zéro, et les valeurs extrêmes correspondaient encore à une différence importante du nombre de mesures entre l'IMIS et le LIMS.

À la connaissance des auteurs, cette analyse est la première du genre pour évaluer les capacités respectives d'identification de situation d'exposition dans deux BDEP. La seule étude recensée ayant porté sur une comparaison similaire est celle de Valiante, Richards et Kinsley (1992). Ces auteurs ont comparé la liste des codes USSIC identifiée par trois sources d'information différentes pour l'exposition à la silice : un registre des cas de silicose (code identifié selon la profession jugée associée à l'exposition), la banque IMIS, complétée par les données du secteur des mines, colligées par la Mine Safety and Health Agency (MSHA), (code identifié par au moins un résultat détecté dans un code USSIC) et l'étude NOES (Boiano et Hull, 2001; Sieber, Sundin, Frazier et Robinson, 1991), qui avait consisté en l'identification des produits présents dans un échantillon représentatif des industries américaines lors d'évaluations préliminaires par des hygiénistes industriels, sans prise de mesure. Sur les 204 codes SIC identifiés au total, 9 % étaient notés par les 3 sources, et 33 % par au moins deux. Les auteurs concluaient que les limites associées à chaque source rendaient essentielle leur utilisation conjointe pour l'établissement de priorités.

Il est également à noter que divers auteurs ont utilisé différents critères pour identifier des circonstances d'exposition potentielle à partir de BDEP. Dans le bilan des mesures du LIMS par Ostiguy *et al.* (2012), une industrie était mise en évidence si au moins 20 % des mesures dépassaient 50 % de la valeur réglementaire québécoise et qu'elle avait fait l'objet d'au moins 25 mesures. Dans le rapport de Labrèche *et al.* (2012), portant sur l'estimation des travailleurs exposés aux cancérrogènes au Québec, une exposition potentielle était retenue pour des industries comportant au moins 2 mesures au-dessus de 20 % de la norme réglementaire. Pour Valiante *et al.* (1992), une mesure détectée était suffisante. Il est clair que les critères sélectionnés dépendent de l'objectif de l'étude : p. ex., estimation d'exposition potentielle contre estimation de situations de surexposition. Le critère utilisé pour la présente étude (au moins 10 mesures détectées) correspond plutôt à l'identification de situations d'exposition sans égard à leur intensité. Il est intéressant de noter que des proportions similaires de lien entre l'IMIS et le LIMS ont été observées en restreignant l'analyse à des secteurs économiques comportant des situations de surexposition (au moins 10 mesures au-dessus de la TLV[®] recommandée par l'ACGIH).

Finalement, cette analyse a montré une correspondance pour la majorité des circonstances associées à une exposition dans les deux banques de données, mais la proportion de situations non liées démontre la nécessité de l'utilisation conjointe des deux banques pour la surveillance des expositions.

5.4 Comparaison des niveaux d'exposition

La comparaison des niveaux d'exposition a été limitée aux deux grandes familles des métaux et des solvants, qui représentent respectivement 82 % et 80 % des extraits du LIMS et de l'IMIS obtenus initialement. L'analyse a été conduite séparément pour les deux familles, qui se distinguaient entre les deux banques par leur abondance (plus de métaux dans l'IMIS contre plus de solvants dans le LIMS), et pour lesquelles les analyses préliminaires ont montré des

différences de niveaux d'exposition. Les résultats sur la comparaison quantitative de l'IMIS et du LIMS seront donc discutés séparément pour les métaux et les solvants.

La durée des mesures est également apparue comme un déterminant majeur des niveaux d'exposition à la fois dans le LIMS et dans l'IMIS. Alors que dans l'IMIS la séparation courte durée/longue durée est dichotomique et basée sur la réglementation, le LIMS contient des résultats analytiques auxquels est associée la durée de prélèvement en minutes. La littérature est abondante sur les liens entre la durée de la mesure et les niveaux d'exposition, alors que les mesures de courte durée sont systématiquement plus élevées que les mesures de longue durée. Ce phénomène a d'ailleurs été observé dans les banques IMIS (Lavoue *et al.*, 2013; Lavoue *et al.*, 2008; Sarazin *et al.*, 2016) et COLCHIC (Lavoue *et al.*, 2011; Mater, 2016). Il a également été rapporté pour des données mesurées au Québec lors de l'analyse des mesures relatives aux composés organiques volatils de la banque de données HYGIÈNE (Bégin, Gérin, Adib, Fournier et Deguire, 1995) dans le cadre d'un projet pilote financé par l'IRSST sur l'établissement d'une banque de données québécoises de mesures d'exposition (Lavoue *et al.*, 2012). Dans la présente recherche, toutes les comparaisons des mesures de longue durée entre l'IMIS et le LIMS étaient influencées par le choix du seuil de durée minimale pour le LIMS. Les résultats longue durée feront donc l'objet de discussions en considérant les seuils les plus contraignants utilisés pour cette analyse, soit > 240 min pour l'analyse descriptive et > 120 min pour l'analyse de modélisation (le critère de 240 min a été éliminé pour l'analyse de modélisation, car il limitait considérablement la taille de l'échantillon disponible). Soulignons ici que bien que les mesures de longue durée dans l'IMIS soient considérées comme représentatives d'un quart de travail complet, l'analyse conjointe de l'IMIS et de la banque *Chemical Exposure Health Data* (CEHD), qui contient les résultats d'analyses de laboratoire, a révélé qu'après regroupement des mesures séquentielles, les échantillons correspondaient à des durées d'environ 240 minutes pour les solvants (durée des échantillons individuels autour de 60 min) et 400 min pour les métaux (durée des échantillons individuels autour de 200 min). Le projet pilote de la BDEP québécoise mentionné précédemment avait permis d'étudier 5000 résultats de mesures issus du LIMS en les complétant par l'information provenant des rapports rédigés par les hygiénistes du RSPSAT. Après agglomération des mesures séquentielles, la durée médiane était de 240 min, passant à 410 min lorsque l'objectif rapporté était l'évaluation du quart complet. L'impossibilité de lier des échantillons séquentiels dans le LIMS et de calculer le résultat pondéré sur un quart de travail complet correspondant représente donc une limite à l'étude de ce facteur, et l'ajout d'une variable permettant ces regroupements constitue une recommandation majeure découlant des présents travaux.

Globalement, les analyses descriptives et de modélisation ont démontré que les niveaux d'exposition aux métaux étaient plus faibles dans l'IMIS que dans le LIMS, à la fois pour les mesures de courte durée et de longue durée, d'un facteur d'environ 2. La restriction s'appliquant aux analyses d'une durée plus élevée dans le LIMS, bien que réduisant modérément cette différence dans le cas de l'analyse descriptive, montrait la même tendance. Ces observations globales étaient valables pour la majorité des métaux étudiés. En ce qui a trait aux solvants, les analyses descriptives ont montré des niveaux de courte durée globalement similaires entre les deux banques, bien que des variations notables entre agents aient été observées. Pour les mesures de longue durée, la restriction visant les analyses aux seuils les plus contraignants suggère des niveaux légèrement plus élevés dans l'IMIS. Par contre, cette différence n'était pas mise en évidence pour certaines approches utilisées (c.-à-d. MdPr) ou pour certaines strates d'industries ou d'années. Globalement, des variations notables

entre les solvants étudiés étaient rapportées. Il est à noter que la proportion de non détectés était sensiblement plus élevée pour les métaux dans l'IMIS (62 % IMIS et 51 % LIMS), alors qu'elle était beaucoup plus élevée pour les solvants dans le LIMS (23 % IMIS et 44 % LIMS).

Il importe de mentionner que les mesures du LIMS incluent à la fois des mesures personnelles et des mesures de l'air ambiant, dans une proportion inconnue, ce qui pourrait possiblement contribuer aux différences observées entre les niveaux des deux banques (l'IMIS ne contient que des mesures personnelles). En effet, certaines études portant sur l'analyse d'agents chimiques de la banque française COLCHIC ont systématiquement conclu à des niveaux de mesures personnelles supérieurs à ceux estimés dans l'air ambiant de travail (Kauffer et Vincent, 2007; Lavoue, Vincent et Gerin, 2006; Vincent et Jeandel, 2001), bien que la situation inverse peut également se produire (mesures de l'air ambiant à proximité de la source d'émission). Dans l'éventualité où les mesures de l'air ambiant seraient systématiquement plus faibles, les niveaux d'exposition dans le LIMS sous-estimeraient l'exposition réelle pour les agents ayant fait l'objet d'une plus forte proportion de mesures de l'air ambiant. Il n'a pas été possible d'étudier cet aspect puisque cette information n'est pas disponible dans le LIMS. Lavoué *et al.* (2012) rapportaient 25 % de mesures de l'air ambiant dans le LIMS lors d'un projet pilote d'informatisation des données du RSPSAT.

Les résultats de nos analyses comparatives ont montré que l'ampleur des différences entre les niveaux d'exposition dans l'IMIS et le LIMS était du même ordre de grandeur, voire plus modeste, que celles recensées dans des études basées sur d'autres banques de données d'exposition. Par exemple, Olsen, Laursen et Vinzents (1991) ont comparé les mesures de la banque danoise ATABAS avec un ensemble de mesures d'exposition aux solvants prélevées dans des industries du meuble au Danemark. Les résultats ont révélé des niveaux d'exposition plus élevés dans ATABAS pour le toluène (médiane des niveaux d'exposition plus élevée d'un facteur 5 à 10). Vinzents, Carton, Fjeldstad, Rajan et Stamm (1995) ont comparé les mesures de xylène dans des établissements des secteurs de la peinture par pulvérisation et du travail du bois dans 5 BDEP européennes : ATABAS (Danemark), COLCHIC (France), EXPO (Norvège), MEGA (Allemagne) et NEDB (Royaume-Uni). Les résultats ont affiché des niveaux d'exposition plus élevés dans les trois banques constituées de données d'inspections de conformité à des normes environnementales (ATABAS, EXPO, NEDB) comparativement aux deux autres banques, constituées de données prises à des fins assurantielles (ratio des moyennes géométriques des niveaux = 4). Peters *et al.* (2011) ont comparé les mesures de silice cristalline dans une BDEP canadienne avec celles de plusieurs BDEP européennes : les niveaux étaient moins élevés dans les banques du nord de l'Europe, que dans celles du Royaume-Uni et du Canada (ratio maximal des moyennes géométriques de 4,5, observé entre les BDEP du Royaume-Uni et de l'Europe du Nord). Lavoue *et al.* (2011) ont rapporté des portraits globaux d'exposition au formaldéhyde similaires entre les banques IMIS et COLCHIC, malgré des milieux de travail et des profils industriels potentiellement très différents dans les deux pays. Finalement, Mater (2016) a comparé les résultats de deux BDEP françaises pour un ensemble d'agents chimiques entre 2007 et 2015, par l'approche de méta-analyse utilisée dans la présente étude. Les résultats ont montré des niveaux d'exposition plus élevés (par un facteur d'environ deux) dans la banque de prévention COLCHIC comparés à ceux de la banque de conformité réglementaire SCOLA pour l'année 2007, mais ils devenaient comparables pour les années plus récentes. Il est à noter que les résultats obtenus avec des agents spécifiques semblent généralement plus extrêmes par rapport aux approches de méta-analyse multiagents comme celle de Mater ou du présent travail.

Sarazin *et al.* (2016) ont également examiné, dans la banque IMIS, l'association entre les variables reflétant les caractéristiques des établissements visités et des inspections et les niveaux d'exposition pour 77 agents chimiques (90 % du contenu de la banque). Globalement, l'étude a montré la présence de différents mécanismes de sélection dans le processus conduisant à l'enregistrement d'une mesure d'exposition dans l'IMIS. Les niveaux d'exposition étaient généralement plus élevés lors des visites de suivi effectuées par les inspecteurs par rapport aux visites planifiées (par un facteur de 1,6), mais étaient similaires à ceux estimés entre les visites attribuables à des plaintes d'employés et les visites planifiées. Les niveaux mesurés dans les établissements avec un historique de non-conformité étaient également plus élevés que ceux mesurés dans les établissements conformes (facteur de 1,5). Finalement, Sarazin *et al.* (2018) ont examiné les mécanismes par lesquels les résultats d'échantillonnage sont enregistrés dans la banque IMIS en effectuant le croisement avec la banque de résultats d'analyse CEHD pour l'ensemble des agents chimiques communs aux deux banques. Les résultats de l'étude ont montré un taux d'enregistrement global de 38 % des données CEHD dans l'IMIS et que les résultats non détectés (particulièrement ceux mesurés sur un panel d'agents – p. ex. panel de métaux) étaient moins susceptibles d'être enregistrés dans l'IMIS (par un facteur de 1,7).

En résumé, l'information sur l'exposition contenue dans les deux banques était dans l'ensemble cohérente. La comparaison des niveaux entre les banques IMIS et LIMS a montré des différences modérées compte tenu de l'incertitude qui entoure tout effort d'évaluation de l'exposition professionnelle. Ces résultats ouvrent des perspectives pour de futures exploitations conjointes de données, renforçant ainsi la connaissance des expositions et la robustesse de l'information pour les substances communes aux deux banques. Dans une perspective de soutien à l'utilisation appropriée des données de l'IMIS et du LIMS, de nouvelles études sur des agents chimiques spécifiques devraient être réalisées afin d'explorer de façon détaillée les différences entre les deux banques.

5.5 Considérations méthodologiques

Plusieurs considérations limitent la portée des résultats rapportés dans cette recherche.

Une source majeure d'incertitude est liée à l'absence d'information sur les tâches et procédés industriels associés à chaque mesure, qui n'était documentée que par un code d'activité économique, sans précision sur la profession. Les différences observées entre les niveaux moyens calculés sans tenir compte de ces informations pourraient être causées par une distribution différentielle des mesures pour ces variables plutôt que refléter une différence réelle.

La difficulté de lier les activités économiques codées dans des classifications différentes pour chaque banque a représenté un obstacle majeur et une source additionnelle d'incertitude : l'existence de liens multiples dans la table de concordance CANSIC/USSIC constituait un facteur important de réduction du nombre de mesures disponibles pour la comparaison des niveaux d'exposition. En effet, bien que les extraits initiaux des banques IMIS et LIMS comptaient environ 500 000 mesures chacun, les comparaisons des niveaux d'exposition ont porté sur entre 50 000 et 100 000 mesures pour chaque banque en fonction des analyses. La problématique de la correspondance entre les classes d'activité économique est en grande partie responsable de cette restriction, puisque les systèmes CANSIC et USSIC permettaient de

relier respectivement 28 et 53 % des enregistrements, alors que les données du système SCIAN étaient disponibles pour respectivement 22 et 37 % des enregistrements de l'IMIS et du LIMS. Cette problématique a affecté dans une moindre mesure l'analyse de comparaison des couples agent-secteur d'activité grâce au développement d'une approche capable d'effectuer la liaison au moyen des liens multiples (un à plusieurs) des tables de concordance, avec finalement plus de 90 % des mesures détectées dans les extraits inclus dans l'analyse.

Ces éléments soulignent l'intérêt, pour les banques LIMS et IMIS, à contenir plus d'information associée à chaque enregistrement sous la forme de codes issus de plusieurs systèmes de classification des professions et d'activités économiques, ce qui faciliterait le lien avec d'autres BDEP, des données démographiques ou des registres des maladies. Dans un projet pilote sur la création d'une banque de données québécoise à partir des données du RSPSAT, Lavoué *et al.* (2012) ont utilisé six systèmes de classification (trois pour les professions et trois pour les industries) permettant d'établir des liens avec des sources canadiennes, nord-américaines et internationales. Cet effort, destiné à rendre transposables des systèmes d'information sur l'exposition, a aussi été observé dans deux matrices emploi-exposition récentes, les systèmes CANJEM⁴ de l'Université de Montréal (codé selon trois classifications de couples profession-secteur d'activité) et Matgéné⁵ de l'Institut national de veille sanitaire en France (codé selon deux classifications de couples profession-secteur d'activité).

Il faut également souligner que les analyses de la présente étude sont limitées par les systèmes de codification utilisés, qui n'ont pas été conçus pour représenter des situations d'exposition, mais plutôt des catégories d'activité économique à des fins administratives et statistiques, parfois sans lien évident avec l'exposition. L'attribution des codes est en elle-même une tâche ardue, sujette à des erreurs. Dans un article récent, Remen, Richardson et Pilorget (sous presse)⁶ ont rapporté un taux d'accord d'environ 60 % entre deux experts codeurs pour le classement de secteurs d'activité économique, soit un taux similaire à ceux issus de la littérature existante. Ce taux représente probablement une surestimation de la qualité plausible du codage dans les BDEP, pour lesquelles cette attribution est une tâche secondaire réalisée par des non-spécialistes. Les erreurs de codage probables dans l'IMIS et dans le LIMS ont sans doute causé une sous-estimation de la correspondance réelle entre les secteurs d'activités identifiés par le LIMS et ceux de l'IMIS.

L'absence d'information du LIMS sur la durée du prélèvement pour la période antérieure à 1994 a encore considérablement réduit le nombre d'enregistrements disponibles si bien que 64 % des enregistrements du LIMS et 44 % de ceux de l'IMIS correspondaient à la période récente. Bien que le nombre limité d'enregistrements finalement inclus dans la comparaison soit assez faible compte tenu des extraits initiaux, le même genre de restrictions caractérise les rapports de Ostiguy *et al.* (2012) et de Mater *et al.* (2016). Malgré qu'elles soient motivées par la volonté de n'inclure que des enregistrements comparables et pertinents dans l'analyse, ces contraintes limitent l'extrapolation des observations à l'ensemble des deux banques, puisqu'environ 20 des 49 agents considérés initialement ont pu être inclus dans les comparaisons sur les niveaux d'exposition.

⁴ <http://www.canjem.ca>

⁵ <http://exppro.santepubliquefrance.fr/exppro/matgene>

⁶ *Development of a coding and crosswalk tool for occupations and industries*; Remen T, Richardson L, Pilorget C, Palmer G, Siemiatycki J, Lavoue J.

Une limite de cette recherche est associée au nombre multiple d'agents présents dans les BDEP IMIS et LIMS. L'inclusion de l'ensemble des enregistrements pour les agents communs constitue une force indéniable puisqu'elle permet de tirer un portrait global représentatif de l'ensemble de ces deux systèmes d'information. Cependant, il est irréaliste d'étudier en détail les résultats spécifiques à chaque agent. Lors de la comparaison des secteurs d'activité économique couverts, des listes exhaustives des secteurs communs ou exclusifs n'ont pas été élaborées pour tenter d'expliquer chaque différence, car plusieurs centaines de couples agent-secteur d'activité auraient alors dû être présentés. De même pour la comparaison quantitative des niveaux d'exposition, aucune interprétation de chaque résultat individuel par agent/secteur d'activité n'a été tentée; seules les tendances globales ou par famille d'agents ont été présentées.

La gestion des mesures rapportées sous la limite de quantification mérite quelques remarques. Ces mesures représentent presque la moitié des enregistrements des deux banques, bien qu'aucune d'elles ne documente ces résultats adéquatement, c'est-à-dire en indiquant pour chaque mesure non détectée la limite de quantification exprimée en concentration dans l'air. Pendant plusieurs mois, un stagiaire, un agent de recherche et un hygiéniste du travail se sont investis dans l'élaboration des matrices fournissant une LQ pour chaque combinaison possible d'agent, de méthode d'analyse, de durée de prélèvement, d'année et de banque de données, en utilisant une approche empirique et une approche basée sur les méthodes analytiques historiques de l'OSHA et de l'IRSST. Les comparaisons effectuées entre les différentes approches ont fait ressortir leurs limites respectives et les nombreux postulats émis, et, bien que les constats effectués dans ce projet puissent être partagés avec la communauté scientifique, il faut encourager les gestionnaires des systèmes IMIS et LIMS à associer la LQ correspondante à chaque enregistrement non détecté. Durant la dernière décennie, la problématique posée par l'interprétation de ce type de résultats a occupé une place grandissante dans la littérature en matière d'hygiène du travail (Helsel, 2010; Ogden, 2010), et plusieurs approches méthodologiques, dont celles utilisées dans cette recherche, ont été présentées. Toutes les approches actuelles nécessitent de connaître les valeurs des limites de quantification associées à chaque mesure non détectée.

La comparaison entre les niveaux d'exposition aux agents chimiques dans l'IMIS et dans le LIMS a été réalisée à partir d'approches descriptives et de modèles statistiques de régression multiple (Burstyn et Teschke, 1999; Hamm et Burstyn, 2011; Lavoue *et al.*, 2008; Lee *et al.*, 2015; Sauve *et al.*, 2013). Les approches descriptives permettaient l'inclusion de plus d'agents chimiques, mais ne permettaient pas d'apprécier l'influence d'autres facteurs sur les niveaux d'exposition. La modélisation TOBIT permettait l'analyse des niveaux quantitatifs, mais nécessitait l'attribution d'une LQ à l'ensemble des données non détectées de l'IMIS et du LIMS. La modélisation logistique permettait quant à elle d'éviter le problème de l'attribution des LQ, mais nécessitait une dichotomisation des niveaux d'exposition en fonction du seuil de la TLV[®], ce qui entraînait une perte d'information relative à l'ampleur des niveaux d'exposition. La stratégie utilisée dans la présente recherche, qui consistait à comparer les données de l'IMIS et celles du LIMS selon plusieurs approches, est particulièrement d'intérêt puisqu'elle permet de vérifier si les résultats obtenus sont cohérents, indépendamment des problèmes méthodologiques associés à chaque approche. Dans cette étude, les différences entre les banques étaient similaires, quelle que soit l'approche comparative utilisée, ce qui renforce ses conclusions. Même si les tendances allaient dans les mêmes directions, il reste complexe d'évaluer si les ratios de médianes (rM), les différences de proportions > TLV[®] (dPr), les ratios

de moyennes géométriques et les rapports de cotes (RC) rapportés pour les approches descriptives et de modélisation correspondaient à des différences quantitatives d'ampleur similaire. En effet, ces indices mesurent des quantités différentes. À titre d'illustration, un rapport de cote IMIS/LIMS de 2,0 correspond à une différence de proportions de dépassement de la TLV[®] d'environ 5 % pour une proportion de dépassement dans le LIMS égale à 5 %.

Il faut aussi souligner une limite à l'interprétation des proportions de valeurs dépassant la TLV[®]. Cette proportion ne peut pas être interprétée formellement comme découlant d'une situation de non-conformité aux recommandations de l'ACGIH. En effet, d'une part, les TLV[®] correspondant aux années propres à chaque mesure n'ont pas été utilisées et, d'autre part, la même valeur de TLV[®] (celle pondérée sur 8 heures), quelle que soit la durée de la mesure, a été exploitée. Finalement les informations accompagnant les mesures du LIMS ne permettent pas de savoir lesquelles pourraient être formellement comparées à une valeur limite d'exposition ou lesquelles pourraient être agrégées pour y parvenir. Les calculs de cette proportion dans la présente recherche visaient à permettre la comparaison des niveaux d'exposition dans les deux banques en évitant l'écueil du traitement des valeurs non quantifiées. Ils fournissent une indication sur la quantité de mesures dépassant un seuil, mais ne peuvent être directement reliés au risque pour la santé des travailleurs.

Finalement, comme mentionné ci-haut, les mesures enregistrées dans l'IMIS ou dans le LIMS ne peuvent pas être supposées par défaut comme étant représentatives des expositions subies par l'ensemble des travailleurs québécois, car la couverture des secteurs d'activité n'est pas semblablement documentée, tant entre les secteurs à l'intérieur d'une même banque, que pour les mêmes secteurs entre les deux banques. Plusieurs questions ont aussi été soulevées quant à la fiabilité des informations provenant des BDEP. Parmi les facteurs ayant un impact sur la représentativité, l'exactitude et la fiabilité des résultats de mesure, il faut minimalement souligner la raison justifiant la prise de mesures, la structure industrielle du pays ou de la région concernée, ainsi que les normes et les politiques gouvernementales en vigueur dans le domaine de la santé et de la sécurité du travail. En effet, les mesures peuvent avoir été effectuées pour une grande variété de motifs, incluant des visites exploratoires, des visites d'inspection au regard de la conformité aux normes ou de l'émission d'avis de correction ou de dérogation, des visites de suivi de situations problématiques, des plaintes ou des constats de maladie. Les secteurs d'activité et les professions représentées sont assurément influencés par la structure des secteurs d'activité propres aux deux banques (p. ex., pour des secteurs associés au climat comme l'agriculture et la pêche) et reflètent probablement davantage des priorités gouvernementales que la distribution réelle des facteurs de risque. En l'absence d'étalon statistique avec lequel des comparaisons des contenus du LIMS et de l'IMIS pourraient être réalisées, l'observation d'une relative comparabilité des deux banques sur le plan de la couverture des industries, des agents mesurés et des niveaux d'exposition, est néanmoins rassurante.

5.6 Recommandations

Pour les gestionnaires de banques de données d'exposition professionnelle :

- l'ajout dans le LIMS d'une variable permettant le regroupement d'échantillons correspondant à un poste de travail à l'intérieur d'une journée de travail;

- l'ajout des limites de détection et de quantification applicables à chaque enregistrement;
- l'utilisation de plusieurs systèmes de classification des secteurs d'activités et professions pour faciliter les liens avec d'autres sources d'information;
- l'ajout d'informations contextuelles facilitant l'interprétation des mesures conformément aux recommandations internationales existantes depuis les années 1990.

Pour les utilisateurs (chercheurs et instituts de surveillance) :

- considérer systématiquement une utilisation complémentaire des banques LIMS et IMIS comme sources d'information sur les expositions professionnelles en Amérique du Nord;
- comparer en détail les portraits dressés à partir des deux banques séparément, avant leur synthèse, lors de projets centrés sur des circonstances particulières en termes d'agent ou de secteur d'activité économique;
- lors de ces comparaisons, prendre en compte les facteurs démontrés importants lors des analyses globales réalisées dans le cadre de cette recherche ou dans d'autres publications (p. ex. la durée de la mesure).

6. CONCLUSION

De nombreuses et essentielles activités de prévention des maladies professionnelles reposent sur la disponibilité de sources fiables d'information sur les niveaux d'exposition à des substances ou à des agents chimiques en milieu de travail. À cet égard, les banques de données d'exposition nationales semblent offrir un potentiel important, mais leur utilisation est encore limitée par des questions sur la représentativité de leur contenu, accentuée par le manque d'information contextuelle accompagnant les mesures. La présente étude révèle que, de manière générale, le LIMS de l'IRSST et la banque réglementaire IMIS aux États-Unis dressent un portrait cohérent et complémentaire des expositions professionnelles aux agents inclus dans l'analyse. Les résultats suggèrent donc l'utilisation combinée des deux sources de données pour des projets d'évaluation de l'exposition futurs. Les limites principales associées au LIMS concernent le manque d'information contextuelle et soulignent la priorité qui doit être apportée à la création d'une véritable banque de données d'exposition professionnelle québécoise. Comme suggéré durant le projet pilote de Lavoué *et al.* (2012), une telle banque pourrait être créée en combinant les résultats analytiques du LIMS et les informations sur les circonstances d'exposition disponibles dans les rapports du RSPSAT, permettant de valoriser une ressource unique dont s'est doté le Québec depuis les années 1980. Finalement, malgré les résultats somme toute rassurants de cette recherche, des interrogations demeurent quant à la représentativité des banques LIMS et IMIS par rapport à la population générale. Quelles que soient les questions posées, il est indéniable que les masses de données disponibles dans ces banques sont susceptibles d'être exploitées de façon croissante. Il est donc important d'encourager les recherches évaluatives visant à mieux en caractériser les biais potentiels, tout en gardant à l'esprit qu'il existe bien peu d'autres sources d'information. Cette étude brosse un portrait synthétique qui formera un point de référence utile pour de futurs travaux portant sur des agents spécifiques et qui pourront inclure dans leur interprétation des connaissances pertinentes à une substance particulière.

BIBLIOGRAPHIE

- ACGIH. (2017). *2017 TLVs and BEIs*. Cincinnati, États-Unis: ACGIH.
- AQHSST. (2004). *Manuel d'hygiène du travail - Du diagnostic à la maîtrise des facteurs de risque*. Montréal, QC: Modulo-Griffon.
- Bégin, D., Gérin, M., Adib, G., Fournier, C. et Deguire, L. (1995). Development of an Occupational Exposure Data Bank on the Territory of a Department of Community Health in Montreal. *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, 10, 355-360.
- Boiano, J. M. et Hull, R. D. (2001). Development of a National Occupational Exposure Survey and Database associated with NIOSH hazard surveillance initiatives. *Appl Occup Environ Hyg*, 16(2), 128-134. doi: 10.1080/104732201460217
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. et Rothstein, H. R. (2010). A basic introduction to fixed-effect and random-effects models for meta-analysis. *Research synthesis methods*, (1), 97-111.
- Bureau de la statistique du Québec. (1984). *Classification des activités économiques du Québec 1984*. Montréal, QC: Bureau de la statistique du Québec
- Burstyn, I. et Teschke, K. (1999). Studying the determinants of exposure: A review of methods. *Am Ind Hyg Assoc J*, 60(1), 57-72. doi: 10.1080/00028899908984423
- Clerc, F., Bertrand, N. et Vincent, R. (2014). TEXAS: A Tool for EXposure ASsessment-Statistical Models for Estimating Occupational Exposure to Chemical Agents. *Ann Occup Hyg*. doi: 10.1093/annhyg/meu094
- Cowan, D. M., Cheng, T. J., Ground, M., Sahmel, J., Varughese, A. et Madl, A. K. (2015). Analysis of workplace compliance measurements of asbestos by the U.S. Occupational Safety and Health Administration (1984-2011). *Regul Toxicol Pharmacol*, 72(3), 615-629. doi: 10.1016/j.yrtph.2015.05.002
- Friesen, M. C., Coble, J. B., Lu, W., Shu, X. O., Ji, B. T., Xue, S., ... Vermeulen, R. (2012). Combining a job-exposure matrix with exposure measurements to assess occupational exposure to benzene in a population cohort in shanghai, china. *Ann Occup Hyg*, 56(1), 80-91. doi: 10.1093/annhyg/mer080
- Hall, A. L., Peters, C. E., Demers, P. A. et Davies, H. W. (2014). Exposed! Or not? The diminishing record of workplace exposure in Canada. *Can J Public Health*, 105(3), e214-217.
- Hamm, M. P. et Burstyn, I. (2011). Estimating occupational beryllium exposure from compliance monitoring data. *Arch Environ Occup Health*, 66(2), 75-86. doi: 10.1080/19338244.2010.511309
- Helsel, D. (2005). *Non detects and data analysis - Statistics for censored environmental data*. Californie, États-Unis: Wiley.
- Helsel, D. (2010). Much ado about next to nothing: incorporating nondetects in science. *Ann Occup Hyg*, 54(3), 257-262. doi: 10.1093/annhyg/mep092
- Henn, S. A., Sussell, A. L., Li, J., Shire, J. D., Alarcon, W. A. et Tak, S. (2011). Characterization of lead in US workplaces using data from OSHA's integrated management information system. *Am J Ind Med*, 54(5), 356-365. doi: 10.1002/ajim.20926
- Hewett, P., Logan, P., Mulhausen, J., Ramachandran, G. et Banerjee, S. (2006). Rating exposure control using Bayesian decision analysis. *J Occup Environ Hyg*, 3(10), 568-581. doi: 10.1080/15459620600914641
- Hosmer, D. et Lemeshow, S. (2000). *Applied Logistic Regression, Second Edition*. États-Unis: John Wiley & Sons, Inc.

- INRS. (2015a). Base de données Fibrex. Tiré de <http://www.inrs.fr/publications/bdd/fibrex.html>
- INRS. (2015b). SOLVEX. Tiré de [http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/Rubrique9g/\\$FILE/visu.html](http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/Rubrique9g/$FILE/visu.html)
- Kauffer, E. et Vincent, R. (2007). Occupational exposure to mineral fibres: analysis of results stored on colchic database. *Ann Occup Hyg*, 51(2), 131-142. doi: 10.1093/annhyg/mel063
- Kauppinen, T., Toikkanen, J., Pedersen, D., Young, R., Ahrens, W., Boffetta, P., ...Kogevinas, M. (2000). Occupational exposure to carcinogens in the European Union. *Occup Environ Med*, 57(1), 10-18.
- Koppisch, D., Schinkel, J., Gabriel, S., Fransman, W. et Tielemans, E. (2012). Use of the MEGA exposure database for the validation of the Stoffenmanager model. *Ann Occup Hyg*, 56(4), 426-439. doi: 10.1093/annhyg/mer097
- Labrèche, F., Duguay, P., Ostiguy, C., Goyer, N., Boucher, A., Roberge, B. et Baril, M. (2012). *Substances cancérigènes - Portrait de l'exposition des travailleurs québécois* (Rapport n° R-732). Montréal, QC: IRSST.
- Lavoue, J., Friesen, M. C. et Burstyn, I. (2013). Workplace measurements by the US Occupational Safety and Health Administration since 1979: Descriptive analysis and potential uses for exposure assessment. *Ann Occup Hyg*, 57(1), 77-97. doi: 10.1093/annhyg/mes055
- Lavoué, J., Gérin, M., Bégin, D., Ostiguy, C., Arcand, R. et Adib, G. (2012). *Valorisation des données d'exposition professionnelle mesurées au Québec depuis 1980 par les équipes du Réseau public québécois en santé au travail - Étude préliminaire* (Rapport n° R-723). Montréal, QC: IRSST.
- Lavoue, J., Gerin, M. et Vincent, R. (2011). Comparison of formaldehyde exposure levels in two multi-industry occupational exposure databanks using multimodel inference. *J Occup Environ Hyg*, 8(1), 38-48. doi: 10.1080/15459624.2010.515553
- Lavoue, J., Sauve, J. F. et Sarazin, P. (2014). *Quebexpo: Prospects for the creation of an occupational exposure database in Québec*. Communication présentée à CARWH, Saskatoon, SK.
- Lavoue, J., Vincent, R. et Gerin, M. (2006). Statistical modelling of formaldehyde occupational exposure levels in French industries, 1986-2003. *Ann Occup Hyg*, 50(3), 305-321. doi: 10.1093/annhyg/mei068
- Lavoue, J., Vincent, R. et Gerin, M. (2008). Formaldehyde exposure in U.S. industries from OSHA air sampling data. *J Occup Environ Hyg*, 5(9), 575-587. doi: 10.1080/15459620802275023
- Lee, D., Lavoue, J., Spinelli, J. et Burstyn, I. (2015). Statistical modeling of occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons using OSHA data. *J Occup Environ Hyg* 1-14. doi: 10.1080/15459624.2015.1043049
- Linch, K. D., Miller, W. E., Althouse, R. B., Groce, D. W. et Hale, J. M. (1998). Surveillance of respirable crystalline silica dust using OSHA compliance data (1979-1995). *Am J Ind Med*, 34(6), 547-558.
- Lippmann, M. (1995). Exposure Data Needs in Risk Assessment and Risk Management: Database Information Needs. *Appl Occup Environ Hyg*, 10(4), 244-250.
- Lubin, J. H., Colt, J. S., Camann, D., Davis, S., Cerhan, J. R., Severson, R. K., ... Hartge, P. (2004). Epidemiologic evaluation of measurement data in the presence of detection limits. *Environ Health Perspect*, 112(17), 1691-1696.

- Mater, G. (2016). *Caractérisation des mesures d'exposition à des produits chimiques dans les bases de données françaises COLCHIC et SCOLA pour la prévention des maladies professionnelles*. (Thèse de doctorat, Université de Lorraine, Lorraine, France).
- Mater, G., Paris, C. et Lavoue, J. (2016). Descriptive analysis and comparison of two French occupational exposure databases: COLCHIC and SCOLA. *Am J Ind Med*. doi: 10.1002/ajim.22569
- Melville, R. et Lippmann, M. (2001). Influence of data elements in OSHA air sampling database on occupational exposure levels. *Appl Occup Environ Hyg*, 16, 884-899.
- Ogden, T. L. (2010). Handling results below the level of detection. *Ann Occup Hyg*, 54(3), 255-256. doi: 10.1093/annhyg/mep099
- Okun, A., Cooper, G., Bailer, A. J., Bena, J. et Stayner, L. (2004). Trends in occupational lead exposure since the 1978 OSHA lead standard. *Am J Ind Med*, 45(6), 558-572. doi: 10.1002/ajim.20008
- Olsen, E., Laursen, B. et Vinzents, P. S. (1991). Bias and random errors in historical data of exposure to organic solvents. *Am Ind Hyg Assoc J*, 52(5), 204-211. doi: 10.1080/15298669191364604
- Olsson, A. C., Gustavsson, P., Kromhout, H., Peters, S., Vermeulen, R., Bruske, I., ... Straif, K. (2011). Exposure to diesel motor exhaust and lung cancer risk in a pooled analysis from case-control studies in Europe and Canada. *Am J Respir Crit Care Med*, 183(7), 941-948. doi: 10.1164/rccm.201006-0940OC
- OSHA. (2014). SIC Manual - detailed information for a specified SIC, Division, or Major Group. Tiré de <https://www.osha.gov/oshstats/index.html>
- Ostiguy, C., Cordeiro, R., Bensimon, G. et Baril, M. (2011). *Portrait de l'exposition professionnelle au plomb au Québec et niveaux de plombémie de janvier 2001 à décembre 2008* (Rapport n° R-713). Montréal, QC: IRSST.
- Ostiguy, C., Morin, S., Bensimon, G. et Baril, M. (2012). *Résultats des analyses de substances chimiques produites à l'IRSST pour chaque région administrative du ministère de la Santé et des Services sociaux pour la période 2001-2008* (Rapport n° R-731). Montréal, QC: IRSST.
- Persson, T. et Rootzen, H. (1977). Simple and Highly Efficient Estimators for a Type I Censored Normal Sample. *Biometrika*, 64(1), 123-128.
- Pesch, B., Kendzia, B., Hauptmann, K., Van Gelder, R., Stamm, R., Hahn, J. U., ... Bruning, T. (2015). Airborne exposure to inhalable hexavalent chromium in welders and other occupations: Estimates from the German MEGA database. *Int J Hyg Environ Health*. doi: 10.1016/j.ijheh.2015.04.004
- Peters, S., Kromhout, H., Olsson, A. C., Wichmann, H. E., Bruske, I., Consonni, D., ... Vermeulen, R. (2012). Occupational exposure to organic dust increases lung cancer risk in the general population. *Thorax*, 67(2), 111-116. doi: 10.1136/thoraxjnl-2011-200716
- Peters, S., Vermeulen, R., Portengen, L., Olsson, A., Kendzia, B., Vincent, R., ... Kromhout, H. (2011). Modelling of occupational respirable crystalline silica exposure for quantitative exposure assessment in community-based case-control studies. *J Environ Monit*, 13(11), 3262-3268. doi: 10.1039/c1em10628g
- Rajan, B., Alesbury, R., Carton, B. et Gerin, M. (1997). European proposal for core information for the storage and exchange of workplace exposure measurements on chemical agents. *Appl Occup Environ Hyg*, 12 31-39.
- Sarazin, P. (2016). *Caractérisation des mesures d'exposition recueillies par l'agence fédérale américaine OSHA pour l'estimation des expositions professionnelles en Amérique du*

- Nord*. (Thèse de doctorat, Université de Montréal, Montréal, QC). Tiré de <http://hdl.handle.net/1866/18583>
- Sarazin, P., Burstyn, I., Kincl, L., Friesen, M. C. et Lavoue, J. (2018). Characterization of the Selective Recording of Workplace Exposure Measurements into OSHA's IMIS Databank. *Ann Work Expo Health*, 62(3), 269-280. doi: 10.1093/annweh/wxy003
- Sarazin, P., Burstyn, I., Kincl, L. et Lavoue, J. (2016). Trends in OSHA Compliance Monitoring Data 1979-2011: Statistical Modeling of Ancillary Information across 77 Chemicals. *Ann Occup Hyg*, 60(4), 432-452. doi: 10.1093/annhyg/mev092
- Sauve, J. F., Beaudry, C., Begin, D., Dion, C., Gerin, M. et Lavoue, J. (2013). Silica exposure during construction activities: Statistical modeling of task-based measurements from the literature. *Ann Occup Hyg*, 57(4), 432-443. doi: 10.1093/annhyg/mes089
- Scarselli, A., Binazzi, A. et Di Marzio, D. (2011). Occupational exposure levels to benzene in Italy: Findings from a national database. *Int Arch Occup Environ Health*, 84(6), 617-625. doi: 10.1007/s00420-011-0616-9
- Scarselli, A., Binazzi, A., Marzio, D. D., Marinaccio, A. et Iavicoli, S. (2012). Hexavalent chromium compounds in the workplace: Assessing the extent and magnitude of occupational exposure in Italy. *J Occup Environ Hyg*, 9(6), 398-407. doi: 10.1080/15459624.2012.682216
- Scarselli, A., Corfiati, M. et Marzio, D. (2016). *Level and extent of occupational exposure to formaldehyde in the Italian industrial sectors*. Communication présentée à International Society for Environmental Epidemiology, Rome, Italy. Tiré de <https://ehp.niehs.nih.gov/isee/2016-p3-225-3178/>
- Scarselli, A., Di Marzio, D., Marinaccio, A. et Iavicoli, S. (2013). Assessment of work-related exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in Italy. *Am J Ind Med*, 56(8), 897-906. doi: 10.1002/ajim.22172
- Scarselli, A., Montaruli, C. et Marinaccio, A. (2007). The Italian information system on occupational exposure to carcinogens (SIREP): Structure, contents and future perspectives. *Ann Occup Hyg*, 51(5), 471-478. doi: 10.1093/annhyg/mem022
- Sieber, W. K., Jr., Sundin, D. S., Frazier, T. M. et Robinson, C. F. (1991). Development, use, and availability of a job exposure matrix based on national occupational hazard survey data. *Am J Ind Med*, 20(2), 163-174.
- Sottas, P. E., Lavoue, J., Bruzzi, R., Vernez, D., Charriere, N. et Droz, P. O. (2009). An empirical hierarchical Bayesian unification of occupational exposure assessment methods. *Stat Med*, 28(1), 75-93. doi: 10.1002/sim.3411
- Stamm, R. (2001). MEGA-database: One million data since 1972. *Appl Occup Environ Hyg*, 16(2), 159-163. doi: 10.1080/104732201460262
- Statistique Canada. (2002). *Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) - Canada 1997*. Ottawa, ON: Statistique Canada, Division des normes
- Teschke, K., Olshan, A. F., Daniels, J. L., De Roos, A. J., Parks, C. G., Schulz, M. et Vaughan, T. L. (2002). Occupational exposure assessment in case-control studies: opportunities for improvement. *Occup Environ Med*, 59(9), 575-593; discussion 594.
- Therneau, T. M. et Lumley, T. (2016). *survival: Survival Analysis*. Tiré de <https://cran.r-project.org/web/packages/survival/index.html>
- Tielemans, E., Warren, N., Fransman, W., Van Tongeren, M., McNally, K., Tischer, M., ... Cherrie, J. W. (2011). Advanced REACH Tool (ART): Overview of version 1.0 and research needs. *Ann Occup Hyg*, 55(9), 949-956. doi: 10.1093/annhyg/mer094

- Valiante, D. J., Richards, T. B. et Kinsley, K. B. (1992). Silicosis surveillance in New Jersey: Targeting workplaces using occupational disease and exposure surveillance data. *Am J Ind Med*, 21(4), 517-526.
- Van Tongeren, M., Jimenez, A. S., Hutchings, S. J., MacCalman, L., Rushton, L. et Cherrie, J. W. (2012). Occupational cancer in Britain. Exposure assessment methodology. *Br J Cancer*, 107 Suppl 1 S18-26. doi: 10.1038/bjc.2012.114
- Viechtbauer, W. (2014). Meta-Analysis Package for R. Tiré de <http://cran.r-project.org/web/packages/metafor/index.html>
- Vincent, R. et Jeandel, B. (2001). COLCHIC-occupational exposure to chemical agents database: Current content and development perspectives. *Appl Occup Environ Hyg*, 16(2), 115-121. doi: 10.1080/104732201460190
- Vinzents, P., Carton, B., Fjeldstad, P., Rajan, B. et Stamm, R. (1995). Comparison of Exposure Measurements Stored in European Databases on Occupational Air Pollutants and Definition of Core Information. *Appl Occup Environ Hyg*, 10(4), 351-354.
- Yassin, A., Yebesi, F. et Tingle, R. (2005). Occupational exposure to crystalline silica dust in the United States, 1988-2003. *Environ Health Perspect*, 113(3), 255-260.

ANNEXE A : LISTE DES AGENTS ANALYSÉS POUR LA COMPARAISON IMIS–LIMS

Tableau 12 : Liste des agents analysés pour la comparaison IMIS–LIMS

	Nom dans le projet	Nom initial dans le LIMS	Nom initial dans l'IMIS
1	2-Butanone	Méthyl éthyl cétone	2-Butanone
2	2-Butoxyethanol	Butoxy-2 éthanol	2-Butoxyethanol
3	2,4'-TDI	TDI-2,4	2,4'-TDI
4	2,6'-TDI	TDI-2,6	2,6'-TDI
5	4,4'-MDI	MDI	4,4'-MDI
6	Acetone	Acétone	Acetone
7	Ammonia	Ammoniac	Ammonia
8	Antimony	Antimoine	Antimony
9	Benzene	Benzène	Benzene
10	Beryllium	Béryllium	Beryllium
11	Cadmium	Cadmium (en Cd)	Cadmium dust Cadmium fume Cadmium (Twa)
12	Chlorine	Chlore	Chlorine
13	Chromium	Chrome (en Cr)	Chromium
14	Cobalt	Cobalt (en Co)	Cobalt
15	Copper	Cuivre (en Cu)	Copper dusts Copper fume
16	Ethylacetate	Acétate d'éthyle	Ethyl acetate
17	Ethylalcohol	Alcool éthylique	Ethyl alcohol
18	Ethylbenzene	Éthylbenzene	Ethyl benzene
19	Ethyleneoxide	Oxyde d'éthylène	Ethylene oxide
20	Formaldehyde	Formaldéhyde	Formaldehyde
21	HDI	HDI	HDI
22	Hexane	Hexane normal	Hexane
23	Hexone	Méthyl isobutyl cétone	Hexone
24	Iron	Fer (en Fe)	Iron oxide fume
25	Isopropylalcohol	Alcool isopropylique	Isopropyl Alcohol
26	Lead	Plomb (en Pb)	Lead, inorganic
27	Manganese	Manganèse (en Mn)	Manganese fume

	Nom dans le projet	Nom initial dans le LIMS	Nom initial dans l'IMIS
28	Methylalcohol	Alcool méthylique	Methyl alcohol
29	Methylchloroform	Trichloro-1,1,1 éthane	Methyl Chloroform
30	Methylenechloride	Chlorure de méthylène	Methylene Chloride
31	Molybdenum	Molybdène	Molybdenum
32	n-Butylacetate	Acétate de butyle normal	N-Butyl Acetate
33	n-Butylalcohol	Alcool butylique normal	N-Butyl alcohol
34	Nickel	Nickel (en Ni)	Nickel
35	Nitricacid	Acide nitrique	Nitric acid
36	Phenol	Phénol	Phenol
37	Silica,quartz	Quartz, silice cristalline	Silica, quartz
38	Silver	Argent (en Ag)	Silver
39	Stoddardsolvent	Solvant Stoddard	Stoddard Solvent
40	Styrene	Styrène (monomère)	Styrene
41	Sulfuricacid	Acide sulfurique	Sulfuric acid
42	Tetrachloroethylene	Perchloroéthylène	Tetrachloroethylene
43	Tin	Étain	Tin
44	Toluene	Toluène	Toluene
45	Trichloroethylene	Trichloroéthylène	Trichloroethylene
46	Vanadium	Vanadium (en V)	Vanadium Fume
47	Vinylchloride	Chlorure de vinyle (monomère)	Vinyl chloride
48	Xylene	Xylènes (isomères o,m,p)	Xylene
49	Zinc	Zinc (en Zn)	Zinc oxide fume

ANNEXE B : RÉSULTATS PAR AGENT POUR LA COMPARAISON DES SECTEURS D'ACTIVITÉ ASSOCIÉS À DES MESURES ENREGISTRÉES DANS L'IMIS ET LE LIMS

Tableau 13 : Proportions des couples agent-secteur d'activité dans le LIMS se retrouvant également dans l'IMIS, stratifiées par agent chimique (mesures détectées)

Strate	Nombre de couples agent-CANSIC valides dans le LIMS	Couple agent-CANSIC du LIMS liés à l'IMIS	
		Nombre	Proportion (%)
Toluène	176	132	75,0
Xylène	127	90	70,9
Acétone	106	64	60,4
2-butanone	100	70	70,0
Isopropanol	83	49	59,0
Solvant Stoddard	68	31	45,6
Méthylisobutyl cétone	65	43	66,2
Chlorure de méthylène	62	44	71,0
Hexane	45	19	42,2
Acétate d'éthyle	45	7	15,6
Éthanol	44	10	22,7
Acétate de butyle	42	33	78,6
Méthanol	42	11	26,2
Butanol	34	9	26,5
Trichloroéthylène	32	12	37,5
Éthylbenzène	26	18	69,2
1,1,1 trichloroéthane	24	13	54,2
Tetrachloroéthylène	19	9	47,4
2-butoxyéthanol	18	9	50,0
Fer	99	74	74,7
Manganèse	96	69	71,9
Zinc	63	46	73,0
Cuivre	60	49	81,7
Plomb	55	48	87,3
Chrome	43	30	69,8
Nickel	40	26	65,0

Strate	Nombre de couples agent-CANSIC valides dans le LIMS	Couple agent-CANSIC du LIMS liés à l'IMIS	
		Nombre	Proportion (%)
Béryllium	32	16	50,0
Cobalt	24	13	54,2
Cadmium	10	6	60,0
Formaldéhyde	52	41	78,8
Ammoniac	22	13	59,1
HDI	29	11	37,9
4,4'-MDI	23	15	65,2
2,4'-TDI	9	6	66,7
Silice cristalline	83	55	66,3
Styrène	50	33	66,0

Tableau 14 : Proportions des couples agent-secteur d'activité dans l'IMIS se retrouvant également dans le LIMS, stratifiées par agent chimique (mesures détectées)

Strate	Nombre de couples agent-USSIC valides dans l'IMIS	Couple agent-USSIC de l'IMIS liés au LIMS	
		Nombre	Proportion (%)
Toluène	242	190	78,5
Xylène	163	116	71,2
2-butanone	95	77	81,1
Chlorure de méthylène	92	55	59,8
Acétone	80	68	85,0
Isopropanol	65	54	83,1
Éthylbenzène	59	27	45,8
Solvent Stoddard	58	36	62,1
Acétate de butyle	54	36	66,7
Méthylisobutyl cétone	52	42	80,8
1,1,1 trichloroéthane	50	18	36,0
Hexane	35	20	57,1
Tetrachloroéthylène	29	11	37,9
Trichloroéthylène	29	17	58,6
2-butoxyéthanol	18	10	55,6
Méthanol	12	8	66,7
Éthanol	10	7	70,0
Butanol	10	8	80,0
Acétate d'éthyle	8	6	75,0
Plomb	203	104	51,2
Fer	202	130	64,4
Cuivre	182	109	59,9
Zinc	174	92	52,9
Manganèse	164	121	73,8
Chrome	126	67	53,2
Nickel	100	58	58,0
Cadmium	70	16	22,9
Cobalt	65	27	41,5
Béryllium	41	22	53,7
Formaldéhyde	130	65	50,0
Ammoniac	21	13	61,9
4,4'-MDI	32	15	46,9

Strate	Nombre de couples agent-USSIC valides dans l'IMIS	Couple agent-USSIC de l'IMIS liés au LIMS	
		Nombre	Proportion (%)
HDI	17	10	58,8
2,4'-TDI	14	7	50,0
Silice cristalline	124	78	62,9
Styrène	72	39	54,2

ANNEXE C : RÉSULTATS PAR AGENT POUR LA COMPARAISON DES SECTEURS D'ACTIVITÉ ASSOCIÉS À DES MESURES > TLV® DANS L'IMIS ET LE LIMS

Tableau 15 : Proportions des couples agent-secteur d'activité dans le LIMS se retrouvant également dans l'IMIS, stratifiées par agent chimique (mesures > TLV®)

Strate	Nombre de couples agent-CANSIC valides dans le LIMS	Couple agent-CANSIC du LIMS liés à l'IMIS	
		Nombre	Proportion (%)
Toluène	81	49	60,5
Chlorure de méthylène	33	18	54,5
Trichloroéthylène	20	6	30,0
Manganèse	84	57	67,9
Zinc	63	23	36,5
Plomb	39	29	74,4
Fer	26	17	65,4
Béryllium	17	7	41,2
Formaldéhyde	27	13	48,1
Styrène	31	16	51,6

Tableau 16 : Proportions des couples agent-secteur d'activité dans l'IMIS se retrouvant également dans le LIMS, stratifiées par agent chimique (mesures > TLV®)

Strate	Nombre de couples agent-USSIC valides dans l'IMIS	Couple agent-USSIC de l'IMIS liés au LIMS	
		Nombre	Proportion (%)
Toluène	81	61	75,3
Chlorure de méthylène	31	18	58,1
Trichloroéthylène	18	8	44,4
Manganèse	113	88	77,9
Plomb	103	51	49,5
Fer	37	20	54,1
Béryllium	25	9	36,0
Zinc	23	19	82,6
Formaldéhyde	36	14	38,9
Styrène	36	20	56,0