

Indicateurs biologiques d'exposition

L'influence de la charge de travail

AUX JEUX OLYMPIQUES de Pékin, l'une des plus grandes inquiétudes des athlètes était d'être incommodés par la

pollution atmosphérique omniprésente, émise par les activités industrielles et par la circulation automobile de cette ville comptant plus de 16 millions d'habitants. La chose était d'autant plus menaçante que les compétiteurs savaient qu'à cause de leur charge de travail intense, ils devraient absorber des quantités d'air de beaucoup supérieures à la moyenne. Heureusement, ces craintes ne se sont pas avérées. Pour cela, il aura fallu que de nombreuses usines de Pékin et de sa grande banlieue ferment pendant la durée des Jeux et que les autos et les camions soient quasiment bannis de la capitale chinoise.

Ce qui est vrai pour l'athlète l'est aussi, dans une bonne mesure, pour le travailleur exposé à des produits toxiques, à plus forte raison quand sa charge de travail augmente. Le volume d'air alors nécessaire à ses activités devra lui aussi augmenter, transportant une plus grande quantité de contaminants dans son organisme. La valeur des indicateurs biologiques d'exposition demeure-t-elle alors toujours valable?

DE LA PRÉCISION DANS LA CARACTÉRISATION

Au cours de recherches précédentes, qui visaient à étudier les facteurs environnementaux et physiologiques pouvant être à l'origine de la variabilité des indicateurs biologiques d'exposition, le toxicologue industriel Robert Tardif et son équipe avaient établi que l'intensité de la charge de travail pouvait avoir un effet significatif sur la valeur des IBE aux solvants industriels. Avec cette nouvelle étude, les chercheurs ont fait un pas de plus : ils ont caractérisé l'influence de la charge de travail sur l'évolution dans le temps de cinq solvants dans l'organisme.

« Ce qui est particulièrement intéressant dans cette recherche, c'est que nous avons pris les moyens nécessaires pour générer une caractérisation exacte, dit Robert Tardif. D'abord, nous avons travaillé avec des volontaires humains. Nous nous sommes ensuite efforcés de reproduire les conditions réelles prévalant en milieu de travail : un autre "plus". Et, élément fort prometteur pour l'avenir, les données que nous avons générées ont pu être utilisées *in silico*, c'est-à-dire au moyen d'outils informatiques pour la production de modèles TCBP extrêmement efficaces. »

EN PASSANT PAR LA KINÉSIOLOGIE

Les cinq solvants étudiés sont les suivants : toluène (TOL), n-hexane (HEX), styrène (STY), trichloréthylène (TRI) et acétone (ACE). Ces substances ont des propriétés physicochimiques qui peuvent différer de l'une à l'autre, notamment en ce qui a trait au potentiel qu'a un solvant de se mélanger au sang.

En ce qui concerne l'expérimentation comme telle, on note d'abord que l'effectif était composé de quatre volontaires (hommes ou femmes) pour chacun des solvants étudiés. L'exposition avait lieu dans une chambre d'inhalation, au laboratoire du Département de santé environnementale et santé au travail de l'Université de Montréal. Auparavant, les participants avaient fait un arrêt au laboratoire de physiologie de l'exercice du Département de kinésiologie, où leurs données anthropométriques avaient été recueillies : poids corporel, pourcentage de masse grasse, consommation maximale d'oxygène (VO₂ max),

Point de départ

Un programme de recherche, entrepris par l'IRSST il y a quelques années, avait permis de démontrer que la charge de travail pouvait avoir une grande influence sur la valeur des indicateurs biologiques d'exposition (IBE) à divers solvants. Cette nouvelle étape permet aux chercheurs de mieux caractériser cette influence. Ayant recours à des volontaires, ils ont étudié en laboratoire les variations des IBE induites par différentes charges de travail pour cinq solvants industriels et sous des conditions d'exposition semblables à celles qui prévalent en milieu industriel.



Responsables

Robert Tardif¹ et Ginette Charest-Tardif², de l'Université de Montréal; Ginette Truchon³, de l'IRSST; Martin Brochu, de l'Université de Sherbrooke.



Résultats

Pour quatre des cinq solvants étudiés (toluène, styrène, trichloréthylène et acétone), une augmentation de la charge de travail a provoqué une variation à la hausse des indicateurs biologiques d'exposition, contrairement au n-hexane dont les IBE sont demeurés stables. Une modélisation toxicocinétique à base physiologique (TCBP), élaborée pour chacun des solvants, corrobore ces résultats.



Utilisateurs

Les concepteurs de modèles TCBP disposeront maintenant d'équations issues de données physiologiques probantes leur permettant d'intégrer la variabilité de la charge de travail à leur modèle. Les organismes de normalisation internationaux en profiteront aussi largement.

$$Q_{alv} = 0,876 VE_{pulm}$$

aux solvants



Photo : iStockphoto

fréquence cardiaque, fréquence respiratoire, etc.

Les volontaires ont été exposés à la valeur moyenne d'exposition pondérée (VEMP) en vigueur au Québec, et ce, pour un seul solvant à la fois. En règle générale, la durée de l'exposition variait entre trois heures et sept heures, incluant une période de repos d'une heure sans exposition pour les périodes les plus longues. Chaque sujet a participé à sept séances en moyenne.

Grâce à l'utilisation d'instruments de mesure divers installés sur un tapis roulant, une bicyclette ergométrique, une poulie, un pédalier manuel et des poids libres, les chercheurs sont arrivés à reproduire assez exactement plusieurs types de charges, en tenant compte de l'activité musculaire et de l'aérobic combinées, à des intensités diverses.

PROBANTS, LES RÉSULTATS

« Les résultats issus de cette étude démontrent, sans l'ombre d'un doute, l'effet de la charge de travail sur les indicateurs biologiques d'exposition des solvants étudiés, résume Robert Tardif. Chez les volontaires, cela s'est traduit par une absorption accrue des solvants, sauf pour le n-hexane. J'ajouterais que ces augmentations sont la conséquence directe de l'augmentation de la ventilation pulmonaire avec l'intensité du travail. »

Des cinq solvants étudiés, le toluène est celui dont la cinétique (vitesse de

Quatre personnes ont été exposées à un seul solvant à la fois, dans une chambre d'inhalation, au laboratoire du Département de santé environnementale et santé au travail de l'Université de Montréal, pour une durée variant entre trois heures et sept heures. Grâce à l'utilisation d'instruments de mesure divers installés sur un tapis roulant, une bicyclette ergométrique, une poulie, un pédalier manuel et des poids libres, les chercheurs ont pu reproduire assez exactement plusieurs types de charges, en tenant compte de l'activité musculaire et de l'aérobic combinées, à des intensités diverses.



- 0,1655 (R² = 0,99)



Photo: iStockphoto

Des solvants sont utilisés dans une multitude de milieux de travail, notamment dans le secteur de l'imprimerie.

réaction) est la plus sensible à l'augmentation de la charge de travail. On a même pu constater qu'une exposition à la VEMP (50 ppm) conjuguée à un effort physique moyen de 46 watts se traduit par une concentration urinaire moyenne d'o-crésol (un produit de biotransformation du toluène) nettement supérieure à la valeur de référence indiquée dans le *Guide de surveillance biologique*, publié par l'IRSSST.

De même, les hausses d'acétone dans l'urine demeurent significativement plus fortes à l'effort qu'au repos, et ce, même 30 minutes après la fin de l'exposition. L'acétone est le solvant qui, des cinq, a le coefficient de partage sang-air le plus élevé, ce qui facilite son absorption et sa distribution rapide dans l'ensemble de l'organisme. Là aussi, les résultats permettent de conclure, par extrapolation, qu'une exposition à la VEMP (750 ppm) conjuguée à un effort de type aérobique (équivalent à 38 watts) produirait des niveaux d'ACE urinaire supérieurs à la valeur de référence actuelle du *Guide de surveillance biologique*.

En dépit de diverses augmentations de la charge de travail, le n-hexane, enfin, aura été le seul solvant à ne pas avoir fait bouger les indicateurs biologiques d'exposition. Pas étonnant quand on sait que sa solubilité dans le sang est très faible comparativement aux quatre autres.

Pour chacun des solvants étudiés, les chercheurs ont également réussi à créer un modèle TCBP qui a permis de décrire, avec une grande efficacité, la cinétique des substances et les valeurs de leurs indicateurs biologiques d'exposition urinaires, selon différentes charges de travail. « La modélisation TCBP a tout à fait confirmé les observations faites en laboratoire, souligne Robert Tardif. Ainsi, pour les solvants qui sont particulièrement solubles dans le sang (toluène, acétone, styrène), la charge de travail a effectivement un effet déterminant sur la valeur des IBE. Par contre, le type d'activité physique (aérobique versus musculaire), comparativement à son intensité, a relativement peu d'effet. »

À la lumière de ces travaux, les chercheurs sont d'avis que la valeur de référence des indicateurs biologiques d'exposition de certains solvants doit maintenant être réinterprétée ou, à tout le moins, adaptée à la réalité des tâches de l'industrie, eu égard à la charge de travail. Ils ajoutent également que « l'approche développée peut et devrait être exploitée pour prédire l'effet de la charge de travail sur la cinétique des contaminants en général ».

TOXICOLOGIE IN SILICO

Fort d'une carrière dans la mise au point de modèles TCBP, Robert Tardif, qui se décrit en riant comme un toxicologue *in silico*, se réjouit du succès

des modèles établis au cours de ce projet. « Les modèles TCBP sont de plus en plus utilisés en évaluation du risque, particulièrement par les grands organismes internationaux, qui doivent périodiquement mettre à jour les valeurs guides d'exposition permises », dit-il. L'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) vient d'ailleurs de faire une mise à jour pour l'un des solvants de cette étude, le toluène, dont la VEMP passe désormais de 50 ppm à 20 ppm. Cet organisme va donc devoir modifier en conséquence les valeurs de ses indicateurs biologiques d'exposition et il serait souhaitable que la réglementation québécoise, elle aussi, en tienne compte. Nous pensons que le modèle que nous avons créé ici pourra être remarqué et utilisé à l'échelle internationale. » **PT**

LUC DUPONT

Pour en savoir plus



TARDIF, Robert, Ginette CHAREST-TARDIF, Ginette TRUCHON, Martin BROCHU. *Influence de la charge de travail sur les indicateurs biologiques d'exposition de cinq solvants*, Rapport

R-561, 56 pages.

Téléchargeable gratuitement : www.irsst.qc.ca/files/documents/Pub_IRSSST/R-561.pdf

IRSSST – Direction des laboratoires, *Guide de surveillance biologique – Prélèvement et interprétation des résultats* (6^e édition), Guide technique T-03, 94 pages.

Téléchargeable gratuitement : www.irsst.qc.ca/files/documents/Pub_IRSSST/T-03.pdf

TRUCHON, Ginette, Robert TARDIF, Pierre-Olivier DROZ, Ginette CHAREST-TARDIF, Guillaume PIERREHUMBERT, Daniel DROLET. *Quantification de la variabilité biologique à l'aide de la modélisation – Élaboration d'un guide de stratégie pour la surveillance biologique de l'exposition*, Rapport R-337, 275 pages.

Téléchargeable gratuitement : www.irsst.qc.ca/files/documents/Pub_IRSSST/R-337.pdf

Pour commentaires et suggestions : magazine-prevention@irsst.qc.ca