



Bulletin de veille BVS scientifique

Édition scientifique • Bulletin de veille n° 16 • Décembre 2011
Notes d'actualité scientifique

Santé / Environnement / Travail



En mai 2011, l'Anses a lancé un sondage auprès des lecteurs du *Bulletin de veille scientifique*, afin de mieux cerner leurs attentes. Nous remercions les 308 personnes qui ont répondu à ce questionnaire.

Ce sondage a montré que d'une part, nos lecteurs sont nombreux, et que d'autre part, les usages faits du bulletin sont variés; que ce soit pour une aide à la veille, un complément de lecture, un support pédagogique ou une prise de décision, globalement notre lectorat se déclare plutôt satisfait de la présentation et du contenu du *Bulletin*.

Cependant, au vu de la diversité de notre lectorat qui comprend aussi bien des membres issus des laboratoires, des ministères que des associations, les niveaux de lecture sont différents. Ainsi, alors qu'un lecteur issu d'un ministère cherchera un contenu adapté à une aide à la décision, celui d'une association y préférera un contenu plus vulgarisé et un chercheur demandera plus de détails.

Le *Bulletin* est avant tout un recueil de notes d'actualité dites *d'analyse critique de la littérature scientifique*. Pour satisfaire notre éventail de lecteurs nous proposons un petit ajout qui permettra à chacun d'avoir un aperçu global des notes avant de se plonger dans chacune d'entre elles.

Nous étudions actuellement cette possibilité qui, nous l'espérons, satisfera tous nos lecteurs, sans modifier le contenu actuel de chaque note.

De plus, la liste des thématiques sera remaniée permettant une couverture plus large de l'actualité et le site web en cours de construction permettra une meilleure accessibilité des notes.

Le *Bulletin de veille scientifique* de ce mois de décembre est le premier de deux bulletins prévus, suite à l'appel à candidatures d'auteurs, publié pendant l'été. Nous reprendrons notre édition régulière, à raison de trois bulletins annuels, suite au prochain appel à candidature.

Ce bulletin rassemble dix notes d'actualité scientifique réparties sur six sujets de veille, dûment relues, comme de coutume, par des experts sélectionnés mais volontaires, assurant un travail supplémentaire et de qualité.

Nous remercions nos relecteurs, qui passent des heures à relire, vérifier, questionner ces notes, afin de maintenir une information et une réflexion de qualité.

Le comité de rédaction

Agents physiques	5
Champs électromagnétiques des radiofréquences, exposition chronique et cancer: <i>Quid Novi</i> sur les études expérimentales?.....	6
Brahim SELMAOUI	
Agents chimiques	9
Des ressources en eaux superficielles et souterraines aux eaux destinées à la consommation humaine : occurrence et concentration en contaminants émergents - cas des composés pharmaceutiques et du bisphénol A	10
Laëtitia THEUNIS	
L'exposition des jeunes enfants aux POPs : encore d'actualité	15
Claude EMOND	
Agents biologiques	19
Émergence d'entérobactéries productrices de carbapénèmases.....	20
Anne JOLIVET-GOUGEON	
Complexité et diversité de la relation entre excès d'humidité et santé	24
Denis CHARPIN	
Milieux	27
Avancées technologiques dans le traitement des sols contaminés par de l'arsenic	28
Arnaud GAUTHIER	
Pathologies et populations	33
Facteurs de risque professionnels affectant la flexion/extension des doigts.....	34
Aïcha EL KHATIB	
Risques sanitaires et société	37
Définir les nanomatériaux : une controverse scientifique ou normative?.....	38
Stéphanie LACOUR	
Risques au travail et travail à risques : sous-traitance, souffrances et déni	42
Cédric SURIRÉ et Frédéric LEMARCHAND	
Droit et marées vertes : rien de nouveau sur la plage, ou presque.....	45
Nathalie HERVÉ-FOURNEREAU	

Les notes d'actualité scientifique reflètent le point de vue des équipes scientifiques partenaires et n'engagent nullement le Comité éditorial ou l'Anses.

anses

agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail



Bulletin de veille BVS scientifique

Édition scientifique • Bulletin de veille n° 16 • Décembre 2011
Notes d'actualité scientifique

Agents physiques

Champs électromagnétiques des radiofréquences, exposition chronique et cancer : *Quid Novi* sur les études expérimentales ?

Période : mars 2011 à août 2011

Brahim SELMAOUI

INERIS – Unité Toxicologie expérimentale – Verneuil-en-Halatte

Mots clés : Cancer, Champs électromagnétiques, Exposition chronique, Radiofréquences

Le développement rapide des technologies de communication sans fil et leur utilisation croissante ne laissent « certainement personne indifférent » quant aux conséquences possibles sur la santé des individus. La question d'un effet potentiellement cancérigène des champs électromagnétiques radiofréquences (champs EM-RF) reste une question toujours d'actualité. Bien que le CIRC⁽¹⁾ ait classé cette année (2011) les champs EM-RF en groupe 2B, c'est-à-dire « possiblement cancérigènes » (Baan *et al.*, 2011), il n'en reste pas moins que les études expérimentales récentes menées dans des laboratoires ne concluent pas pour un effet cancérigène des champs EM-RF. Le développement et l'évolution rapide de ces technologies et la diversification des signaux (GSM, UMTS, Wi-Fi, etc.) entraînent une dispersion des études avec des différences dans l'intensité des champs utilisée, la durée d'exposition et la fréquence des rayonnements qui rendent la comparaison entre les études difficile et parfois inappropriée. Dans la présente note, l'analyse portera sur deux études dans lesquelles deux espèces différentes de rongeurs (souris et rats) ont été exposées à des signaux CDMA⁽²⁾ (849 MHz) et W-CDMA⁽³⁾ (1945 MHz) combinés afin d'évaluer l'influence de ces champs électromagnétiques sur l'incidence de différents types de tumeurs ou de transformations malignes chez ces deux espèces. Dans les deux études, la chambre réverbérante a été utilisée pour l'exposition des animaux aux champs EM-RF. Ce n'est que récemment que ce système d'exposition s'est révélé être un outil innovateur et remarquable pour l'étude de l'exposition des animaux aux champs EM.

Exposition chronique (1 an) des rats aux champs électromagnétiques à deux signaux combinés CDMA et W-CDMA

Jin YB, Lee HJ, Seon Lee JS, Pack JK, Kim N, Lee YS. One-year, simultaneous combined exposure of CDMA and WCDMA radiofrequency electromagnetic fields to rats. *Int J Radiat Biol.* 2011; 87 : 416-423.

Résumé

Les auteurs de cet article ont voulu savoir si une exposition chronique sur corps entier de rats (dite « corps entier ») à un champ EM-RF pourrait induire des effets néfastes sur leur santé. Il est à noter que plusieurs études se sont déjà penchées sur la toxicité d'une exposition chronique « corps entier » à un champ EM-RF mais avec un seul type de signal (Zimmerman *et al.*, 2009; Tillmann *et al.*, 2007). Les auteurs de ce travail ont donc testé l'effet d'une exposition chronique de deux signaux, le CDMA et W-CDMA, émis simultanément. Ceci devait permettre de rechercher si la combinaison des deux signaux CDMA et W-CDMA pouvait engendrer un effet délétère. Les animaux d'expérimentation (80 rats Sprague-Dawley (SD)) ont été divisés en deux groupes (exposés et témoins) eux-mêmes divisés en deux sous-groupes (mâles et femelles). L'exposition aux champs EM-RF a été réalisée sur corps entier dans des chambres réverbérantes (2295 mm x 2293 mm x 1470 mm) pendant 45 min/jour, 5 jours/semaine,

pendant 12 mois. Le débit d'absorption spécifique (DAS⁽⁴⁾) total était de 4 W/Kg (2 W/kg pour chaque signal). L'exposition a été réalisée le matin ou l'après-midi en alternance. La position des cages a été changée tous les jours. Après un an d'exposition, les animaux ont été sacrifiés. Plusieurs paramètres ont été étudiés : le poids corporel et celui de certains organes, des paramètres biochimiques (tels que la glycémie, le taux d'enzymes hépatiques, glucose, l'aspartate aminotransférase, l'alanine aminotransférase, la créatininémie, les protéines totales sériques, etc.), et, enfin, l'histopathologie de certains tissus et organes (cerveau, thymus, cœur, foie, poumons, rate, reins, ovaires, testicules, etc.). Concernant la mortalité, le poids corporel et le poids des organes, les résultats ne montrent aucune différence significative entre les animaux exposés et les animaux témoins. Des modifications au niveau du volume globulaire moyen et de l'hématocrite ont été observées chez les rats mâles exposés, mais pas chez les rats femelles. En revanche, une diminution significative de la LDH et de la bilirubine a été observée chez les rats femelles exposés. Il est fort probable que ces variations ne puissent être imputées à l'exposition aux champs électromagnétiques pour la seule raison que ces effets ont été observés, chez les rats mâles ou femelles et non pour les deux à la fois. Y aurait-il un effet genre ? Dans l'attente d'une reproductibilité de ces effets par le même laboratoire ou d'autres laboratoires dans les mêmes conditions, les auteurs concluent qu'une exposition chronique

d'un an aux champs EM-RF combinés de CDMA et W-CDMA dans les conditions citées ci-dessus n'entraîne pas d'effet significatif sur les paramètres d'intérêt étudiés. Les auteurs ont également surveillé le développement de tumeurs. Une tumeur mammaire a été détectée chez un seul rat femelle exposé et une tumeur cutanée de la peau chez un rat mâle témoin. Aucune autre forme de tumeur n'a été observée. Ces résultats suggèrent donc qu'une exposition chronique aux champs EM-RF de CDMA et W-CDMA combinés pendant un an, dans les conditions expérimentales étudiées, n'induit pas de tumeur.

Commentaire

Ce travail est intéressant dans la mesure où il traite de deux problématiques d'actualité. Avec le développement rapide des technologies de communication sans fil, nous sommes actuellement exposés à plusieurs types de signaux (GSM, UMTS, Wi-Fi, etc.). Il se pose donc deux questions: d'une part celle de l'effet combiné de ces signaux et d'autre part celle de leurs effets à long terme. Un autre point intéressant de cette étude est l'utilisation de la chambre réverbérante comme système d'exposition. Ces chambres présentent un champ EM homogène sur la plateforme d'exposition grâce à un brasseur. Ainsi, les expositions peuvent se faire en corps entier, sans contention. L'animal peut donc circuler librement dans sa cage tout en étant exposé à un champ RF homogène.

Le travail est de bonne qualité, les auteurs ont pris soin d'indiquer tous les paramètres importants d'exposition. Le système d'exposition est bien détaillé, ce qui permettra à d'autres auteurs de comparer leurs études ou de reproduire celle-ci facilement.

Développement de lymphome par exposition combinée et simultanée à deux signaux radiofréquences chez des souris AKR/J

Lee HJ, Jin YB, Lee JS, Choi SY, Kim TH, Pack JK, Choi HD, Kim N, Lee YS. Lymphoma development of simultaneously combined exposure to two radiofrequency signals in AKR/J mice. *Bioelectromagnetics*. 2011; 32 : 485-492.

Résumé

Les études cellulaires et sur animal entier en bonne santé n'ont pas permis de conclure à un effet cancérigène de l'exposition aux champs EM-RF. La question d'un éventuel effet de ces champs sur des individus sensibles ou prédisposés à développer un cancer reste cependant posée. Une souche de souris AKR/J a été largement utilisée comme modèle dans la recherche contre le cancer pour son incidence élevée de leucémie (60 % – 90 %). Les chercheurs coréens, Lee et ses collaborateurs (Lee *et al.*, 2011) ont donc utilisé cette souche afin de tester les effets cancérigènes de l'exposition aux champs EM-RF. L'exposition a été effectuée dans des conditions semblables à celles présentées dans l'article ci-dessus (Jin YB *et al.*, 2011). Les animaux (160 souris AKR/J (80 mâles et 80 femelles)) âgées de 5 semaines ont été exposés à deux types de signaux (CDMA) et (W-CDMA) pendant 45 min/jour, 5 jours/semaine, pour un total de 42 semaines.

Le DAS4 du corps entier pour les signaux CDMA et W-CDMA était de 2 W/kg chacun, soit 4 W/kg au total.

Les souris AKR montrent une incidence élevée de lymphomes spontanés qui sont pratiquement tous de type lymphocyte T et surviennent principalement dans le thymus chez des souris âgées de 6 à 12 mois (Furth *et al.*, 1933; Haran-Gher *et al.*, 1992). Ainsi les animaux entre 6 et 12 mois ont été examinés chaque semaine pour la présence d'une splénomégalie ou des ganglions lymphatiques. Les auteurs ont fait une analyse de la survie des souris (test du log-rank), de l'incidence du lymphome et de la splénomégalie (Anova) ainsi que des métastases des lymphomes déjà présents (test du Chi-deux). Aucune différence n'a été observée entre les souris témoins et les souris exposées aux champs EM-RF. Cependant, l'apparition d'infiltrations métastatiques au niveau du cerveau chez les souris porteuses de lymphomes a été significativement plus élevée chez les souris femelles exposées que chez les souris femelles témoins. Cette infiltration a été cependant moins importante chez les souris mâles exposées comparativement aux témoins. Puisque les résultats ne sont pas homogènes entre les groupes mâles et femelles, les auteurs suggèrent donc que l'effet observé chez les femelles n'est pas dû à une exposition aux champs EM-RF, et que des investigations doivent être menées pour en connaître les raisons. Par contre, l'apparition d'infiltrations dans le foie, les poumons et la rate n'ont pas montré de différences significatives entre les groupes exposés et témoins. À partir de ces résultats, les auteurs ont suggéré que l'exposition simultanée à des signaux CDMA et W-CDMA n'avait pas affecté le développement de lymphome chez la souris AKR/J.

Commentaire

L'utilisation des souris de souche AKR/J est pertinente. Cette souche représente un modèle intéressant permettant d'apporter un élément de réponse concernant la sensibilité aux champs EM-RF des espèces prédisposées au développement d'un cancer. À noter que le DAS utilisé dans ces études est supérieur aux valeurs limites d'exposition proposées par l'ICNIRP⁽⁵⁾ pour les humains (0,4 W/Kg pour une exposition en milieu professionnel et 0,08 W/Kg pour la population générale). Ce travail est intéressant, les auteurs ont bien détaillé la méthodologie de travail.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Les résultats de ces deux études indiquent qu'une exposition chronique aux champs EM-RF dans les conditions expérimentales testées ci-dessus n'induit pas de cancer chez le rongeur. Bien sûr, ces résultats doivent être interprétés avec prudence et il faut se garder de généraliser ou d'extrapoler. Des différences dans l'intensité utilisée, la durée d'exposition, la fréquence, et l'inhomogénéité des champs appliqués peuvent conduire à des résultats différents. Il est donc nécessaire et utile de continuer des travaux de recherche visant à combler les lacunes dans les connaissances concernant les effets des champs EM-RF sur la santé.

Lexique

- (1) Circ: Centre international de Recherche sur le Cancer, fait partie de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS).
- (2) CDMA (Code-Division Multiple Access): cette technologie de modulation numérique est utilisée notamment pour les systèmes de téléphonie mobile dans les bandes de fréquences autour de 800 MHz et 1,9 GHz (GSM et UMTS). Comme le terme l'indique, la technique CDMA est une forme de multiplexage, qui permet à de nombreux signaux d'occuper un canal de transmission unique, optimisant l'utilisation de bandes passantes disponibles. Pour les deux études, les signaux CDMA utilisent une fréquence porteuse à 849 MHz et les signaux WCDMA une porteuse à 1945 MHz.
- (3) W-CDMA (Wideband Code-Division Multiple Access): c'est une technologie de communication sans fil de troisième génération (3G ou UMTS) qui utilise un canal de 5 MHz pour la voix et des données.
- (4) DAS: débit d'absorption spécifique. Énergie Quantité d'énergie absorbée par unité de masse. L'unité de mesure est le W/kg.
- (5) ICNIRP: Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants. Cette commission a rédigé des lignes directrices proposant des valeurs limites d'exposition pour la population générale et les travailleurs basées sur les effets connus et avérés des champs RF.

Publications de référence

- Baan R, Grosse Y, Lauby-Secretan B et al.** WHO International Agency for Research on Cancer Monograph Working Group. Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields. *Lancet Oncol.* 2011; 12: 624-626.
- Furth J, Seibold HR, Rathbone RR.** Experimental studies on lymphomatosis of mice. *Am J Cancer.* 1933; 19: 521-604.
- Haran-Gher N, Peled A, Brichtman B et al.** Termination of the B cell lymphoma dormant state in thymectomized AKR mice. *J Immunol.* 1992; 148: 2947-2952.
- IARC,** Press release N°208, 31 May 2011.
- Tillmann T, Ernst H, Ebert S et al.** Carcinogenicity study of GSM and DCS wireless communication signals in B6C3F1 mice. *Bioelectromagnetics.* 2007; 28: 173-187.
- Ziemann C, Brockmeyer H, Reddy SB et al.** Absence of genotoxic potential of 902 MHz (GSM) and 1747 MHz (DCS) wireless communication signals: *In vivo* two-year bioassay in B6C3F1 mice. *Int J Radiat Biol.* 2009; 85: 454-464.

Revue de la littérature

- Dubey RB, Hanmandlu M, Gupta SK.** Risk of brain tumors from wireless phone use. *J Comput Assist Tomogr.* 2010; 34: 799-807. Review.
- Habash RW, Elwood JM, Krewski D et al.** Recent advances in research on radiofrequency fields and health: 2004-2007. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev.* 2009; 12: 250-288. Review.

Autres publications identifiées

- Oberto G, Rolfo K, Yu P et al.** Carcinogenicity study of 217 Hz pulsed 900 MHz electromagnetic fields in Pim1 transgenic mice. *Radiat Res.* 2007; 168: 316-326.
Cet article traite les effets des champs EM-RF sur le cancer, il utilise également des modèles transgéniques de souris (Pim1). Dans cette étude les auteurs ont essayé de reproduire les résultats de Repacholi et al. (Res Radiat.1997; 147: 631-640) qui ont signalé une augmentation significative des lymphomes après exposition au même signal RF de 900 MHz. Les résultats de cette étude ne suggèrent pas d'effet d'exposition au champ EM-RF sur l'incidence des tumeurs et donc les conclusions de M. Repacholi et al. n'ont pas été confirmées.
- Sommer AM, Bitz AK, Streckert J et al.** Lymphoma development in mice chronically exposed to UMTS-modulated radiofrequency electromagnetic fields. *Radiat Res.* 2007; 168: 72-80.
Cette étude utilise les souris transgéniques AKR/J pour évaluer les effets des champs EM-RF (avec le signal GSM900) sur le cancer. Les résultats ne montrent pas d'effets négatifs de l'exposition des souris AKR/J à des champs électromagnétiques GSM.
- Saran A, Pazzaglia S, Mancuso M et al.** Effects of exposure of newborn patched1 heterozygous mice to GSM, 900 MHz. *Radiat Res.* 2007; 168: 733-740.
Dans cet article des souris knockout Patched1 hétérozygote (PTC1 +/-), un modèle animal de tumeurs multiviscérales a été utilisé pour étudier les effets potentiels tumorigènes des champs électromagnétiques (champs EM) sur des souris néonatales. Les auteurs de ces travaux ne trouvent aucun effet tumorigène de l'exposition néonatale au signal GSM de RF sur le modèle étudié.

Mots clés utilisés pour la recherche bibliographique

Cancer, Chronic exposure, Electromagnetic field, Radiofrequency

anses

agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail



Bulletin de veille BVS scientifique

Édition scientifique • Bulletin de veille n° 16 • Décembre 2011
Notes d'actualité scientifique

Agents chimiques

Des ressources en eaux superficielles et souterraines aux eaux destinées à la consommation humaine : occurrence et concentration en contaminants émergents - cas des composés pharmaceutiques et du bisphénol A

Période : mars 2011 à août 2011

Laëtitia THEUNIS

Université de Liège (Belgique) – Département des sciences et gestion de l'environnement, Laboratoire d'Écologie animale et d'Écotoxicologie – Liège

Mots clés : Eau de surface, Eau potable, Eau souterraine, Médicament, Pollution

Plus de 3 000 principes actifs médicamenteux sont actuellement vendus légalement sur le marché de l'Union européenne. Avec un recensement de plus de 160 molécules pharmaceutiques retrouvées dans les effluents, inventoriées au gré des études scientifiques, on tend à pouvoir disposer d'une image du degré de contamination des eaux de surface par les produits pharmaceutiques (Kümmerer, 2009). Les organismes aquatiques peuvent ainsi être exposés tout au long de leur vie à un mélange complexe de résidus de médicaments observés à des concentrations comprises entre le ng/L et le µg/L.

Alors que les eaux de surface fournissent généralement de 30 à 40 % des réseaux d'eau potable distribuée en France (Touraud *et al.*, 2011), la part d'eaux aquifères peut compter pour 33 % à 98 % aux États-Unis (Kenny *et al.*, 2009). La première étude analysée ici (Fram et Belitz, 2011) est le résultat d'un projet de grande ampleur, visant à collecter des informations sur l'occurrence et la concentration des composés pharmaceutiques dans les eaux souterraines en Californie.

Les avancées des techniques analytiques, avec des limites de détection très basses, de l'ordre du ng/L, permettent aujourd'hui d'obtenir des informations sur l'occurrence et la concentration de ces composés dans l'eau potable (Benotti *et al.*, 2009; Mompelat, Le Bot et Thomas, 2009). La seconde étude analysée (Kleywegt *et al.*, 2011) explicite le lien entre la contamination médicamenteuse du milieu ressource dans lequel est prélevée l'eau qui sera par la suite potabilisée, et la pollution par les résidus pharmaceutiques mise en évidence dans l'eau destinée à la consommation humaine issue de ces milieux ressources.

Une exposition chronique de la population générale à de faibles concentrations en composés médicamenteux présents dans l'eau potable est une hypothèse possible qu'il faut vérifier.

Occurrence et concentrations de composés pharmaceutiques dans les eaux souterraines alimentant le réseau d'eau potable en Californie

Fram MS, Belitz K. Occurrence and concentrations of pharmaceutical compounds in groundwater used for public drinking-water supply in California. *Sci Total Environ.* 2011; 409: 3409-3417.

Résumé

Cette étude fait partie d'un projet de grande ampleur, mené par l'état de Californie, visant le contrôle et la gestion des ressources en eau. Ce sont ainsi des échantillons provenant de 1231 puits aquifères utilisés pour alimenter le réseau d'eau potable public, et collectés entre mai 2004 et mars 2010, qui ont été analysés. Afin de tenir compte des variations hydrogéologiques, démographiques mais également des différences d'exploitation

des sols liées à l'agriculture, les sites de prélèvements ont été répartis dans toute la Californie.

Dans chacun des prélèvements, ce sont 14 principes actifs et métabolites qui ont été recherchés (limite de détection de l'ordre du ng/L) par une analyse en chromatographie liquide à haute pression, couplée à un spectromètre de masse en tandem (HPLC-MS/MS⁽¹⁾), après extraction en phase solide (SPE⁽²⁾).

Les résultats montrent que des traces de médicaments ont été trouvées dans 28 prélèvements, soit 2,3 % des 1231 échantillons. Sur un total de 14 composés pharmaceutiques recherchés, 7 d'entre eux ont été détectés à des valeurs supérieures à leur limite de détection (LD⁽³⁾), et ce dans au moins un échantillon d'eau souterraine. Les résultats sont repris dans le tableau, par ordre décroissant de fréquence de détection (FD⁽⁴⁾) dans les échantillons. Il s'agit de la carbamazépine (anticonvulsivant), le sulfaméthoxazole (sulfamide antibactérien), l'acétaminophène

(analgésique et antipyrétique), la caféine (alcaloïde xanthique stimulant du système nerveux central), la codéine (analgésique et antitussif), la p-Xanthine (métabolite de la caféine) et le triméthoprime (antibactérien de synthèse souvent associé aux sulfamides).

Composés pharmaceutiques	FD (%)	LD (µg/L)	C _{méd} ⁽⁵⁾ (µg/L)	C _{max} ⁽⁶⁾ (µg/L)
Carbamazépine	1,46	0,03	0,04	0,42
Sulfaméthoxazole	0,41	0,08	0,16	0,17
Acétominophène	0,32	0,06	0,18	1,89
Caféine	0,24	0,1	0,17	0,29
Codéine	0,16	0,023	0,123	0,214
p-Xanthine	0,08	0,06	0,12	0,12
Triméthoprime	0,08	0,017	0,018	0,018

Parmi les 28 prélèvements renfermant des traces de médicaments, 22 ne contenaient qu'un seul des 14 composés pharmaceutiques recherchés. Les 6 autres échantillons contenaient le plus souvent une combinaison avec la carbamazépine et le sulfaméthoxazole. Parmi les 14 composés pharmaceutiques recherchés, 7 d'entre eux n'ont pas été détectés. Il s'agit de l'albutérol (anti-asthmatique, LD = 0,04 µg/L), la cotinine (métabolite de la nicotine, LD = 0,019 µg/L), le déhydronifédipine (métabolite d'un hypotenseur, LD = 0,04 µg/L), le diltiazem (hypotenseur, LD = 0,04 µg/L), la diphenhydramine (antihistaminique, LD = 0,02 µg/L), le thiabendazole (antiparasitaire humain et vétérinaire, et antifongique agricole, LD = 0,03 µg/L) et la warfarine (anticoagulant, LD = 0,05 µg/L).

Les auteurs ont également recherché, dans ces mêmes 1231 échantillons, d'autres composés d'origine anthropique, dont des pesticides (FD = 33 %), des COV⁽⁷⁾ (FD = 23 %) et des trihalométhanes (FD = 28 %).

La moitié des 28 échantillons renfermant des résidus de composés pharmaceutiques provenaient de puits aquifères de la région de Los Angeles. Cette région se caractérise par une utilisation intensive de la pratique de la recharge artificielle des puits par de l'eau de surface, entraînant ainsi un transport des substances polluantes des cours d'eau vers le milieu aquifère.

Les auteurs mettent en évidence une corrélation positive significative entre la présence des composés pharmaceutiques et celle d'autres composés d'origine anthropique recherchés (pesticides, COV et trihalométhanes).

Les eaux des puits de la région métropolitaine de Los Angeles présentent de plus grandes fréquences de détection en composés pharmaceutiques que les eaux aquifères d'autres régions de l'état de Californie, à proportion similaire d'exploitation du sol autour des puits. Selon les auteurs, cette pollution reflète l'étendue du système de recharge artificielle des puits par l'eau de surface et le pompage intensif des puits.

Commentaire

Cette étude de qualité est basée sur un nombre significatif d'échantillons (1231), permettant une utilisation statistique des résultats. Les prélèvements ont, de plus, été effectués sur l'entièreté du territoire de la Californie, incluant des zones à caractéristiques géologiques et démographiques très différentes, et présentant des usages de techniques agricoles variées. C'est ainsi une représentation géographique à large échelle que nous proposons les auteurs. Hormis l'absence des percentiles 95, le principal bémol quant à cette étude est la période extrêmement longue (6 ans, soit de mai 2004 à mars 2010) durant laquelle les prélèvements et analyses ont été effectués. En effet, bien que les auteurs aient pris de nombreuses précautions et contrôles qualité pour s'assurer des diverses modifications de technique analytique, c'est au niveau de la probable évolution temporelle dans les habitudes de consommation médicamenteuse qu'un biais pourrait exister. De plus, les pratiques médicales et agricoles dans les sites où les 28 prélèvements renferment des résidus de médicaments, ne sont pas connues.

Des eaux non traitées de surface et aquifères au réseau d'eau potable canadien : occurrence et concentrations de médicaments, hormones et bisphénol A

Kleywegt S, Pileggi V, Yang P, Hao C, Zhao X, Rocks C, Thach S, Cheung P, Whitehead B. Pharmaceuticals, hormones and bisphenol A in untreated source and finished drinking water in Ontario, Canada — Occurrence and treatment efficiency. *Sci Total Environ.* 2011; 409: 1481-1488.

Résumé

Dans le but de déterminer l'occurrence et la concentration d'une sélection de 37 médicaments, de 8 hormones (progestérone et hormones à activité œstrogénique) et du bisphénol A, le ministère de l'Environnement de l'Ontario a conduit une campagne d'échantillonnage de 16 mois, dans 17 systèmes d'eaux non traitées (SENT⁽⁸⁾) destinées à alimenter le réseau d'eau potable. Parmi ces SENT, 8 sont des eaux de surface, 7 des lacs et 2 des nappes aquifères. Selon les techniques de traitement de l'eau, certains de ces systèmes ont été échantillonnés plusieurs fois (de 1 à 15 fois). Les eaux potabilisées destinées à la consommation humaine (EDCH⁽⁹⁾) ont également été analysées.

Au total, 258 échantillons ont été étudiés : 125 provenant de SENT et 123 d'EDCH, par une analyse en chromatographie liquide, couplée à un spectromètre de masse en tandem, après extraction en phase solide (SPE). La limite de détection pour chaque composé est de l'ordre du ng/L.

Dix-sept composés chimiques ont été détectés dans les SENT. Les résultats des 5 molécules les plus fréquemment rencontrées sont repris dans le tableau, par ordre décroissant de fréquence de détection (FD) dans les échantillons. Avec une fréquence de détection de 50 %, la carbamazépine (anticonvulsivant), est le composé le plus fréquemment détecté dans les SENT.

Le gemfibrozil (hypolipémiant), le bisphénol A (plastifiant), le naproxène (anti-inflammatoire non-stéroïdien) et l'ibuprofène (anti-inflammatoire non-stéroïdien) sont détectés dans plus de 20 % des échantillons des systèmes d'eaux non traitées (SENT).

Molécules les plus fréquemment présentes dans les SENT (FD > 20 %)	FD (%)	C _{méd} (ng/L)	C _{max} (ng/L)
Carbamazépine	50	3	749
Gemfibrozil	33	0,7	9
Bisphénol A	22	2,1	87
Naproxène	21	1	199
Ibuprofène	21	0,98	79

Excepté le naproxène, ce sont les mêmes molécules qui sont retrouvées dans plus de 10 % des échantillons d'eau destinée à la consommation humaine (EDCH). Les résultats des 4 molécules les plus fréquemment rencontrées dans l'EDCH (carbamazépine, gemfibrozil, ibuprofène et bisphénol A) sont repris dans le second le tableau, par ordre décroissant de fréquence de détection (FD) dans les échantillons. Ces concentrations ont été déterminées en utilisant la spectrométrie de masse par dilution isotopique (IDMS⁽¹⁰⁾) et calculées comme étant de 4 à 10 fois plus basses que celles mesurées dans les eaux SENT correspondantes.

Composés chimiques les plus fréquemment présents dans l'EDCH (FD > 10 %)	FD (%)	C _{méd} (ng/L)	C _{max} (ng/L)
Carbamazépine	25	0,21	601
Gemfibrozil	15	0,5	4
Ibuprofène	15	0,33	25
Bisphénol A	12	0,14	99

Dans les EDCH, les auteurs retrouvent également 8 autres composés pharmaceutiques à des fréquences de détection de 2 à 9 %. Il s'agit de trois molécules à usage exclusif en médecine vétérinaire (le monensine coccidiostatique, la tylosine et l'enrofloxacin, antibiotiques), de trois antibiotiques utilisés tant en médecine humaine que vétérinaire (la tétracycline, l'érythromycine et la lincomycine), d'un antibiotique relevant uniquement de la médecine humaine (la roxithromycine), et enfin d'un hypolipémiant (le benzafibrate). Les auteurs notent également que certaines molécules non retrouvées dans les eaux sources sont détectées dans les eaux potabilisées.

Les traitements de potabilisation de l'eau majoritairement utilisées par les entreprises en Ontario sont le charbon actif ou le charbon actif couplé à une irradiation par ultra-violet. Afin d'évaluer si ces traitements de potabilisation étaient efficaces dans l'élimination des composés pharmaceutiques ou chimiques, les auteurs se sont focalisés sur les 4 molécules les plus couramment rencontrées dans les SENT (carbamazépine, gemfibrozil, ibuprofène et bisphénol A). Il apparaît, par

l'abaissement des niveaux de concentration et de fréquence de détection, que ces deux traitements de potabilisation des SENT peuvent réduire significativement les teneurs en composés émergents dans les EDCH.

Commentaire

Cette étude, utilisant des techniques analytiques de qualité pour la détection d'éléments présents en trace (chromatographie liquide couplée à un spectromètre de masse en tandem et la IDMS), permet de constater l'impact significatif des techniques de potabilisation sur la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine. En particulier, au niveau de la réduction des teneurs en contaminants les plus fréquemment présents dans les eaux sources non traitées. Ainsi, par exemple, la concentration médiane en carbamazépine passe de 3 ng/L dans les SENT à 0,21 ng/L dans les EDCH. Il est à noter que cette diminution des teneurs en composés pharmaceutiques peut être concomitante à la formation potentielle de métabolites présentant une éventuelle toxicité qui peut être supérieure à celle de la molécule-mère. Bien que certains médicaments se retrouvent dans l'eau potable, et que la population générale s'y trouve exposée, cela ne signifie pas pour autant qu'il y a un risque d'atteinte de la santé humaine. En effet, comme l'ont précisé les auteurs de l'article pour la carbamazépine, l'ibuprofène et le gemfibrozil, ces principes actifs sont présents à des concentrations très faibles, largement inférieures aux concentrations limites calculées *via* les PNEC⁽¹¹⁾. Néanmoins la présence de mélanges de composés doués d'une activité pharmacologique est un constat qui doit mener à des recherches dans le cadre des effets des mélanges aux faibles doses. L'origine des médicaments vétérinaires aurait pu être discutée par les auteurs et mérite intérêt en matière de recherche de méthodologie d'épuration adaptée compte tenu de l'activité antibiotique de deux d'entre eux.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Les risques environnementaux et sanitaires des polluants émergents sont l'objet d'une attention grandissante tant de la part des scientifiques que des gouvernements. La première étude, réalisée en Californie dans le cadre d'un programme de surveillance, est une représentation géographique à large échelle de la contamination de 1231 puits aquifères répartis sur tout le territoire californien. Les résultats des prélèvements d'eaux souterraines peuvent ainsi être reliés aux variations des caractéristiques géologiques, démographiques et d'usage du sol par les techniques agricoles.

La seconde étude pointe le lien entre contamination du milieu ressource (SENT) et pollution subséquente de l'eau potable (EDCH); ainsi que le rôle majeur de décontamination que peut jouer un traitement de potabilisation adéquat. Parmi les techniques de traitement des eaux pour mener à l'eau de potabilisation, de bons taux d'abattement des produits

pharmaceutiques et d'hygiène sont révélés par celles utilisant le charbon actif, seul ou en combinaison avec un traitement aux ultra-violets. Il ne faut pas perdre de vue que les molécules-mères peuvent potentiellement se décomposer en métabolites présentant également une toxicité, laquelle peut être supérieure à celle de la molécule-mère.

La liste des molécules recherchées dans les échantillons d'eau n'est pas une liste exhaustive de la contamination par les résidus médicamenteux. Le nombre de molécules médicamenteuses sur le marché est très important, si bien que les chercheurs doivent effectuer des choix pour déterminer quelles molécules rechercher dans les échantillons, en adéquation avec la technique analytique utilisée. De nombreuses études scientifiques ont pu montrer que la carbamazépine était une molécule retrouvée dans de nombreux SENT. Elle fait de facto partie, dans la grande majorité des cas, des résidus médicamenteux recherchés dans les échantillons d'eau. Il est intéressant de mettre en évidence la divergence entre la fréquence de détection de la carbamazépine dans les eaux souterraines visées à la première étude (1,5 %) et celle dans les eaux aquifères de la seconde étude (50 %). Une telle variation peut être expliquée par des différences tant dans la technique et la stratégie d'échantillonnage utilisée et liée directement à l'objectif de l'étude, que dans la limite de quantification de l'instrument analytique. Les milieux de prélèvements sont également très différents : eaux de puits profonds analysées en Californie, au contraire du Canada où les eaux étaient plus superficielles.

Sécheresse ou pluies diluviennes peuvent impliquer des fortes variations dans le débit des cours d'eau, et *de facto* dans la concentration en polluants émergents dans les différents réservoirs naturels d'eau. De plus, sous l'augmentation des pressions anthropiques, il est à craindre à l'avenir une élévation des teneurs en médicaments tant dans les eaux de surface et les nappes phréatiques que dans l'eau potable.

Lexique

- (1) HPLC-MS/MS : chromatographie liquide à haute pression couplée à de la spectrométrie de masse en tandem.
- (2) SPE : extraction en phase solide.
- (3) LD : limite de détection.
- (4) FD : fréquence de détection.
- (5) Cméd : concentration médiane.
- (6) Cmax : concentration maximale.
- (7) COV : composés organiques volatiles, dont les solvants, réfrigérants et fumigants, exceptés les trihalométhanes.
- (8) SENT : système d'eau non traitée.

- (9) EDCH : eau destinée à la consommation humaine.
- (10) IDMS : spectrométrie de masse par dilution isotopique.
- (11) PNEC : Predicted No-Effect Concentration = concentration estimée du médicament sélectionné, à laquelle il n'y a pas d'effet.

Publications de référence

- Benotti MJ, Trenholm RA, Vanderford BJ et al.** Pharmaceuticals and endocrine disrupting compounds in U.S. drinking water. *Environ Sci Technol.* 2009; 43: 597-603.
- Hernando MD, Petrović M, Fernández-Alba AR et al.** Analysis by liquid chromatography-electrospray ionization tandem mass spectrometry and acute toxicity evaluation for β -blockers and lipid-regulating agents in wastewater samples. *J Chromatogr.* 2004; 46: 133-140.
- Kenny JF, Barber NL, Hutson SS et al.** Estimated use of water in the United States in 2005. *U.S. Geol Surv Circular.* 2009; 1344: 52.
- Kümmerer K.** The presence of pharmaceuticals in the environment due to human use: present knowledge and future challenges. *J Environ Manage.* 2009; 8: 2354-2358.
- Lissemore L, Hao C, Yang P et al.** An exposure assessment for selected pharmaceuticals within a watershed in Southern Ontario. *Chemosphere.* 2006; 64: 717-729.
- Mompelat S, Le Bot B, Thomas O.** Occurrence and fate of pharmaceutical products and by-products, from resource to drinking water. *Environ Int.* 2009; 35: 803-814.
- Owens R, Plant J, Ragnarsdottir V et al.** Sustainable systems. In: Plant J., Voulvoulis N. (Eds). *Pollutants, Human health and the Environment – A Risk Based Approach.* Wiley-Blackwell, London, UK. 2011
- POSEIDON.** Assessment of Technologies for the Removal of Pharmaceuticals and Personal Care Products in Sewage and Drinking Water Facilities to Improve the Indirect Potable Water Reuse, 2001-2004.
- Weigela S, Bergerb U, Jensenc E et al.** Determination of selected pharmaceuticals and caffeine in sewage and seawater from Tromsø/ Norway with emphasis on ibuprofen and its metabolites. *Chemosphere.* 2004; 56: 583-592.

Revue de la littérature

- Deblonde T, Cossu-Leguille C, Hartemann P.** Emerging pollutants in wastewater: A review of the literature. *Int J Hyg Envir Heal.* 2011; in press, Corrected Proof
- Maeng SK, Sharma SK, Lekkerkerker-Teunissen K et al.** Occurrence and fate of bulk organic matter and pharmaceutically active compounds in managed aquifer recharge: A review. *Water Res.* 2011; 45: 3015-3033.
- Matilainen A, Gjessing ET, Lahtinen T et al.** An overview of the methods used in the characterisation of natural organic matter (NOM) in relation to drinking water treatment. *Chemosphere.* 2011; 83: 1431-1442.

Autres publications identifiées

JA Plant, J Bone, K Ragnarsdottir et al. Pollutants, human health and the environment – A risk-based approach; *Appl Geochem.* 2011; 26: S238-S240.

Article intéressant ciblé politique et actions à mener.

Jardim WF, Montagner CC, Pescara IC et al. An integrated approach to evaluate emerging contaminants in drinking water. *Sep Purif Technol.* 2011; In Press, Corrected Proof.

Développement de deux techniques pour la détection rapide du potentiel perturbateur endocrinien d'un échantillon d'eau : l'une chimique classique, l'autre biologique utilisant les Saccharomyces cerevisiae comme traceurs. Comparaison de leur résultats.

Touraud E, Roig B, Sumpter JP et al. Drug residues and endocrine disruptors in drinking water: Risk for humans? *Int J Hyg Envir Heal.* 2011, In Press, Corrected Proof.

Article intéressant traitant des expositions environnementales et humaines aux composés pharmaceutiques, ainsi que de l'estimation du risque.

Mots clés utilisés pour la recherche bibliographique

Drinking water, Emerging pollutant, Groundwater, Pharmaceuticals, Surface water, Tap water.

L'exposition des jeunes enfants aux POPs : encore d'actualité

Période : mars 2011 à fin août 2011

Claude EMOND

Université de Montréal – Département de santé environnementale et santé au travail – Montréal

Mots clés : Dioxine, Lait maternel, Mère, Organochloré, POPs

Les polluants organiques persistants connus sous l'acronyme (POPs⁽¹⁾) sont encore en 2011 d'actualité notamment pour leur persistance dans les milieux biologiques. Les niveaux d'expositions maximales, se sont produits dans les années 1970 ; leurs concentrations ont par la suite progressivement diminué, du moins pour plusieurs de ces composés. La convention de Stockholm, établie en 2004, a permis de dresser une liste de POPs dans laquelle sont incluses les dioxines. En 2009, cette liste a été mise à jour, et neuf autres composés, comme des retardateurs de flammes bromés, ont été ajoutés. Pour plusieurs de ces contaminants, l'alimentation est identifiée comme la source majeure de l'exposition humaine, notamment en raison de la capacité des contaminants à être bioaccumulés dans le matériel biologique. Comparés à l'adulte, les enfants en bas âge (jusqu'à six mois d'âge) sont une population particulièrement vulnérable aux produits chimiques en raison de leur faible capacité à détoxifier (système enzymatique incomplet) et à éliminer les contaminants présents dans leur organisme. Dans le cadre de cette veille, on s'est intéressé à l'exposition des jeunes enfants, et plus spécifiquement à la lactation et l'alimentation des nourrissons de moins d'un an. Ces deux sources de contamination sont influencées par différents facteurs ; l'un par la charge corporelle de la mère qui est elle-même sous l'influence de facteurs physiologiques, anatomiques et biochimiques, mais aussi par des facteurs géographiques. L'alimentation du nourrisson autre que l'allaitement est influencée par des facteurs géographiques comme les sources d'approvisionnement des matières premières entrant dans la composition des formulations. De plus, nous examinerons les niveaux de concentration de PCDD⁽²⁾ (dioxines) mesurés en Europe dans le lait maternel entre 1996 et 2006 et ceux de contaminants retrouvés dans les aliments pour les enfants de zéro à neuf mois. Cette note permettra d'initier une comparaison de ces deux sources d'exposition.

La variation des niveaux de composés organochlorés dans le lait maternel est dépendante de l'âge de la mère, du changement dans le poids corporel de la mère et de l'exposition précoce en début de vie

Lignell S, Aune M, Darnerud PO, Soeria-Atmadja D, Hanberg A, Larsson S, and Glynn A. Large variation in breast milk levels of organohalogenated compounds is dependent on mother's age, changes in body composition and exposures early in life. *J Environ Monit.* 2011; 13: 1607-1616.

Résumé

L'objectif de cet article était de déterminer quels étaient les facteurs influençant la concentration de POPs dans le lait maternel. Dans la ville d'Upsala en Suède, ce groupe de chercheurs a mesuré la concentration de contaminants dans le lait maternel chez 325 femmes primipares ayant accouché entre 1996 et 2006. Seules les femmes nées à Upsala furent recrutées afin de mieux contrôler les variables géographiques. Plusieurs familles de composés ont été mesurées comme des BPC⁽³⁾, des PCDD et des PBDE⁽⁴⁾, soit un total de 32 composés. Les auteurs ont fait leur analyse en comparant le profil d'exposition selon deux approches ; 1) l'approche d'agglomération binaire (consistant à corrélérer deux groupes entre eux suivant leur similitude) et 2) l'approche multi branche (approche multifactorielle utilisant

un algorithme permettant de corrélérer les différents paramètres entre eux (test de Spearman)). Ces regroupements avaient pour but d'identifier des composés ayant des comportements similaires suivant les sources d'exposition et le profil toxicocinétique. Plus spécifiquement, ils visaient à expliquer la convergence entre la concentration mesurée et une liste de caractéristiques comme l'âge, les changements de poids de la mère et certaines habitudes de vie chez les femmes ayant allaité. L'analyse des résultats montre une association positive entre les concentrations de PCDD dans le lait et l'âge de la mère, la perte de poids post-partum, mais une associative négative de ce paramètre avec l'augmentation du BMI⁽⁵⁾ en période pré-grossesse ou encore de la prise de poids durant la grossesse. Les auteurs ont aussi trouvé une association positive entre la concentration de BPCs exprimé en WHO-TEQ⁽⁶⁾ et l'activité physique intense. Les auteurs ont formulé l'hypothèse selon laquelle l'activité physique requiert plus d'énergie, nécessitant donc de se nourrir en plus grande quantité et de fait de voir l'exposition en POPs augmenter sans réel gain de poids. Les auteurs terminent en disant que de simples conseils à la femme enceinte concernant la prévention dans le changement de poids à des étapes critiques de leur vie ou encore d'éviter la consommation de poissons gras contaminés durant leur vie contribuent à diminuer les niveaux de dioxine dans le lait jusqu'à 60 %.

Commentaire

Cet article est intéressant pour plusieurs raisons. Tout d'abord, les auteurs ont mesuré la concentration de 32 POPs retrouvés dans le lait maternel entre 1996 et 2006. D'autre part, ils ont comparé ces concentrations de contaminants dans le lait maternel aux changements physiologiques et aux habitudes de vie chez ces femmes. De plus, ils ont calculé que les dioxines exprimées en WHO-TEQ n'excédaient pas la dose journalière tolérable. Cependant, les auteurs auraient dû compléter en commentant les concentrations observées avec les doses journalières tolérables. Les laits analysés ont été prélevés environ trois semaines après l'accouchement indiquant que les mesures ciblaient des nourrissons d'un mois. Il serait pertinent d'avoir une étude sur une période d'allaitement d'au moins six mois afin d'avoir des données d'exposition plus précises. De plus, les prélèvements sont uniques ce qui nous donne seulement une image incomplète du profil d'élimination dans le lait maternel. Procéder à des prélèvements (trois ou quatre) sur une période plus longue que trois semaines serait très important pour caractériser cette voie d'élimination. Les recommandations identifiées par les auteurs sont de s'abstenir d'une perte de poids juste avant l'allaitement ou encore de ne pas manger de poissons gras (habituellement plus contaminés). Il est bien connu que la chute de masse corporelle chez la femme et l'alimentation en poissons contaminés par des POPs, favorisent l'augmentation de la concentration des contaminants dans le lait maternel, comme dans d'autres fluides biologiques ou tissus. Enfin, il serait pertinent de comparer ces 325 échantillons de lait maternel de femmes primipares à d'autres groupes de femmes de différentes décennies.

Évaluation de l'exposition aux PCDD/F, BPC, PO et BPA dans la diète des enfants européens non nourris au sein

Pandelova M, Piccinelli R, Lopez WL, Henkelmann B, Molina-Molina JM, Arrebola JP, Olea N, Leclercq C, and Schramm KW. Assessment of PCDD/F, PCB, OCP and BPA dietary exposure of non-breast-fed European infants. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess. 2011; 28: 1110-1122.

Résumé

Il est reconnu que la source majeure d'exposition à des POPs chez l'Homme est principalement l'alimentation. Il est aussi bien établi que les jeunes enfants (de moins de six mois) sont biologiquement plus sensibles à certains contaminants par kilo de poids corporel (p.c.) que chez les adultes. Ceci tient au fait que leur métabolisme enzymatique n'est pas complètement mature. Partant de ce principe, les auteurs ont voulu savoir si la nourriture chez de jeunes enfants n'étant pas allaités, ou en combinaison avec l'allaitement, constituait une source non négligeable d'exposition. Pour ce faire, les auteurs ont mesuré des POPs₁ comme les PCDD/F, BPCs, PO⁽⁷⁾ et le BPA⁽⁸⁾ dans des aliments pour bébé comme des formulations à base de lait, à base

de soja, ou encore à base de composés hypo-allergéniques pour des enfants d'un à neuf mois d'âge. Des échantillons de 22 pays provenant de la communauté européenne ont été analysés. En parallèle, les auteurs ont généré des scénarios d'exposition en établissant différents types d'alimentation susceptible d'être donnée aux enfants selon leur âge. Ils ont utilisé un « E-Screen bioassay » (test de criblage œstrogénique) pour évaluer l'œstrogénicité et un test d'induction EROD⁽⁹⁾ pour évaluer la capacité inductible du PCDD/F₂ et des BPCs ayant des propriétés semblables aux dioxines. Les résultats montrent que le test EROD présentait toujours des concentrations sous les limites de quantification. L'analyse globale des produits analysés, contenus dans l'alimentation des enfants de zéro à neuf mois, se situaient entre 0,7 et 1,0 pg WHO-TEQ, soit des concentrations n'excédant pas la dose maximale recommandée de 4 pg WHO-TEQ/kg de p.c. Ces concentrations mesurées sont très inférieures à celles déterminées dans certains pays d'Europe. Plus précisément, les auteurs ont comparé leurs résultats à ceux obtenus dans les laits maternels de femmes en République Tchèque, qui ont une distribution de concentrations entre 117 et 271 pg WHO-TEQ (Bencko *et al.*, 2004), en Turquie entre 37 à 70 pg WHO-TEQ (Cok *et al.*, 2009), ou en Espagne avec 50 pg TEQ/kg p.c (Bordajandi *et al.*, 2008). Les auteurs précisent que, comparé à l'adulte, les enfants de ce groupe d'âge, consomment une plus grande quantité de nourriture par kilogramme de p.c. Cependant, ils précisent que même avec ces quantités de nourriture, les concentrations PCDD/F des enfants de zéro à neuf mois se maintiennent entre 0,14 et 1,27 pg WHO-TEQ/kg p.c. Les auteurs précisent aussi qu'en général, les teneurs en contaminants mesurées dans la nourriture commerciale au sein de la communauté européenne sont inférieures aux concentrations rencontrées dans le lait maternel.

Commentaire

L'article est intéressant car il met en évidence une situation préoccupante en rapport à l'exposition des jeunes enfants à des contaminants persistants œstrogéniques. Les auteurs ont analysé quatre classes de composés à effets perturbateurs endocriniens dans la formulation d'aliments solides et des breuvages pour enfants provenant de 22 pays de l'Union européenne. Comme l'Union européenne facilite la circulation des aliments de toutes sortes à travers l'Europe, une étude comme celle-ci permet d'estimer les niveaux d'exposition d'une sous-population sensible. Les niveaux d'exposition en dioxines retrouvés dans la nourriture des enfants sont en dessous des limites de la dose tolérable ingérée (TDI) recommandée. Cependant, il est important d'assurer une surveillance de cette population vulnérable. Même si les niveaux de plusieurs contaminants sont sous les limites de détection, ce qui ne permet pas d'établir avec certitude leur concentration dans les aliments, cette étude représente une base de données très importante pour l'évaluation des risques sanitaires.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Comme le démontrent ces deux articles, les POPs¹ sont toujours présents comme contaminants dans le lait maternel et la nourriture pour jeunes enfants. Des études comme celles discutées dans le cadre de cette note permettent d'observer les concentrations auxquelles est exposée cette population. Les évaluations du risque sanitaire produites par des organismes réglementaires basent leur évaluation de l'exposition sur ce type d'études scientifiques. On peut affirmer que les concentrations dans la nourriture tendent à diminuer avec les années. Cependant, lorsque l'on regarde de plus près la variabilité dans le lait au niveau d'une population, les raisons de ces réductions deviennent moins évidentes. Le premier article a montré que les concentrations retrouvées dans le lait maternel dépendent en grande partie des habitudes de vie, de la variation de poids et de l'âge des mères. Cependant, étant donné la variabilité dans la mesure, cette relation causale serait davantage multifactorielle. La principale limitation de ce type d'étude vient du fait qu'elle est ponctuelle à un moment dans la vie de la mère et de l'enfant. Un suivi sur une plus grande période, incluant une répétition dans les mesures de contaminants dans le lait maternel, permettrait de mieux saisir la variabilité qui en résulte et l'impact de cette voie d'élimination chez la mère. Comme présenté dans l'étude de Lignell *et al.* (2011) l'analyse des concentrations (faites entre 1996 et 2006) permet de donner, pour cette période déterminée, une mesure d'exposition chez les enfants allaités et les mères allaitantes. Ces résultats pourront aussi être comparés avec des concentrations de contaminants provenant d'une région ou d'une période temporelle différente. Le deuxième article revu dans cette note donne le portrait des niveaux d'exposition d'une population à risque que sont les enfants de zéro à neuf mois exposés *via* l'alimentation. On remarque que les dioxines sont toujours présentes dans la nourriture de cette population. Même si Pandelova *et al.* (2011) soulignent que les concentrations de contaminants dans les formulations commerciales pour jeunes enfants sont plus basses que les concentrations dans le lait maternel, il ne faut pas oublier les autres effets bénéfiques de l'allaitement. Les avantages que les jeunes enfants retirent de l'allaitement restent encore la meilleure solution.

Lexique

- (1) POPs: polluants organiques persistants.
- (2) PCDD/F: polychlorodibenzo-p-dioxines/dibenzofurane.
- (3) BPC: diphényles polychlorés.
- (4) PBDE: polybromodiphényléther.
- (5) BMI: indice de masse corporelle.
- (6) WHO-TEQ: équivalence toxique.
- (7) PO: pesticides organochlorés.
- (8) BPA: bisphénol A.
- (9) EROD: Éthoxyrésorufin-O-dééthylase.

Publications de référence

- Bencko V, Cerna M, Jech L et al.** 2004. Exposure of breast-fed children in the Czech Republic to PCDDs, PCDFs, and dioxin-like PCBs. *Environ Toxicol Pharmacol.* 2004; 18: 83-90.
- Bordajandi LR, Abad E, Gonzalez MJ.** 2008. Occurrence of PCBs, PCDD/Fs, PBDEs and DDTs in Spanish breast milk: enantiomeric fraction of chiral PCBs. *Chemosphere.* 2008; 70: 567-575.
- Cok I, Donmez MK, Uner M et al.** Polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans and polychlorinated biphenyls levels in human breast milk from different regions of Turkey. *Chemosphere* 2009; 76: 1563-1571.

Revue de la littérature

- Ulaszewska MM, Zuccato E, Davoli E.** PCDD/Fs and dioxin-like PCBs in human milk and estimation of infants' daily intake: a review. *Chemosphere.* 2011; 83:774-82. Epub 2011 Mar 23.

Autres publications identifiées

- Humblet O, Sergejev O, Altshul L et al.** Temporal trends in serum concentrations of polychlorinated dioxins, furans, and PCBs among adult women living in Chapaevsk, Russia: a longitudinal study from 2000 to 2009. *Environ Health.* 2011; 10: 1-6.
- Il s'agit d'une étude où les auteurs ont étudié les changements dans la concentration de la charge corporelle chez la femme entre 2000 et 2009 en Russie. Il s'agit d'une ancienne ville industrielle contaminée par des polluants persistants et où il y a, par conséquent, augmentation de la charge corporelle dans la population. Cet article n'a pas été retenu, car les auteurs n'ont pas mesuré la concentration des contaminants dans le lait maternel.*
- Tai PT, Nishijo M, Kido T et al.** Dioxin concentrations in breast milk of Vietnamese nursing mothers: a survey four decades after the herbicide spraying. *Environ Sci Technol.* 2011; 45: 6625-6632. *Dans cet article, les auteurs ont revu une population de 520 mères qui allaitent au Vietnam. Il faut se rappeler que, durant la guerre du Vietnam de 1961 à 1971, plusieurs centaines de milliers de civils ont été exposés à des concentrations élevées de dioxine à travers l'épandage de l'Agent orange. Les auteurs ont montré que les concentrations dans le lait maternel se situent entre*

14 pg/g et 208,4 ng/p lipide. La concentration diminue avec l'âge. Les auteurs concluent que les dioxines sont retrouvées selon une distribution géographiquement spécifique. Dans la région des hautes concentrations, le niveau de dioxine est fortement corrélé au lieu de résidence des femmes après ajustement de l'âge et du nombre de grossesse.

Chovancová J, Čonka K, Kočan A et al. PCDD, PCDF, PCB and PBDE concentrations in breast milk of mothers residing in selected areas of Slovakia. *Chemosphere*. 2011; 83:1383-1390

Dans cet article, les auteurs ont mesuré des contaminants persistants dans le lait de 33 femmes de la République slovaque. Les valeurs de PCDD et BPC en TEQ variaient de 5 à 51,8 pg/g lipide ajusté. La dose journalière pour des enfants de 0 à 2 mois fut estimée entre 14,4 et 230 pg TEQ/kg p.c. Ces valeurs dépassent largement les valeurs de référence du WHO se situant en 1 et 4 pg/kg de p.c. tel qu'indiqué par les auteurs.

Mots clés utilisés pour la recherche bibliographique

TCDD, Dioxin, dioxin-like, TEQ, AhR, 2,3,7,8- TCDD, 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin

anses

agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail



Bulletin de veille BVS scientifique

Édition scientifique • Bulletin de veille n° 16 • Décembre 2011
Notes d'actualité scientifique

Agents biologiques

Émergence d'entérobactéries productrices de carbapénémases

Période : mars 2011 à août 2011

Anne JOLIVET-GOUGEON

Université de Rennes 1 – EA 1254 Microbiologie – Rennes

Mots clés : Carbapénémase, Émergence, Épidémie, Épidémiologie, Prévention

Les carbapénèmes (imipénème, méropénème, doripénème, ertapénème) sont des bêta-lactamines à usage hospitalier, qui bénéficient d'un très large spectre d'activité, incluant de nombreuses espèces de bacilles Gram négatif dont les entérobactéries, *Pseudomonas aeruginosa* et *Acinetobacter baumannii*. Cette excellente activité antibactérienne est liée à la rapidité de leur pénétration à travers la paroi bactérienne et à leur stabilité vis-à-vis de nombreuses bêta-lactamases (céphalosporinases, bêta-lactamases à spectre étendu BLSE⁽¹⁾).

Cette classe d'antibiotiques est un des derniers recours en cas d'infections (nosocomiale, bactéries multirésistantes) et leur prescription a tendance à augmenter, ce qui a été relié à une sélection accrue de souches résistantes, par expression de bêta-lactamases (ex: entérobactéries productrices de carbapénémases: EPC⁽²⁾) capables d'hydrolyser les carbapénèmes. Les plus importantes cliniquement sont actuellement les bêta-lactamases de type VIM⁽³⁾ (Verona imipénémase), IMP⁽⁴⁾ (Imipénémase), OXA⁽⁵⁾ (Oxacillinase, en particulier OXA-48), KPC⁽⁶⁾ (*Klebsiella pneumoniae* carbapénémase), et NDM-1⁽⁷⁾ (New Delhi métallobêta-lactamase). La première souche d'EPC KPC a été détectée en 2001 en Caroline du Nord (Yigit *et al.*, 2001), et sa dissémination s'est étendue au monde entier avec une relation clonale entre les souches, mais avec des disparités géographiques. Selon le réseau EARS-Net – ECDC⁽⁸⁾, si le taux de *Klebsiella pneumoniae* résistantes aux carbapénémases était inférieur à 1 % en France en 2009, il atteignait déjà 43,5 % en Grèce. Ce problème préoccupant rend important le suivi de l'épidémiologie et la mise en place de mesures préventives pour contrer leur dissémination.

Émergence d'entérobactéries productrices de carbapénémases en France, de 2004 à 2011

Vaux S, Carbone A, Thiolet J, Jarlier V, Coignard B, RAISIN and Expert Laboratories Groups. Émergence of carbapenemase-producing Enterobacteriaceae in France, 2004 to 2011. Euro Surveill. 2011; 16: 19880.

Résumé

Les objectifs de cette publication ont consisté à recenser, quantifier et décrire les caractéristiques des cas d'isolements d'EPC, rapportés à l'InVS⁽⁹⁾ du 1^{er} cas notifié (en février 2004) jusqu'en avril 2011.

Les cas sont détectés par un diagnostic microbiologique (patient colonisé ou infecté) dans des laboratoires experts et le CNR⁽¹⁰⁾. Un antibiogramme est réalisé et interprété selon les recommandations du CA SFM⁽¹¹⁾. Devant toute souche de sensibilité diminuée aux carbapénèmes, des tests complémentaires sont réalisés (test de Hodge modifié (Lee *et al.*, 2001), tests de synergie avec l'EDTA⁽¹²⁾ et l'acide clavulanique, amplification et séquençage des gènes codant les carbapénémases). Chaque nouveau cas déclaré a été relié épidémiologiquement au(x) suivant(s), la chaîne de transmission a été étudiée et les résultats ont été transmis aux autorités compétentes (CCLIN⁽¹³⁾, InVS). Depuis le premier cas observé en France en 2004, 53 épisodes d'infections/colonisations par des EPC ont été déclarés en France par les établissements de soins français, majoritairement en région parisienne et dans le Nord

de la France (67,9 %), avec des cas isolés décrits dans les autres régions. Ce sont surtout des *Klebsiella pneumoniae* (62,3 %) et des *E. coli* (26,4 %) qui ont été isolés (plusieurs espèces d'EPC pouvant être retrouvées chez un même patient), avec une prédominance attendue d'OXA-48 (43,4 %) et de KPC (30,2 %). Sur les 53 épisodes rapportés, 42 étaient liés à une hospitalisation à l'étranger au cours de l'année précédente. Ils concernaient 164 cas (52 infections et 112 colonisations), dont 36 cas sporadiques isolés et 54 cas index (37 colonisés, 16 infectés, 1 non déterminé). Afin de circonscrire une épidémie possible, les auteurs préconisent: 1) de renforcer les mesures de contrôles dans les pays où les EPC2 sont endémiques, 2) de détecter les porteurs (patients ayant fait un séjour dans un hôpital étranger) particulièrement dans les pays où l'incidence reste faible (c'est le cas de la France), afin que de mettre en place des mesures d'isolement strict, et 3) d'assurer une bonne maîtrise de l'utilisation des carbapénèmes, dont l'administration peut conduire à la sélection de souches résistantes.

Commentaire

Les auteurs montrent des limites à l'interprétation de leurs données: 1) une probable sous-estimation des cas déclarés, du fait de la méconnaissance des méthodes de détection et d'identification des EPC dans les laboratoires avant 2009, 2) la difficulté à interpréter un taux de mortalité (mesuré autour de 25 %) chez des patients avec de multiples pathologies, et 3) la

détection d'EPC de différentes espèces détectées chez un même patient (transmission par éléments génétiques mobiles d'une souche à l'autre et d'un patient à l'autre).

Cette étude montre que de nombreux réseaux et l'ensemble de la chaîne des soins sont aujourd'hui impliqués dans une surveillance active des EPC. On peut espérer que cela permettra de limiter la dissémination de ces souches en milieu extra-hospitalier ainsi que la colonisation de porteurs sains d'EPC, potentiels réservoirs pour les patients à risque d'infection.

Pour 20,7 % des épisodes, la détection du cas index porteur d'EPC n'était pas liée à un séjour dans un hôpital à l'étranger, ce qui laisse suspecter la circulation de porteurs sains d'EPC (nombre inconnu) ayant séjourné à l'étranger ou ayant été colonisés (caractère endémique de ces souches dans certains pays). Cela peut rendre insuffisantes les seules mesures de détection des patients hospitalisés en France et ayant été hospitalisés à l'étranger, car cela implique que des souches peuvent circuler en milieu non hospitalier. Il n'est d'ailleurs pas évoqué la colonisation possible des soignants et donc la possibilité de transmission aux patients, sans doute du fait du nombre, restant faible, d'isolements d'EPC. Rien n'a été évoqué sur l'association de ces EPC avec d'autres bactéries multirésistantes chez un même patient, ni de la présence simultanée d'autres gènes de résistance chez une même souche d'EPC, pouvant conduire à des échecs thérapeutiques plus importants.

Épidémie due à une souche de *Klebsiella pneumoniae* productrice de KPC-2 et VIM-1 dans un hôpital universitaire allemand, de juillet 2010 à janvier 2011

Steinmann J, Kaase M, Gatermann S, Popp W, Steinmann E, Damman M, Paul A, Saner F, Buer J, Rath P. Outbreak due to a *Klebsiella pneumoniae* strain harbouring KPC-2 and VIM-1 in a German university hospital, July 2010 to January 2011. Euro Surveill. 2011; 16 pii: 19944.

Résumé

Une souche de *Klebsiella pneumoniae* productrice de deux carbapénémases différentes (KPC-2 et VIM-1) a été isolée chez 7 patients dans le service de soins intensifs de chirurgie viscérale et transplantation (4 bactériémies, 1 infection pleurale et 2 colonisations). C'est la première observation de ce type, décrite dans un hôpital hors de Grèce (Essen, Allemagne). Cette souche est à l'origine d'une épidémie qui a perduré de juillet 2010 à janvier 2011. La détection des bêta-lactamases a été classiquement effectuée par mesure de la CMI⁽¹⁴⁾ au mérépénème et l'imipénème, un test de Hodge modifié (positif dans tous les cas) ainsi que les tests d'inhibition à l'acide boronique et l'EDTA (avec des résultats variables selon les souches). L'identification précise de la carbapénémase a toujours été positive par PCR⁽¹⁵⁾ suivie d'un séquençage des produits amplifiés. La relation clonale entre les différentes souches isolées au cours de l'épidémie a été démontrée par la méthode de Rep-PCR. La souche clonale isolée présentait le même profil de multirésistance sur l'antibiogramme. Des bactériémies ont été

observées chez 4 patients transplantés (2 du rein et 2 du foie) et ont été mortelles chez 3 de ces patients, ce qui confirme que la transplantation est un facteur de risque. Après l'isolement des 3 premiers cas au cours de l'épidémie, des mesures de contrôle et de prévention ont été appliquées, en particulier des dépistages chez les patients (n = 32) et dans l'environnement (n = 68). Même si l'un des patients bactériémiques (en novembre 2010), avait précédemment été hospitalisé en Grèce (mars 2010), la première souche épidémique a été isolée chez un autre patient (juillet 2010). L'enquête épidémiologique n'a apporté aucune preuve que la souche venait d'un autre pays.

L'épidémie a été efficacement jugulée par la mise en place des mesures d'isolement et de prévention : détection des cas index et secondaires dans chaque service hospitalier, suivi et notification des patients épidémiologiquement liés au patient source, bonne maîtrise de l'utilisation des antimicrobiens, limitation des actes invasifs, renforcement des mesures d'hygiène et d'isolement, information du personnel soignant, multiplication des réunions de services, détection systématique à l'admission et surveillance hebdomadaire des patients.

Commentaire

L'intérêt épidémiologique de cette étude est limité par le faible nombre de patients et l'absence de typage pour la souche isolée du patient 2. De plus, certains tests de détection se sont avérés négatifs et cela a été attribué par les auteurs au co-portage de 2 enzymes différentes, sans démonstration scientifique. Selon la méthode utilisée pour mesurer la CMI aux carbapénèmes, les résultats s'avèrent différents (8 mg/L en milieu liquide, 32 mg/L par E tests). Pour aider à l'interprétation, la révision des diamètres critiques et concentrations critiques pour les carbapénèmes a été faite dans de nombreux pays, mais des disparités existent : par exemple les recommandations du CA SFM sont différentes de celles du CLSI⁽¹⁶⁾ américain, ce qui risque de compliquer, voire fausser, l'interprétation des données épidémiologiques. De plus, les industriels qui produisent les systèmes d'antibiogrammes doivent s'adapter rapidement à ces nouvelles recommandations et modifier leurs produits, ce qui va entraîner une période au cours de laquelle des disparités de détection peuvent subsister.

La présence de carbapénémases a souvent été liée à un séjour prolongé à l'hôpital (Gupta *et al.*, 2011) et la difficulté réside souvent à identifier le patient source. En juillet 2010, la souche de *Klebsiella* épidémique est isolée pour la première fois dans ce service de chirurgie. Cette même souche ne sera isolée chez le patient 7 qu'en novembre, malgré une hospitalisation dans le même service en mars 2010 puis un séjour dans un hôpital grec. Il n'est donc pas exclu que la souche épidémique se soit propagée dans l'hôpital de mars à juillet, sans avoir été détectée lors du premier séjour de ce patient.

CONCLUSION GÉNÉRALE

La plupart des souches d'EPC ont un phénotype de multirésistance aux antibiotiques qui limite très fortement les possibilités thérapeutiques. Cela est en partie dû à l'association fréquente de ces carbapénèmases avec des BLSE ou des bactéries résistantes à d'autres familles d'antibiotiques. Le co-transfert de gènes de résistance (BLSE) portés sur divers éléments génétiques mobiles (plasmides, transposons...), pourrait faciliter la sélection d'EPC et limiter l'alternative thérapeutique. À titre d'exemple, des souches de NDM-1 uniquement sensibles à la colimycine et la tigécycline ont été décrites (Kumarasamy *et al.*, 2010). Le rôle des antibiotiques, désinfectants et antiseptiques, comme agents de sélection des EPC₂, reste débattu, et des études complémentaires seront nécessaires pour affirmer le rôle respectif des différentes classes d'antimicrobiens les plus largement utilisées.

En France, de récentes recommandations (ex : circulaire n°DGS/RI/DGOS/PF/2010/413 du 6 décembre 2010, Haut Conseil de la Santé Publique 2010) rendent indispensable la détection de ces carbapénèmases. De nombreuses méthodes de détection ont été proposées, afin d'identifier rapidement les souches bactériennes cliniques productrices, mais aucune n'est réellement spécifique (Tsakris *et al.*, 2011; Pasteran *et al.*, 2011). Le recours systématique à plusieurs tests, avec des techniques de biologie moléculaire qui restent souvent l'ultime solution, n'est pas sans conséquence sur le coût de cette recherche en routine. La difficulté de détecter facilement ces carbapénèmases au laboratoire laisse imaginer que leur prévalence est peut-être restée longtemps sous-évaluée, mais que leur émergence va rendre leur détection plus systématique et efficace en routine.

Si les recherches dans l'environnement semblent peu efficaces, le problème qui subsiste pour la transmission de EPC est celui des porteurs sains, en particulier le personnel soignant et les porteurs à l'extérieur de l'hôpital, dont le nombre est toujours difficile à évaluer et peut varier selon les études (Wiener-Well *et al.*, 2010), et vraisemblablement selon les pays. Effectuer des prélèvements sur le personnel médical et dans certains pays est légalement interdit ou soumis à l'accord des intéressés, ce qui rend difficile la surveillance globale.

Lexique

- (1) BLSE : bêta-lactamase à spectre étendu (ou élargi).
- (2) EPC : entérobactéries productrices de carbapénèmases.
- (3) VIM : Verona imipénèmase.
- (4) IMP : imipénèmase.
- (5) OXA : oxacillinase.
- (6) KPC : *Klebsiella pneumoniae* carbapénèmase.
- (7) NDM-1 : New Delhi metallo-bêta-lactamase.
- (8) EARS-Net – ECDC : European Antimicrobial Resistance Surveillance Network –European Centre for Disease Prevention and Control.
- (9) InVS : Institut de veille sanitaire.
- (10) CNR : Centre national de référence en France : <http://www.pasteur.fr/ip/easysite/pasteur/fr/sante/centres-nationaux-de-reference-et-centres-collaborateurs-de-l-oms/centres-de-reference/cnr-acces-par-centre>.
- (11) CA SFM : Comité de l'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie.
- (12) EDTA : éthylène diamine tétracétique.
- (13) CCLIN : Centre de coordination des lutte contre les infections nosocomiales.
- (14) CMI : concentration minimale inhibitrice.
- (15) PCR : réaction de polymérase en chaîne.
- (16) CLSI : Clinical and Laboratory Standards Institute.

Publications de référence

Ben-David D, Maor Y, Keller N *et al.* Potential role of active surveillance in the control of a hospital-wide outbreak of carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* infection. *Infect Cont Hosp Ep.* 2010; 31: 620-626.

CA SFM : Comité de l'antibiogramme de la société française de microbiologie, recommandations 2009 : <http://www.sfm-microbiologie.org/pages/?id=21&page=746>.

Calfee D, Jenkins SG. Use of active surveillance cultures to detect asymptomatic colonization with carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* in intensive care unit patients. *Infect Cont Hosp Ep.* 2008; 29: 966-968.

CDC : Centers for Diseases Control and Prevention : http://www.cdc.gov/ncidod/dhqp/pdf/ar/Klebsiella_or_Ecoli.pdf

ECDC (European Centre for Disease Prevention and Control). Antimicrobial resistance surveillance in Europe 2009. Annual Report of the European Antimicrobial Resistance Surveillance Network (EARS-Net). Stockholm : ECDC ; 2010. Available from : http://ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/Forms/ECDC_DisForm.aspx?ID=580

Goren MG, Carmeli Y, Schwaber MJ *et al.* Transfer of carbapenem-resistant plasmid from *Klebsiella pneumoniae* ST258 to *Escherichia coli* in patient. *Emerg Infect Dis.* 2010; 16: 1014-1017.

Gould CV, Umscheid CA, Agarwal RK *et al.* Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee Guideline for prevention of catheter-associated urinary tract infections 2009. *Infect Cont Hosp Ep.* 2010; 31: 319-326.

Gupta N, Limbago BM, Patel JB et al. Carbapenem-resistant Enterobacteriaceae: epidemiology and prevention. *Clin Infect Dis.* 2011; 53: 60-67.

Haut Conseil de la Santé Publique. Commission spécialisée sécurité des patients: infections nosocomiales et autres événements indésirables liés aux soins et aux pratiques. RAPPORT 2010. Recommandations. Dépistage du portage digestif des bactéries commensales multirésistantes aux antibiotiques importées en France à l'occasion du rapatriement de patients en provenance de l'étranger et maîtrise de leur diffusion. http://www.hcsp.fr/docspdf/avisrapports/hcsp20100518_bmrimportees.pdf

Kitchel B, Rasheed JK, Patel JB et al. Molecular epidemiology of KPC-producing *Klebsiella pneumoniae* isolates in the United States: clonal expansion of multilocus sequence type 258. *Antimicrob Agents Ch.* 2009; 53: 3365-3370.

Kochar S, Sheard T, Sharma R et al. Success of an infection control program to reduce the spread of carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae*. *Infect Cont Hosp Ep.* 2009; 30: 447-452.

Kumarasamy KK, Toleman MA, Walsh TR et al. Émergence of a new antibiotic resistance mechanism in India, Pakistan, and the UK: a molecular, biological, and epidemiological study. *Lancet Infect Dis.* 2010; 10: 597-602.

Leavitt A, Chmelnitsky I, Ofek I et al. Plasmid pKpQIL encoding KPC-3 and TEM-1 confers carbapenem resistance in an extremely drug-resistant epidemic *Klebsiella pneumoniae* strain. *J Antimicrob Chemother.* 2010; 65: 243-248.

Lee K, Chong Y, Shin HB et al. Modified Hodge and EDTA-disk synergy tests to screen metallo-beta-lactamase-producing strains of *Pseudomonas* and *Acinetobacter* species. *Clin Microbiol Infect.* 2001; 7: 88-91.

Pasteran F, Veliz O, Faccione D et al. A simple test for the detection of KPC and metallo-β-lactamase carbapenemase-producing *Pseudomonas aeruginosa* isolates with the use of meropenem disks supplemented with aminophenylboronic acid, dipicolinic acid and cloxacillin. *Clin Microbiol Infect.* 2011; 17: 1438-1441.

Perez F, Endimiani A, Ray AJ et al. Carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* and *Klebsiella pneumoniae* across a hospital system: impact of post-acute care facilities on dissemination. *J Antimicrob Chemother.* 2010; 65: 1807-1818.

Tsakris A, Themeli-Digalaki K, Poulou A et al. Comparative evaluation of combined-disk tests using different boronic acid compounds for detection of *Klebsiella pneumoniae* carbapenemase-producing enterobacteriaceae clinical isolates. *J Clin Microbiol.* 2011; 49: 2804-2809.

Wiener-Well Y, Rudensky B, Yinnon AM et al. Carriage rate of carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* in hospitalised patients during a national outbreak. *J Hosp Infect.* 2010; 74: 344-349.

Yamaguchi K, Ishii Y, Iwata M et al. Nationwide surveillance of parenteral antibiotics containing meropenem activities against clinically isolated strains in 2009. *Jpn J Antibiot.* 2011; 64: 53-95.

Yigit H, Queenan AM, Anderson GJ et al. Novel carbapenem-hydrolyzing beta-lactamase, KPC-1, from a carbapenem-resistant strain of *Klebsiella pneumoniae*. *Antimicrob Agents Ch.* 2001; 45: 1151-1161. Erratum in: *Antimicrob Agents Ch.* 2008; 52: 809.

Revue de la littérature

Calfee DP. *Klebsiella pneumoniae* carbapenemase-producing Enterobacteriaceae. *J. Infus Nurs.* 2010; 33: 150-154.

French GL. The continuing crisis in antibiotic resistance. *Int J Antimicrob Agents.* 2010; 36: S3-7. Review.

Nordmann P. Gram-negative bacteria with resistance to carbapenems. *Med Sci (Paris).* 2010; 26: 950-959. Review.

Walsh TR. Emerging carbapenemases: a global perspective. *Int J Antimicrob Agents.* 2010; 36: S8-14. Review.

Autres publications identifiées

Hrabák J, Niemczyková J, Chudáčková E et al. KPC-2-producing *Klebsiella pneumoniae* isolated from a Czech patient previously hospitalized in Greece and *in vivo* selection of colistin resistance. *Folia Microbiol. (Praha).* 2011; 56: 361-365.

Malgré la toxicité reconnue de la colimycine, cet antibiotique (avec la tigécycline) reste un recours pour traiter les patients infectés par des EPC2. Cette publication décrit un cas de résistance à la colimycine au cours du traitement et compromet ainsi l'espoir de pouvoir utiliser cet antibiotique pour traiter les infections à EPC2.

Huang TD, Bogaerts P, Berhin C et al. Rapid emergence of carbapenemase-producing Enterobacteriaceae isolates in Belgium. *Euro Surveill.* 2011; 16: 19900.

Cette publication souligne l'importance de faire des études épidémiologiques par zones géographiques, car les résultats peuvent varier selon les pays, même géographiquement proches. En Belgique, ce sont les souches de K. pneumoniae et d'E. cloacae qui sont le plus souvent productrices de carbapénèmes. De plus, la majorité des patients porteurs d'EPC2 n'ont pas voyagé, ni été hospitalisés à l'étranger, ce qui met en évidence l'émergence de souches autochtones dans ce pays.

Zhou Z, Du X, Wang L et al. A Clinical Carbapenem-Resistant *Acinetobacter baylyi* Strain Co-harboring blaSIM-1 and blaOXA-23 from China. *Antimicrob Agents Ch.* 2011 Aug 29.

Cette publication met en évidence la possibilité de codétection de plusieurs bêta-lactamases chez une souche d'Acinetobacter baylyi producteur de carbapénémase, chez un patient de Corée du Sud. Cela démontre bien la possibilité de portage et transfert horizontal de gènes variés de résistance par des plasmides porteurs d'intégrons chez des espèces différentes.

Mots clés utilisés pour la recherche bibliographique

Carbapenemase, Émergence, Outbreak, Prevention

Complexité et diversité de la relation entre excès d'humidité et santé

Période : mars 2011 à août 2011

Denis CHARPIN

Aix-Marseille Université – Clinique des bronches, allergie et sommeil, hôpital Nord, Assistance publique-hôpitaux de Marseille et UMR MD2P2COE – Marseille

Mots clés : **Épidémiologie, Moisissures domestiques, Santé**

Deux récentes méta-analyses montrent de manière convaincante une association statistiquement significative entre le fait d'avoir vécu dans un logement humide et la prévalence des symptômes ORL et bronchiques, toux, sifflements thoraciques et symptômes asthmatiques. Ces publications mettent aussi en évidence une tendance à l'apparition de novo d'asthme chez les occupants de logements humides. La première des 2 études analysées montre que certains composants ou produits métaboliques des micro-organismes retrouvés dans les logements humides pourraient, de manière paradoxale, jouer un rôle protecteur vis-à-vis de l'asthme et de l'allergie. La seconde suggère que l'occupation de ce type de logement pourrait induire une détérioration plus rapide de la fonction respiratoire, alors qu'à ce jour très peu d'études se sont intéressées à la mesure de l'obstruction bronchique en relation avec l'occupation d'un logement humide.

Santé respiratoire de l'enfant et exposition domestique au (1,3)-béta-D-glucan, aux polysaccharides extracellulaires (EPS) mycotiques et aux endotoxines

Tischer C, Gehring U, Chen CM, Kerkhof M, Koppelman G, Sausenthaler S, Herbath O, Schaaf B, Lehmann I, Kramer U, Berdel D, von Berg D, Bauer CP, Koletzko S, Wichman HE, Brunekreef B, Heinrich J. Respiratory health in children, and indoor exposure to (1,3)-beta-D-glucan, EPS mould components and endotoxin. *Eur Resp J*. 2011; 37: 1050-1059

Résumé

Ce premier article fait état d'une étude cas-témoins nichée dans 3 cohortes, 2 étant allemandes, GINI et LISA (n = 358) et la troisième néerlandaise PIAMA (n = 338) dans lesquelles un groupe de 678 nouveau-nés a été suivi jusqu'à l'âge de 6 ans. L'étude a consisté à mettre en relation le contenu de deux échantillons de poussière recueillie dans leur logement à l'âge de 5 ou 6 ans selon la cohorte (salle de séjour et matelas de l'enfant) et l'état de santé de l'enfant à 6 ans. L'analyse de l'échantillon de poussière recueillie s'intéressait aux composants mycotiques tels que le 1,3 béta-D-glucan qui représente un composant essentiel de la paroi de la moisissure (mais aussi de la membrane bactérienne, des plantes et des pollens), aux taux de polysaccharides extracellulaires (EPS) sécrétés durant la croissance fongique et aux taux d'endotoxines, composants de la paroi externe des bactéries gram négatives. Ces échantillons de poussière étaient collectés grâce à un aspirateur par des enquêteurs à domicile selon une procédure standardisée, d'une part sur le matelas de l'enfant, d'autre part sur le sol de la salle de séjour.

Ont été également collectées des informations sur des paramètres, tels que les antécédents atopiques familiaux, la catégorie socio-professionnelle, les habitudes tabagiques

de la famille, l'allaitement au sein ou au lait maternisé, qui pouvaient être considérés comme des facteurs de confusion potentiels. Ces facteurs ont été mis en relation avec le risque de survenue d'un asthme ou d'une rhinite allergique à l'âge de 6 ans. Les enfants ont été scindés en 2 groupes selon qu'ils avaient un terrain allergique défini par la présence d'IgE sériques vis-à-vis des allergènes inhalés (pneumallergènes) ou alimentaires (trophallergènes). Au total, 317 enfants allergiques et 379 enfants non-allergiques ont été inclus dans l'étude. À l'âge de 6 ans, 346 enfants (GINI et LISA) allemands et 332 enfants (PIAMA) néerlandais ont été examinés, soit un total de 678 enfants.

L'analyse des données par régression logistique ajustée sur les facteurs de confusion potentiels a montré dans le groupe des 2 cohortes allemandes rassemblant 346 enfants une relation inverse entre le taux d'EPS et d'endotoxines mesurés dans la poussière recueillie sur le matelas et la prévalence de l'asthme diagnostiqué par un médecin [OR = 0,60; IC 95 % : 0,39 ; 0,92, pour une différence interquartile de l'exposition] et [OR = 0,55; IC 95 % : 0,31 ; 0,97]. L'exposition à l'EPS était également négativement corrélée au diagnostic médical de rhinite allergique [OR = 0,67; IC 95 % : 0,49 ; 0,92]. Il n'y avait par contre pas de relation avec la prévalence des symptômes respiratoires. Les associations entre taux des aéro-contaminants dans l'échantillon de poussière recueilli sur le sol de la salle de séjour et les données sanitaires allaient dans le même sens que pour l'échantillon recueilli sur le matelas, mais n'étaient pas statistiquement significatives, probablement en raison de l'absence d'aérocontaminants dans un nombre important d'échantillons de poussière. Chez les enfants de la cohorte néerlandaise, soit 332 enfants, aucune association entre le taux des aéro-contaminants, aussi bien sur la poussière de matelas que de sol et les données sanitaires, n'a pu être établie.

Dans les 2 cohortes, aucune association entre moisissure visible

(observée dans 33 % des logements allemands et 17 % des logements néerlandais) et troubles respiratoires n'a été observée.

Commentaire

L'intérêt de cette étude est de montrer la complexité de la composition de la poussière de maison et de ses effets sanitaires par une enquête cas-témoins nichée dans des cohortes prospectives, les études antérieures portant sur le sujet ayant été des études transversales dont on sait qu'elles permettent un jugement de causalité moins assuré.

Ses limites tiennent à plusieurs facteurs, dont le plus important réside dans le fait que l'évaluation de l'exposition ne s'est pas faite dans la petite enfance, époque particulièrement cruciale dans le déterminisme des maladies allergiques, mais à l'âge de 5-6 ans. Par ailleurs, il n'y a eu qu'une seule évaluation de l'exposition (mais l'analyse des données a été faite chez des enfants qui n'avaient jamais déménagé au cours de leur vie). De plus, les enfants allemands, contrairement aux enfants néerlandais, fréquentent beaucoup moins les crèches (dont la fréquentation pourrait représenter un facteur protecteur vis-à-vis du développement des maladies allergiques), sont moins exposés aux moisissures et aux animaux de compagnie. On peut aussi s'interroger sur la survenue possible d'un biais d'information lié au fait que les parents atopiques (et ils étaient très nombreux dans cette étude) pourraient être plus enclins à nettoyer les moisissures se développant dans leur logement, d'où une atténuation possible de la liaison entre exposition et maladie). Enfin, l'effet saison pourrait avoir une importance car 71 % des prélèvements de poussières ont été réalisés au printemps en Allemagne contre seulement 36 % au Pays-Bas. Au total, cette étude apporte des arguments à l'hypothèse hygiéniste⁽¹⁾ qui veut qu'une exposition précoce à des aéro-contaminants stimulant la voie Th1⁽²⁾, non allergique, pourrait représenter un facteur de protection vis-à-vis de l'asthme et des maladies allergiques.

Déclin de la fonction respiratoire en relation avec l'exposition aux moisissures domestiques et à l'humidité dans l'habitat dans la phase longitudinale de l'étude européenne sur la santé respiratoire (ECRHS⁽³⁾) phase I

Norback D, Zock JP, Plana E, Heinrich J, Svanes C, Sunyer J, Kunzli N, Villani S, Olivieri M, Soon A, Jarvis D. Lung function decline in relation to mould and dampness in the home: the longitudinal European Community Respiratory Health Survey ECRHS II. *Thorax*. 2011; 66: 396-401.

Résumé

Ce travail est issu de la phase longitudinale de l'étude européenne sur la santé respiratoire dont la première phase a concerné 48 centres de 23 pays en 1990-1994. La seconde phase de l'étude s'est déroulée au cours de la période 1998-2002 auprès de 5123 hommes et 5810 femmes sélectionnés selon une procédure aléatoire à partir de la population générale au travers des listes électorales. Ces personnes étaient âgées de 20 à 44 ans lors

de la première enquête. Les données concernant le logement, notamment un antécédent de dégât des eaux, la présence de moisissures et de taches d'humidité ont été recueillies au domicile des participants par un entretien mené par un enquêteur et, dans 22 des 48 centres, par des mesures environnementales. Les données personnelles (âge, sexe, tabagisme, profession) et sanitaires ont été précisées par questionnaire standardisé. La mesure de la fonction respiratoire basée sur le volume expiratoire maximal par seconde (VEMS⁽⁴⁾) a été effectuée par spirométrie, selon les recommandations de l'American Thoracic Society. Le terrain atopique a été déterminé par la mesure des IgE spécifiques vis-à-vis des pneumallergènes communs. L'analyse statistique a utilisé une régression linéaire multiple pour estimer la dégradation de la fonction respiratoire entre les 2 mesures, après ajustement sur l'âge, la taille, l'indice de masse corporelle et les habitudes tabagiques.

L'analyse des données montre tout d'abord que les corrélations entre taches d'humidité, fuites d'eau et moisissures visibles sont faibles. Ces anomalies ont été rapportées par 25 à 30 % des personnes enquêtées. Chez l'homme, on ne relève aucune corrélation entre le déclin de la fonction respiratoire et la présence des anomalies environnementales. Chez la femme, la présence d'humidité et les antécédents de dégât des eaux, mais non la présence de moisissures visibles, sont associés à un déclin accéléré de la fonction respiratoire. La baisse supplémentaire du VEMS₁ est de 2,25 ml annuellement pour la présence d'humidité et de 7,43 ml pour la présence d'humidité dans la chambre à coucher, ce qui est équivalent à l'effet d'un tabagisme actif de 10 à 20 cigarettes par jour dans cette même étude et qui s'ajoute à la diminution physiologique chez les non-fumeurs de 22,11 ml par an. Ces différences ne sont observées que chez les femmes non fumeuses.

Commentaire

Cette étude de cohorte prospective réalisée dans un groupe important d'adultes jeunes vivant pour la plupart d'entre eux en Europe suggère que la présence d'humidité dans le logement, notamment la chambre à coucher, s'accompagne d'un déclin accéléré de la fonction respiratoire, du même ordre de grandeur que celui qui est associé à un tabagisme de 10 à 20 cigarettes par jour. Le fait que cette association n'est pas observée chez l'homme pourrait tenir au fait que ce dernier passe en moyenne moins de temps dans la maison ou à une susceptibilité plus forte de la femme vis-à-vis de cette agression environnementale.

CONCLUSION GÉNÉRALE

On voit bien, au travers de ces 2 études, d'une part la fréquence élevée d'un excès d'humidité dans les logements, d'autre part la complexité des relations avec la santé. Globalement, la présence de moisissures et d'humidité dans le logement est indiscutablement un facteur de risque pour la survenue de symptômes ORL et bronchiques, mais certains produits métaboliques issus des moisissures et des bactéries pourraient représenter, pour le nourrisson, un facteur de protection contre la survenue de maladies immuno-allergiques. Par ailleurs, les effets sanitaires délétères de l'exposition à ces aéro-contaminants sont encore très imparfaitement connus. Les études *in vitro* et l'expérimentation animale laissent à penser qu'ils pourraient concerner de nombreux organes et appareils. La démonstration d'un déclin accéléré de la fonction respiratoire permet d'enrichir notre connaissance de ces effets délétères. Enfin ces deux études démontrent l'urgence de la mise en place de mesures pour limiter l'excès d'humidité dans les logements.

Revue de la littérature

Heinrich J. Influence of indoor factors in dwellings on the development of childhood asthma. *Int J Hyg Environ Health.* 2011; 214: 1-25.

Charpin D, Baden R, Bladt S et al. Environmental home inspections services in Western Europe. *Environ Health Prev Med.* 2011; 16: 73-79. Autres publications identifiées.

Jones R, Recer GM, Hwang SA et al. Association between indoor mold and asthma among children in Buffalo, New-York. *Indoor Air.* 2011; 21: 156-164.

Comparaison de l'exposition fongique mesurée par aspiration de l'air ambiant dans un groupe d'enfants asthmatiques et d'enfants témoins. Peu de corrélation observée mais la méthode d'appréciation de la contamination fongique est inappropriée.

Mots clés utilisés pour la recherche bibliographique

Epidemiology, Health, Indoor mold

Lexique

- (1) Théorie hygiéniste: théorie avancée en 1989 par le professeur David Strachan (Londres), selon laquelle l'exposition durant l'enfance à des aéro-contaminants microbiens pourrait représenter un facteur de protection contre l'apparition des maladies allergiques. Par la suite, cette notion a été élargie à certains contaminants microbiens alimentaires.
- (2) Voir Th1: sous-catégorie lymphocytaire jouant un rôle de protection vis-à-vis des agressions microbiennes, par opposition aux lymphocytes Th2 avec lesquels ils sont en équilibre et qui jouent un rôle déterminant dans la genèse des maladies allergiques.
- (3) ECRHS: étude européenne sur la santé respiratoire.
- (4) VEMS: volume expiratoire maximal par seconde, indicateur le plus classique et le plus robuste d'une obstruction siègeant sur les bronches de gros calibre.

Publications de référence

Fisk WJ, Lei-Gomez Q, Mendell MJ. Meta-analyses of the associations of respiratory health effects with dampness and mold in homes. *Indoor Air* 2007; 17: 284-296

Tischer C, Chen CM, Heinrich J. Association between domestic mould and mould components and asthma and allergy in children. A systematic review. *Eur Resp J.* 2011 May 3 [E pub ahead of print]

anses

agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail



Bulletin de veille BVS scientifique

Édition scientifique • Bulletin de veille n° 16 • Décembre 2011
Notes d'actualité scientifique

Milieux

Avancées technologiques dans le traitement des sols contaminés par de l'arsenic

Période : mars 2011 à août 2011

Arnaud GAUTHIER

Université Lille 1 – Laboratoire Génie-Civil et géoEnvironnement – Villeneuve-d'Ascq

Mots clés : Arsenic, Biodisponibilité, Décontamination, Mobilité, Phytoremédiation, Spéciation

L'arsenic (As) est un élément trace métallique naturellement présent dans la croûte terrestre, les sols ainsi que les eaux souterraines. À des concentrations trop importantes, il peut entraîner des risques pour la santé humaine.

Les conséquences liées à une exposition, à plus ou moins long terme, aux formes inorganiques de l'arsenic sont extrêmement importantes. Cet élément est en effet reconnu comme étant un agent carcinogène pour l'Homme. À des doses relativement faibles, et en fonction des modes d'exposition, il peut causer des lésions aux tissus humains. L'évaluation des risques associés requiert donc une estimation de la quantité d'arsenic à laquelle l'être humain peut être exposé, ainsi que du mode de contamination. La première voie d'exposition de l'arsenic présent dans les sols est l'ingestion accidentelle, qui est notamment extrêmement fréquente chez un très jeune public. Ingré par la bouche, l'arsenic cause généralement une irritation des voies digestives, occasionnant des douleurs, des nausées, des vomissements et des diarrhées. Cette ingestion est également la cause d'un fonctionnement anormal du cœur, d'une dégradation des vaisseaux sanguins, des lésions au foie ou aux reins, ainsi que d'une perturbation du système nerveux occasionnant une sensation de picotement aux pieds et aux mains. Ainsi, une consommation régulière d'eaux avec une concentration supérieure à 300 µg L⁻¹ d'arsenic pourra entraîner des maladies cardiovasculaires ainsi que des dysfonctionnements rénaux (Meliker *et al.*, 2007). L'effet le plus caractéristique d'une absorption d'arsenic inorganique par la bouche réside cependant dans une manifestation cutanée se traduisant notamment par l'apparition de tâches sur la paume des mains ainsi que sur la plante des pieds.

Outre sa concentration dans un compartiment (eau, sol, etc.), la toxicité de l'arsenic dépendra également de sa spéciation dans l'environnement, c'est-à-dire de la forme chimique sous laquelle il est présent. Il peut être en effet présent sous des formes inorganiques telles que l'arsénite As(III), l'arséniate As(V) ou sous des formes organiques telles que le monométhylarsenic (MMA) et le diméthylarsenic (DMA). Ces composés méthylés de l'arsenic se retrouvent principalement dans les sols. Ils résultent essentiellement d'une réaction entre les micro-organismes présents dans le sol et l'arsenic inorganique. Ces formes organiques présentent la toxicité la plus faible, tandis que les formes inorganiques sont très toxiques. En outre, l'arsénite est plus toxique que l'arséniate, l'arséniate étant thermodynamiquement plus stable, moins toxique, moins soluble et moins mobile que l'As(III).

De nombreuses techniques de traitements des sols contaminées par l'arsenic existent. La phytoréhabilitation semble être une piste de recherche à privilégier dans le cas d'une réhabilitation de tels sites contaminés. Des expérimentations sont ainsi en cours aux USA et en Angleterre à l'aide de plantes naturellement hyperaccumulatrices d'arsenic ou bien de plantes génétiquement modifiées pour accumuler l'arsenic.

Traitement de l'arsenic par des latérites australiennes

Jahan N, Guan H, Bestland EA. Arsenic remediation by Australian laterites. *Environ Earth Sci.* 2011; 64: 247-253

Résumé

Afin de tester de nouveaux substrats à mettre en œuvre dans les techniques de dépollution, des expériences ont été menées sur des latérites⁽¹⁾ provenant d'Australie. Ces sols, majoritairement constitués d'oxydes d'aluminium et de fer présentent d'importantes surfaces spécifiques, paramètres essentiels dans les mécanismes de sorption, et peuvent ainsi jouer un rôle de sorbant très efficace. En outre, la présence de rutile⁽²⁾ a pour effet de modifier la spéciation du contaminant

par une conversion As(III) en As(V). Trois substrats présentant des proportions différentes en minéraux (principalement quartz, rutile et gibbsite) ont été testés pour une même concentration initiale de 50 mg L⁻¹ d'arsenic (III). Pour chacun des essais, deux concentrations initiales en latérites (200 et 1000 g L⁻¹) ont également été étudiées. Les tests ont été réalisés en condition statique, sans renouvellement de solution durant 24 heures. Les résultats obtenus montrent de très fortes rétentions de l'arsenic qui varient en fonction de la teneur en latérite de la solution initiale (entre 87 % pour les essais réalisés avec des concentrations en latérites de 200 g L⁻¹ et 97 % dans le cas de concentrations à 1000 g L⁻¹). Le pH de la solution initiale n'a pas d'effet notable sur la rétention. En effet, dans une gamme de valeurs de 4,7 à 10, les taux d'arsenic adsorbé sont sensiblement identiques.

Commentaire

L'approche mise en avant dans le cadre de cette étude s'inscrit dans une logique de développement durable avec l'utilisation de substrats naturels. On peut en outre aisément concevoir qu'un tel amendement serait d'un coût moindre par rapport aux techniques physico-chimiques couramment employées. Cependant aucune donnée n'est présente au sein de ce travail sur les mécanismes propres d'adsorption mis en jeu. Les essais ont en outre été réalisés avec des concentrations initiales en As(III) extrêmement importante (50 mg L^{-1}) qui ne sont pas représentatives des concentrations couramment mesurées dans les eaux. Dans ces conditions, il devient également délicat d'avoir du recul quant à une éventuelle réversibilité du processus. Même si cette méthode semble prometteuse et porteuse d'espoir en matière de réduction des risques liés à la présence d'un tel contaminant dans le sol, le développement d'une telle technique ainsi que sa pérennité n'est pas assuré.

Mobilité et phytodisponibilité de l'arsenic dans une région minière abandonnée

Otones V, Alvarez-Ayuso E, Garcia-Sanchez A, Santa Regina I, Murciego A. Mobility and phytoavailability of arsenic in an abandoned mining area. *Geoderma*. 2011; 166: 153-161.

Résumé

Afin de mieux estimer les risques environnementaux, mais également de pouvoir proposer de nouvelles techniques de traitement des sols contaminés, la mobilité ainsi que la phytodisponibilité⁽³⁾ de l'arsenic ont été étudiées dans une zone minière située en Espagne. Il s'agit d'une ancienne mine de tungstène et d'étain située à 18 km au sud de Salamanque. Les stériles issus de l'exploitation minière ont été déposés à proximité du site minier. Cette décharge est composée de schistes, mais aussi de nombreux minéraux riches en métaux et notamment de l'arsenopyrite (FeAsO_4) et des produits d'altération de ce minéral qui ont pu impacter les sols environnants. Une caractérisation physico-chimique des sols a été réalisée, afin de connaître la nature du substrat et les teneurs en contaminant. La minéralogie a ainsi été étudiée notamment par Diffraction des Rayons X, de même que les proportions d'oxydes de fer et d'aluminium cristallisés ou amorphes. Par ailleurs, la nature du sol (argileux, sableux, limoneux) a été également identifiée pour chacun des échantillons. Parallèlement, des prélèvements ont été réalisés sur des espèces végétales (10 plantes herbacées et 3 essences d'arbre) dans le but de suivre l'impact d'une contamination des sols en arsenic sur la flore, et la distribution de ce polluant dans ces espèces végétales. Cet échantillonnage a été réalisé pour chacune des espèces considérées à des distances variables par rapport au site de dépôt (entre 0 et 100 m). Une fois recueillis, les échantillons ont été triés (afin notamment de séparer les racines des parties aériennes) puis lavés et séchés avant d'être réduits en poudre et analysés. Les résultats obtenus mettent en évidence une rapide diminution des concentrations en arsenic dans le sol, à mesure que l'on s'éloigne de la source de pollution.

Ainsi, les mesures réalisées dans les dix premiers centimètres de sol montrent des concentrations en As de 1900 mg kg^{-1} au droit du site, concentrations qui diminuent rapidement par la suite (400 mg kg^{-1} à une distance de 50 m). Par ailleurs la distribution verticale de ce contaminant est extrêmement variable, on assiste ainsi à une forte diminution des concentrations en arsenic total⁽⁴⁾ et mobile⁽⁵⁾ en dessous des 20 premiers centimètres. Cette diminution est d'autant plus marquante que le prélèvement a été effectué proche du site de dépôt. Ainsi à une distance de 10 m, les concentrations diminuent de 2250 mg kg^{-1} pour une profondeur de 10 cm, à 400 mg kg^{-1} à 20 cm de profondeur. Ces concentrations en fonction du profil diminuent ensuite de manière plus faible pour atteindre des concentrations en As de 250 mg kg^{-1} à 60 cm de profondeur. Les dosages réalisés dans les plantes montrent une concentration plus importante de l'arsenic dans les racines par rapport aux parties aériennes (facteur de translocation⁽⁶⁾ inférieur à 1). Ainsi, dans le cas d'*Agrostis castellana*, les concentrations dans les racines ou dans les parties aériennes sont respectivement de 230 et $13,2 \text{ mg kg}^{-1}$ au droit du site et de 15 et $2,55 \text{ mg kg}^{-1}$ d'As à une distance de 75 m. Seules les analyses réalisées sur trois espèces au droit du site (*Centaurea paniculata*, *Onopordum acanthium* et *Senecio jacobea*) mettent en évidence un comportement différent avec un facteur de translocation légèrement supérieur à 1, traduisant une concentration en arsenic plus importante dans les parties aériennes pour ces trois plantes. Cependant, les analyses réalisées sur ces mêmes espèces à des distances croissantes du site ne confirment pas cette tendance, et l'on retrouve des concentrations en arsenic dans les racines supérieures à celles mesurées dans les parties aériennes.

Commentaire

Les travaux menés dans le cadre de cette étude sont extrêmement complets; celle-ci s'est en effet focalisée à la fois sur le sol et sur les végétaux. La caractérisation extrêmement fine du sol (chimie totale et minéralogie) a également été associée à des tests d'extraction séquentielle⁽⁷⁾ afin d'approcher la spéciation de l'arsenic au travers de ces phases porteuses⁽⁸⁾. Il en ressort notamment une fraction labile⁽⁹⁾ quasi-inexistante. Ceci permet sans doute d'expliquer les teneurs relativement faibles mesurées dans les plantes. Cependant il est délicat de faire un lien direct entre ces deux paramètres dans la mesure où peu d'informations sont disponibles sur la géolocalisation exacte des prélèvements. Ceci aurait sans doute permis de mettre en évidence des éventuelles corrélations. En effet, du fait de la grande variabilité des paramètres physico-chimiques des sols et des teneurs en As, il aurait pu être pertinent lors des prélèvements des plantes, d'effectuer systématiquement un dosage de l'arsenic dans le sol prélevé en même temps, afin de suivre plus finement l'évolution de ce métal au contact des espèces végétales. *In fine*, selon les résultats de cette étude, les auteurs préconisent l'usage de plantes à rhizomes pour fixer l'arsenic du sol, ainsi que le remplacement d'espèces telles que *Rumex Acetosella* L. pour limiter le risque environnemental.

Phytofiltration de l'arsenic présent dans des eaux contaminées par *Hydrilla verticillata*

Srivastava S, Shrivastava M, Suprasanna P, D'Souza SF. Phytofiltration of arsenic from simulated contaminated water using *Hydrilla verticillata* in field conditions. *Ecol Eng.* 2011; 37: 1937-1941.

Résumé

Les travaux menés dans le cadre de cette étude ont eu pour objectif de déterminer les capacités d'une plante aquatique *Hydrilla verticillata* à absorber de l'arsenic à partir d'une solution modèle contenant 1,5 mg L⁻¹ d'arsenic. La composition chimique de cette solution de synthèse a été retenue afin de reproduire le chimisme des eaux présentes au Bangladesh ainsi qu'au Bengale. Les tests ont été conduits en introduisant 100 g de plantes dans des cellules contenant 8 litres de solution et sur des durées de 15 à 45 jours. Chaque expérience a été dupliquée 9 fois afin d'assurer une bonne reproductibilité des résultats. Pour chacune des échéances (15-30 et 45 jours), des prélèvements ont permis de suivre l'évolution des concentrations en arsenic dans la plante, ainsi que dans la solution nutritive. Au terme de la dernière échéance, les teneurs en arsenic ont été de 8546 µg dans la plante et de 3227 µg dans la solution (pour une concentration initiale de 11796 µg). En outre, bien que cette solution contienne également d'autres métaux en solution, les auteurs n'ont pas mis en évidence d'effet de compétition sur l'accumulation de l'arsenic dans la plante. Des mesures réalisées conjointement et portant sur les teneurs en thiol, cystéine et glutathion ont permis de mettre en évidence qu'aucun effet toxique de l'arsenic n'était détecté sur la croissance de cette plante.

Commentaire

Cette étude présente un caractère original et novateur en apportant un éclairage nouveau sur la phytoremédiation⁽¹⁰⁾. En effet la plupart des études précédentes s'intéressaient à des plantes terrestres, en culture hydroponique⁽¹¹⁾ ou en pleine terre. La plante étudiée ici est aquatique et permet donc de travailler en conditions réelles sur l'épuration des eaux. En outre, la croissance extrêmement rapide de cette espèce végétale (environ 1 mètre par jour), fait d'elle une excellente candidate pour des essais de phytoremédiation. Cependant les durées prises en compte dans le cadre de cette étude (45 jours) ne permettent pas de suivre le développement intégral de la plante. En outre, il aurait pu être pertinent de choisir plusieurs concentrations initiales en arsenic afin de mettre en évidence une concentration optimum pour la plante ou bien l'apparition d'effets toxiques pour des concentrations plus élevées.

CONCLUSION GÉNÉRALE

À côté des techniques lourdes de traitements des sols contaminés par l'arsenic (lavage des sols, solidification, confinement...) commencent à apparaître des méthodes plus douces faisant appel à des plantes ou des adsorbants naturels. Une épuration des eaux contaminées au moyen de sorbants naturels tels que les minéraux est possible et déjà mis en œuvre dans certaines situations. L'utilisation de plantes aquatiques semble être une piste extrêmement prometteuse pour épurer des eaux polluées par ce métal. Les études ont ainsi pu mettre en évidence des taux d'épuration extrêmement élevés (plus de 80 %). Cependant cela requiert des temps de contact assez longs (45 jours) et pour l'instant ces études ont été réalisées avec des solutions faiblement contaminées. La phytostabilisation de sites fortement impactés s'avère également intéressante. Ainsi plutôt que de traiter des volumes extrêmement importants de sols pollués pourrait-il être pertinent de procéder à une encapsulation biologique en plantant au droit de ces sites des espèces possédant de fortes affinités pour ce métal. De tels développements même s'ils n'en sont encore qu'aux stades expérimentaux ou pilotes devraient permettre dans l'avenir de traiter les sols et les eaux contaminés par ce métal de manière plus respectueuse et surtout moins coûteuse, limitant ainsi les risques pour les populations voisines des sites et friches industrielles. À plus long terme, la spéciation de l'arsenic et sa biodisponibilité devraient être prises en compte dans les textes normatifs et réglementaires. En effet, au-delà d'une simple limite de concentration admissible dans les eaux par exemple, il pourrait être pertinent de prendre en compte les différentes formes sous lesquelles l'arsenic peut être présent, ainsi que l'accessibilité de chacune de ses formes.

Lexique

- (1) Latérite: sol de couleur rouge, riche en oxydes de fer, provenant de l'altération de roches en milieu tropical.
- (2) Rutile: espèce minérale composée de dioxyde de titane (TiO₂).
- (3) Phytodisponibilité: capacité d'un élément trace, à passer dans un compartiment du sol dans lequel il sera directement assimilable par une plante.
- (4) Arsenic total: il s'agit de la concentration globale en arsenic dans le sol, mesurée par dissolution complète du sol et analyse de la solution finale.
- (5) Arsenic mobile: ce terme définit la partie facilement accessible par les plantes de l'arsenic. Il est mesuré après réaction du sol par une solution extractante de (NH₄)SO₄.

- (6) Facteur de translocation : paramètre permettant de vérifier si le stockage des métaux s'effectue préférentiellement dans les parties aériennes (FT>1) ou dans les racines (FT<1).
- (7) Extraction séquentielle : spéciation par localisation des métaux dans les compartiments du sol susceptibles de les fixer (carbonates, oxyhydroxydes de fer, matière organique...).
- (8) Phases porteuses : espèces minérales ou organiques présentes dans un sol et auxquels le métal peut être associé.
- (9) Fraction labile : quantité de métal contenu dans le sol et facilement disponible au seul contact de l'eau.
- (10) Phytoremédiation : technique de dépollution des sols ou des eaux à partir d'espèces végétales.
- (11) Hydroponique : culture pratiquée en l'absence de terre ou de support minéral, uniquement à base de solutions nutritives.

Mots clés utilisés pour la recherche bibliographique

Arsenic, Mobility, Phytoavailability, Phytoremediation, Remediation, Soil, Speciation

Publications de référence

Meliker JR, Wahl RL, Cameron LL et al. Arsenic in drinking water and cerebrovascular disease, diabetes mellitus, and kidney disease in Michigan : a standardized mortality and ratio analysis. *Environ Health*. 2007; 6 : 4.

Revue de la littérature

Hashim MA, Mukhopadhyay S, Sahu JN et al. Remediation technologies for heavy metal contaminated groundwater. *J Environ Manage*. 2011; 92 : 2355-2388.

Autres publications identifiées

Meunier L, Koch I, Reimer LJ. Effects of dissolution kinetics on bioaccessible arsenic from tailings and soils. *Chemosphere*. 2011; 84 : 1378-1385.

Ce travail porte essentiellement sur des aspects cinétiques de la fraction biodisponible de l'arsenic dans des conditions recréant celle de l'estomac ainsi que de l'intestin en termes de pH (respectivement 1,8 et 7).

Mazumder DG, Dasgupta UB. Chronic arsenic toxicity: Studies in West Bengal, India. *Kaohsiung J Med Sci*. 2011; 27 : 360-370.

Il s'agit d'une étude extrêmement complète réalisée dans une région à l'est de l'Inde et dans laquelle des corrélations ont été faites entre différents cancers et les teneurs en arsenic.

Batista BL, Souza JMO, De Souza SS et al. Speciation of arsenic rice and estimation of daily intake of different arsenic species by Brazilians through rice consumption. *J Hazard Mater*. 2011; 191 : 342-348.

L'objectif de cette étude porte sur la détermination des concentrations en arsenic dans le riz. Au-delà de la simple mesure, ce travail aborde également la spéciation du métal dans cet aliment, paramètre extrêmement important notamment en ce qui concerne la biodisponibilité.

anses

agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail



Bulletin de veille BVS scientifique

Édition scientifique • Bulletin de veille n° 16 • Décembre 2011
Notes d'actualité scientifique

Pathologies et populations

Facteurs de risque professionnels affectant la flexion/extension des doigts

Période : mars 2011 à août 2011

Aïcha EL KHATIB

Assistance Publique-Hôpitaux de Paris – Hôpitaux Universitaires Paris Seine-Saint-Denis – Hôpital Avicenne –
Unité de Pathologies Professionnelles et Environnementales – Bobigny

Mots clés : Doigt à ressaut, Maladie de De Quervain, Maladie de Dupuytren, Mouvements répétés, Ténosynovite, Travail manuel, Vibration, Introduction

L'étiologie professionnelle de la maladie de Dupuytren est toujours discutée. C'est une affection courante dont la prévalence varie de 4 à 10 % dans la population adulte, selon les études. Elle a pour conséquence une flexion irréductible d'un ou plusieurs doigts. Il s'agit d'une fibrose rétractile de l'aponévrose palmaire. Bien que généralement indolore, celle-ci peut générer un handicap majeur. Elle touche préférentiellement les hommes autour de cinquante ans. Selon la fiche d'information de la Société française de chirurgie de la main, « le travail manuel n'est en aucun cas responsable de la maladie de Dupuytren. En revanche la maladie peut se développer dans les suites d'un accident dans certaines conditions ». Plusieurs facteurs de risque seraient associés à la survenue de cette maladie (prédisposition génétique, alcool, tabac, diabète...).

Les ténosynovites du pouce, notamment la maladie de De Quervain et le syndrome du doigt à ressaut, sont connues chez les utilisateurs de pipettes en laboratoire. Le pipetage nécessite des flexions répétées et forcées du pouce pour des angulations différentes du poignet, notamment en extension et inclinaison radiale.

Ces trois affections ont toutes pour conséquence de provoquer une gêne fonctionnelle pouvant s'avérer majeure, pour les mouvements de flexion/extension des doigts.

La maladie de Dupuytren peut-elle être d'origine professionnelle ? Revue et méta-analyse d'un vieux débat

Descatha A, Jauffret P, Chastang J-F, Roquelaure Y, Leclerc A. Should we consider Dupuytren's contracture as work-related? A review and meta-analysis of an old debate. *BMC Musculoskelet Disord.* 2011; 12: 96.

Résumé

Les auteurs ont réalisé une recherche bibliographique, sans limitation de durée ni de langue, sur la maladie de Dupuytren, dans trois bases de données internationales (Pub-Med, Embase, Web of Science) et une base française (Base de Données de Santé Publique). La sélection puis l'inclusion des articles ont été réalisées en aveugle, par deux lecteurs indépendants et les différends réglés par consensus. Seules les études épidémiologiques, comprenant un groupe témoin ont été retenues, excluant donc les séries de cas (*case series*). Celles-ci devaient avoir étudié l'association entre la maladie de Dupuytren et le travail manuel (travail manuel lourd ou exposant aux vibrations), et comprendre une description de l'exposition professionnelle. Les articles ont ensuite été passés au crible d'une liste de critères de qualité suivant notamment le référentiel du Cochrane Centre et adapté pour les troubles musculo-squelettiques au travail. Un score de qualité a ainsi été attribué à chaque étude. Dans la période 1951 à 2007, les auteurs ont identifié 99 articles, parmi lesquels 28 ont été sélectionnés et analysés après lecture des titres et résumés. Au final, 14 articles répondant aux critères de qualité

prédéfinis ont été inclus dans la méta-analyse. Celle-ci retrouve une association significative entre le travail manuel et la maladie de Dupuytren (avec au total un rapport de cote commun (*meta-odds ratio*) de 2,02 [IC95 % : 1,57 ; 2,60]), ainsi que l'exposition aux vibrations 2,88 [IC95 % : 1,36 ; 6,07]. Les auteurs discutent les biais potentiels et n'ont pas l'impression que le biais de publication ait été un problème. Ils argumentent que l'existence d'autres facteurs de risque, notamment une prédisposition génétique, n'est pas suffisante pour remettre en cause cette relation potentiellement causale avec les conditions de travail. En conclusion, une association entre l'exposition cumulée élevée aux contraintes physiques (force ou vibrations transmises au membre supérieur) est associée à la survenue de la maladie de Dupuytren. Les auteurs suggèrent la nécessité de prendre en charge la réparation de cette affection professionnelle dans certaines situations documentées.

Commentaire

C'est la première synthèse quantifiée qui apporte des arguments en faveur d'une association significative entre le travail manuel d'une part, et l'exposition aux vibrations mains-bras d'autre part, avec la survenue de la maladie de Dupuytren. Ces résultats sont d'autant plus intéressants que l'étude est réalisée avec une méthodologie qui semble rigoureuse. Le principal reproche que l'on pourrait faire serait un manque d'exhaustivité dans la recherche des sources d'information disponibles des essais publiés et non publiés. Un autre biais qui semble insuffisamment

discuté, bien que rapporté, est celui incontournable des biais inhérents aux essais, sources des données, notamment celui de l'évaluation de l'exposition. Dans près de 80 % des articles retenus dans la méta-analyse, les auteurs signalent notamment comme limitation majeure celle de l'évaluation de l'exposition, même pour des études avec un score de qualité élevé. Alors que c'est l'« exposition cumulée élevée » (intensité et durée) aux contraintes physiques (force et/ou vibration) qui semble être le facteur prédictif de la survenue de la maladie, la définition de cette variable ou des paramètres concernés n'est pas donnée. Il aurait été intéressant d'avoir une définition plus précise de ce facteur de risque qui aurait permis de déterminer une approche plus pragmatique en termes de prévention primaire et de critère de reconnaissance et de réparation de l'affection professionnelle.

Caractéristiques de glissement du tendon du muscle long fléchisseur du pouce dans le canal carpien : implications potentielles pour les utilisateurs de pipettes manuelles

Morizaki Y, Zhao C, van Doesburg MH, Zhao K, An KN, Amadio PC. The gliding characteristics of the flexor pollicislongus tendon in the carpal tunnel: Potential implications for manual pipette users. J Orthop Res. 2011 Aug 18. doi : 10.1002/jor.21539. [Epub ahead of print]

Résumé

L'hypothèse testée est que pour certaines postures du poignet, les forces de friction du tendon du muscle long fléchisseur du pouce sont réduites lors des mouvements de pipetage. Il s'agit d'une étude sur spécimen cadavérique en laboratoire, impliquant 9 membres supérieurs « sains » provenant de 5 femmes et 3 hommes d'âge moyen de $72,3 \pm 13,5$ ans. Les auteurs décrivent le dispositif expérimental et les précautions prises pour évaluer la précision de la mesure et éviter les effets de suite (liés à la chronologie des tests). Neuf positions du poignet ont été testées : neutre, extension de 30° et de 60° , flexion de 30° et de 60° , inclinaison ulnaire de 30° , inclinaison radiale de 15° , inclinaison radiale de 20° en extension de 40° , et inclinaison ulnaire de 30° en flexion de 40° . Pour chaque position, les forces de friction moyennes et de crête ont été calculées à partir des mesures réalisées. Les auteurs retrouvent des résultats similaires à ceux d'autres travaux, qu'il s'agisse de mesures réalisées sur des tendons extenseurs ou fléchisseurs. Toutes ces études tendent à montrer que les forces de friction sont plus élevées quand le poignet est le plus fléchi ou le plus étendu. Les auteurs discutent les hypothèses biomécaniques justifiant ces observations. Selon eux, les résultats observés, notamment une force de friction moyenne plus élevée en situation d'extension du poignet en inclinaison radiale, qui est la posture habituelle des « pipeteurs », pourraient apporter une explication à la prévalence des affections au niveau des mains dans cette population. Les auteurs discutent les limites méthodologiques principales de leur expérimentation, notamment celle d'une approche limitée des muscles impliqués dans le mouvement du pouce, puisqu'un seul composant est testé. Ils concluent sur la nécessité de concevoir des pipettes qui puissent être utilisées en position neutre à inclinaison ulnaire.

Commentaire

Cette étude est intéressante car elle apporte des données originales sur les forces de frictions du tendon du muscle long fléchisseur du pouce dans le canal carpien, ce qui peut permettre d'améliorer la compréhension de la biomécanique du mouvement lors des travaux de pipetage. Hormis les limites méthodologiques spécifiques au dispositif expérimental discuté par les auteurs, et autres paramètres biomécaniques non pris en compte, on peut remarquer l'âge élevé des donateurs des membres testés, problème souvent rencontré pour les essais cadavériques. Pour autant, il est regrettable que les auteurs n'aient pas mentionné ou discuté l'impact du vieillissement qui peut avoir un effet non négligeable sur les caractéristiques de glissement. En tout état de cause, les auteurs avancent leurs résultats avec prudence.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Les deux études analysées apportent des contributions originales à la compréhension des facteurs de risque professionnels et des phénomènes biomécaniques en jeu dans la survenue de certaines affections pouvant avoir pour conséquence une impotence fonctionnelle au niveau des doigts, notamment pour les mouvements de flexion/extension.

La première concerne une affection, la maladie de Dupuytren, dont l'étiologie professionnelle est controversée, bien qu'elle soit reconnue comme maladie professionnelle au Danemark, en Bulgarie et en Russie. Descatha *et al.* (2011), apportent des arguments en faveur de certaines étiologies professionnelles. Cette méta-analyse devrait contribuer à mettre fin à cette controverse. En effet, l'étude permet d'apporter des données quantifiées sur l'existence d'une association entre cette affection et l'exposition aux vibrations ou le travail manuel, et plaide en faveur d'une reconnaissance de l'origine professionnelle de la maladie. Des études prospectives avec une évaluation plus précise de l'exposition et prise en compte des facteurs confondants, sont cependant encore nécessaires.

Quand elles sont bien menées, les études épidémiologiques permettent d'apporter des arguments en faveur ou pas d'une association entre certains facteurs de risque et certaines affections. Elles demeurent insuffisantes pour documenter les mécanismes physiopathologiques et biomécaniques permettant de confirmer un jugement de causalité et justifiant ainsi la mise en place d'actions de prévention notamment dans le cas des troubles musculo-squelettiques. C'est cette approche qui est utilisée dans la deuxième étude analysée, par Morizaki *et al.* (2011), qui apporte une contribution originale dans ce domaine pour les utilisateurs de pipette. La compréhension des facteurs biomécaniques à l'origine de ces affections peut contribuer à une meilleure ergonomie de conception des pipettes.

Autres publications identifiées

Ding H, Solovieva S, Leino-Arjas P. Determinants of incident and persistent finger joint pain during a five-year followup among female dentists and teachers. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2011; 63: 702-710.

Etude menée chez des enseignantes et dentistes femmes, pour évaluer l'impact de l'arthrose des doigts confirmée par imagerie, sur la qualité de vie et la douleur persistante. Elle montrerait une incidence plus élevée chez les dentistes qui serait associée à une utilisation plus intense des doigts. L'étude n'est pas conçue pour apporter une compréhension des facteurs de risque professionnels d'une pathologie courante liée au vieillissement, notamment chez les femmes.

Mots clés utilisés pour la recherche bibliographique

Biomechanic, Hand-arm vibration (HAV), Intervertebral disc, Low back pain (LBP), Manual handling, Musculoskeletal, Overuse syndrome, Repetitive task, Tendinitis, Whole-body vibration (WBV)

anses

agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail



Bulletin de veille BVS scientifique

Édition scientifique • Bulletin de veille n° 16 • Décembre 2011
Notes d'actualité scientifique

Risques sanitaires
et société

Définir les nanomatériaux : une controverse scientifique ou normative ?

Période : mars 2011 à août 2011

Stéphanie LACOUR

CNRS – Centre d'Étude pour la COopération Juridique Internationale (UMR 6224 CNRS-Université de Poitiers) – Equipe « Normativités et nouvelles technologies » – Ivry-sur-Seine

Mots clés : Agences d'expertise sanitaire et environnementale, Cadre normatif, Controverses, Définition, Nanomatériaux, Nanotoxicologie, Régulation, Sécurité sanitaire et environnementale, Union européenne

Les textes choisis illustrent l'une des controverses que suscite aujourd'hui la régulation⁽¹⁾ des nanomatériaux. Comment évaluer leurs risques et, plus précisément, faut-il, pour cela, que les pouvoirs publics définissent les nanomatériaux ? Les réponses proposées par les auteurs de ces différents textes sont très différentes. Prenant appui sur les démarches actuellement engagées par les pouvoirs publics pour définir les nanomatériaux, les deux premiers textes expriment des positions opposées quant à la pertinence d'une telle entreprise. Dédié aux questions concrètes de mise en œuvre de procédures d'évaluation des risques liés aux nanomatériaux qui puissent se développer en routine, le troisième texte ne questionne les liens entre connaissances disponibles et les modalités de la régulation des nanomatériaux que dans le cadre des efforts à entreprendre sur le plan technique et organisationnel en matière d'évaluation des risques. Ces trois positions témoignent d'une même volonté de tenir compte des connaissances récentes en matière de risques liés aux nanomatériaux pour mieux les encadrer. Le rôle de la régulation et les formes de cette dernière font toutefois l'objet de positionnements distincts, que nous essaierons d'éclairer.

Ne pas définir les nanomatériaux ou refuser d'entrer dans un cercle potentiellement vicieux

Maynard AD (Directeur du Risk Science Center de l'Université de Michigan). Don't define nanomaterials. *Nature*. 2011; 475: 31

Résumé

Maynard (2011) rappelle qu'il a été un défenseur de la nécessité d'une définition des nanomatériaux fabriqués à des fins de régulation, avant d'exposer les raisons qui l'ont fait changer d'avis.

La première est technique : le changement de comportement des matériaux à l'échelle nanométrique ne dépend pas seulement de leur taille. Il ne peut pas, non plus, être relié, autrement qu'au cas par cas, à un changement de propriétés (porosité, forme ou encore chimie de surface, etc.). Une définition globale des nanomatériaux ne pourra pas appréhender les spécificités des propriétés de chaque nanomatériau, et donc de leurs risques potentiels.

La seconde raison est issue d'une analyse rétrospective. Maynard (2011) présente le projet européen de recommandation relative à une définition des nanomatériaux comme résultant d'une volonté politique d'imposer une définition basée sur des connaissances parcellaires plutôt que sur des résultats scientifiques validés. Une telle volonté devrait, souligne-t-il, alerter la communauté scientifique. Selon lui, de telles méthodes législatives ont déjà été expérimentées, notamment dans le domaine de l'amiante, avec de mauvais résultats.

La troisième raison invoquée est d'ordre légistique⁽²⁾ : pour ne pas renouveler les erreurs du passé, les régulateurs devraient travailler avec une liste de 9 ou 10 attributs de caractérisation,

incluant la taille et la surface, pour lesquels des seuils devraient être fixés pour chaque substance ou composition selon des critères scientifiques pouvant évoluer au cours du temps. Une telle sophistication réglementaire nécessiterait un énorme travail scientifique et supposerait une réglementation⁽³⁾ flexible dans le temps, le système juridique américain rendant cette formule compliquée à adopter.

Eu égard à ces arguments, le fait que le bureau exécutif du président des États-Unis ait récemment [Policy Principles for the U.S. Decision-Making Concerning Regulation and Oversight of Applications of Nanotechnology and Nanomaterials du 9 juin 2011] rappelé la nécessité de fonder la régulation des nanomatériaux sur des connaissances scientifiques dépassant l'échelle de référence pour englober les propriétés et phénomènes nouveaux qui y sont attachés va dans le bon sens, même si le fait que les nanomatériaux y soient présentés comme un tout est déploré par l'auteur.

Commentaire

Les fondements de la controverse initiée par Maynard (2011) sont évidents. Le nombre de nanomatériaux mis sur le marché augmente exponentiellement, et il ne fait plus doute qu'à certains d'entre eux sont associés des risques sanitaires et environnementaux qui ne sont pas correctement gérés par les régimes de régulation existants. Le fait qu'une large variété de situations existe, rendant difficile toute généralisation en matière de risques, paraît également établi. Les conséquences qu'en tire l'auteur nous semblent néanmoins manquer de recul vis-à-vis des détails des solutions envisagées en termes de

régulation. Il est impossible d'envisager une réglementation contraignante qui, visant tous les nanomatériaux, fixerait des seuils de dangerosité communs au-delà desquels leur fabrication ou leur exploitation serait limitée voire interdite. Mais il ne s'agit là que d'une forme de réglementation envisageable parmi d'autres. L'exemple du règlement REACH⁽⁴⁾, mobilisé par Maynard (2011), nous semble aller dans un tout autre sens. La procédure d'enregistrement s'applique à toutes les substances, y compris à des substances qui ne présentent pas de risques majeurs. Ce n'est que dans un nombre limité d'hypothèses que ce règlement énonce des mesures plus contraignantes, au travers des procédures d'autorisation et de restriction. Dans le cadre d'un tel régime réglementaire, considérer les nanomatériaux comme relevant de catégories spécifiques de substances chimiques ne préjugerait pas de leur dangerosité. En outre, dans l'hypothèse même où une réglementation très contraignante serait recherchée, il est probable que les détails de sa mise en œuvre (critères de caractérisation, seuils, etc.) ne seraient pas pris en charge par une norme juridique. Comme le soulignait la Commission européenne en 2008 [COM(2008) 366 final - Aspects réglementaires des nanomatériaux], ce rôle sera le plus souvent dévolu à des documents techniques au contenu flexible étayant la mise en œuvre de la réglementation. Les craintes de l'auteur concernant la capacité de la régulation à s'adapter à l'évolution des connaissances scientifiques nous semblent, de fait, anticiper le propos des réglementations envisagées à l'heure actuelle.

Définir les nanomatériaux pour initier un cercle souhaité comme vertueux

Stamm H (European Commission Joint Research Centre, Institute for Health and Consumer Protection). Nanomaterials should be defined. *Nature*. 2011; 476: 399

Résumé

Dans la lettre qu'il a envoyée au journal *Nature* en réponse à Maynard (2011), Stamm (2011) souligne, lui, qu'une définition des nanomatériaux aiderait l'industrie et les législateurs à cibler les domaines dans lesquels une gestion spécifique des risques est nécessaire. La définition aurait ainsi pour fonction d'identifier les nanomatériaux comme une classe spécifique de matériaux devant appeler l'attention, même s'ils ne sont pas systématiquement toxiques. Elle constitue le prolongement logique de la réponse politique qu'ont reçue les préoccupations exprimées par le public au regard des effets potentiellement dangereux des nanomatériaux, qui admet la nécessité de réviser et d'adapter la législation au regard de leurs spécificités. Stamm (2011) termine sa lettre en soulignant que si Maynard (2011) a raison d'affirmer que les nanomatériaux sont hétérogènes, ils ont néanmoins tous des structures à l'échelle nanométrique, qui modifient leurs autres propriétés. C'est donc bien la taille, selon lui, qui constitue le paramètre le plus approprié pour fonder une définition des nanomatériaux.

Commentaire

La position de Stamm (2011) tient compte de la variété des normes envisageables pour encadrer la gestion des risques liés aux nanomatériaux. La législation qu'il décrit constituerait une norme « chapeau » visant à identifier juridiquement les nanomatériaux afin que des législations sectorielles⁽⁵⁾ puissent fixer pour ces derniers ou certains d'entre eux, des règles spécifiques. Il importe peu, dès lors, que les éléments de leur définition soient de nature à rendre compte fidèlement des connaissances disponibles sur les éléments pertinents pour en appréhender les risques. Si le propos peut sembler plus judicieux que celui de Maynard (2011), on peut néanmoins légitimement se demander s'il n'est pas plus dangereux, pour atteindre les objectifs visés, de poser, dans un texte à portée normative, une définition des nanomatériaux que de se contenter de les nommer. La norme juridique ne se suffira, en toute hypothèse, pas en elle-même. C'est son interprétation, dans le cadre des législations sectorielles ou éventuellement par la voie du contentieux, qui confèrera aux termes choisis toute leur portée. En ce sens, la notion d'échelle nanométrique est arbitraire [SCENHIR 2010], et elle n'est sans doute pas plus pertinente qu'un autre critère pour fixer les bases d'une interprétation scientifiquement et juridiquement correcte des « nanomatériaux ».

Normaliser les méthodologies d'évaluation des risques liés aux nanomatériaux pour mieux informer la réglementation à venir.

Lai DY. Toward toxicity testing of nanomaterials in the 21st century: a paradigm for moving forward. *WIREs Nanomed Nanobiotechnol* 2011, DOI :10.1002/wnan.162.

Résumé

Lai (2011) dresse un tableau des difficultés que rencontre la nanotoxicologie. Du fait de leur échelle et de leur surface spécifique en volume, les nanomatériaux sont en effet particulièrement complexes à étudier et les méthodes couramment utilisées par les agences d'évaluation des risques s'avèrent, selon lui, impossibles à mettre en œuvre en pratique. L'auteur suggère donc un nouveau paradigme d'évaluation des risques et des mécanismes moléculaires responsables de la toxicité de différentes classes et sous-classes de nanomatériaux. Ce paradigme repose sur l'utilisation de nanomatériaux de référence, d'études *in vivo* à court terme (28 jours) complétées par des criblages à haut-débit et de tests *in vitro* à court terme (pour déterminer les mécanismes d'action). Une telle méthodologie pourrait permettre de proposer des interprétations pour les principaux mécanismes de toxicité liés aux nanomatériaux avant de développer des modèles informatiques permettant de répondre de manière plus générale pour différentes sous-classes. L'auteur conclut en indiquant que cette méthode d'évaluation semi-qualitative du danger des nanomatériaux pourrait, si elle était normalisée, fournir plus rapidement aux autorités publiques des éléments pertinents pour gérer les risques liés aux nanomatériaux.

Commentaire

La proposition formulée par Lai (2011) se situe entre les problématiques d'évaluation et de gestion des risques. En appelant à la standardisation de nouvelles méthodes d'évaluation des risques liés aux nanomatériaux, il se prononce indirectement sur les modalités de normalisation souhaitables. La normalisation technique des méthodologies d'évaluation des risques toxicologiques est, de fait, ici présentée comme un préalable à la mise en place d'un cadre réglementaire plus contraignant pour les nanomatériaux. Ce faisant, même si elles ne prennent pas part directement à la controverse sur la définition des nanomatériaux, la proposition a un impact sur cette dernière. L'application de ces principes d'évaluation des risques dépend en effet du choix de nanomatériaux de référence, lequel implique nécessairement un travail préalable de recensement – et donc de définition - de ces derniers. Si l'on se fie aux références sur lesquelles il appuie son raisonnement, ce travail ne relève pas, pour lui, des pouvoirs publics mais bien plutôt de l'expertise des agences de protection sanitaire et environnementale. Ce faisant, ses propositions semblent se situer à mi-chemin entre les deux positions précédentes. Appelant indirectement à une définition normalisée des nanomatériaux, son positionnement subordonne pourtant l'intervention normalisatrice à une décision qui échappe aux pouvoirs publics.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le refus de définir exprimé par Maynard (2011) est un appel au statu quo. Puisque légiférer revient à entrer dans un cercle vicieux de définitions mal calibrées et appelant sans cesse des modifications, ne définissons pas, ne légiférons pas non plus. Le cercle vertueux souhaité par Stamm (2011) pourrait, lui, à terme, se retrouver vicié par une définition de départ large mais néanmoins arbitraire. Définir, c'est exclure. Ces deux approches de la question des définitions sont sans doute influencées par le fait que les auteurs viennent de pays de cultures juridiques différentes, les États-Unis et l'Allemagne. Quant à la troisième voix, elle s'inscrit elle aussi dans la tradition anglo-saxonne, en proposant, comme un préalable à la mise en œuvre de réglementations contraignantes sur les nanomatériaux une phase de normalisation technique des méthodes d'évaluation des risques laissant aux acteurs de l'évaluation la charge de définir les contours des objets soumis à leur expertise. Cette controverse nous semble être symptomatique de la difficulté suscitée pour le droit et, plus largement le système normatif⁽⁶⁾, par des objets émergents aux propriétés aussi exaltantes qu'incertaines. Les positionnements exprimés à cet égard par les autorités publiques tout comme les acteurs du monde industriel illustrent la même ambivalence quant à la nécessité de réguler ou pas le développement de ces objets nouveaux et surtout quant aux modalités exactes de cette régulation.

Lexique

- (1) Régulation : équilibrage d'un ensemble mouvant d'initiatives naturellement désordonnées par des interventions normalisatrices ; action de régler un phénomène évolutif. Le droit concourt, avec les autres réseaux normatifs, à la régulation de la vie sociale.
- (2) Légistique : science appliquée de la législation, qui cherche à déterminer les meilleures modalités d'élaboration, de rédaction, d'édiction et d'application des normes.
- (3) Réglementation : action de prendre des règlements et résultat de cette action, par opposition à la notion de régulation, la réglementation est volontiers entendue comme strictement juridique.
- (4) Règlement REACH : règlement n°1907/2006/CE concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques.
- (5) Législations sectorielles : ensemble des règles juridiques applicables dans des champs déterminés dans la vie sociale : les relations de travail, la gestion des risques liés aux substances chimiques, les cosmétiques, etc.
- (6) Normatif : de l'ordre des normes, ces dernières étant constitutives de modèles de comportements indiquant une conduite appropriée. Ainsi conçue, la norme a une fonction à la fois évaluative et prescriptive.

Publications de référence

Recommandation n° 2011/696/UE de la Commission Européenne du 18 octobre 2011 relative à la définition des nanomatériaux.

Communication de la Commission européenne, COM(2008) 366 final- Aspects réglementaires des nanomatériaux du 17 juin 2008.

Policy Principles for the U.S. Decision-Making Concerning Regulation and Oversight of Applications of Nanotechnology and Nanomaterials du 9 juin 2011.

Projet de recommandation de la Commission européenne sur la définition des nanomatériaux soumis à la consultation du public du 21.10.2010 au 19.11.2010, consultable sur le site <http://ec.europa.eu/environment/consultations/nanomaterials.htm>

Scientific Committee on Emerging and Newly-Identified Health Risks (SCENIHR) - 8 december 2010 - Opinion on the Scientific Basis for the Definition of the Term "nanomaterial".

Autres publications identifiées

Guarnelli J, Lebraty JF, Pastorelli I. Du nuage à la cascade ; une vision pessimiste des processus décisionnels. *Management & Avenir*, 2011/1 n°41, p. 156-169. DOI : 10.3917/mav.0410156

La publication met en perspective les études critiques du processus décisionnel en matière de risque sanitaire et d'expertise scientifique dans l'hypothèse d'une situation de crise, ce qui fournit une illustration de ce qui pourrait se passer si une alerte sanitaire était émise à l'égard d'un nanomatériau.

Jouzel JN, Lascoumes P. « Le règlement REACH : une politique européenne de l'incertain. Un détour de régulation pour la gestion des risques chimiques ». Politique européenne. 2011/1, 33: 85-214

L'article retrace les étapes de l'adoption du règlement REACH et l'évolution des politiques de régulation du risque chimique en Europe comme aux États-Unis avant d'en donner une analyse critique au regard des risques incertains.

Mots clés utilisés pour la recherche bibliographique

Characterization, Controversy, Definition, European Union, Nanomaterials, Regulation

Risques au travail et travail à risques : sous-traitance, souffrances et déni

Période : mars 2011 à août 2011

Cédric SURIRÉ et Frédérick LEMARCHAND

Université de Caen Basse-Normandie – CERReV (Centre d'étude et de recherche sur les risques et les vulnérabilités)
EA 3918 – Caen

Mots clés : Déni, Inégalité, Management, Médecine, Précarité, Risque, Santé, Sous-traitance

Les terrains étudiés au sein des deux textes présentés ici peuvent paraître difficiles à mettre en lien. Cependant, nous avons choisi de croiser leurs analyses, car, elles comportent une problématique commune consistant à montrer qu'il existe des formes d'invisibilités sociales des risques au travail. Ces phénomènes rendent difficile la perception des vulnérabilités sociales relatives aux différentes formes de conditions de travail délétères pour les santé mentales et physiques que rencontrent notamment les travailleurs sous-traitants des installations nucléaires françaises exposés aux rayonnements ionisants ainsi qu'à l'amiante et d'autres CMR. Annie Thébaud-Mony (2000, 2007) rappelle très bien en quoi les effets, par exemple, de l'individualisation des situations salariales laissent seuls les travailleurs face aux polyexpositions cancérigènes et, plus généralement, aux risques psychosociaux ce qui peut tendre à renforcer l'émergence des situations de vulnérabilités pouvant conduire à des variantes d'acceptabilité des risques, à des replis sur soi, à de la sous-déclaration des accidents et pathologies professionnels, à des dépressions ou même dans certains cas à des suicides. Car le recours au travail flexible, de plus en plus important (CDD, intérim, sous-traitance, salariés naviguant entre différents pôles et services d'une même entreprise...) entraîne une division sociale des risques. Ainsi, le phénomène grandissant de la précarisation des contrats de travail, l'amplification des contraintes physiques et des expositions aux produits chimiques pour ces mêmes catégories salariales vulnérables et déjà les plus atteintes, participent de la construction sociale de l'invisibilité des atteintes à la santé liées au travail et de l'inégale répartition des risques de plusieurs façons. D'une part, par la difficile construction d'une traçabilité présente et passée des expositions de ces salariés en contrat précaire qui vont d'entreprise en entreprise au gré de la demande et qui sont le plus souvent confrontés au phénomène massif des polyexpositions. D'autre part, du fait de la répercussion de cette précarité sur leur degré d'acceptabilité des risques avec, comme principale conséquence, un déni de leurs expositions.

Sous-traitance nucléaire, risques et vulnérabilités

Desbordes JP. Les précaires du nucléaire ont leur dose. Santé & Travail. 2011; 75: 6-8.

Résumé

Avec un nombre de sous-traitants proche de 25 000, les expositions aux rayonnements des personnels extérieurs aux entreprises EDF et AREVA doivent être considérées comme de réels enjeux de santé publique puisqu'elles sont à la fois les témoins physiques d'une certaine invisibilité sociale des souffrances mentales et corporelles et les témoins symboliques des inégalités sociales de santé qui touchent les travailleurs extérieurs occupant pourtant les métiers les plus exposés de toute l'activité nucléaire française (Thébaud-Mony, 2000, 2007). Le rapport 2010 de l'inspecteur général d'EDF pour la sûreté nucléaire et la radioprotection, Jean Tandonnet, précise que le vieillissement et le démantèlement des centrales nucléaires occasionneront une augmentation de 20 % des activités de maintenance et donc de sous-traitance qui seront très certainement accompagnées d'une montée progressive de la dosimétrie⁽¹⁾ collective. Parallèlement, les activités de maintenance s'exécutent dans des délais de plus en plus courts, avec des tâches auxquelles de moins en moins de moyens financiers, temporels et qualitatifs sont alloués ce qui entraîne des expositions à des doses plus conséquentes pour les travailleurs sous-traitants. Syndicats, experts, travailleurs,

médecins, s'accordent à dire que le turn-over des salariés précaires s'accélère et occasionne un difficile ancrage de la culture de la radioprotection. Il arrive ainsi de retrouver dans des zones très dangereuses pour les travailleurs et la sûreté nucléaire (bâtiment réacteur, générateur de vapeur) des salariés peu expérimentés qui parfois ne parlent pas français. Ainsi d'après l'ANCCLI⁽²⁾ le recours aux travailleurs prestataires constitue une prise de risque sanitaire pour les travailleurs qui vont parfois jusqu'à dissimuler les outils de mesure de radioprotection afin de ne pas dépasser les doses réglementaires et se retrouver au chômage. Dissimulation servant peut-être aussi à créer une forme de rationalisation de l'exposition aux rayonnements. Nous serions donc bien face à une volonté politique, comme le rappelle Annie Thébaud-Mony (2007), d'étaler les doses sur une population mouvante avec un turn-over important, c'est-à-dire, une population de sous-traitants frappée d'invisibilité sociale du risque pour laquelle a, certes, été prévu un suivi réglementaire à la fois dosimétrique et médical post-professionnel mais qui n'est, pour ce dernier, pourtant que partiellement organisé ou mis en œuvre de manière disparate. Les salariés se retrouvent la plupart du temps sans attestation d'exposition ce qui ne permet pas de construire un bilan global des expositions professionnelles multiples de ces travailleurs. Bilan qui devrait aussi prendre en compte l'épineuse question des effets des faibles doses pour ces hommes (comme a déjà pu le faire le CIRC⁽³⁾ au sujet des travailleurs statutaires européens

du nucléaire), qui ont bien souvent débuté leur carrière nucléaire dans les années 1980, et dont les éventuels cancers n'arrivent que maintenant du fait du temps de latence entre périodes d'exposition et apparition de la maladie.

Commentaire

Ce texte montre comment l'industrie nucléaire française a pu rendre socialement invisible et acceptable – par l'intermédiaire du respect de la réglementation en vigueur sur les expositions – les risques sanitaires liés au travail en centrale. L'auteur montre bien que ce respect de la réglementation qui rend légitime, au niveau du droit et de la société dans son ensemble les risques pris par une population de travailleurs, ne suffit pas à exclure la possibilité de survenue d'effets sanitaires délétères. En effet, ces derniers sont, par exemple, confrontés à l'intensification du travail et au turn-over des intérimaires qui participent à la dissolution des anciennes identités collectives et des savoirs relatifs à la protection de la santé. La précarisation (intérim, CDD) des collectifs de travail empêche la transmission des savoir-faire et des savoirs concernant les conduites de prudence au travail. Les manquements à la sécurité et au bon fonctionnement des procédures de protections de l'intégrité physique des salariés sont aussi renforcés et entretenus par une individualisation massive et croissante des tâches qui découle de la dissolution des collectifs de travail. Cela engendre des modes d'adaptabilité et de mobilité très rapides qui mettent au second plan la nécessité de protéger la santé des salariés puisque le premier plan est occupé par l'effet déstructurant le plus marquant, à savoir, l'éclatement des solidarités ouvrières. Phénomènes déjà repérés chez les travailleurs de l'amiante et de leurs fibres de substitution (Lemarchand, Sabre, Suriré, 2010).

Individualisation, précarisation et souffrances

Linhart D. De la domination et de son déni. *Actuel Marx*. 2011 ; 49 : 90-103.

Résumé

Dans son texte, l'auteur rend compte des enjeux salariaux présents dans l'organisation du travail actuelle tout en construisant un historique permettant de comprendre l'avènement des formes managériales qui rendent possible l'individualisation systématique de la gestion des salariés. Ces derniers se retrouvent mis en concurrence, confrontés aux formes de précarisation telle que la sous-traitance qui a pour effet de maintenir les salariés dans une acceptation des formes de vulnérabilités sociales et psychiques, aux conséquences potentiellement délétères et pathogènes. Ainsi, d'après l'auteur, un remodelage du taylorisme⁽⁵⁾ et des formes de toyotisme⁽⁶⁾ s'opère à travers le management avec pour effet de créer une accélération inédite au XXI^e siècle des structures de la violence symbolique. Autrement dit, les travailleurs se retrouvent isolés et atomisés. Le monde du travail se trouve alors caractérisé par un contrôle des rapports sociaux en déconstruisant les entités collectives et les formes de solidarités capables auparavant de constituer un rapport de force. Ce que l'organisation du travail

valorise ce sont les exigences des donneurs d'ordres quitte à renforcer les niveaux de compromission et d'acceptation des nouvelles exigences de production chez les salariés. Cette organisation managériale du travail requiert explicitement l'engagement subjectif des salariés en rendant acceptable et valorisable la flexibilité, la disponibilité, la mobilité au détriment des formes qualitatives du travail auxquelles s'attachaient les collectifs de travailleurs. Routine, qualité du travail, acquis, partage des savoir-faire et culture de protection au travail sont désormais perçus comme autant d'archaïsmes contre-productifs non adaptés aux changements et nouvelles définitions de la qualité en fonction des certifications et qualifications (Linhart, 2009). L'effet principal de cette restructuration de l'organisation du travail au regard du management est en fait de plonger les salariés dans un état d'insécurité permanent en les contraignant à accepter les conditions de travail qui se matérialisent par des augmentations de stress, d'angoisses, de peurs, de sentiments d'injustice et plus généralement de mal-être au travail.

Commentaire

Nous pouvons donc constater que les salariés sous contrat précaire développent des pratiques zélées dans leur travail qui renvoient à leur expérience de la précarité : l'individualisation des situations associée à la peur du lendemain engendre des rapports concurrentiels entre les ouvriers qui ne peuvent que les fragiliser davantage et qui a pour conséquence une acceptation des conditions de travail, pourvu que cela n'empiète pas sur leur statut, leurs acquis, leur position. Se développe alors une distanciation par rapport aux conditions de travail d'autant plus forte que la position dans le processus de production est précaire. Les travailleurs précaires se mettent à distance de leur travail, ce qui entraîne la tolérance paradoxale de conditions de travail souvent très dures (Gollac et Volkoff, 2006) et la peur du chômage aidant, elle conduit à accepter ce qu'on sait être nuisible, mais qu'on ne peut refuser. Il s'agit ici des pathologies liées à la surcharge de travail, des TMS, des phénomènes dits de « *Burn out* ». Tout ceci étant renforcé d'une manière plus générale, par des positions de passivité et d'aliénation sociale, ou de déni de réalité face aux injonctions paradoxales que font ressortir les phénomènes de sous-traitance et plus particulièrement de sous-traitance en cascade. Ces problèmes rattachés à l'organisation du travail montrent une origine bien précise et commune aux nombreuses situations de travail que Christophe Dejours (Dejours, 1998, 2006) a déjà pointé du doigt : les pressions organisationnelles relatives à l'évaluation permanente et individualisée des performances. Cette situation est à l'origine, par exemple, des mauvais rapports qu'entretiennent les intérimaires avec les salariés embauchés. L'organisation du travail instaure désormais – et cela est loin d'être une réelle nouveauté – un mode de vie pour les salariés, constamment guidé et divisé par des choix biographiques, des gestes professionnels, des rapports hiérarchiques, des inscriptions au sein de collectifs ou d'instances défensives et protectrices, régis par une implication du corps dans différents risques professionnels. Or cette dernière peut mettre gravement en péril la santé des travailleurs.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le paradoxe entre défense de l'emploi et prises de risques au quotidien doit questionner les pratiques professionnelles et plus généralement, l'organisation du travail. En effet, il apparaît nécessaire de se demander comment des travailleurs auxquels les impératifs de l'organisation du travail demandent toujours plus d'investissement au sein des procès de production – en termes de temps, d'investissement, d'implication de la santé mentale et physique – peuvent encore établir une séparation entre une implication professionnelle au travail et une mise à disposition totale de leur santé mentale et physique pour la sauvegarde de leur emploi avec le risque d'une dégradation forte de ces dernières. Notons, par ailleurs, que la trame de fond de ces modifications organisationnelles du travail repose sur une insécurité de l'emploi de plus en plus massive et permanente engendrant une peur grandissante au cœur des biographies professionnelles.

Lexique

- (1) Dosimétrie : mesures des doses de rayonnements ionisants auxquelles une personne, un être vivant a été exposé.
- (2) ANCCLI : association nationale des comités et commissions locales d'information.
- (3) CIRC : Centre international de recherche sur le cancer.
- (4) CMR : cancérigène, mutagène, reprotoxique.
- (5) Taylorisme : ensemble de principes de gestion du travail, élaboré par Frederick Winslow TAYLOR, dès 1904. Il s'agit d'une séparation entre le travail d'exécution et le travail intellectuel de conception, assuré par les ingénieurs du « bureau des méthodes » qui s'appuient sur une démarche de rationalisation scientifique du travail (étude du poste, décomposition et simplification des gestes, attribution d'un temps d'exécution à chaque tâche élémentaire).
- (6) Toyotisme : production pilotée par la demande, la responsabilisation et la polyvalence des travailleurs (ce qui n'empêche pas la division du travail).

Publications de référence

Aïach P. Le cancer au cœur des inégalités sociales de santé : quelles politiques imaginer ? dans *Lutter contre les inégalités sociales de santé, politiques publiques et pratiques professionnelles*. Presses de l'EHESP. 2008.

Dejours C. Souffrance en France. La banalisation de l'injustice sociale. Le Seuil. 1998.

Dejours C. Aliénation et clinique du travail. *Actuel Marx*. 2006 ; 39 : 124-133.

Lemarchand F, Sabre S, Suriré C. Exposition aux cancérigènes : reconnaissance et inégalités sociales, INCa-ARC. 2010.

Linhart D. Travailler sans les autres ? Le seuil, 2009.

Thébaud-Mony A. L'industrie nucléaire. Sous-traitance et servitude. Inserm/EDK, coll. Questions en santé publique. 2000.

Thébaud-Mony A. Travailler peut nuire gravement à votre santé. Sous-traitance des risques, mise en danger d'autrui, atteintes à la dignité, violences physiques et morales, cancers professionnels. La Découverte, coll. Cahiers libres, 2007.

Gollac M, Volkoff S. La santé au travail et ses masques. Actes de la recherche en sciences sociales. Le Seuil. 2006 ; 163 : 4-17.

Revue de la littérature

Henry E. Amiante : un scandale improbable, *Sociologie d'un problème public*. Presses Universitaires de Rennes, 2008.

Jouzel JN. La dénonciation du problème des éthers de glycol en France : Les organisations syndicales face à l'après-crise de l'amiante. *Santé et travail : Connaissances et reconnaissance*. La documentation française. *Revue française des Affaires Sociales*. 2008 ; 2-3 : 99-118.

Autres publications identifiées

Bachet D. Des pratiques professionnelles sous tensions. L'examen clinique des salariés en médecine du travail. In *Actes de la recherche en sciences sociales*, Le Seuil, 2011 ; 188 : 54-69.

L'auteur, à travers une enquête qualitative par entretiens semi-directifs met très bien en évidence la difficulté pour les médecins du travail à ne disposer que de l'outil aptitude/inaptitude pour essayer d'intervenir en profondeur sur l'organisation du travail selon eux bien trop souvent délétaire pour la santé des salariés.

Bouquin S. La question des résistances au travail dans la sociologie du travail française. *Actuel Marx*. PUF. 2011 ; 49 : 60-72. *Revue théorique de la question de la résistance à travers des concepts clefs de la sociologie du travail tels que la domination, le consentement et la servitude qui restent des champs sociologiques trop peu développés dans les analyses sociologiques classiques. Ici, de Weber à Touraine en passant par un retour aux textes de la Boétie, le texte développe une approche anthropologique capable de repenser la place de l'Homme dans la société salariale.*

Dares. Sous-traitance : des conditions de travail plus difficiles chez les preneurs d'ordres. *Dares Analyses*. 2011 ; 11 : 1-8.

Compte-rendu de résultats de l'enquête « Changement Organisationnel et Information » qui montre comment il existe une nécessité de croiser enquêtes qualitatives et quantitatives pour mieux comprendre les problématiques de santé au travail présentes au sein de la sous-traitance.

DARES : Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques.

**Mots clés utilisés
pour la recherche bibliographique**

Cancer, Risk, Subcontracting, Vulnérabilité

Droit et marées vertes : rien de nouveau sur la plage, ou presque

Période : décembre 2010 à août 2011

Nathalie HERVÉ-FOURNEREAU

CNRS – IODE UMR 6262 CNRS – Rennes

Mots clés : Agriculture, Algues vertes, Contractualisation, Droit, Droit des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), Droit sur l'eau, Eutrophisation, Évaluation des risques sanitaires et environnementaux, Politiques publiques, Responsabilité de l'État

En juillet 2011, la mort de 36 sangliers retrouvés dans l'estuaire du Gouessant provoque de vives polémiques. Le souvenir de la disparition du cheval sur la plage de Saint-Michel en Grève en juillet 2009 reste présent dans les esprits. Et si c'était, de nouveau, l'hydrogène sulfuré émis par la putréfaction des algues échouées sur la plage? Non! répondent les responsables agricoles excédés des regards accusateurs portés à leur contre. Oui, sans doute répondent les associations environnementales. Et pourquoi pas? C'est le début de la saison touristique, la réactivité est attendue et le préfet des Côtes-d'Armor diligente des analyses complètes. Le verdit tombe de l'Ineris et de l'Anses : l'hydrogène sulfuré est l'hypothèse la plus vraisemblable. Près de 53 000 tonnes d'algues auront été collectées cette année et se répartissent majoritairement dans 8 baies (Côtes-d'Armor et Finistère). Depuis 2009, les avis et rapports d'expertise sur les algues vertes se multiplient à la demande des autorités restées longtemps sourdes aux alertes des scientifiques. Situation ô combien paradoxale, car le droit comporte déjà un arsenal relativement complet de prévention et de maîtrise du phénomène d'eutrophisation des eaux. Depuis 10 ans, la multiplication des contentieux démontre une mise en œuvre très imparfaite des législations. À la lumière de ces jugements et des rapports publics publiés sur cette problématique sensible, les deux publications sélectionnées offrent une appréciation approfondie de la responsabilité des autorités françaises et livrent une analyse critique du récent plan national de lutte contre les algues vertes.

Variations juridiques sur les algues vertes

Billet P, Themis V, Ulva SP. Bulletin du droit de l'environnement industriel, agriculture et environnement. 2010 ; 30 : 31-40.

Résumé

À l'issue d'un aperçu historique des relations entre le droit et les algues, l'auteur considère que l'actuelle prolifération des algues vertes révèle les « carences récurrentes » de l'État dans le domaine de l'eau. Il analyse comment l'État français « garant du respect des réglementations sur l'eau et les installations classées » a laissé pendant des décennies la situation s'aggraver. L'auteur apprécie, dans un premier temps, le contentieux de la Cour de Justice des Communautés européennes concernant la France. À plusieurs reprises, la France a été condamnée pour manquement aux obligations imposées par les directives sur l'eau. En juin 2010, elle échappe de justesse à la menace d'une sanction financière pour non-respect d'un arrêt en manquement de mars 2001 relatif à la directive 75/440/CEE sur les eaux superficielles et la teneur en nitrates des eaux bretonnes. Cette « communautarisation de la question des algues vertes » reçoit un « prolongement » au niveau des juridictions administratives françaises. L'auteur s'attache, dans un second temps, à examiner ce contentieux national en insistant sur les « méandres de la responsabilité ». Dès 2001, le tribunal administratif de Rennes reconnaît la responsabilité de l'État pour « carence fautive dans l'exercice des pouvoirs de police qu'il détient à l'égard des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) ». Saisi par des associations

environnementales pour préjudice du fait de la présence des algues vertes, il réitère, en 2007, son interprétation de la carence de l'État dans l'application des réglementations européennes et nationales. En décembre 2009, la cour administrative d'appel de Nantes confirme la reconnaissance de la responsabilité de l'État. Toutefois, pour l'auteur, le principe du pollueur payeur « n'y trouve pas son compte ». Il considère qu'il semble plus aisé de se retourner contre les autorités publiques (le « surveillant ») que les responsables des pollutions diffuses (les « surveillés ») même si selon lui, il n'est pas certain « que l'État, par sa carence, cause effectivement le dommage à l'environnement, bien qu'il doive en répondre en l'état de la jurisprudence ». L'auteur en conclut que les différents régimes de responsabilité n'offrent donc qu'une réponse « très en aval du problème » de la prolifération algale. L'auteur termine son étude en examinant le plan national de lutte contre les algues adopté en février 2010 et doté d'un budget de 134 millions d'euros. Au titre des 5 axes d'intervention que comporte ce plan national destiné à s'appliquer dans les 8 baies sélectionnées (Fresnaye, Saint-Brieuc, Grève de Saint-Michel, Anse de Locquirec, Anse de l'Horn-Guillec, anse de Guisseny, Douarnenez et Concarneau), le volet réglementaire vise à « améliorer le respect des réglementations en simplifiant les contrôles et en les rendant les plus efficaces ». À l'image des précédents plans bretons de reconquête de la qualité de l'eau et du programme de maîtrise des pollutions agricoles, l'auteur souligne que l'approche contractuelle reste privilégiée dans le domaine où l'agriculture joue un rôle important. Or, selon lui,

une « telle politique aboutit en définitive à ne pouvoir imposer des contraintes que compensées ». Même s'il précise qu'il est « encore trop tôt » pour juger de l'efficacité de ce plan national, il en conclut que la question des algues vertes est « loin d'être résolue ».

Commentaire

L'article offre une étude synthétique des carences des autorités françaises dans le domaine de l'application des législations sur l'eau et les installations classées pour la protection de l'environnement. L'auteur s'appuie sur l'analyse d'une série d'arrêts de la Cour de Justice des Communautés européennes et des juridictions administratives françaises. Il se livre, en particulier, à une analyse critique des jugements du tribunal administratif de Rennes de 2007 et de la Cour administrative d'appel de Nantes de 2009 qui reconnaissent la carence fautive des autorités de l'État dans le phénomène de pollution par les algues vertes. Il s'interroge, à juste titre, sur l'application effective du principe du pollueur payeur et la relative inadéquation des régimes de responsabilité face aux pollutions diffuses. L'auteur apprécie, de manière détaillée, le récent plan national de lutte contre les algues vertes à la lumière des différents plans et programmes déjà adoptés dans le domaine de l'eau et des pollutions agricoles en Bretagne. Il exprime un scepticisme partagé par de nombreux juristes, à l'encontre des « solutions alternatives aux mesures de police » qui demeurent prisonnières du « bon vouloir des destinataires ».

La gestion des algues vertes et ses développements ou l'enlisement de l'État dans ses contradictions

Inserguet-Brisset V. *Revue Juridique de l'Environnement*. 2011; 1: 281-306

Résumé

L'auteur souligne d'emblée que la prolifération algale est devenue un « véritable problème de sécurité et de santé publique ». Elle dresse le « constat accablant » des défaillances de l'État relatives à la mise en œuvre de la police des installations classées et des directives européennes sur l'eau. L'auteur rappelle que la Cour administrative d'appel de Nantes reconnaît la responsabilité de l'État pour carence fautive dans le phénomène des marées vertes en décembre 2009. Ladite Cour considère comme « établie l'existence d'un lien direct et certain de cause à effet entre » lesdites carences et « le dommage que constitue la pollution par les masses d'algues vertes ». La Cour confirme l'interprétation du Tribunal administratif de Rennes en 2007 et condamne l'État à verser des indemnités pour préjudice moral aux quatre associations environnementales à l'origine du recours. Pour Véronique Brisset-Inserguet (2011), la seule condamnation de l'État « exonère finalement les véritables pollueurs ». L'auteur considère que ces jugements révèlent les difficultés d'application du principe pollueur payeur dans le domaine des pollutions diffuses. Toutefois, au vu des recommandations

de l'Anses concernant la sécurité des travailleurs et du public, l'auteur précise que les communes ne sont pas à l'abri de recours contentieux, en particulier en cas de carence fautive face à un péril grave et imminent. L'auteur souligne que l'application du principe pollueur payeur s'apprécie aussi à la hauteur de la contribution financière des responsables de la pollution aquatique d'origine agricole. Or, de manière récurrente, comme le rappelle l'auteur, la Cour des comptes démontre « l'absence de pression financière exercée sur les pollueurs ».

L'auteur analyse le plan national de lutte contre algues vertes qui vise une réduction de 30 % des flux d'azote dans les 8 baies bretonnes adoptés en février 2010. Paradoxalement, la mise en œuvre du principe de prévention se heurte encore, selon l'auteur, à une série de « contradictions étatiques » qui se manifeste dans le choix des mesures contractuelles énoncées dans ce plan national et dans les « assouplissements substantiels de la réglementation applicable aux élevages hors sol ». Ainsi, l'auteur souligne que curieusement le « référentiel que constitue (...) la législation des installations classées pour les élevages (...) n'est mobilisé que marginalement » dans le plan national de lutte contre les marées vertes. L'auteur signale qu'un récent décret de janvier 2011 en application de la loi de modernisation de l'agriculture et de la pêche de juillet 2010 contribue à faciliter le regroupement des élevages, ce qui risque de conduire à une « augmentation significative d'animaux ». En outre, le budget alloué au plan national serait nettement insuffisant selon les acteurs locaux. Pour l'auteur, la révision en profondeur des systèmes de production agricole semble être de nouveau éludée et l'arrêt de la Cour administrative d'appel de Nantes « ne constitue pas l'épilogue de ce contentieux ».

Commentaire

L'auteur peint un tableau sans complaisance de cet « enlisement de l'État dans ses contradictions ». Elle analyse avec minutie les difficultés d'application du principe du pollueur payeur. Elle dresse le « constat accablant » des défaillances de l'État relatives à la mise en œuvre de la police des installations classées et des directives européennes sur l'eau. Elle s'interroge de manière approfondie sur la reconnaissance de l'État comme unique responsable devant le juge administratif, ce qui exonère ainsi les véritables responsables des marées vertes. Elle explique que la théorie de la « causalité adéquate » retenue par le juge administratif conduit à ce que la responsabilité de l'État « absorbe » celle des tiers (les pollueurs) et celle des communes. Par ailleurs, l'auteur insiste sur l'absence de contribution effective des éleveurs au financement de la politique de l'eau et sur les difficultés d'assurer le respect du principe de prévention et de correction par priorité à la source. Elle démontre en détail les incohérences de l'État dans l'application de la législation des installations classées. *In fine*, elle insiste sur les nombreuses limites du plan national de lutte contre les algues vertes qui privilégie le recours prioritaire aux instruments contractuels. L'article offre ainsi une analyse très argumentée et une critique distanciée de la responsabilité des autorités françaises et du récent plan national de lutte contre les algues vertes.

CONCLUSION GÉNÉRALE

La reconnaissance de la responsabilité de l'État pour carence fautive du fait des marées vertes par les juridictions administratives ne constitue qu'une partie de l'iceberg des défaillances des autorités françaises. Si elles sont manifestement responsables, l'article 4 de la Charte constitutionnelle de l'environnement indique que « toute personne doit contribuer à la réparation des dommages qu'elle cause à l'environnement, dans les conditions définies par la loi ». Or, de fortes tensions se cristallisent à propos du partage inéquitable des responsabilités juridiques et financières. Qui sont les autres responsables de la prolifération algale? Les pollutions diffuses sont-elles correctement prises en compte par le droit existant? Est-il conforme à la Charte constitutionnelle de l'environnement que le pollué paye pour le pollueur? Est-il conforme au principe de prévention de soutenir la création d'unités de méthanisation? Ces deux publications ont le mérite d'apporter des éclairages instructifs sur les réponses apportées par le droit.

Azote ou phosphore? Azote et phosphore? L'avis de l'Anses de juin 2011 confirme que les « excès de nitrates apportés par les activités de l'Homme (en particulier agricole) » sont la cause principale des marées vertes. En 2007, le Tribunal administratif de Rennes considérait déjà comme « établi que les marées vertes ont trouvé très majoritairement leur origine dans les nitrates issus de la dégradation des apports azotés agricoles ». La Cour administrative d'appel de Nantes confirmait en 2009 cette interprétation des données scientifiques en considérant que « nonobstant son caractère de pollution diffuse », le phénomène de prolifération algale est « dû essentiellement aux excédents de nitrates issus des exploitations agricoles intensives ». Les récentes polémiques sur le lien de causalité entre la prolifération des algues vertes en Bretagne et lesdites exploitations agricoles démontrent l'importance juridique de veiller à l'objectivité scientifique des évaluations du risque conformément aux principes d'excellence, de transparence et d'indépendance.

Lexique

- (1) Installations Classées pour l'environnement: Conformément L 511.2 du Code de l'environnement, les installations définies dans la nomenclature des installations classées sont soumises à un régime administratif d'autorisation, d'enregistrement ou de déclaration préalable « suivant la gravité des dangers ou des inconvénients que peut présenter leur exploitation ».
- (2) Principe du pollueur payeur: Conformément à l'article 4 de la Charte constitutionnelle de l'environnement, « toute personne doit contribuer à la réparation des dommages qu'elle cause à l'environnement, dans les conditions définies par la loi ».
L'article L 110-1, II-3° du Code de l'environnement énonce « le principe pollueur payeur selon lequel les frais résultant des mesures de prévention, de réduction de la pollution et de lutte contre celle-ci doivent être supportés par le pollueur ».
- (3) Principe de prévention : Conformément à l'article 3 de la Charte constitutionnelle de l'environnement, « toute personne doit, dans les conditions définies par la loi, prévenir les atteintes qu'elle est susceptible de porter à l'environnement ou, à défaut, en limiter les conséquences ». L'article L 110-1, II-2° du Code de l'environnement énonce « le principe d'action préventive et de correction par priorité à la source, des atteintes à l'environnement, en utilisant les meilleures techniques disponibles à un coût économiquement acceptable »

Publications de référence

Conseil scientifique de l'environnement de Bretagne. Communiqué sur les marées vertes. Septembre 2009. Contributions de Arousseau P., Baert A., Hervé-Fournereau N., Le Goffe P.

Inserguet Brisset V. Halte aux algues vertes: le gouvernement dévoile son plan. Dictionnaire permanent- Entreprise agricole. mars 2010. 6-7.

Van Lang A. Le juge administratif, l'État et les algues vertes. Actualité Juridique Droit Administratif. 3/5/2010. 900-908

Hermon C. La responsabilité de l'État du fait des marées vertes. Revue de droit rural. 1/4/2010. 23-28

Hervé-Fournereau N. La Cour de Justice de l'Union européenne et la qualité de l'eau: reflets jurisprudentiels des paradoxes de la politique de l'eau de l'Union. Cahiers de Droit (Université de Laval, Canada). 2010/3-4. vol 51. Traditions et transformations du droit de l'eau. 947-980

Comité éditorial

Gérard CHEVALIER: INCa – Direction de la recherche – Cellule Veille, Évaluation, Observation
Alban COUDOUÉL: Afssaps – Cellule de veille
Benoît COURNOYER: CNRS – Université Claude Bernard, UMR d'Écologie Microbienne
Nicolas DE MENTHIÈRE: Cemagref – Direction de la Communication
Daniel EILSTEIN: InVS – Département Santé Environnement
Brigitte ENRIQUEZ: École nationale vétérinaire d'Alfort – Service de Pharmacie-Toxicologie
Robert GARNIER: Collège des enseignants de médecine du travail – Hôpital Fernand Widal
Michel HERY: INRS – Direction scientifique
Olivier LAURENT: IRSN – Direction de la radioprotection de l'homme
Jean-Luc MARCHAND: InVS – Département Santé Travail
Carole MONNIN-PARIETTI: IRSN – Laboratoire de métrologie et de dosimétrie des neutrons
Martine REYNIER: INRS – Direction scientifique
Marie-Pierre SAUVANT-ROCHAT: Collège des enseignants en hygiène et santé publique de pharmacie

Relecteurs

Morgane BACHELOT: Anses (Maisons-Alfort) - Direction de l'évaluation des risques – Unité d'évaluation des risques liés à l'eau
Régine BOUTRAIS: Anses (Maisons-Alfort) - Sociologue - Unité « Risques et Société »
Aude CASSOU-MOUNAT: Anses (Maisons-Alfort)- Juriste – Service des affaires juridiques
Paulina CERVANTES: Anses (Maisons-Alfort) - Mission Recherche et Veille
Sabine DELANNOY: Anses (Maisons-Alfort) - Plateforme IdentityPath - Laboratoire de sécurité des aliments
Dary INTHAVONG: Anses (Maisons-Alfort) - Laboratoire de sécurité des aliments - Unité « Polluants Organiques et Pesticides »
Pierre LE CANN: Professeur de Microbiologie - Département Santé, Environnement et Travail - EHESP - Rennes
Brice LAURENT: Centre de Sociologie de l'Innovation - Mines ParisTech
Louis LAURENT: Anses (Maisons-Alfort) – Chef de la Mission Recherche et Veille
Olivier MERCKEL: Anses (Maisons-Alfort) - Chef d'unité « Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements »
Christian MOUGIN: UR251 - Physico-chimie et Écotoxicologie des Sols d'Agrosystèmes Contaminés - INRA - Versailles
Anne-Marie POURCHER: Cemagref - Unité « Gestion environnementale et traitement biologique des déchets » – Rennes
Gabriel REBOUX: PhD – HDR - UMR/CNRS 6249 Chrono-environnement Université de Franche-Comté
Christophe ROSIN: Anses (Nancy) - Adjoint chef d'unité chimie des eaux - Laboratoire d'Hydrologie de Nancy
Benoît VERGRIETTE: Anses (Maisons-Alfort) - Chef d'unité « Risques et société »
Gwenn VO VAN-REGNAULT: Anses (Maisons-Alfort) - Direction de l'évaluation des risques – Unité d'évaluation des risques liés à l'eau

Coordination - Anses

Directeur de publication: Marc MORTUREUX
Comité de rédaction: Régine ROBICHON, Louis LAURENT, Gérard LASFARGUES
Responsable de l'édition: Fabrice COUTUREAU
Assistante d'édition: Céline LETERQ

Le Bulletin de veille scientifique Santé / Environnement / Travail est réalisé avec

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie



Agence française de sécurité sanitaire
des produits de santé



Collège
des enseignants
de médecine
du travail



Collège
universitaire
des enseignants
de santé publique (CUESP)



Agence nationale de sécurité sanitaire
de l'alimentation, de l'environnement et du travail
27-31 avenue du général Leclerc
94701 Maisons-Alfort Cedex
www.anses.fr