

PERSEIS

Pratiques en
Evaluation des
Risques
Sanitaires liés à l'
Environnement
Industriel & aux Services

N° 6 février 2006

Bulletin de veille scientifique conçu et réalisé par l'INERIS

Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable

EDITO

Les journées scientifiques du programme Environnement Santé de l'AFSSET (2-3 février 2006) ont rassemblé plus de 200 participants autour de 4 sessions (identification des dangers et mesure des risques, connaissance des milieux et caractérisation des expositions, modélisation pour l'évaluation des risques, représentations et construction sociales du risque) et une table ronde sur les besoins d'expertise en environnement et santé.

Après une conférence introductive de chaque session, 20 des 74 projets soutenus par l'AFSSET depuis 2002 ont été présentés puis discutés. Les sujets abordés, souvent pointus et complexes (invasion des "« omiques »), nous rappellent, de façon concrète, la grande diversité des disciplines composant la santé environnementale, mais surtout l'indispensable nécessité d'une vision intégrée pour la gestion des risques sanitaires environnementaux. Ainsi, d'après M. Guérin (Directeur du département santé-environnement et santé-travail de l'Université de Montréal), la recherche sur le risque sanitaire et environnemental doit « voir large et viser loin ».

Ce numéro 6 présente une sélection de nouveaux travaux publiés ou en cours d'impression. Les projets de Marklund sur les retardateurs de flamme organophosphorés et plastifiants et de Beck sur les stéroïdes et oestrogènes dans les eaux des stations d'épuration ont toute leur importance dans le cadre de l'action 2 du PNSE sur la préservation de la qualité des milieux.

Laure Déléry
Unité ERSA (Evaluation des Risques SANitaires)

SOMMAIRE

- Nouveautés en ligne p 2
- Caractérisation des émissions p 4
- Contamination des milieux p 5
- Expologie p 7
- Risques p 8
- Méthodologie de l'évaluation des risques p 9

Remarque : certains des articles scientifiques présentés dans les rubriques font l'objet d'une simple traduction des résumés des auteurs et non d'une analyse.

NOUVEAUTES EN LIGNE

France

INERIS (<http://www.ineris.fr/>)

Derniers rapports en ligne

- ✓ Modèle de transfert sol-plante des polluants organiques, tome 2- octobre 2005
- ✓ Analyse des méthodes et pratiques à l'étranger pour l'évaluation des risques liés aux sites pollués - octobre 2005
- ✓ Evaluation des risques sanitaires des filières d'épandage des boues de station d'épuration –décembre 2005

Fiches de données toxicologiques et environnementales

<http://www.ineris.fr/recherches/fiches/fiches.htm>

- ✓ 2,4,5 trichlorophenoxyacétique, mise à jour le 29/09/05
- ✓ Acénaphène, mise à jour le 21/11/05
- ✓ Benzo(p,h,i)pérylène, mise à jour le 29/09/05
- ✓ Chrysène, mise à jour le 8/11/2005
- ✓ Fluorène, mise à jour le 21/11/05
- ✓ Lindane, mise à jour le 29/09/2005
- ✓ Naphtalène, mise à jour le 21/11/05
- ✓ Oxyde de tributyle étain, mise à jour le 29/09/05
- ✓ Polychlorobiphényles, mise à jour le 8/11/2005
- ✓ Toluène, mise à jour le 8/11/2005

AFSSET (<http://www.afsse.fr/>)

Estimation de l'impact sanitaire d'une pollution environnementale et évaluation quantitative des risques sanitaires (25 novembre 2005).

Info Santé Déchets

n° 50 octobre 2005

n°51 décembre 2005

INRS (<http://www2.inrs.fr/>)

Cahier de notes documentaires-2^e trimestre 2005-199 : 2 articles sur particules ultra-fines et santé au travail :

- 1- caractéristiques et effets potentiels sur la santé
- 2- sources et caractérisation de l'exposition

EIPPCB (European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau)

(<http://eippcb.jrc.es>)

Documents de référence sur les meilleures techniques disponibles

- ✓ Surface treatment of metals 09.05
- ✓ Surface treatments using solvents 09.05
- ✓ Organic fine chemicals 10.05

JOURNAL OFFICIEL

France (<http://www.legifrance.gouv.fr>)

- ✓ Arrêté du 06/09/05 modifiant l'arrêté du 20/04/05 pris en application de décret relatif au programme national d'action contre la pollution des milieux aquatiques par certaines substances dangereuses, JO du 04/10/05
- ✓ Circulaire DGS/SD7 N° 2005-305 du 07/07/2005 relative à la gestion des risques sanitaires liés aux eaux destinées à la consommation humaine et aux eaux de baignade en période de sécheresse susceptible de conduire à des limitations des usages de l'eau, BO Sante N° 2005-8
- ✓ Arrêté du 23/08/05 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique N° 1412 de la nomenclature des installations classées, JO du 05/10/05
- ✓ Arrêté du 17/06/05 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées soumises à déclaration sous la rubrique N° 2220, BO du MEDD N° 2005-16
- ✓ Circulaire du 05/10/05 relative à l'Inspection des Installations classées-Surveillance des eaux souterraines (non publiée)
- ✓ Arrêté du 23/08/05 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique N° 1116, JO du 27/10/05
- ✓ Arrêté du 15 septembre 2005 modifiant l'arrêté du 26 février 2002 relatif aux travaux de maîtrise des pollutions liées aux effluents d'élevage, JO n° 269 du 19 novembre 2005
- ✓ Circulaire du 9 novembre 2005 relative aux thèmes d'action nationale de l'inspection des installations classées pour l'année 2006 (non publiée)
- ✓ Arrêté du 25 octobre 2005 modifiant l'arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation, JO n° 269 du 19 novembre 2005

- ✓ Arrêté du 25 octobre 2005 modifiant l'arrêté du 29 juin 2004 relatif au bilan de fonctionnement prévu par le décret n° 77-1133 du 21 septembre 1977 modifié, JO n° 269 du 19 novembre 2005
- ✓ Circulaire du 6 juillet 2005 relative aux installations classées - circulaire d'application des deux arrêtés ministériels du 7 février 2005 fixant les règles auxquelles doivent satisfaire les élevages de bovins, volailles et/ou gibiers à plumes et de porcs - précisions concernant certaines notions relatives aux élevages, BOMEDD n° 05/18 du 30 septembre 2005
- ✓ Circulaire du 10 juin 2005 relative aux installations classées. Application de l'arrêté du 25 juillet 1997 relatif aux installations de combustion soumises à déclaration sous la rubrique 2910, BOMEDD n° 05/18 du 30 septembre 2005
- ✓ Circulaire du 12 mai 2005 relative aux installations de combustion de bois - Cas particulier des panneaux de particules - Inspection des installations classées, BOMEDD n° 05/20 du 30 octobre 2005
- ✓ Arrêté du 15 décembre 2005 modifiant l'arrêté du 2 novembre 1993 modifié prévoyant certaines dispositions transitoires applicables aux exploitations d'élevage, pris en exécution des articles 3, 5, 6, 10, 11 et 15 du décret n° 75-996 du 28 octobre 1975 portant application des dispositions de l'article 14-1 de la loi n° 64-1245 du 16 décembre 1964 modifiée

relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution, J.O n° 303 du 30 décembre 2005

- ✓ Circulaire du 19 août 2004 relative aux installations classées - élevages de porcs. - Utilisation de nouvelles références de rejet, BOMEDD n° 23/2005 du 15 décembre 2005
- ✓ Circulaire du 21 septembre 2005 concernant la modification de la nomenclature relative aux élevages, BOMEDD n° 23/2005 du 15 décembre 2005

Etats-Unis

NCEA

(<http://cfpub.epa.gov/ncea>)

→ December 23, 2005

IRIS: revue toxicologique du n-Hexane

Le résumé du n-Hexane a été révisé et mis à jour et une nouvelle revue toxicologique a été ajoutée au site Web IRIS Web (<http://www.epa.gov/iris>)

→ December 09, 2005

Critères de qualité de l'air pour les oxydes d'azote – appel à commentaires

→ December 01, 2005

Publication: Critères de qualité de l'air pour le plomb (Vol I & II) document projet EPA de mise à jour de la version finale de 1986 pour relecture externe 2005

CARACTERISATION DES EMISSIONS

→ Chi, K. H. and M. B. Chang (2005). "Evaluation of PCDD/F congener partition in vapor/solid phases of waste incinerator flue gases." Environmental Science & Technology **39**(20): 8023-8031.

→ Marklund, A., B. Andersson, et al. (2005). Les retardateurs de flamme organophosphorés et les plastifiants dans les stations d'épuration suédoises Environmental Science & Technology **39**(19): 7423-7429.

Les concentrations, distribution et sources possibles de 12 retardateurs de flamme organophosphorés et plastifiants, dont certains sont connus pour être toxiques pour les écosystèmes aquatiques, ont été recherchés dans des échantillons d'eaux usées, d'eaux traitées et de boues provenant de 11 stations d'épuration suédoises. Les composés organophosphorés étudiés étaient difficilement éliminés des eaux usées, spécialement les organophosphorés chlorés qui ne sont ni éliminés ni dégradés lors de leur passage en station d'épuration, tandis que les alkyl-organophosphorés comme le tributyl phosphate (TBP) étaient mieux éliminés. Dans les eaux usées et les eaux traitées, le tris(2-butoxyéthyl) phosphate et le TBP étaient les principales substances suivies par le tris(2-chloroisopropyl) phosphate (TCPP). Parmi tous les organophosphorés détectés dans les eaux usées, la concentration maximale était de $52 \mu\text{g.L}^{-1}$ (TBP). L'éthylhexyl diphenyl phosphate et le TCPP dominaient dans tous les échantillons de boues. Des calculs de comparaison des quantités annuelles d'organophosphorés dans les eaux usées reçues par les stations d'épuration suédoises et les quantités connues d'organophosphorés importés indiquaient qu'environ 15 % des substances sont dirigés vers les stations. 49 % des organophosphorés transitant vers les stations d'épuration annuellement sont dégradés, 50 % (27 tonnes) retournent au milieu récepteur et seulement 1% se retrouve dans les boues. Les concentrations de la plupart des organophosphorés des différentes stations échantillonnées étaient assez similaires indiquant que les données peuvent être transposables dans les autres stations.

→ Nakao, T., O. Aozasa, et al. (2006). "Formation of toxic chemicals including dioxin-related compounds by combustion from a small home waste incinerator." Chemosphere **62**(3): 459-468.

→ Olsson, M. and J. Kjallstrand (2006). "Low emissions from wood burning in an ecolabelled residential boiler." Atmospheric Environment **40**(6): 1148-1158.

→ Beck, M. and M. Radke (en presse). Détermination des concentrations en stéroïdes, oestrogènes et ions inorganiques dans les eaux usées et des aérosols particulaires émis par le traitement des eaux usées Chemosphere In Press, Corrected Proof.

Les concentrations en stéroïdes et en ions inorganiques ont été mesurées dans les eaux usées d'un aérateur ainsi que les aérosols particulaires émis par cette installation à la station d'épuration de Bayreuth, Allemagne, en janvier et février 2003. Les analyses concernaient 7 stéroïdes, 2 oestrogènes et plusieurs ions inorganiques. Puisqu'aucune méthode de détermination des stéroïdes dans les eaux usées n'était disponible, une nouvelle méthode basée sur une extraction en phase solide a été développée. Les concentrations en stéroïdes coprostanol et cholestérol atteignaient $30\text{-}180 \mu\text{g.L}^{-1}$ dans les eaux usées et $400\text{-}5000 \text{pg.m}^{-3}$ dans les aérosols particulaire. Tous les autres stéroïdes étaient présents en quantités nettement inférieures. Les concentrations moyennes des 2 oestrogènes (estrone et 17β -estradiol) étaient d'environ 165pg.m^{-3} dans les aérosols particulaires. Les concentrations en stéroïdes à la fois dans les eaux usées et dans les aérosols particulaires variaient beaucoup en fonction du temps, cependant, à l'exception du coprostanol, aucune corrélation claire n'a été détectée entre les concentrations dans les eaux usées et les aérosols particulaires.

→ de la Rosa, D. A., A. Velasco, et al. (en presse). "Total gaseous mercury and volatile organic compounds measurements at five municipal solid waste disposal sites surrounding the Mexico City Metropolitan Area." Atmospheric Environment In Press, Corrected Proof.

→ Lee, S. J., Y.-C. Seo, et al. (en presse). "Speciation and mass distribution of mercury in a bituminous coal-fired power plant." Atmospheric Environment In Press, Corrected Proof.

CONTAMINATION DES MILIEUX

→ Al-Khashman, O. A. and R. A. Shawabkeh (en presse). "Metals distribution in soils around the cement factory in southern Jordan." Environmental Pollution In Press, Corrected Proof.

→ Gomez, E. T., T. Sanfeliu, et al. (2005). "Evolution, sources and distribution of mineral particles and amorphous phase of atmospheric aerosol in an industrial and Mediterranean coastal area." Water Air and Soil Pollution **167**(1-4): 311-330.

→ Rogge, W. F., P. M. Medeiros, et al. (2006). "Organic marker compounds for surface soil and fugitive dust from open lot dairies and cattle feedlots." Atmospheric Environment **40**(1): 27-49.

Les émissions fugitives de poussières émises par des élevages de bétail et des élevages de vaches laitières sont importantes. De façon à déterminer la contribution des élevages intensifs sur les niveaux ambiants en poussières (PM), il est nécessaire de compléter les connaissances pour distinguer les PM qui proviennent des zones cultivées, des jachères ou des routes. Dans l'étude « caractérisation des poussières diffuses » de San Joaquin Valley, des échantillons de sol de surface sont collectés dans des fermes pour trouver des marqueurs spécifiques. Plus de 100 composés organiques ont été quantifiés incluant : n-alcanes, n-acides alcanoniques, n-alcanols, n-alcanals, n-alcane-2-ones, stéroïdes, triterpénoïdes, isoprénoïdes, and tocophérols (vitamine E) et métabolites. La biohydrogénation des lipides végétaux et des stéroïdes du rumen forme différents produits d'altération. Les stéroïdes dérivés d'animal et de plante sont les plus abondants. Cet article montre que le 5 β -stigmastanol et l'épi-5 β -stigmastanol, deux produits biohydrogénés du sitostérol et du stigmastérol, sont les meilleurs marqueurs moléculaires. Les acides stéarique (C18) et palmitique (C16) ne sont pas spécifiques d'une source mais la biohydrogénation de l'acide gras insaturé le plus abondant C18 fait basculer le ratio des acides C18/C16 d'une valeur inférieure à 0,5 pour les végétaux à une valeur moyenne de 3,0 \pm 0.7. Par conséquent, le ratio C18/C16 est unique et peut être utilisé dans les études visant à déterminer l'origine des PM.

→ Toribio, M. and J. Romanya (en presse). Lixiviation de métaux lourds (Cu, Ni and Zn) et

de la matière organique après un épandage de boues sur des sols en forêt méditerranéenne Science of The Total Environment In Press, Corrected Proof.

Dans les zones méditerranéennes sèches et semi-arides, les matières organiques du sol font souvent défaut du fait d'une activité humaine intensive et ancienne. Dans ces conditions, l'utilisation de boues d'épuration comme technique de recyclage sur les sols peut être un moyen de freiner les processus de désertification et d'accroître les fonctions du sol et le cycle des nutriments. Cependant, l'épandage de boues d'épuration contaminées par des métaux lourds peut augmenter de manière significative la concentration des sols en métaux potentiellement toxiques et le transfert de ces derniers aux eaux superficielles et aux plantes. Les objectifs de cette étude sont : 1) d'étudier la lixiviation du Cu, Zn et Ni au niveau de 3 sols contrastés de forêt méditerranéenne (limon basique, argile basique, limon acide) traités avec des boues d'épuration et 2) d'explorer les relations entre la mobilité des métaux et les propriétés du sol et avec la lixiviation des matières organiques. Tous les sols sélectionnés ont été incubés dans des colonnes (5 réplicats x 3 sols x 3 traitements). Les traitements étaient les suivants : (a) boue faiblement contaminée en métaux (LMS), (b) boue enrichie par des métaux (MES), et (c) témoin. La dose d'épandage était de 6 kg matière sèche par m². Les colonnes de sols ont été incubées à température ambiante pendant 110 jours et arrosées toutes les semaines avec de l'eau désionisée pour atteindre un total 1130 mm. Les lixiviats ont été collectés et analysés (pH, EC, carbone organique, concentrations en Cu, Ni et Zn).

Les concentrations en métaux et matière organique des lixiviats dépendaient des caractéristiques du sol et du type de boue d'épuration ajouté sur le sol. Les sols basiques très argileux avaient la plus grande capacité de rétention des métaux tandis que les sols acides pauvres en argile avaient la plus faible capacité de rétention. Des 3 métaux étudiés, le Ni avait la plus grande mobilité. La mobilité du Zn était aussi plutôt importante, particulièrement dans les sols acides. Bien que les sols basiques contiennent plus de matières organiques que les sols acides, la teneur en carbone organique dans les lixiviats après le traitement par les boues était du même ordre de grandeur dans tous les sols étudiés. La

mobilité de la matière organique peut augmenter la lixiviation des métaux tandis que la matière organique liée aux particules du sol accroît la rétention des métaux. La vitesse de lixiviation par unité de métal dans le sol, pour le Cu dans tous les sols et pour le Zn dans les sols basiques, n'augmentait pas même dans les sols amendés avec des boues enrichies en métaux. Cependant, la quantité totale de Cu, Zn, et Ni lixiviée par les colonnes de 30 cm traitées par des boues enrichies augmentait

par rapport aux sols témoins. Malgré cela, les concentrations en métaux étaient dans la plupart des cas bien inférieures aux critères de qualité des eaux de boisson de la législation espagnole. Par conséquent, après une seule application de boues enrichies, pour les sols méditerranéens étudiés, le risque de pollution des eaux souterraines par des métaux lourds semble faible.

EXPOLOGIE

→ Benemann, J., N. Lehmann, et al. (2005). "Assessing contamination paths of the German adult population with gold and platinum. The German Environmental Survey 1998 (GerES III)." International Journal of Hygiene and Environmental Health **208**(6): 499-508.

→ Isikll, B., T. A. Demir, et al. (en presse). "Cadmium exposure from the cement dust emissions: A field study in a rural residence." Chemosphere In Press, Corrected Proof.

→ Wangberg, I., L. Barregard, et al. (2005). "Emissions, dispersion and human exposure of mercury from a Swedish chlor-alkali plant." Atmospheric Environment **39**(39): 7451-7458.

→ Macleod, C., R. Duarte-Davidson, et al (en presse). Modélisation des expositions humaines aux résidus des polluants atmosphériques contrôlés (APC) libérés par les décharges en Angleterre et au Pays de Gales. Environment International.

Des expositions humaines aux résidus des polluants atmosphériques contrôlés (APC) émis par 6 décharges ont été modélisées et évaluées. Après une caractérisation qualitative du risque, les expositions directes et indirectes ont été quantifiées. Sur des sites spécifiques, la modélisation de la dispersion dans l'air a été conduite pour les PM10, PCDDs/PCDFs, Pb, Cd, As et Cr VI aux points résidentiels les plus proches de 4 décharges, au total, 75% w/w des résidus APC ont été éliminés en 2000-2001 (UK). Les risques par inhalation ont été évalués en se référant aux standards de qualité de l'air aux points résidentiels d'exposition, ils ont été évalués comme négligeables. Une première modélisation a suggéré que les expositions indirectes de PCDDs/PCDFs au 95^{ème} percentile pour le site où les taux de dépôt des APC étaient les plus hauts pourraient potentiellement dépasser la dose journalière tolérable de sol (TDSI) mais ceci demande davantage d'études étant donné les limites du modèle. Ces résultats donnent une première idée sur l'importance des risques potentiels de la déposition des APC, ce qui est de nature à soulever des inquiétudes sur l'incertitude des risques potentiels sur la santé humaine concernant la mise en décharge des APC aux endroits stratégiques.

→ Donato, F., M. Magoni, et al. (sous presse) Exposition aux biphényles polychlorés chez les résidents vivant à proximité d'une usine chimique en Italie : La chaîne alimentaire en

tant que source principale de contamination. Chemosphere

Des niveaux élevés de PCB ont été récemment trouvés dans le sol, la nourriture et chez quelques fermiers vivant près d'une usine chimique qui jusque dans les années 80 a produit des PCBs à Brescia, au Nord de l'Italie. Nous avons réalisé un examen sur un échantillon aléatoire de sujets âgés de 20 à 79 ans vivant dans divers secteurs de la ville avec différents niveaux de pollution de sol pour étudier les facteurs associés avec les niveaux les plus élevés en PCB dans le sérum (24 congénères ont été recherchés).

Les concentrations totales en PCB sont étroitement liées à l'âge (Spearman $r = 0,68$, $p < 0.0001$). Les 166 consommateurs de végétaux produits uniquement dans le secteur ont des niveaux plus élevés en PCB que les non-consommateurs (médiane = 1143 contre 719 ; 95^{ème} percentile = 9301 contre 2635 ng/g lipides) avec les niveaux les plus élevés retrouvés pour les consommateurs de végétaux produits dans la zone la plus contaminée près de l'usine (médiane = 2551 ; 95^{ème} percentile = 33 464 ng/g lipides). Une relation dose-réponse entre la consommation de produits de la zone et les niveaux de concentration en PCB dans le sang a été observée (Spearman $r = 0,52$, $p = 0,0014$).

Les consommateurs des seuls végétaux produits dans cette zone avaient des niveaux plus élevés aux PCS que les non consommateurs (médiane = 1100; 95^{ème} percentile = 10 800 ng/g lipide).

Trois sujets qui ont travaillé à l'usine dans le passé montrent les niveaux les plus élevés en PCBs.

La distribution des congénères ne diffère pas entre les consommateurs de nourriture produite localement et les non-consommateurs, à l'exception du PCB 209 qui a été trouvé à des niveaux plus élevés chez d'anciens ouvriers de l'usine et qui était plus fréquent chez les consommateurs de nourriture produite dans la zone polluée. En conclusion, nous avons trouvé les niveaux les plus élevés en PCB dans le sérum chez les sujets vivant dans une zone fortement polluée dans une ville industrialisée d'Italie, dus principalement à la consommation de la nourriture produite dans les zones polluées.

→ Wang, S., J. Hao, et al. (2006). "Intake fractions of industrial air pollutants in China: Estimation and application." Science of The Total Environment **354**(2-3): 127-141.

→ Preuss, E., W. Koch, et al. (2006). "Aircraft disinsection: Exposure assessment and evaluation of a new pre-embarkation method." International Journal of Hygiene and Environmental Health **209**(1): 41-56.

RISQUES

→ Chen, S.-C. and C.-M. Liao (sous presse). "Health risk assessment on human exposed to environmental polycyclic aromatic hydrocarbons pollution sources." Science of The Total Environment **In Press, Corrected Proof**.

→ Lee, C.-W., Y.-T. Dai, et al (2006). Caractéristiques et impacts sur la santé des composés organiques volatils dans les centres de photocopies Environmental Research **100** (2) : 139-149.

Cette étude a examiné la qualité de l'air intérieur des centres de photocopie à Taiwan afin d'évaluer le risque pour la santé humaine pour une exposition par inhalation. Des prélèvements personnels et d'ambiance ont été conduits dans sept centres de photocopie dans la région de Taïwan de juillet 2002 à mars 2003, durant les saisons d'été et d'hiver à Taiwan. Les mesures de benzène, de toluène, d'éthylbenzène, de xylènes et du styrène (BTEXS) n'ont indiqué aucune différence entre les prélèvements personnels et d'ambiance ($P > 0.05$) et ont montré que la climatisation améliore la qualité de l'air intérieur. Le facteur additif pour chaque centre de photocopie était de manière significative en dessous de 1.0, basé sur les valeurs limites d'exposition des BTEXS à Taiwan. Cependant, le benzène et les niveaux moyens de styrène dans l'étude étaient respectivement 138 fois et 18 fois plus élevés que ceux mesurés dans une étude menée aux Etats-Unis. La comparaison des rapports de masse des BTEXS avec ceux de plusieurs études menées en chambre d'essais indique que le photocopieur n'est pas la seule source de COV dans les centres de photocopie. Les risques de cancer pour des ouvriers exposés aux composés organiques volatils ont été également évalués. Les résultats dans cette étude montrent que les sept centres de photocopie ont un risque qui peut dépasser $1 \cdot 10^{-6}$ (s'étendant de $2.5 \cdot 10^{-3}$ à $8.5 \cdot 10^{-5}$). Concernant les effets non-cancérogènes, les niveaux du toluène, de l'éthylbenzène, des xylènes, et du styrène étaient en dessous des niveaux de référence dans tous les centres de photocopie ; cependant, les indices de risque pour tous les composés dépassaient toujours 1.0 (étendue 26,2 - 1,8) en raison du niveau élevé du benzène dans les centres de photocopie.

→ Ohura, T., T. Amagai, et al. (2006). "Regional assessment of ambient volatile organic compounds in an industrial harbor area, Shizuoka, Japan." Atmospheric Environment **40**(2): 238-248.

→ Nadal, M., V. Kumar, et al. (sous presse). Définition et caractérisation à l'aide d'un SIG d'un indice de risque intégral appliqué à une zone industrielle chimique/pétrochimique. Chemosphere

Une carte de risque d'une zone industrielle chimique/pétrochimique de Tarragona (Catalogne, Espagne) a été réalisée en suivant une démarche en deux étapes. La première étape était la création d'un système de rang (Indice de risque) pour différents polluants inorganiques et organiques : métaux lourds, Dibenzodioxines polychlorés et Dibenzodibenzofuranes polychlorés (PCDD/Fs), polychlorobiphényles (PCBs) et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) en appliquant des cartes construites automatiquement (SOM) sur la persistance et les propriétés de bioaccumulation et de toxicité des produits chimiques. Les PCBs semblent être les composés les plus dangereux, alors que les HAPs légers ont donné les valeurs minimales. Dans la seconde étape, un Indice de Risque Intégral a été développé tenant compte d'un Indice de Risque et des concentrations de tous les polluants dans des échantillons de sol rassemblés dans la zone évaluée de Tarragona. En conclusion, une carte de risque a été élaborée en représentant la distribution spatiale de l'Indice de Risque Intégral avec un système d'information géographique (SIG). Les résultats de cette étude semblent indiquer que le développement d'une carte de risque intégral pourrait être utile dans l'aide aux procédés de décision concernant les polluants environnementaux.

METHODOLOGIE DE L'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

→ Gay, J. R. and A. Korre (sous presse). Approche spatiale pour évaluer les risques pour la population liés à un sol contaminé Environmental Pollution In Press, Corrected Proof.

Une méthodologie combinant une évaluation quantitative probabiliste des risques sanitaires humains et des méthodes statistiques spatiales (géostatistiques) est proposée pour évaluer les risques liés à une exposition à un sol pollué de façon à conserver la distribution spatiale des risques et à fournir une analyse des incertitudes. Des cartographies des niveaux de contamination des sols, qui incorporent l'incertitude, sont déterminées à partir de données d'échantillonnage dispersées en utilisant une simulation séquentielle. Une population réelle stratifiée par l'âge est cartographiée sur la zone polluée et les expositions individuelles aux contaminants des sols sont calculées de manière probabiliste en utilisant une adaptation du modèle CLEA (Contaminated Land Exposure Assessment). De nombreuses informations sont accessibles via les résultats soit au niveau de la population soit au niveau individuel et peuvent être cartographiées pour fournir un outil visuel efficace d'aide à la décision en permettant aux gestionnaires de cibler des mesures de réduction des risques en fonction de la localisation des populations.

→ Morra, P., S. Bagli, et al. (sous presse). Analyse des risques sanitaires en utilisant une procédure détaillée basée sur un environnement SIG. Environment International In Press, Corrected Proof.

Une approche est proposée pour quantifier les risques sanitaires liés à des sources industrielles qui émettent, de manière journalière ou accidentelle, des polluants dangereux pouvant impacter différents milieux environnementaux. L'approche est réalisée grâce à l'outil HHRA-SIG qui utilise un modèle d'évaluation des risques intégré multimédia, multi voies d'exposition et multi-récepteurs capable de gérer toutes les étapes de l'analyse dans une structure géoréférencée. Les mesures de risques sont les valeurs maximales d'excès de risque cancérigène et de quotient de danger, leur distribution spatiale est calculée et cartographiée une fois que toutes les voies d'exposition et les récepteurs de l'étude sont identifiés. Une étude de sensibilité complémentaire aux calculs permet

de comprendre comment les estimations de risque dépendent de la variabilité des facteurs contribuant au risque. Enfin, une étude de cas sur un site industriel montre comment les décideurs locaux et les législateurs peuvent s'appuyer sur cet outil pour gérer les risques et planifier les actions de rémédiations et de réduction des risques. La zone géographique considérée est un territoire hypothétique caractérisé par des zones résidentielles, agricoles et industrielles. La présence de 2 sources de contamination, un incinérateur d'ordures ménagères et un site contaminé sont évalués avec l'outil. Différents types de récepteurs caractérisés par leur physiologie et leur régime alimentaire sont pris en compte. Les résultats sont analysés et comparés avec les valeurs de référence ; les alternatives ayant un impact moindre sur l'environnement sont calculées.