

DÉVELOPPEMENTS

Le point sur la MIRE
P. 12

ATEX, l'INERIS montre
le chemin aux fabricants
P. 14

ÉCHANGES

PériTox, une unité mixte
et pluridisciplinaire P. 16

INERIS

LE MAGAZINE DE L'INSTITUT NATIONAL DE L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET DES RISQUES



**QUALITÉ DES EAUX
TOUTES LES EXPERTISES
SONT REQUISES**



Avec sa signature en l'an 2000, la Directive-Cadre sur l'Eau ouvre une voie pour le XXI^e siècle: le retour au bon état écologique des eaux de surface et souterraines en Europe. L'échéance définie, 2015, paraît lointaine.

Pourtant elle est ambitieuse, et pour la mettre en œuvre, tant les pouvoirs publics que les industriels ont besoin de nouveaux outils : critères de qualité, moyens de surveillance, substances à considérer, technologies pour réduire les émissions ou traiter les rejets, ou « soigner » les milieux. Le dossier du magazine montre quelles variétés de disciplines doivent se conjuguer pour répondre à ce besoin. Il montre aussi quels réseaux de partenariats et d'institutions doivent se mettre en place, ONEMA, AQUAREF, Pôle national en Toxicologie et Écotoxicologie. La coordination doit être tant scientifique que technique et organisationnelle. L'INERIS a pris une part importante dans ces schémas, grâce à une compétence pluridisciplinaire résolument structurée vers une démarche appliquée. Parmi tous les défis posés par la qualité de l'eau, une dualité mérite d'être soulignée. L'eau est un aliment et donc un vecteur des nuisances de l'environnement vers l'homme, comme peut l'être l'air que nous respirons. Mais c'est aussi un milieu vivant, peuplé d'une flore et d'une faune sensibles aux impacts des activités humaines.

Ainsi, dans la définition des objectifs de qualité, il faut tenir compte de ces deux aspects quand on caractérise les substances. Quant à la surveillance, elle fait intervenir tous les moyens de caractériser le bon état de la « santé environnementale » du milieu, d'où les besoins d'outils avancés comme le suivi des biomarqueurs au sein des populations animales. La dimension opérationnelle est importante. Ainsi, les outils développés à l'INERIS ont permis des approches de terrain en coopération avec l'industriel pour retrouver la cause d'un dommage environnemental, ou des recherches partenariales pour des systèmes de surveillance en temps réel (comme le projet MIRE).

Philippe HUBERT

Directeur des risques chroniques



LES BRÈVES

Création de l'ANCRE

Le vendredi 17 juillet 2009 a été créée « l'Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie », l'ANCRE, pour mieux coordonner et renforcer l'efficacité des recherches sur l'énergie, menées par les divers organismes publics nationaux.

Trois membres fondateurs ont signé la convention de création: le CEA, le CNRS et l'IFP. En plus de ces fondateurs, s'ajoutent des membres associés qui sont des organismes publics intervenant dans le champ de l'énergie: la Conférence des

Présidents d'Université (CPU), l'Andra, le BRGM, le CSTB, l'Ifremer, l'INERIS, l'Inra, l'IRSN, l'INRETS, l'Onera. L'ADEME et l'ANR participeront aux réunions du Comité de coordination relatives aux questions de programmation. L'ANCRE participera à la mise en œuvre de la stratégie française de recherche et développement dans ce secteur. Elle agira en concertation avec l'Alliance européenne sur la Recherche en Énergie (European Energy Research Alliance, ou EERA) créée le 27 octobre 2008.

La combustion du bois et la qualité de l'air

L'INERIS a mené une étude sur l'impact des appareils de chauffage domestique à bois sur la qualité de l'air intérieur et extérieur, conjointement avec le LCME⁽¹⁾ le CSTB⁽²⁾ et le CITEPA⁽³⁾, dans le cadre d'un appel à projet lancé en 2005 par l'ADEME. Cette étude a permis de caractériser les polluants et les composés traceurs de la combustion du bois, dans des conditions réelles de fonctionnement, en sortie de cheminée, dans l'air intérieur et l'air extérieur. Les campagnes de mesures se sont déroulées durant l'hiver 2007 dans six habitations situées en zone rurale et équipées de différents types d'appareils de chauffage. Les résultats principaux sont les suivants:

- en sortie de cheminée, les facteurs d'émission obtenus lors de cette étude sont cohérents avec à ceux utilisés par le CITEPA dans le cadre de l'inventaire national des émissions.
- pour l'air extérieur, les résultats de cette étude menée en milieu rural révèlent des concentrations supérieures pour les particules fines (PM10 et PM2.5), le benzène et le benzo[a]pyrène (B[a]P) par rapport aux concentrations moyennes mensuelles observées sur un site urbain dans l'Oise.
- pour l'air intérieur, les concentrations en particules (PM10 et PM2.5) et en benzène sont supérieures à celles qui sont observées hors de la période de fonctionnement des appareils. Les concentrations en HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) sont supérieures à celles que l'on observe habituellement dans des logements non chauffés au bois. Les concentrations des traceurs spécifiques mesurées confirment l'influence de la combustion du bois sur la qualité de l'air au sein des habitations.



Systèmes de prélèvement des particules et des gaz dans l'air intérieur et appareil de chauffage au bois.

La présente étude étant la première en France à quantifier ces composés particulaires dans les habitats, aucun élément de comparaison n'existe à ce jour. Étant donné le faible nombre d'habitations instrumentées et d'appareils étudiés, aucune généralisation ni extrapolation des résultats au niveau national n'est possible. Cependant, ces résultats contribuent à l'acquisition des connaissances relatives à l'impact de la combustion résidentielle de bois sur la qualité de l'air intérieur et extérieur et confirment la nécessité de poursuivre des travaux de R&D pour réduire ces impacts.

Rapport d'étude final téléchargeable sur: www.ineris.fr/index.php?module=cms&action=getContent&id_heading_object=1103

(1) Laboratoire de Chimie Moléculaire et Environnement, Université de Savoie.

(2) Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

(3) Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique.

Lancement de la plateforme STEEVE



Essai de combustion d'une batterie Lithium ion.

Le 22 septembre 2009, le ministre chargé de l'Industrie, Christian Estrosi, s'est rendu au CEA à Grenoble pour inaugurer la plateforme STEEVE (Stockage d'Énergie Electrochimique pour

Véhicules Électriques) qui a pour but de permettre la réalisation de batteries électriques de nouvelle génération pour le transport. Cette plateforme unique en Europe réunit l'INERIS, le CEA, EDF, et l'Université Jules-Verne de Picardie. À cette occasion, elle vient de se voir dotée par les pouvoirs publics d'une enveloppe financière de 7,5 millions d'euros.

Le ministre de l'Industrie va également affecter 1,8 millions d'euros au projet porté par l'INERIS destiné à la sécurité des batteries (sécurité du cycle de vie, évaluation et certification) en lien avec l'Université de Picardie Jules Verne (matériaux innovants). La plateforme vise ainsi à développer une synergie de compétences et de moyens qui portent sur : le prototypage de batteries Li-Ion, l'évaluation des performances électriques et du niveau de sécurité des batteries, l'optimisation de la durée de vie des batteries, et la sécurité du cycle de vie et la certification des différentes technologies de batteries envisagées.

L'atelier de réflexion Pro-REACH

Le règlement européen REACH (Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals) impose l'enregistrement de toutes les substances chimiques et demande le recours à de nouvelles méthodes d'évaluation des risques liés aux substances chimiques pour remplir deux objectifs : la limitation du recours à l'expérimentation animale d'une part, et la réduction du coût de l'évaluation d'autre part. Les industriels ne peuvent répondre aux exigences du règlement REACH sans un soutien fort du monde de la recherche. C'est pour cela que l'ANR a mis en place un atelier de réflexion prospective sous le nom de « Pro-REACH ». Cet atelier est coordonné par l'INERIS et l'Apesa⁽¹⁾, et a pour but de fournir des préconisations en matière de R&D pour l'accompagnement de la mise en œuvre de REACH.



Nouvelle méthode *in vitro* pour tester la reprotoxicité des molécules.

Il a été conduit en collaboration avec l'expertise collective du CNRS commandée par le MEEDM et le Ministère de l'Industrie. Son objectif premier est le développement de méthodes prédictives en toxicologie et écotoxicologie, qui soient alternatives à l'expérimentation animale : méthodes *in vitro* (cultures cellulaires) et *in silico* (modélisation) pour limiter le recours aux expériences *in vivo*.

La réflexion de l'atelier et de l'expertise a conclu à la nécessité d'une approche véritablement systémique de la recherche : toxicologues et écotoxicologues doivent travailler main dans la main avec chimistes, biostatisticiens et bioinformaticiens pour faire avancer la recherche.

Par ailleurs, les industriels ont besoin d'outils immédiatement opérationnels pour pouvoir satisfaire au règlement REACH. C'est ainsi que le Pôle national applicatif en Toxicologie et Écotoxicologie, qui est coordonné par l'INERIS, apparaît comme le maillon essentiel qui permet d'une part de valider en amont les méthodes alternatives d'évaluation des risques des substances chimiques, et d'autre part permet de rendre opérationnels pour les industriels les nouveaux outils issus de la recherche.

(1) Association Pour l'Environnement et la Sécurité en Aquitaine.

Surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les écoles et crèches

Une campagne pilote (2009-2011) nationale de surveillance de la qualité de l'air dans les écoles et les crèches françaises a été lancée le 11 septembre 2009, par Chantal Jouanno, secrétaire d'État à l'Écologie. Cette campagne a pour but de définir les modalités de la surveillance obligatoire de la qualité de l'air prévue par le projet de loi dit « Grenelle 2 », à partir de 2012 pour certains établissements recevant du public comme les écoles et les crèches. Cette opération est financée par le ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer et menée en partenariat avec les ministères chargés de la Santé, de l'Éducation nationale et de la Famille. Au total, 300 établissements répartis sur l'ensemble du territoire seront concernés entre 2009 et 2011.

Lors de cette campagne, deux polluants prioritaires sont suivis : d'une part, le formaldéhyde, substance irritante pour les voies respiratoires émise par certains matériaux de constructions, certaines colles ; et

d'autre part le benzène, substance cancérigène issue de la combustion (gaz d'échappements). Les concentrations de ces deux composés seront mesurées par des tubes passifs exposés durant une semaine d'enseignement, à deux saisons : en été et en hiver. Par ailleurs, les mesures porteront également sur le confinement – déterminé notamment à partir du taux de concentration en CO₂ dans l'espace clos – mesuré l'hiver uniquement, durant deux semaines.

L'INERIS, dans le cadre de ses missions au sein du Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA)⁽¹⁾, apporte son appui technique et organisationnel à l'ensemble des partenaires de l'opération à chacune des étapes. Le CSTB apporte également son expertise.

La réalisation des mesures est assurée par les Associations Agréées de Surveillance de Qualité de l'Air (AASQA) sur la base de protocoles méthodologiques élaborés en 2008 par le LCSQA. L'exploitation des résultats de mesures du formaldéhyde et du benzène



est confiée à l'INERIS. Cette exploitation aura pour but non seulement de renseigner sur un plan national les niveaux de concentrations rencontrés dans les écoles et crèches mais aussi d'optimiser la méthodologie mise en œuvre, dans la perspective d'une future surveillance à caractère réglementaire. Un premier bilan global des résultats sur les 160 premiers établissements investigués sera établi en 2010. Pour en savoir plus : www.lcsqa.org

(1) Le LCSQA est constitué de laboratoires de l'École des Mines de Douai, de l'INERIS et du Laboratoire national de métrologie et d'essais.

L'influence du changement climatique sur les cavités souterraines

En France, il existe environ 500 000 cavités souterraines naturelles (grottes) et artificielles (mines, carrières) partiellement ou totalement ennoyées selon le niveau des nappes d'eau souterraines. Or, ce niveau fluctue tout au long de l'année : c'est le battement des nappes. Avec le changement climatique, on s'attend à ce qu'il pleuve plus en hiver et moins en été et, de ce fait, à ce que le battement soit plus important. L'objectif est d'observer si cela a des effets sur la stabilité des piliers qui soutiennent la carrière. Le ministère en charge de l'Écologie a commandé une étude sur les impacts attendus du changement climatique. Dans ce cadre, l'INERIS

étudie notamment l'impact des fluctuations du battement des nappes sur la stabilité des cavités souterraines. Le site expérimental choisi est la carrière de Saint-Martin-le-Nœud, près de Beauvais (Oise). Il s'agit d'une ancienne carrière de craie abandonnée, de 40 hectares, creusée de 70 galeries, et possédant 36 lacs souterrains. En juillet 2009, l'INERIS a instrumenté un de ces lacs ainsi qu'un pilier qui le borde dans le but d'observer son comportement en déformation en fonction du battement de la nappe. Un bilan annuel des



La cavité souterraine de Saint-Martin-le-Nœud.

données sera effectué, mais il faudra attendre plusieurs années afin de disposer de données sur une durée suffisante pour permettre de les intégrer dans un futur observatoire à long terme des impacts du changement climatique.

La présentation du rapport scientifique 2008-2009



Le rapport scientifique 2008-2009 de l'INERIS est paru. À travers la présentation des résultats les plus marquants, il illustre le haut niveau scientifique des équipes dans les domaines suivants : toxicologie, écotoxicologie, pollution de l'air, sols pollués et risques autour des installations classées, explosions, facteur humain, sécurité globale et malveillance, prévention des risques de mouvements de terrain, stockage du CO₂. Il est disponible auprès de la Direction de la Communication au 03 44 55 64 37.

Agenda

Inauguration

Le mardi 8 décembre 2009 à 10h aura lieu à l'INERIS, à Verneuil-en-Halatte, la pose de la première pierre de la plateforme expérimentale pour la validation et le développement des méthodes alternatives en expérimentation animale.

La conférence des Nations Unies sur le climat à Copenhague : 7-18 décembre 2009

Du 7 au 18 décembre 2009 se tiendra la conférence des Nations Unies sur le climat à Copenhague (Danemark). Il s'agit de la réunion des 190 nations qui ont ratifié la Convention-cadre des Nations Unies sur le changement climatique (CCNUCC). C'est une réunion très importante car les pays réunis doivent se mettre d'accord sur le protocole commun qui succèdera au Protocole de Kyoto s'achevant en 2012. Le Protocole de Kyoto comportait des engagements absolus de réduction des émissions de gaz à effet de serre : une réduction globale de 5,2 % des émissions de dioxyde de carbone d'ici à 2012 par rapport aux émissions de 1990. Un enjeu important de cette conférence est la position que choisiront de prendre les pays en développement, notamment la Chine ou l'Inde, gros consommateurs de charbon. La nouvelle position des États-Unis est également une des clés de cette négociation.

Stocker le CO₂ dans les veines de charbon

Dans le cadre de la réduction des émissions des gaz à effet de serre engagée pour la lutte contre le réchauffement climatique, le stockage géologique du CO₂ se présente comme l'une des solutions envisageables. Le mardi 6 octobre 2009, Delphine Charrière a soutenu sa thèse à l'INERIS sur la faisabilité du stockage du CO₂ dans les veines de charbon. La thèse, préparée à l'INERIS et en co-tutelle avec l'Institut National Polytechnique de Toulouse (ENSIACET) s'intitule « Caractérisation de la sorption de gaz sur les charbons – application au stockage géologique de CO₂ dans les veines de charbon ». Le travail a porté sur l'étude en laboratoire, au niveau microscopique, de la diffusion et de la sorption du CO₂ et du CH₄ dans le charbon. Les résultats montrent une capacité de sorption de gaz assez élevée, ce qui est intéressant pour la problématique de faisabilité du stockage de CO₂. Cette thèse a été proposée pour l'attribution du Prix Léopold Escande qui doit être décerné l'an prochain.





«UNE COMPÉTENCE MULTI-APPROCHE»

LA QUALITÉ DES EAUX

- ▶ Des compétences réunies sous l'égide d'AQUAREF | Page 6
- ▶ Focus : Sandrine Andres, les normes de qualité environnementale | Page 7
- ▶ Un pôle de dimension internationale en toxicologie et écotoxicologie | Page 7
- ▶ Prioriser l'évaluation et la surveillance des substances émergentes | Page 8
- ▶ Focus : Wilfried Sanchez, intégrer les biomarqueurs dans la surveillance des eaux | Page 9
- ▶ Quel devenir pour les nanoparticules dans les eaux souterraines? | Page 9
- ▶ Focus : Selim Aït-Aissa, les tests bio-analytiques ont leur place dans l'évaluation de la contamination des milieux | Page 10
- ▶ Focus : Jean-Marc Brignon, parvenir à la réduction des substances dangereuses dans l'eau | Page 11
- ▶ Médicaments, cosmétiques et produits corporels | Page 11

Une date sert d'horizon pour tous les acteurs de l'eau : 2015. Chaque pays de l'Union européenne sait qu'il dispose encore de cinq années pour répondre aux exigences de la Directive-Cadre européenne sur l'Eau (DCE), adoptée le 23 octobre 2000, sous peine de s'exposer à des contentieux et des pénalités. Les objectifs de ce document de référence sont connus : la France, comme les autres États-membres, devra alors disposer d'eaux de surface (cours d'eau, plans d'eau, eaux côtières) présentant un « bon état » chimique et écologique, et d'eaux souterraines présentant un « bon état » chimique et quantitatif.

Bien qu'elle n'ait pas comblé un vide lors de sa transcription en droit français par la loi du 21 avril 2004 – la France a même fait figure de précurseur avec une première loi sur la gestion de l'eau en 1964, suivie par la loi de 1992 sur la protection et la mise en valeur de l'eau –, la DCE a généré un vaste chantier auquel l'INERIS est étroitement associé. Dans le cadre de la surveillance de la qualité des eaux, on peut distinguer deux approches complémentaires. La première approche, ou approche « par la substance », suit un cheminement « top-down » (du haut vers le bas). On connaît les substances présentes dans les milieux aquatiques, car on connaît les activités humaines qui les génèrent. On commence par inventorier les substances présentes dans les milieux aquatiques, puis on en mesure les concentrations. Ensuite, on compare ces valeurs à des normes de qualité environnementale déterminées sur des critères de protection de l'écosystème aquatique. Enfin,

on impose des mesures de réduction à la source des émissions. Cette approche fait appel à la métrologie, à la fixation de normes de qualité environnementale. Elle inclut également la recherche et la diffusion de solutions de substitution des molécules contaminantes.

La seconde approche, ou « approche par le milieu », suit quant à elle le mouvement inverse, « bottom-up » (du bas vers le haut). On s'intéresse cette fois à l'impact des substances polluantes sur le milieu écologique : on étudie les modifications biologiques des divers compartiments de l'écosystème (êtres vivants, sédiments). Ces modifications constituent des indicateurs de la dégradation de la qualité de l'eau. On cherche ensuite à en déterminer l'origine. Il s'agit donc de remonter de l'effet sur les organismes (les modifications biologiques) à la cause (la présence de substances polluantes). Cette approche fait appel aux compétences que recouvre le champ de l'écotoxicologie. Elle n'est pas encore utilisée en surveillance et est actuellement encore en phase de recherche.

Face à ce chantier, l'INERIS a dû mobiliser son expertise dans plusieurs domaines : métrologie, analyses chimiques, élaboration des critères et des seuils de qualité, méthodologie de la surveillance des milieux, écotoxicologie, évaluation des risques, élaboration de normes de qualité et de solutions technico-économiques de réduction ou d'élimination des rejets chimiques. Afin de coordonner l'ensemble de ces interventions et de répondre aux demandes de la DGPR (Direction Générale de la Prévention des Risques) et de la Direction

de l'Eau et de la Biodiversité du MEEDDM⁽¹⁾, une Mission Eau a été installée au sein de l'INERIS. Cette Mission Eau assure un rôle d'interface interne entre les différents domaines d'expertise de l'INERIS. Depuis 2007, cette mission coordonne le réseau AQUAREF (voir encadré p. 6). Par ailleurs, elle assure les relations avec l'ONEMA (l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques) et le MEEDDM.

Établissement public rattaché au MEEDDM, l'ONEMA a succédé au Conseil supérieur de la pêche en 2007. L'accord-cadre signé le 19 mai 2008 par l'INERIS et l'ONEMA articule leur coopération autour de quatre domaines-clefs : la fixation des seuils admissibles pour les polluants ; l'établissement d'un système de mesures fiables ; la progression des connaissances pour agir à la source ; la mise au point de biomarqueurs. Cette coopération permet également à l'ONEMA de participer *via* l'INERIS au réseau européen NORMAN centré sur la connaissance des substances émergentes (voir encadré p. 8).

Un outil d'aide à la décision pour les gestionnaires de l'eau

La première action nationale sur les substances dangereuses a été la rédaction des prescriptions techniques de l'inventaire national portant sur 106 substances dangereuses présentes dans les rejets de 3 000 installations classées (3RSDE). Plusieurs essais interlaboratoires ont ensuite été organisés depuis 2003. « Il s'agit d'homogénéiser les méthodes de travail des laboratoires qui effectuent des prélèvements et des analyses afin de garantir la fiabilité et la comparabilité des données. Cette condition qui relevait de la métrologie était indispensable, mais elle n'était pas véritablement prise en considération jusqu'alors, explique Anne Morin, responsable de la Mission Eau. Au bout de plusieurs années de travail, on peut dire aujourd'hui que nous sommes parvenus à convaincre de l'importance de la métrologie en environnement. Opérateurs, clients et pouvoirs publics ont aujourd'hui admis l'importance de la maîtrise des pratiques métrologiques pour garantir la fiabilité des données, seule garantie pour s'assurer du respect des normes de qualité de l'eau. »

La circulaire du 5 janvier 2009 permettra d'étendre la surveillance des substances dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) – panel de 3 000 établissements lors du premier inventaire – à une autosurveillance qui concernera cette fois les

(1) Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer.

| DES COMPÉTENCES RÉUNIES SOUS L'ÉGIDE D'AQUAREF |

AQUAREF, le laboratoire national de référence pour la surveillance des milieux aquatiques, a été créé en 2007 à l'initiative des pouvoirs publics pour renforcer l'expertise nationale en unissant des organismes aux compétences complémentaires. AQUAREF associe depuis 2007 les ressources humaines, techniques et les capacités de recherche de cinq établissements publics : INERIS (chimie, écotoxicologie), BRGM (eaux souterraines), CEMAGREF (hydrobiologie des eaux de surface), IFREMER (hydrobiologie des milieux marins) et LNE, Laboratoire National de Métrologie et d'Essais (métrologie de la chimie analytique). L'INERIS est coordonnateur du réseau. Assurée depuis 2007 par la Mission Eau de l'INERIS, cette coordination sera renforcée par l'INERIS, qui détachera dès janvier 2010 une personne à plein temps chargée de la direction du programme AQUAREF pour les 5 établissements. Organisé autour de la chimie et de l'hydrobiologie, deux axes sous-tendus par la mise en œuvre

de la Directive-Cadre européenne sur l'Eau et de la Directive Stratégie Marine, AQUAREF a pour mission : le développement et l'optimisation des méthodes d'analyses chimiques et biologiques ; l'amélioration de la qualité des données sur la surveillance des milieux aquatiques et de leur exploitation ; l'évaluation des risques émergents ; l'intégration des résultats des programmes de recherche nationaux et européens en lien avec le réseau NORMAN. Une proposition de plan stratégique pluriannuel a récemment été élaborée par AQUAREF à la demande du MEEDDM (Direction de l'Eau et de la Biodiversité). Afin de répondre aux enjeux de la mise en œuvre de la surveillance des milieux aquatiques en métropole et dans les DOM, ce plan devrait notamment permettre au consortium d'apporter un appui aux acteurs de la chaîne d'acquisition des données et de constituer une force de proposition pour anticiper les modalités futures de la surveillance de la qualité des eaux.



Sandrine Andres, responsable de l'unité Évaluation en écotoxicologie

« LES NORMES DE QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE : L'INERIS AU CŒUR DES DÉVELOPPEMENTS MÉTHODOLOGIQUES EUROPÉENS »



L'obligation d'atteindre le bon état chimique et écologique des eaux de surface, qui constitue l'un des objectifs majeurs de la Directive-Cadre sur l'Eau (ou DCE), passe par le respect de Normes de Qualité Environnementale (NQE) qui devront être définies pour chacune des substances prioritaires définies au niveau européen. Les NQE sont des seuils de concentration de polluants à ne pas dépasser dans le milieu afin de garantir l'intégrité écologique des écosystèmes et assurer la protection de la santé humaine. Les substances prioritaires sont celles pour lesquelles une diminution ou un arrêt progressif des rejets est requis. Les milieux aquatiques sont donc régulièrement surveillés par le biais d'analyses chimiques. La DCE et sa Directive-fille (Directive 2008/105/CE) stipulent que chaque État-membre devra appliquer les normes de qualité environnementale définies au niveau européen. Parallèlement, chaque pays doit définir des NQE pour des substances dites « pertinentes »

au niveau national et qui correspondent à des préoccupations régionales ou circonscrites à l'échelon d'un bassin hydrographique. Dans ce contexte, les normes de qualité peuvent être différentes d'un État à l'autre. L'INERIS élabore ces valeurs seuils que les pouvoirs publics retiennent ou non. À titre d'exemple, la France a retenu pour le malathion (insecticide utilisé en agriculture) une valeur de 0,01 µg/l, mais la Belgique limitrophe a opté pour 0,1 µg/l, soit dix fois plus. L'absence de cohérence entre ces NQE nationales et les méthodologies utilisées pour les déterminer ont conduit des experts de six pays européens à créer un groupe informel de réflexion dont le but est d'établir des valeurs communes pour les NQE et d'éviter les distorsions entre les États de l'UE. L'INERIS y est représenté. Outre ses activités d'appui technique et d'expertise au niveau national, l'INERIS assure depuis 2005 un rôle d'expert technique auprès de la Direction Générale de l'Environnement⁽¹⁾ de la Commission européenne (DG ENV) dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive-

Cadre sur l'Eau (Directive 2000/60/CE).

La DCE fixe une liste de substances prioritaires qui doit être révisée tous les quatre ans. Dans ce but, l'INERIS a établi, pour la DG ENV, une méthodologie de priorisation des substances sur la base de données de surveillance collectées auprès des vingt-sept États-membres de l'Union européenne. L'application de cette méthodologie a abouti à l'établissement d'une première liste d'une quarantaine de substances. Ce résultat sera inclus dans un processus plus global tenant compte d'une approche basée sur la modélisation et des résultats des évaluations des risques existantes. L'objectif final de ces travaux est l'obtention d'une liste finale de 10 à 15 substances prioritaires qui sera fixée courant 2010.

(1) La signature d'un nouveau contrat de 3 ans, renouvelable tous les ans, pour la période 2008-2011 est intervenue en septembre 2008.

| UN PÔLE DE DIMENSION INTERNATIONALE EN TOXICOLOGIE ET ÉCOTOXICOLOGIE |

Le Pôle national applicatif en Toxicologie et Écotoxicologie, lancé le 15 janvier 2009, a vocation à devenir centre de référence sur les méthodes d'évaluation des produits chimiques alternatives aux essais sur animaux. Il répond à l'effort de recherche et aux attentes des industriels et des pouvoirs publics liés à la mise en œuvre du règlement REACH : parvenir à une prédiction des dangers des substances plus efficace et éthique. Il répond également aux besoins et satisfait aux exigences de la directive cadre eau. Organisé autour de l'INERIS, ce pôle rassemble l'UTC, l'UPJV et l'Institut LaSalle Beauvais, et s'appuie sur le réseau scientifique ANTIOPES qui réunit des équipes de toxicologues et écotoxicologues de plusieurs organismes de recherche français, dont le CEA avec lequel l'INERIS a conclu un accord sur l'analyse et la maîtrise des risques toxicologiques et environnementaux. Le pôle s'appuie sur les recherches de l'équipe mixte INERIS-UPJV « PériTox : Périnatalité et Risques Toxiques ». La « Fondation UTC pour l'innovation » dont l'INERIS est membre fondateur, a mis en

place un programme qui vise à développer une toxicologie et une écotoxicologie prédictives et à améliorer les outils de biosurveillance pour l'homme et les espèces de l'environnement. La région Picardie et l'État ont financé des équipements structurants pour le pôle, comme la plateforme expérimentale pour valider et développer des méthodes alternatives, et le mésocosme, un dispositif expérimental clos utilisé dans les études écologiques sur les milieux aquatiques.



Le mésocosme de l'INERIS.

quelque 50 000 ICPE soumises à autorisation préfectorale. Plutôt qu'une liste commune, des listes de substances à surveiller ont été déclinées pour chacun des secteurs d'activité industrielle. « Ce sont les DREAL⁽²⁾ qui sont chargées de piloter ces campagnes, précise Anne Morin, mais l'Institut s'assurera que les données recueillies correspondent bien aux prescriptions techniques que nous avons retenues en concertation avec les représentants des laboratoires. »

Outre une meilleure connaissance des rejets chimiques dans les bassins versants (cours d'eau, lacs) et l'enregistrement de progrès sensibles dans les pratiques des laboratoires, l'opération 3RSDE s'est accompagnée de l'étude d'alternatives à l'utilisation des substances toxiques classées prioritaires. Conduite par l'unité Économie et décision pour l'environnement sous la responsabilité de Jean-Marc Brignon, cette action permet de fournir des fiches technico-économiques après enquête auprès des industriels producteurs et utilisateurs des substances toxiques prioritaires. « L'objectif majeur est d'inventorier les émissions de substances chimiques dans l'eau et d'évaluer les mesures disponibles pour les remplacer par des produits moins nocifs pour l'environnement, observe Jean-Marc Brignon. Nos préconisations peuvent aller jusqu'à l'évocation d'un changement de procédé de fabrication, par exemple le remplacement du chromage de pièces métalliques, très polluant pour l'environnement, par la technologie de la projection thermique plasma ou le dépôt d'une couche de céramique. Pour les industriels, ces techniques de traitement de surface impliquent des investissements conséquents. Elles peuvent aller jusqu'à nécessiter de repenser complètement

la géométrie des pièces concernées, et par là même celle de l'ensemble fonctionnel auquel elles s'intègrent (un train d'atterrissage d'avion par exemple). »

Face aux différentes alternatives, il est apparu nécessaire de développer un outil d'aide à la décision destiné aux gestionnaires de l'eau. Cet outil multicritère a été conçu dans le cadre du projet européen SOCOPSE⁽³⁾ et du programme d'appui à la DGPR. Pour sélectionner les solutions de remplacement, le logiciel prend en compte leurs incidences toxicologiques, techniques, économiques et environnementales, dont la consommation énergétique nécessaire à la production du produit de substitution. « Ceci dans une démarche stratégique dimensionnée à l'échelle d'un bassin versant, souligne Jean-Marc Brignon. C'est-à-dire que l'outil intègre les solutions disponibles dans le contexte global des changements possibles pour l'ensemble des émissions reçues par les cours d'eau du bassin. »

Vers une biosurveillance de la qualité des eaux

L'INERIS est impliqué dans l'élaboration d'une méthodologie permettant aux services déconcentrés de fixer les Valeurs Limites d'Émissions (VLE) de certaines substances dangereuses rejetées par les établissements industriels. Ces VLE sont des valeurs seuils que doivent respecter les industriels pour leurs rejets en sortie de tuyaux. De plus, l'INERIS est chargé par le MEEDDM de faire des propositions pour élaborer des Normes de Qualité Environnementale (NQE) des agents polluants spécifiques à la France. Ces normes sont des concentrations de polluants à ne pas dépasser dans le milieu aquatique pour protéger la santé

humaine et les écosystèmes. Ensuite le MEEDDM recueille ces propositions, et tranche en fixant ces NQE. Ces NQE nationales s'ajouteront aux normes applicables aux 33 substances dangereuses prioritaires que le Parlement européen a adoptées le 17 juin 2008 (nickel, plomb, mercure, nonylphénol, HAP...). Fixant des concentrations maximales admissibles et des valeurs moyennes annuelles, ces normes édictées par la Directive-fille de la DCE devront être respectées à partir de 2015 pour atteindre le « bon niveau écologique et chimique » des masses d'eau, conformément à l'exigence de la DCE (voir encadré du haut p.7).

« En 2008, l'INERIS a commencé à proposer des normes sur la base de quatre scénarios correspondant à différents objectifs de protection, explique Sandrine Andres, responsable de l'unité Expertise et essais en écotoxicologie. Ces scénarios vont d'une prise en compte de la seule protection pour les organismes aquatiques (végétaux, invertébrés, poissons), en déterminant la "concentration prédite sans effet" (PNEC), jusqu'à une protection plus complète intégrant aussi les mammifères et oiseaux qui se nourrissent de ces organismes aquatiques (en déterminant la PNEC dite "empoisonnement secondaire"). Les scénarios les plus complets prennent aussi en compte la protection de la santé humaine via la consommation de produits de la pêche ou de l'eau de boisson. »

Les NQE validées par un groupe d'experts avant proposition aux pouvoirs publics sont destinées en premier lieu aux agences de l'eau.

Parmi les 26 actions qui structurent la collaboration entre l'ONEMA et l'INERIS, deux relèvent d'une approche « bottom-up » de la surveillance de la qualité de l'eau : l'utilisation des indices de type biomarqueurs (voir encadré W. Sanchez, p. 9)

(2) Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (ex-DRIRE).

(3) Source Control of Priority Substances, projet du 6^e PCRD co-financé par l'ONEMA.

| SUITE PAGE 10 |

| PRIORISER L'ÉVALUATION ET LA SURVEILLANCE DES SUBSTANCES ÉMERGENTES |

Réunissant 17 laboratoires de référence et centres de recherche auxquels sont associés plus de 40 organismes partenaires des pays de l'UE, le réseau NORMAN a été créé dans le cadre du projet européen⁽¹⁾ éponyme (6^e PCRD) pour coordonner et mutualiser les travaux sur les substances dites « émergentes » non réglementées et non surveillées régulièrement dans l'environnement : substances pharmaceutiques (antibiotiques, analgésiques, anxiolytiques...); perturbateurs endocriniens (hormones synthétiques ou naturelles, pesticides...); nanoparticules, etc.

Pérennisé sous forme d'association coordonnée par l'INERIS, conformément à l'objectif initial, le réseau NORMAN a été reconnu par les instances de la Commission européenne comme support pour la révision de la liste des substances prioritaires et comme portail centralisé pour l'accès à l'information

et à l'animation du débat sur les problématiques émergentes, avis d'experts, et recommandations relatives aux nouveaux thèmes de recherche. À l'occasion de la réunion finale du projet qui s'est tenue en mars 2008, les participants ont notamment mis l'accent sur l'intérêt de parvenir rapidement à une priorisation des substances émergentes dont il est nécessaire d'évaluer les risques et d'organiser la surveillance dans l'environnement. Parmi les critères pris en compte figurent : l'écotoxicité, la persistance, la capacité de bioaccumulation, la distribution spatiale et temporelle, les niveaux d'occurrence dans l'environnement, l'utilisation, etc.

Un groupe de travail devrait prochainement rendre ses premières préconisations sur ce sujet. Parallèlement, un groupe miroir a été mis en place en France avec le soutien de l'ONEMA.

(1) Ce projet de recherche a été coordonné par l'INERIS.



**Wilfried Sanchez, ingénieur chercheur,
unité Écotoxicologie *in vitro* et *in vivo***

« INTÉGRER LES BIOMARQUEURS DANS LA SURVEILLANCE DES EAUX »



Selon la définition communément admise par le monde scientifique, un biomarqueur est un changement observable et/ou mesurable au niveau moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique ou comportemental, qui révèle l'exposition présente ou passée d'un individu à au moins une substance à caractère polluant⁽¹⁾. Ces outils permettent, contrairement aux analyses chimiques de prendre en compte l'exposition réelle des organismes aux polluants environnementaux. Ils fournissent une information plus précoce que celle qui peut être obtenue grâce aux études populationnelles.

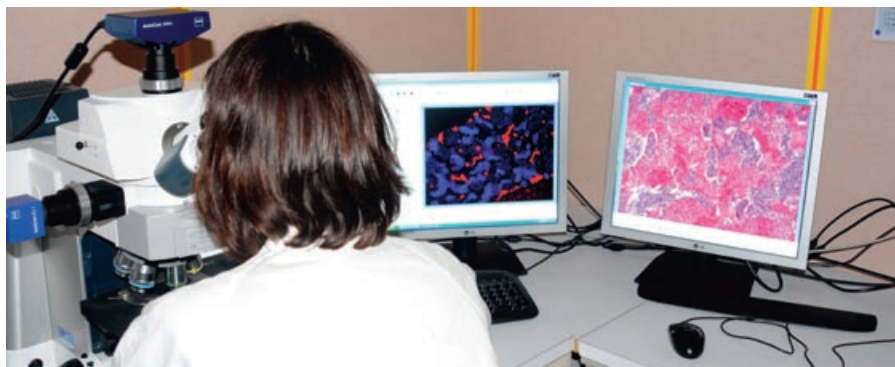
Malgré les nombreuses recherches sur cette thématique, il n'existe pas de biomarqueur universel capable d'intégrer les multiples réponses induites par la multitude de molécules présentes dans l'environnement. Aussi, il est nécessaire de combiner plusieurs biomarqueurs afin d'établir un

diagnostic environnemental basé sur les effets de la contamination sur les organismes. Malgré leurs nombreux avantages et les multiples études portant sur les biomarqueurs, ces derniers sont peu utilisés au sein des réseaux réglementaires de surveillance des milieux aquatiques. En effet, seuls quelques programmes de suivi des milieux marins (OSPAR, MEDPOL...) ou le programme américain BEST-LRMN en eau douce intègrent les biomarqueurs parmi les paramètres mesurés. Aussi, afin d'évaluer le potentiel des biomarqueurs dans le cadre de la surveillance des milieux aquatiques préconisée par la Directive-Cadre sur l'Eau, l'INERIS pilote une étude financée par l'Agence de l'Eau Artois-Picardie et associant l'unité de biologie des organismes des Facultés universitaires ND. de la Paix de Namur, le laboratoire d'écotoxicologie de l'Université de Reims et l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques.

L'étude dont est chargé l'INERIS a pour but de caractériser la contamination des milieux aquatiques du bassin par des micropolluants métalliques, organiques et des substances identifiées comme perturbateurs endocriniens. Pour ce faire, des poissons (gardon, chabot, épinouche) sont échantillonnés sur 31 stations du réseau de surveillance du bassin Artois-Picardie. Les effets de la contamination sont mesurés sur chaque poisson au moyen de huit biomarqueurs portant sur des fonctions physiologiques variées. Ces mesures seront accompagnées de dosages hormonaux et d'analyses histologiques du tissu gonadique. Les résultats seront mis en relation avec les concentrations en polluants mesurées dans les poissons, les sédiments et l'eau, et avec les informations de type écologique sur les peuplements piscicoles recueillies par l'ONEMA.

Engagée en 2008 pour une durée de deux ans, cette étude doit permettre de statuer sur la possible intégration des biomarqueurs parmi les méthodes de surveillance des masses d'eau et sur l'intérêt de celle-ci. Les résultats de ce travail seront ensuite intégrés aux réflexions nationales et internationales auxquelles participe l'INERIS sur la promotion des outils écotoxicologiques pour la surveillance des écosystèmes aquatiques.

(1) Lagadic *et al.* 1997.



Observation du marquage d'enzymes de stéroïdogénèse chez le poisson-zèbre.

| QUEL DEVENIR POUR LES NANOPARTICULES DANS LES EAUX SOUTERRAINES ? |

Risque émergent, la dissémination des nanoparticules manufacturées est l'objet d'un programme de recherche de l'ANR⁽¹⁾. Engagé en 2008, Aquanano doit aboutir en 2010 à l'identification des processus de transfert de différents types de nanoparticules dans les nappes aquifères, à la quantification des principaux facteurs contrôlant leur mobilité et leur dégradation en fonction du contexte hydrogéologique, chimique et minéralogique, et à l'évaluation du risque de leur présence dans les eaux souterraines.

Ce programme associe l'INERIS, le Centre de recherche de Suez-Environnement, le BRGM (coordinateur) et le Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement. L'INERIS a la charge de réaliser des tests à l'échelle d'une installation pilote de 2 mètres de long remplie de sable hétérogène puis de procéder à la modélisation numérique des phénomènes de transfert constatés lors de ces expériences.

(1) Agence Nationale de la Recherche.



Selim Aït-Aïssa, ingénieur chercheur,
unité Écotoxicologie *in vitro* et *in vivo*

« LES TESTS BIO-ANALYTIQUES ONT LEUR PLACE DANS L'ÉVALUATION DE LA CONTAMINATION DES MILIEUX »

Le développement des analyses toxicologiques *in vitro* – sur culture cellulaire humaine ou animale – peut avantageusement compléter, voire remplacer partiellement les outils analytiques conventionnels pour la détection des substances chimiques dans le milieu aquatique. Les travaux réalisés par l'INERIS ont contribué à montrer l'intérêt de cette approche pour évaluer la présence, notamment, de perturbateurs endocriniens à activité œstrogénique et anti-androgénique, ou de composés apparentés aux dioxines dans les sédiments et l'eau des rivières. Ces molécules appartiennent à des classes chimiques diverses (stéroïdes naturels et synthétiques, alkyl phénols, dioxines, pesticides, plastifiants, etc.) et sont présentes dans les eaux de surface, les sédiments et les effluents rejetés après traitement par les stations d'épuration des eaux usées. Leur mécanisme d'action toxique réside dans leur capacité à se lier aux récepteurs des hormones stéroïdes (par exemple œstrogènes et androgènes) ou de la dioxine et à perturber la réponse cellulaire régulée par ces récepteurs.

Le couplage de ces récepteurs avec un gène rapporteur au sein de systèmes cellulaires *in vitro* permet une mesure rapide et spécifique de composés capables d'activer ces récepteurs, offrant ainsi des tests sensibles, quantitatifs

(c'est-à-dire par détermination d'équivalents-toxiques ou TEQ), de détection de ce type de polluants au sein de matrices environnementales. Les travaux menés actuellement par l'INERIS visent à coupler ces méthodes biologiques *in vitro* avec des analyses chimiques conventionnelles dans le but d'identifier des polluants actifs au sein de matrices environnementales complexes. La mise en œuvre de stratégies bio-analytiques intégrant tests biologiques, fractionnement physicochimique et outils analytiques est conduite dans le cadre de programmes de recherche en collaboration avec des laboratoires spécialisés en chimie de l'environnement. L'intérêt de ces approches réside dans la capacité des tests toxicologiques à orienter les analyses chimiques, optimisant ainsi l'identification de polluants biologiquement actifs dans l'échantillon sans *a priori* sur les substances incriminées.

Pour atteindre les objectifs fixés par la Directive-Cadre sur l'Eau, il nous paraît par conséquent pertinent d'associer aux outils réglementaires actuels de biosurveillance des approches complémentaires dont font partie les tests bio-analytiques *in vitro* sur culture cellulaire. Au demeurant, ces tests sont déjà utilisés par l'INERIS dans le cadre de recherches appliquées, en partenariat avec des agences de l'eau, dans le cadre d'une évaluation de l'état de contamination de sites déterminés.



Prélèvement de sédiments de rivière.



Test *in vitro* de détection des perturbateurs endocriniens dans des échantillons environnementaux.

et le développement de méthodes couplant les outils biologiques *in vitro* et les analyses physicochimiques (voir encadré S. Aït-Aïssa, ci-dessus). « Moins coûteuse dans le principe que l'approche "top-down", l'approche "bottom-up" présente de surcroît l'avantage de s'inscrire dans une démarche de détection précoce de la dégradation du milieu, mais les deux démarches doivent se compléter », note Anne Morin. Cette approche « bottom-up » coïncide avec les

travaux de recherche menés à l'INERIS depuis plusieurs années, en particulier sur le développement d'outils biologiques *in vitro* et *in vivo* capables de déterminer le caractère de perturbateurs endocriniens des substances chimiques. L'INERIS a mis au point une approche de type multimarqueurs spécifiques de la perturbation endocrinienne, de la biotransformation du stress oxydant et de la neurotoxicité. « Il faut maintenant quitter le

laboratoire pour l'utilisation de ces outils à grande échelle, insiste Éric Thybaud, responsable du pôle Dangers et impact sur le vivant. Cette évolution vers une biosurveillance environnementale passe par leur standardisation et leur diffusion auprès de structures compétentes qui restent, il est vrai, à créer. C'est l'enjeu de demain pour que l'écotoxicologie apporte sa contribution à la mise en œuvre de la politique européenne de l'eau. »

Jean-Marc Brignon, ingénieur, responsable de l'unité Économie et décision pour l'environnement

« PARVENIR À LA RÉDUCTION DES REJETS DE SUBSTANCES DANGEREUSES DANS L'EAU »



Les objectifs assignés aux industriels comme aux autres acteurs de l'eau impliquent une réduction progressive, voire une suppression, des émissions ponctuelles de certaines substances chimiques par les installations classées. Il s'agit des substances impliquées dans l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau de la Directive-Cadre sur l'Eau de l'Union européenne et des substances pertinentes du « Programme national de réduction des substances dangereuses dans l'eau ». Pour l'unité Économie et aide à la décision pour l'environnement de l'INERIS, cet objectif implique de proposer à l'administration des outils simples d'évaluation de stratégies de réduction des rejets et de fixation de Valeurs Limites d'Émissions (VLE) des rejets, assurant équité et efficacité économiques sur l'ensemble des territoires.

Dans cette optique, l'unité travaille au recensement des produits chimiques utilisés dans divers secteurs d'activité (tanneries, imprimeries, trai-

tement de surface, réparation automobile...) à l'aide de recherches dans les bases de données et les revues scientifiques, complétées par des enquêtes de terrain. Simultanément, l'équipe s'attache à identifier auprès des fournisseurs et des utilisateurs les possibilités de réduction des rejets de substances chimiques, les solutions alternatives à l'emploi de ces substances, l'impact de ces changements sur les procédés industriels ou même la conception des produits. Ces données aboutissent à proposer des options, en fonction notamment de leur efficacité par rapport à l'objectif environnemental, le coût des changements de substances, de procédés, de mode de traitement des eaux usées, les difficultés techniques de mise en œuvre, la modification de la fonctionnalité ou de la qualité du produit final.

Ensuite, l'INERIS utilise des outils de modélisation (SENEQUE, PEGASE) permettant de répartir les flux maximaux admissibles de rejets de substances

chimiques sur l'ensemble des masses d'eau d'un bassin versant. Une tâche d'autant plus ardue que les calculs nécessitent de prendre en compte les apports autres qu'industriels (rejets des stations d'épuration, polluants d'origine agricole, atmosphériques, naturels, etc.) ainsi que les prévisions d'évolution à long terme de l'activité sur le bassin. Le but est de produire à destination des DREAL des tableaux de bord des flux, simples et opérationnels, destinés à gérer localement la stratégie de fixation des VLE.

Ces tableaux de bord pourraient donc servir dans le futur à déterminer des objectifs permettant aux administrations locales d'attribuer des autorisations de rejet. À l'instar d'un cheminement en cours aux États-Unis ou en Australie, et qui débute en Europe, ce dispositif pourrait inciter à réfléchir à un système d'allocation de quotas et d'échange de droits d'émission, comme le dispositif mis en œuvre dans l'Union européenne pour les gaz à effet de serre.

| MÉDICAMENTS, COSMÉTIQUES ET PRODUITS CORPORELS |

Anti-inflammatoires, antalgiques, psychotropes, antibiotiques, antiparasitaires... Les Français sont les quatrièmes consommateurs de médicaments dans le monde. Or, les molécules actives de ces composés chimiques se retrouvent dans les eaux usées, passent les filtres des stations d'épuration sans être traitées et polluent l'eau de surface. De même pour les médicaments vétérinaires qui sont rejetés directement dans le sol ou les fumiers puis contaminent les eaux de ruissellement et les nappes phréatiques. *Idem* pour les cosmétiques et les produits d'hygiène corporelle, soit quelque 7 000 ingrédients entrant dans la composition des parfums, filtres solaires, shampoings, dentifrices... Autant de substances dont les niveaux de concentration ont conduit les gestionnaires de l'eau à s'interroger sur leur impact pour la santé humaine et l'environnement. L'INERIS a été chargé par l'ONEMA de réaliser une synthèse des principales études et programmes de recherche récents sur les effets de ces produits.

« Malgré les faibles concentrations que l'on observe, le rejet continu de ces produits dans l'eau et leur caractère diffus confèrent à ces molécules un caractère de pseudo-persistence, indique Valeria Dulio, auteur du rapport. De plus, ces

produits, qu'ils soient pharmaceutiques, cosmétiques ou des produits d'hygiène, contiennent des mélanges. Or, l'état actuel des connaissances scientifiques ne nous permet pas encore d'estimer le risque cumulé du "cocktail" de ces contaminants chimiques. »

L'INERIS conclut ce document par une série de recommandations. Citons entre autres:

- l'amélioration des techniques de détection et de quantification des métabolites et des produits de dégradation des médicaments dans le milieu aquatique;
- un approfondissement des connaissances sur le devenir des molécules médicamenteuses dans les sédiments, notamment les antibiotiques, les œstrogènes et les antiparasitaires;
- des recherches sur le transfert de ces résidus dans les sols et la chaîne alimentaire;
- l'enrichissement des données sur l'évaluation des risques écotoxicologiques de ces substances;
- la fixation d'une liste commune des substances pharmaceutiques à surveiller prioritairement en routine.



LE POINT SUR LA MIRE

La station mobile de biosurveillance MIRE (Module Intégrateur des Rejets dans l'Environnement), créée et testée à l'INERIS à la demande d'EDF R&D, attend sa validation avant de pouvoir partir sur le terrain pour permettre une meilleure évaluation de l'impact des rejets de centrales sur les écosystèmes des rivières.

C'est au début 2006 que commence l'aventure de recherche partenariale entre l'INERIS et EDF R&D. EDF fait part de son besoin à l'INERIS : un système utilisant des organismes vivants qui permette de surveiller les rejets de leurs centrales et l'impact de ces derniers dans les rivières. Le but est d'obtenir des mesures en continu, c'est-à-dire ayant un temps de latence de quelques minutes seulement, ce qui est plus réactif que le système classique de mesure avec prélèvements puis analyses en laboratoire. Parmi les systèmes de mesure en continu déjà commercialisés pouvant répondre à la demande d'EDF, ceux développés par la société allemande BBE ont été choisis ; ces systèmes étaient alors utilisés pour mesurer la qualité des captages de l'eau potable, et pour le suivi des effluents avant rejet.

La station MIRE présente une double innovation par rapport aux systèmes déjà existants : d'abord, c'est un système mobile et non pas installé à demeure, embarqué sur une remorque de 5 mètres sur 2, qui pourra se placer là où l'on veut, en amont ou en aval des rejets. Ensuite, c'est une idée originale de regrouper trois systèmes biologiques couvrant trois niveaux trophiques différents : un système algues - producteur primaire -, un système microcrustacés - consommateur primaire -, et un système poissons -, consommateur secondaire.

Quel est le principe ?

Le principe est d'observer les effets des rejets sur la physiologie des algues et sur le comportement de nage des microcrustacés (daphnies) et des poissons. Si l'on observe des modifications ou des perturbations, une alarme s'enclenche alors, ainsi qu'un préleveur automatique. Une analyse chimique poussée est alors entreprise sur l'échantillon prélevé. Sur le site de l'INERIS,

la station est actuellement alimentée avec l'eau du mésocosme, ensemble de 12 bassins de 25 mètres de long qui recréent un écosystème de rivière.

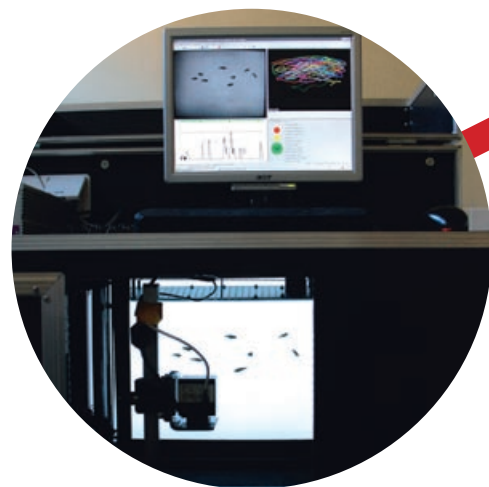
Comment ça marche ?

Le système des daphnies

On plonge dix daphnies dans une cuve en verre de 30 cm³ qui est alimentée en continu par l'eau du rejet à analyser. Ces daphnies sont gardées pendant sept jours. Un système automatique nourrit les daphnies avec des algues unicellulaires. On observe plusieurs paramètres : la vitesse de nage, la hauteur de nage, la vitesse de retournement, l'accroissement de la taille, la distance entre les organismes. L'ensemble de ces paramètres définit l'indice de toxicité, dont le changement traduit la perturbation des organismes. Cet indice est exprimé par un code couleur : vert, de 0 à 8 ; orange, de 8 à 10 ; rouge, au-delà de 10. Le dépassement de la valeur 10 entraîne le déclenchement d'une alarme.

Le système des poissons

Huit poissons de l'espèce *Danio Rerio*, petits poissons-zèbres venant d'Asie du Sud-Est, sont placés dans un aquarium, à l'abri de la lumière. Une caméra enregistre en continu le mouvement des poissons qui est traité par un logiciel d'analyse d'images au même titre que le système daphnies. « On est arrivé à la conclusion qu'il ne fallait plus nourrir les poissons », explique Pascal Pandard, qui anime l'unité en charge de la validation de la station MIRE à l'INERIS. « On s'est aperçu que quand on nourrissait les poissons, cela provoquait un comportement de stress à l'approche de la période de distribution de nourriture, les poissons s'agitaient énormément !

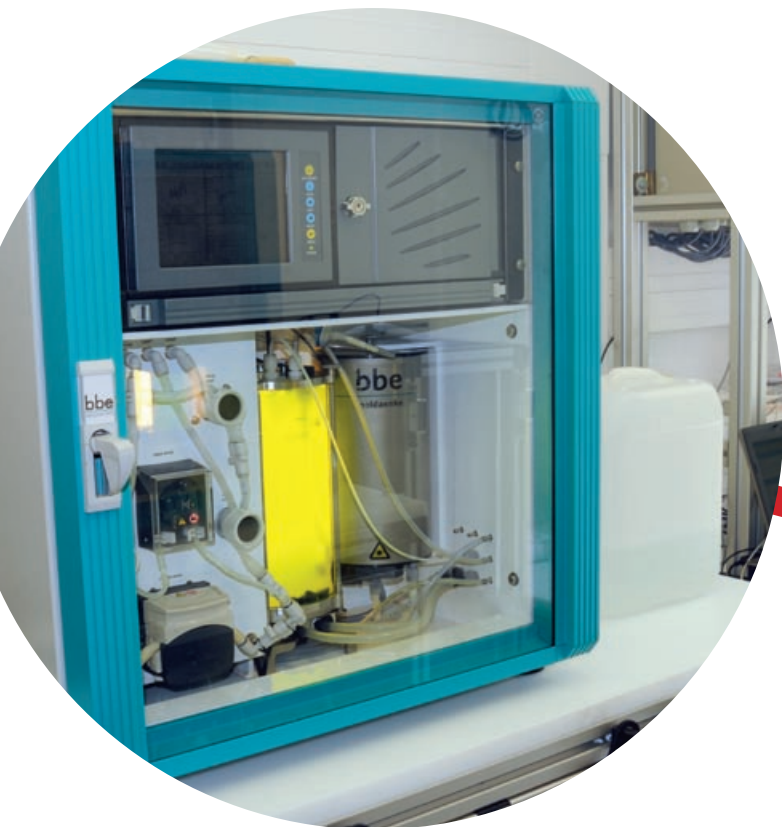


L'alarme était susceptible de s'actionner et donc de fausser l'enregistrement. » Il fallait donc éviter ces faux positifs. Comme pour les daphnies, pendant sept jours, on observe leur vitesse de nage, leur hauteur de nage, la distance entre les individus.

Le système des algues

Des algues unicellulaires microscopiques de l'espèce *Pseudokirchneriella subcapitata* (en forme de croissant) sont maintenues en culture dans des conditions optimales de croissance dans une cuve éclairée. Le système diffère légèrement des précédents. On prélève une certaine quantité d'algues que l'on met en contact avec le rejet à intervalles réguliers. Une mesure de fluorescence effectuée après une incubation de 20 minutes permet de mesurer l'activité physiologique des algues. Le niveau de perturbation est quantifié par comparaison avec la fluorescence mesurée dans un milieu de référence non contaminé.

En amont des trois systèmes, la station dispose d'un bac de décantation qui élimine la matière en suspension du flux du mésocosme et d'éventuels invertébrés aquatiques qui pourraient perturber les mesures. En sortie de ce bac, un préleveur automatique collecte régulièrement des fractions d'eau et constitue un échantillon moyen par 24 heures. Si une des trois alarmes se déclenche, le système conserve l'échantillon pour effectuer des analyses et identifier la cause du déclenchement. L'eau arrive



dans la remorque et sort en continu, à un débit de 180 litres/heure pour que les trois systèmes puissent fonctionner.

Avant la construction de la remorque, la phase de tests scientifiques dans les labos de l'INERIS a duré dix-huit mois. Ces tests portaient séparément sur chaque système (algues, daphnies ou poissons). L'objectif était, d'une part, d'évaluer la fiabilité des systèmes et, d'autre part, de tester leur sensibilité en injectant des eaux contaminées par des

métaux, des herbicides, ou autres substances susceptibles de se trouver dans les rejets des installations d'EDF. Les résultats montrent que les trois systèmes n'ont pas la même sensibilité; par exemple, les algues ont un spectre de sensibilité plus étroit que les daphnies et les poissons, mais sont plus fiables.

On attend maintenant les étapes suivantes: tout d'abord la recevabilité technique de la station par EDF, qui va réaliser sur place à l'INERIS des tests sur le prototype de la remorque d'ici à fin 2009.

La première sortie sur le terrain au bord d'une rivière pour des tests techniques de la station aura lieu en 2010. Ensuite, un programme de validation scientifique sera élaboré entre EDF et l'INERIS afin de transformer cette station expérimentale en outil exploitable sur le terrain. Cette phase achevée, la station MIRE sera alors bel et bien lancée et sera susceptible d'intéresser d'autres industriels soucieux de mieux évaluer l'impact écologique de leurs rejets chimiques.

Interview de Laurent Perotin

Chef du département « Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement », EDF R&D

L'INERIS et EDF collaborent au développement d'une station mobile de biosurveillance des impacts des rejets industriels sur le milieu naturel. En quoi est-il fructueux pour EDF de travailler avec l'INERIS ?

EDF travaille avec l'INERIS au développement de cette station de biosurveillance dans la logique de la Directive-Cadre sur l'Eau qui requiert un bon état biologique des masses d'eau. L'objectif est pour nous d'évaluer avec le plus de réalisme possible les impacts éventuels de nos rejets, élément déterminant pour le choix de nos stratégies industrielles, au-delà du strict respect des réglementations. Une telle station de biosurveillance, dont il n'existe pas d'équivalent à l'heure actuelle, pourrait être largement utilisée au-delà d'EDF

et de l'INERIS, par d'autres industriels et instituts scientifiques et techniques notamment : ces développements ont vocation, selon nous, à être partagés le plus largement possible avec les différents acteurs.

Nous avons souhaité travailler sur ce projet avec l'INERIS compte tenu de ses compétences scientifiques et techniques en écotoxicologie, reconnues aux niveaux national et international, et compte tenu des outils à la pointe (laboratoires, mésocosmes) dont dispose cet Institut dans ce domaine.





Atmosphères explosibles L'INERIS montre le chemin aux fabricants

Les directives européennes qui visent à réglementer les activités en atmosphères explosibles sont désormais constituées d'un ensemble d'exigences générales que les industriels se doivent de transformer en actes concrets. À la fois acteur et spectateur de l'évolution des normes, l'INERIS travaille à traduire ces exigences le plus clairement possible pour les fabricants de matériel.

Il se produit en France, dans l'industrie, plus d'une explosion par jour et il est souvent question de sinistres graves qui font des victimes et causent d'importants dégâts matériels. Les travailleurs se trouvent exposés à des risques qui résultent des phénomènes incontrôlés tels que rayonnements thermiques, flammes, ondes de choc, projections de débris, présence de produits de réaction nocifs ou encore appauvrissement de l'air en oxygène



Mesure de champs électrostatiques
à l'aide d'un détecteur portable à l'entrée du filtre à manche.

indispensable à la respiration. Pour prévenir ces accidents, il convient donc de réduire ces risques au maximum dans les situations où ceux-ci existent et sont identifiés. C'est toute la philosophie de la réglementation qui vise à renforcer la sécurité au niveau des atmosphères explosibles (ATEX), notamment avec l'apparition, respectivement en 1994 et 1999, de deux directives européennes sur ce sujet : la directive 94/9/CE pour les équipements, et la directive 1999/92/CE pour les utilisateurs. La première fixe les exigences essentielles que doivent respecter les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en ATEX et oblige notamment le fabricant à y apposer le marquage CE de conformité aux directives concernées. La seconde fixe des prescriptions minimales de protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphère explosible. L'employeur doit alors évaluer les risques d'explosion, identifier les emplacements dangereux, les classer en zones, installer du matériel adapté et protéger les salariés. Autrement dit, et conformément au code du travail et à ces directives, il est de la responsabilité de l'exploitant d'assurer le bon entretien des matériels pour les atmosphères explosibles, et de veiller à la conception, la réalisation et/ou la maintenance d'installations électriques associées.

470 documents délivrés en 2008

Depuis le 1^{er} juillet 2006, toutes les mesures décrites dans les directives doivent être appliquées. En tant qu'expert technique auprès du ministère chargé de la Sécurité industrielle,

l'INERIS est directement concerné par les ATEX : il est organisme « notifié » c'est-à-dire désigné par l'État comme organisme certificateur et laboratoire d'essais vis-à-vis de la directive ATEX 94/9/CE ; il est missionné aussi pour travailler au sein des groupes de normalisation européens et internationaux, et également habilité à certifier les entreprises qui le désirent en ATEX. Vingt-cinq personnes y travaillent quotidiennement, réparties dans deux directions, la Direction de la Certification (DCE), qui est en contact direct avec les entreprises clientes et les différentes instances de normalisation, et la Direction des Risques Accidentels (DRA) chargée de réaliser les essais nécessaires à ces certifications. En 2008, 470 documents officiels ATEX ont été délivrés par l'INERIS, répartis en « attestations de l'examen CE de type » (qui concerne la certification d'un prototype de matériel) et en notification de sites des fabricants, etc. L'Institut propose également plusieurs programmes de formation destinés aux personnes concernées par les ATEX dans les entreprises, afin notamment d'améliorer la protection des utilisateurs.

S'adapter à la « nouvelle approche » de la directive

Mais surtout, l'évolution même de la réglementation a donné à l'INERIS une mission essentielle : celle de traduire les exigences de la communauté européenne en actions pour les entreprises et en particulier pour les fabricants de matériels. Pour Thierry Houeix, délégué certification à la DCE et vice-président du groupe des organismes notifiés en Europe (ex-NBG), « il n'est pas toujours simple pour



Explosion dans un coffret antidéflagrant d'un mélange air éthylène.

une entreprise ou un fabricant de se confronter à ce qu'on appelle « la nouvelle approche » de la directive : celle-ci donne simplement des exigences essentielles de sécurité et de santé, comme par exemple « éviter, par des mesures appropriées, les charges électrostatiques susceptibles de provoquer des décharges dangereuses. » Cette nouvelle approche a certes l'avantage de faire évoluer la sécurité au même rythme que l'état de l'art de la technique, sans qu'il faille attendre des années pour les voir apparaître dans des directives. L'inconvénient, c'est qu'elle ne dit pas comment on doit s'y prendre ! Il est cependant de la responsabilité du fabricant de savoir s'il est concerné ou pas et d'agir en conséquence. L'INERIS a un grand rôle à jouer pour l'en informer. »

Une procédure simple, élaborée et promue par l'INERIS

Fort heureusement, l'Institut est au cœur de l'information en ce qui concerne ces évolutions

normatives, notamment en sa qualité de membre actif des Comités européens de normalisation (CEN et CENELEC). Suite à leurs travaux, la Communauté européenne publie régulièrement une liste de « normes harmonisées », dont le fabricant se doit de respecter le niveau d'exigence. « Prenons par exemple le cas d'un mode de protection important, l'enveloppe antidéflagrante, une enveloppe métallique robuste et non étanche au gaz conçue pour contenir l'explosion, explique Thierry Houeix. Alors qu'auparavant, il n'y avait aucune exigence pour les matériels fonctionnant à des températures inférieures à -20 °C, aujourd'hui la nouvelle norme harmonisée EN60079-1 l'impose. Autrement dit, si un problème survient à une température inférieure à -20 °C, la responsabilité des fabricants est engagée. Cela implique pour eux de vérifier s'ils sont concernés par ces « modifications substantielles », de faire réaliser, le cas échéant, les évaluations et essais complémentaires et dans tous les cas de mettre à jour la Déclaration de conformité de leur matériel. Or, on constate que

certains d'entre eux font bien ces démarches et d'autres non, bien souvent parce qu'ils ne savent pas comment faire. » Pour répondre à ce besoin, l'équipe de Thierry Houeix a travaillé, au cours de l'année 2007, à l'élaboration d'une procédure claire à suivre. Elle définit trois cas de figure. Premier cas, le fabricant n'est pas impacté par la modification, mais il doit mettre à jour son matériel. Deuxième cas, le fabricant est impacté et il est invité à soumettre son matériel à un organisme notifié. Troisième cas, le matériel n'est pas concerné, mais le fabricant souhaite être conforme aux nouvelles normes. Pour le moment, seuls les organismes français ont publié cette procédure. « Mais il n'y a pas de raison que seuls les fabricants français se conforment aux règles, fait remarquer Thierry Houeix. Nous avons réussi à convaincre nos homologues européens de l'intérêt d'une telle procédure pour les deux premiers cas de figure, le troisième cas étant, en effet, une décision volontaire du fabricant. Les discussions sont en cours pour les officialiser. »



ÉCHANGES

PériTox, une unité mixte et pluridisciplinaire

Rencontre avec Georges Fauré, Président de l'Université de Picardie Jules-Verne (UPJV), qui s'est associée à l'INERIS pour travailler sur la Périnatalité et les Risques Toxiques (PériTox).

En 2007, le Grenelle de l'Environnement a préconisé un effort de recherche notamment dans le domaine de la toxicologie. Quelles sont les voies pour y parvenir, et quel est le rôle de l'UPJV dans ce cadre ?

Le constat a été fait du manque de recherche, de chercheurs et de compétences en toxicologie en France. Le manque est encore plus important dans le domaine des effets des toxiques environnementaux sur l'enfant et la femme enceinte. Or, une exposition comporte d'autant plus de risques quand elle a lieu pendant une phase cruciale de développement des fonctions vitales (fonctions cardiaque, respiratoire, sommeil, immunité...).

Des perturbations sur la mise en place des organes et des fonctions physiologiques peuvent en résulter et avoir des conséquences irréversibles qui restent mal évaluées à long terme. Ces répercussions peuvent affecter l'enfant à venir, mais également à plus long terme, le futur adulte, notamment ses capacités à procréer. Diverses études ont mis en évidence des effets transgénérationnels, c'est-à-dire sur les enfants et petits-enfants... L'enfant, en particulier pendant la période fœtale et néonatale, est donc d'une très forte vulnérabilité et fait partie d'une population à risque. C'est dans cette démarche que s'inscrit l'UPJV via l'unité mixte PériTox.

C'est récemment qu'a été mise en place l'équipe mixte INERIS-UPJV PériTox. Quel est l'objectif de ce projet ?

L'INERIS a pour mission d'évaluer les risques liés à l'environnement (agents toxiques, biologiques et physiques) sur la santé. Depuis 2002, l'Institut collabore avec des chercheurs de l'UPJV étudiant

l'influence de l'environnement et des substances toxiques sur la maturation de l'organisme et le retentissement sur les principales fonctions vitales de l'enfant prématuré, avec des approches multidisciplinaires de physiologie intégrée chez le nouveau-né et sur des modèles animaux. Cette collaboration a débouché sur la volonté de créer une équipe mixte de recherche INERIS-UPJV. C'est ainsi que PériTox a été créée en janvier 2008 dans le cadre du contrat quadriennal de l'UPJV. Elle est la seule unité mixte entre une université française et l'INERIS, et elle regroupe actuellement 45 personnes issues de l'UPJV, de l'INERIS ou du CHU d'Amiens.

L'objectif de PériTox est de favoriser le développement d'une recherche et d'une formation de qualité dans le domaine santé-environnement, dans le but de réduire les contraintes environnementales sur la santé des populations à risques.

Il s'agit de mettre en synergie au niveau régional la pluridisciplinarité et les compétences des deux entités et d'évoluer vers des objectifs scientifiques communs en s'appuyant sur des compétences complémentaires et des moyens collectifs et matériels plus importants. Cette démarche structurante a donc pour finalité de développer une expertise scientifique centrée sur l'évaluation des risques sanitaires, en particulier sur les populations humaines sensibles (femmes enceintes, nouveau-nés). Ce projet fédératif représente une originalité scientifique car, au niveau national, c'est la seule unité de recherche traitant des aspects toxicologiques en rapport avec la périnatalité. Par ailleurs, l'approche est multidisciplinaire en associant des compétences relevant du



domaine de la médecine, de la biologie et de la modélisation pharmacocinétique et pharmacodynamique.

Jusqu'à maintenant, quelles sont les actions communes qui sont menées ?

Des projets sont actuellement en cours. Ils visent notamment à étudier les effets des contraintes physiques (champs électromagnétiques liés à la téléphonie mobile, température, vibrations mécaniques, nanoparticules...) et des expositions à des produits chimiques de l'environnement (pesticides, tabagisme passif...) sur diverses fonctions physiologiques (respiration, reproduction, fonction digestive...) et sur le développement de l'enfant et de son cerveau.

Quelle importance revêtent les partenariats entre universités, organismes de recherche et entreprises ?

Ces études nécessitent des approches multidisciplinaires avec des compétences qui ne sont pas toujours réunies dans un seul laboratoire ou une seule université. La mise en place de réseaux est donc indispensable. L'UPJV et PériTox sont ainsi partie prenante du réseau Antiopes qui a été mis en place par l'INERIS et dont l'objectif est de structurer la recherche française dans le domaine de la toxicologie environnementale.

Il apparaît indispensable que les liens étroits, tels ceux existant avec le CHU d'Amiens, soient intégrés dans ce réseau afin de prendre en compte à sa juste dimension la santé de l'Homme.