

_Recherches en surveillance environnementale :

Impact de la génotoxicité des polluants sur la reproduction des poissons

[14 janvier 2014]

L'INERIS confirme la relation entre génotoxicité et perturbations de la reproduction chez le poisson

Paris, 14 janvier 2014 – L'INERIS a mené une étude, première du genre chez le poisson, sur un aspect particulier de la toxicité génétique des polluants chimiques en milieu aquatique. Les équipes de l'Institut ont évalué le lien pouvant exister entre les effets d'une substance génotoxique au niveau cellulaire et les perturbations de la reproduction. A l'issue de ses travaux en laboratoire, l'INERIS confirme que l'exposition à un génotoxique peut altérer la descendance chez le poisson. Des travaux complémentaires devront confirmer sur le terrain la pertinence environnementale de ces résultats.

Dans le cadre de ses travaux dans le domaine de la surveillance environnementale des milieux aquatiques, l'INERIS est fortement impliqué dans l'étude des troubles de la reproduction chez le poisson. Bien connu pour ses recherches sur les perturbateurs endocriniens, l'Institut s'est également intéressé à un autre type d'effet des substances chimiques, susceptible d'avoir un impact sur la reproduction et *in fine* sur la survie des espèces : les effets sur le patrimoine génétique.

Les substances chimiques génotoxiques sont capables de provoquer, sur l'ADN des cellules, des dommages qui, s'ils ne sont pas ou mal réparés, conduisent à des mutations ; ces mutations sont ensuite inscrites dans le patrimoine génétique d'un individu et transmises à sa descendance. Un polluant génotoxique peut ainsi avoir un impact sur la survie d'un individu (phénomène de cancérisation), mais aussi sur la viabilité des générations issues de cet individu, si ce sont les cellules germinales, en charge de la reproduction, qui sont affectées.

La mise en évidence du lien entre génotoxicité et troubles de la descendance n'avait encore jamais été faite chez le poisson. En collaboration avec le laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés de l'Université de Lyon (LENHA) et l'INRA, l'Institut a cherché à évaluer et confirmer cette relation chez un poisson commun des rivières françaises, l'épinoche à trois épines.

En prenant comme agent génotoxique de référence le méthanesulfonate de méthyl (MMS)¹, l'Institut a étudié dans un premier temps l'impact d'un effet génotoxique au niveau cellulaire. L'analyse a porté sur l'endommagement de l'ADN de spermatozoïdes prélevés sur des épinoches, puis, après fécondation *in vitro* d'ovocytes avec ces spermatozoïdes exposés, sur l'évaluation du degré d'anomalies embryo-larvaires et du taux de survie de la descendance.

Cette première étape a été suivie d'une seconde, au protocole identique, mais à une autre échelle biologique : celle de l'individu. Des mâles et des femelles épinoches en période de reproduction ont été exposés au MMS puis des cellules germinales ont ensuite été collectées pour effectuer une fécondation *in vitro* et étudier la descendance.

Les résultats montrent, au niveau cellulaire, un endommagement de l'ADN proportionnel au degré d'exposition. Le taux d'anomalies embryo-larvaires augmente également avec la concentration. Les mêmes résultats sont obtenus au niveau de l'individu : plus les concentrations sont fortes, plus les gamètes mâles et femelles subissent de dommages. Les anomalies embryo-larvaires augmentent en proportion de la concentration. Par ailleurs, la phase d'étude sur organismes entiers a permis de montrer que les anomalies susceptibles d'affecter la survie d'un embryon sont essentiellement transmises par le mâle.

Ce travail, qui vient renforcer les preuves obtenues chez d'autres espèces, nécessite d'être confirmé sur le terrain pour valider sa pertinence écologique : une étude préliminaire réalisée sur quatre cours d'eau indique une tendance (effet génotoxique observable, altérations de la descendance constatées) sans toutefois parvenir à faire le lien entre endommagement de l'ADN et survie de la descendance. Des travaux ultérieurs à moyenne échelle, en écosystèmes artificiels, permettraient l'acquisition de connaissances supplémentaires.

¹ Le MMS n'est pas un polluant de l'environnement ; il est uniquement utilisé pour des recherches en laboratoire.

Etudier l'impact d'un polluant sur la reproduction des espèces aquatiques : quels enjeux scientifiques ?

La Directive-Cadre européenne sur l'Eau (DCE), établie pour préserver les ressources en eau, a fait de la surveillance environnementale des écosystèmes aquatiques un élément-clé de l'atteinte de ses objectifs². En effet, la DCE exige non seulement de connaître l'état des milieux mais aussi l'état des populations sauvages qui y vivent pour assurer une bonne qualité des masses d'eau.

Le rôle de l'écotoxicologie dans la surveillance environnementale

Ces exigences réglementaires ont, de fait, largement contribué à faire évoluer les enjeux de l'écotoxicologie, qui étudie l'impact des polluants chimiques sur les individus (espèces animales et végétales) mais aussi sur la structure et le fonctionnement des écosystèmes³.

Pour assumer le rôle qui lui est dévolu dans le cadre de la surveillance environnementale, l'écotoxicologie doit être en mesure non plus seulement d'observer mais de prédire de manière fiable l'impact des substances chimiques sur les écosystèmes. Pour ce faire, elle s'appuie sur deux approches :

- l'étude des effets biologiques des polluants, qui permet de comprendre les mécanismes d'action des substances sur un organisme vivant ;
- l'étude du fonctionnement réel d'un écosystème dans son ensemble, composé d'individus, de populations d'une même espèce et de communautés du réseau trophique⁴ interagissant entre elles.

Comment prédire l'impact d'un polluant à partir de ses effets ?

Pour prédire l'impact d'un contaminant sur un milieu, l'écotoxicologie doit être en mesure d'évaluer le risque toxique de façon réaliste. C'est dans cette perspective que l'INERIS travaille à deux niveaux, à la fois en conduisant des recherches sur les mécanismes d'effet des substances chimiques sur les organismes biologiques et en étudiant comment ces organismes sont exposés aux substances chimiques.

Ces recherches s'appuient sur des données obtenues à partir de modèles étudiés en laboratoire dans des conditions contrôlées, ce qui permet d'assurer la pertinence scientifique et la fiabilité des résultats. Un enjeu de la démarche écotoxicologique est d'établir le lien entre une concentration de polluant et ses effets à différents niveaux de complexité biologique en intégrant la variable temporelle : cellules, organisme entier, population à différents stades de la vie (embryon, juvéniles, adultes) sur une ou plusieurs générations.

Toutefois, les travaux de laboratoire ne peuvent être entièrement représentatifs de la réalité de terrain, étant donné la complexité des écosystèmes aquatiques existants. Ils nécessitent de changer de conditions expérimentales, en menant des études dans le cadre d'écosystèmes artificiels à plus grande échelle (mésocosmes), voire en conditions réelles (*in situ*). Cela permet notamment d'intégrer des paramètres difficiles à analyser en conditions de laboratoire (devenir du polluant dans un milieu ; conséquences induites par la contamination dans les relations entre les communautés).

² La Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau exige « d'obtenir un bon potentiel écologique et un bon état chimique des eaux de surface » et de « réduire progressivement la pollution due aux substances prioritaires et d'arrêter ou de supprimer progressivement les émissions, les rejets et les pertes de substances dangereuses prioritaires ».

³ Un écosystème est composé d'un milieu défini par des caractéristiques physicochimiques stables (biotope) abritant une communauté d'êtres vivants (biocénose).

⁴ Le réseau trophique (ensemble de plusieurs chaînes alimentaires) d'un milieu aquatique est constitué de producteurs primaires (végétaux), consommateurs primaires (animaux herbivores), consommateurs secondaires (animaux carnivores), décomposeurs (micro-organismes, invertébrés).

Cette démarche globale est particulièrement pertinente dans l'étude des troubles de la reproduction dans laquelle l'Institut s'est fortement impliqué depuis plusieurs années, notamment par des recherches sur les mécanismes d'effet de la perturbation endocrinienne. C'est cette démarche que l'INERIS met également en œuvre dans sa récente étude sur les effets génotoxiques.

Impact sur la reproduction : l'intérêt d'étudier les effets génotoxiques

La génotoxicité (toxicité génétique) désigne l'aptitude de certains agents physiques (rayonnements ionisants, conditions du milieu comme la température) et chimiques à provoquer des dommages sur l'ADN des cellules.

Si ces dommages⁵ ne sont pas ou mal réparés, ils sont susceptibles de conduire à des mutations définitives⁶ après réplication de l'ADN. Ces mutations sont alors inscrites dans le patrimoine génétique et transmises ensuite aux cellules filles lors de la division cellulaire.

Ainsi, un agent dit « mutagène »⁷ peut avoir un impact observable sur la survie de l'individu (phénomène de cancérisation), mais également sur la viabilité des générations suivantes issues de cet individu, si c'est le matériel génétique des cellules en charge de la reproduction (cellules germinales) qui subit des altérations.

De fait, l'étude de la génotoxicité est un enjeu pour comprendre les troubles de la reproduction chez les espèces aquatiques. En effet, les perturbateurs endocriniens ne sont pas la seule explication des dérèglements de la descendance observés dans les milieux : l'existence d'une contamination génotoxique qui affecte les cellules germinales peut expliquer les perturbations de la structure des populations piscicoles, voire le déclin de certaines espèces.

⁵ Les molécules chimiques génotoxiques sont à l'origine de phénomènes de perte, insertion ou modification d'une ou plusieurs bases de l'ADN. Ce type de molécule provoque également d'autres lésions, comme les cassures de brin d'ADN (simple ou double) ou la formation d'adduit (la molécule chimique se lie à une base de l'ADN pour former une entité unique).

⁶ Ces mutations ne produisent un effet biologique que si elles modifient la séquence ou l'expression de la protéine codée par le gène muté ; dans le cas contraire, elles sont « silencieuses ».

⁷ Les agents chimiques mutagènes agissent de manière diverse sur la structure de l'ADN soit directement, soit de manière indirecte par bioactivation : le métabolisme de l'organisme entraîne la transformation de la substance initiale, qui n'est pas génotoxique, en « métabolites » possédant des propriétés génotoxiques.

Un lien confirmé entre génotoxicité et perturbations de la reproduction chez le poisson

L'INERIS a étudié la génotoxicité des polluants chimiques chez le poisson, en collaboration avec le laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés de l'Université de Lyon (UMR CNRS 5023) et l'INRA. Ce travail de recherche a porté plus précisément sur l'évaluation du lien pouvant exister entre les effets d'une substance mutagène observés au niveau des cellules et les perturbations de la reproduction observées au niveau des individus.

Les paramètres de l'étude : pourquoi l'épinoche ?

Les équipes de l'Institut étudient ce lien entre génotoxicité et troubles de la descendance chez l'épinoche à trois épines (*Gasterosteus aculeatus*), poisson de petite taille communément rencontré dans les rivières françaises et européennes. Si le lien entre génotoxicité des contaminants chimiques et perturbations de la reproduction a été étudié pour d'autres espèces animales, l'épinoche n'a jamais fait l'objet de tels travaux.

L'épinoche est un poisson facile à élever, dont la biologie est bien connue et dont le comportement sexuel et la reproduction sont bien documentés : son utilisation comme espèce modèle est particulièrement pertinente pour l'étude des troubles de la reproduction. L'INERIS l'utilise d'ailleurs comme modèle pour le développement de biomarqueurs de la perturbation endocrinienne.

La méthodologie de l'étude : de la cellule à la population

Le méthanesulfonate de méthyl (MMS) a servi d'agent génotoxique de référence. Le MMS, qui n'est pas un contaminant de l'environnement, est utilisé uniquement à des fins de recherches en laboratoire. Il est classé cancérigène probable pour l'être humain (2A) par le CIRC et reconnu comme agent mutagène dans de nombreux travaux *in vivo* et *in vitro*.

Les équipes de l'INERIS ont d'abord étudié l'endommagement de l'ADN induit par le MMS dans une expérimentation *ex vivo*⁸, sur des spermatozoïdes collectés sur des épinoches mâles. Ils ont été exposés pendant une heure à différentes concentrations de MMS (respectivement 2 millimoles par litre, 3 mmol/L, 4 mmol/L et 5 mmol/L). Une fraction de l'échantillon a été prélevée pour évaluer le degré d'endommagement de l'ADN consécutif à cette exposition (évaluation du phénomène de cassures de brins d'ADN par le test des comètes). L'autre fraction a été utilisée pour féconder *in vitro* des ovocytes d'épinoches femelles non exposées, afin d'évaluer le taux d'éclosion des œufs, le taux d'anomalies embryo-larvaires et le taux de survie de la descendance.

Une deuxième étape du travail a permis d'étudier l'effet génotoxique à un autre niveau de complexité du vivant, avec un essai *in vivo* : des épinoches mâles et femelles ont été exposées, en période de reproduction, à trois concentrations de MMS (0,05 micromole par litre, 0,5 µmol/L et 5 µmol/L) sur une période comprise entre 18 et 58 jours. A maturité des individus, des cellules germinales sont collectées pour mesurer le niveau d'endommagement de l'ADN spermatique et réaliser une fécondation *in vitro* pour étudier les caractéristiques de la descendance (anomalies, taux de survie).

L'exposition à un génotoxique altère de la descendance chez le poisson

L'étude conduite par l'INERIS confirme, chez le poisson, l'existence d'un lien entre endommagement génotoxique au niveau des cellules germinales et des perturbations de la reproduction. Ce résultat vient renforcer les preuves déjà obtenues sur d'autres espèces (crustacé comme le gammare en eau douce, invertébrés marins...).

⁸ Les expérimentations *ex vivo* désignent les essais sur cellules, tissus ou organes issus directement d'animaux vivants, par opposition aux expérimentations *in vitro*, tests biologiques sur des lignées de cellules, tissus cultivés en laboratoire. Les expériences *in vivo* désignent des essais sur l'organisme vivant entier.

Expérimentation ex vivo

La première étape de l'étude a permis de montrer un endommagement de l'ADN proportionnel à la concentration de l'exposition : plus la concentration est forte, plus il y a d'altérations de l'ADN (avec une augmentation d'un facteur 3 entre les échantillons de spermatozoïdes non exposés et les échantillons exposés à 5 µg).

Le taux d'anomalies embryo-larvaires (œdèmes, déformation de la colonne vertébrale...) augmente également avec la concentration : 10% d'anomalies chez les embryons témoins contre 75% chez les embryons issus de cellules exposées à 5 µg.

Expérimentation in vivo

L'expérimentation *in vivo* a confirmé sur organisme entier le résultat obtenu précédemment sur spermatozoïdes. Plus les concentrations auxquelles les mâles et femelles sont exposés sont fortes, plus l'ADN des gamètes subit de dommages. De même, les anomalies embryo-larvaires augmentent avec la concentration.

Cette étape de l'étude a également évalué la part de chaque géniteur dans les troubles de la descendance. Il ressort que la transmission à l'embryon d'anomalies susceptibles d'avoir un effet nocif est essentiellement d'origine paternelle. Alors que l'exposition du mâle à un génotoxique produit un impact observable sur la survie de sa descendance par rapport à des mâles non exposés, l'exposition de la mère n'induit pas de différence significative, dans la survie de la descendance, avec des femelles non exposées. Lorsque les deux géniteurs sont exposés, on observe un effet significatif sur la survie de la descendance par rapport à des couples non exposés.

Ce résultat peut être expliqué par l'existence de mécanismes de réparation de l'ADN chez l'ovocyte, alors que les spermatozoïdes en sont dépourvus. Une autre hypothèse serait que le polluant aurait plus de difficultés à affecter l'ovocyte, système biologique plus complexe que le spermatozoïde. Ces deux hypothèses nécessitent de faire l'objet d'études à part entière pour être confirmées.

Prochaine étape : valider la pertinence environnementale *in situ*

Dans une dernière étape, il est indispensable de confirmer la pertinence écologique des résultats obtenus en laboratoire. Une étude préliminaire *in situ* a été conduite à l'issue du projet de recherche. Des épinoches mâles en période de reproduction ont été collectées dans quatre cours d'eau afin de vérifier l'hypothèse du lien entre génotoxicité et perturbation de la reproduction sur des individus exposés à des conditions réelles de pollution.

Les quatre sites sont représentatifs de différents degrés de pression environnementale et de divers niveaux de qualité du milieu. Des spermatozoïdes ont été prélevés sur les épinoches afin d'étudier le niveau d'endommagement de l'ADN. Une fécondation *in vitro* d'ovocytes de femelles non exposées a également été réalisée pour étudier la survie de la descendance.

Ces premiers travaux *in situ* montrent une tendance sans toutefois pouvoir faire le lien entre endommagement de l'ADN et survie de la descendance. Un effet génotoxique, variable selon les sites, est observable ; des altérations de la descendance, variables également selon les sites, sont constatées mais globalement de façon moins marquée qu'en laboratoire. Parmi les hypothèses d'explication, il est possible que d'autres facteurs non pris en compte affectent les écosystèmes (présence d'autres polluants, conditions du milieu...). De même, les différentes pressions environnementales qui pèsent sur les milieux étudiés ne sont peut-être pas assez contrastées pour faire ressortir nettement un effet.

Ce travail exploratoire doit être poursuivi pour confirmer la pertinence écologique de l'hypothèse étudiée en laboratoire. La mise en œuvre d'une expérimentation en mésocosmes avec des polluants environnementaux mutagènes permettrait d'obtenir des données plus représentatives sur la réalité de la relation génotoxicité-trouble de la descendance.

L'expertise de l'INERIS sur les micropolluants dans les milieux aquatiques

L'INERIS mobilise ses compétences en chimie (mesure, caractérisation...), en évaluation de risque et en écotoxicologie (impact sur les fonctions biologiques des organismes vivants) dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau et des réglementations nationales qui en découlent, principalement sur la question des micropolluants et des polluants émergents.

Un rôle d'expert dans la mesure de la pollution chimique

L'amélioration du diagnostic

Dans le cadre du plan national Micropolluants 2010-2013, l'Institut apporte son expertise dans l'anticipation de la surveillance, sur la démarche de sélection des substances pour lesquelles la réduction, la surveillance et/ou l'acquisition de données sont prioritaires.

Dans le cadre de cette mission, les équipes de l'INERIS effectuent des travaux pour développer des connaissances sur les micropolluants utilisables pour établir des valeurs seuils (intégrant notamment les phénomènes de biodisponibilité, de transfert). Un autre volet du travail consiste à développer et optimiser des techniques de prélèvement et d'analyse des substances chimiques dans les matrices environnementales (eau, sédiments).

L'acquisition et l'exploitation de données de mesure

L'INERIS est également partie prenante dans la mise en œuvre du Schéma National des Données sur l'Eau (SNDE). Afin d'améliorer la qualité des données, les experts INERIS participent à l'harmonisation de méthodes communes à tous les acteurs de l'eau, en matière de prélèvement et d'analyse. Ils ont en charge la réalisation de guides techniques et la coordination d'essais collaboratifs sur le terrain pour confronter les pratiques.

L'Institut est également impliqué sur la qualité des données sous l'angle de l'informatique environnementale, en apportant son expertise d'administration et de traitement des données pour plusieurs bases (SANDRE, BNV-D, RSDE...).

Des travaux dans l'évaluation du risque toxique pour les écosystèmes

La participation à la préparation et la mise en œuvre de la réglementation

L'Institut met ses connaissances au service des Normes de Qualité Environnementales (NQE). C'est une des missions de l'INERIS que de proposer des valeurs seuils pour les substances considérées comme « pertinentes » au niveau national. L'Institut coordonne également le réseau européen NORMAN, qui intervient en support de la Commission sur la révision de la liste de substances prioritaires et sur l'évaluation et la surveillance des substances émergentes.

L'étude des mécanismes d'effets des polluants chimiques

L'INERIS a initié, dès la fin des années 1990, des programmes de recherche sur les mécanismes d'action moléculaire des polluants chimiques, notamment les perturbateurs endocriniens (PE). Les premiers travaux se sont focalisés sur les propriétés œstrogènes mimétiques des polluants et leurs effets sur la reproduction chez le poisson. Les mécanismes d'action des PE sont multiples : afin de mieux considérer ces divers modes d'action, les travaux se sont orientés plus récemment vers l'étude des effets des PE sur les enzymes impliquées dans la stéroïdogénèse.

La collaboration avec l'ONEMA

Dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau et du Plan Micropolluants, l'INERIS et l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) ont engagé des actions communes de recherche et d'expertise sur la question des contaminants aquatiques sur : la détermination des concentrations de polluants admissibles dans les milieux aquatiques ; la mise au point de systèmes de mesure fidèles et harmonisés des polluants réglementés et émergents, notamment grâce au réseau constitué par AQUAREF ; la modélisation des transferts pour connaître les sources de pollution, l'identification de biomarqueurs pour surveiller l'effet sur les êtres vivants des mélanges de polluants dans les cours d'eau ; les travaux sur les inventaires d'émissions et les filières pour optimiser les stratégies de réduction des rejets.

L'INERIS coordinateur du laboratoire de référence AQUAREF

Pour assurer la fiabilité des données de surveillance, le consortium AQUAREF, laboratoire national de référence pour la surveillance des milieux aquatiques, a été créé en 2007 à la demande du ministère en charge de l'écologie. Les compétences présentes dans les équipes des établissements constituant AQUAREF (BRGM, IFREMER, INERIS, Irstea, LNE) adossent son action à de fortes capacités de recherche avec le BRGM pour les eaux souterraines, Irstea pour les eaux de surface continentales, l'IFREMER pour les eaux littorales, l'INERIS pour les micropolluants et le LNE pour la métrologie. Compte tenu de ses compétences, AQUAREF est devenu une structure de référence pour permettre le transfert des méthodes et des bonnes pratiques. L'harmonisation de ces pratiques doit garantir la fiabilité et la comparabilité des données de mesures physico-chimiques et hydrobiologiques.

L'Institut mène également des recherches sur l'exposition des populations aux polluants au sein des écosystèmes, afin de déterminer l'impact des contaminants en conditions représentatives de la réalité. Depuis la construction de ses mésocosmes en 1995, l'INERIS a étudié une dizaine de substances : résidus médicamenteux, pesticides, substances chimiques industrielles (BPA...), métaux lourds comme le cuivre.

La mise au point d'outils d'évaluation prospectifs en biologie

L'utilisation de tests *in vitro* et *in vivo* de biologie moléculaire permet l'évaluation a priori des substances, avant leur mise sur le marché, mais ils facilitent aussi une détection sensible et pertinente de polluants actifs au sein de matrices environnementales. Couplés aux analyses chimiques, ces outils sont, dans un contexte de multi-pollution, au service d'une stratégie de surveillance fondée sur « la chimie dirigée par la biologie ».

La surveillance des milieux aquatiques repose sur deux approches complémentaires : la quantification de certains polluants dans les matrices environnementales (approche « substance ») et la recherche de perturbations au niveau des populations (approche « milieu »). Dans cette dernière approche, l'INERIS développe des méthodes fondées sur le dosage de marqueurs spécifiques de la perturbation endocrinienne, mais aussi de la biotransformation, du stress oxydant et de la neurotoxicité. Ces biomarqueurs constituent une première étape de caractérisation d'une contamination, tout en permettant d'anticiper les conséquences de cette contamination sur les espèces.

Dans le domaine de la modélisation numérique *in silico*, l'Institut a développé des modèles mathématiques mettant en relation les effets mesurés dans les milieux aquatiques sur les individus avec une exposition à un contaminant. Dans un deuxième temps, les équipes ont changé d'échelle en modélisant de l'individu à la population, notamment grâce aux données obtenues par les observations en mésocosmes.

Une implication dans les stratégies de gestion : comment réduire la pollution ?

Un appui à l'action nationale RSDE

L'Institut est impliqué dans la mise en œuvre de l'action nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux (RSDE), lancée en 2002. Cette action, entrée dans sa 2^{ème} phase en 2009, vise à encadrer et améliorer la surveillance et la quantification des flux de substances dangereuses dans les rejets aqueux des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

L'Institut participe à l'amélioration des pratiques de prélèvement et d'analyse de substances dans les rejets ; il est chargé de la gestion des données de surveillance initiale collectées dans le cadre de l'action RSDE et de l'analyse de ces données. Les équipes de l'INERIS travaillent également pour accroître les connaissances sur les sources de rejets et sur le développement d'outils de mesure des effluents industriels.

La mise en œuvre des Meilleures Technologies Disponibles (MTD)

La réduction des rejets aqueux de substances dangereuses, qui fait partie de l'action RSDE, est liée à la question plus globale de surveillance et de réduction des émissions industrielles. La gestion de ces émissions est encadrée par la Directive dites « Emissions » (IED)⁹, dans laquelle le recours aux Meilleures Technologies Disponibles (MTD) est un moyen de réduire les rejets. L'Institut travaille ainsi à améliorer la connaissance des usages de substances par filières industrielles et étudie les performances techniques et la viabilité économique des MTD applicables à la réduction des rejets aqueux.

Les mésocosmes de l'INERIS

Les mésocosmes sont un dispositif expérimental clos qui permet d'étudier les effets des polluants sur les écosystèmes, en simulant à moyenne échelle les conditions d'un milieu aquatique. Intermédiaire entre les conditions de laboratoire et les situations réelles, ces moyens d'essais semi-naturels doivent assurer l'obtention de données fiables et scientifiquement pertinentes tout en garantissant une meilleure représentativité écologique des résultats. Construits en extérieur, les mésocosmes de l'INERIS sont des systèmes lotiques (reproduisant les conditions d'eaux vives, type rivières), constitués de douze canaux en béton de 20 m de long, 1 m de large et 30 à 70 cm de profondeur. Ils permettent de tester jusqu'à trois conditions expérimentales distinctes et un « canal témoin », chaque situation pouvant être étudiée en triplicat. Les canaux contiennent les différentes composantes d'un écosystème : sédiments, bactéries, champignons, planctons, invertébrés, poissons...

⁹ Directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles (prévention et réduction intégrées de la pollution).

L'INERIS en bref

Plus de 20 ans d'existence et plus de 60 ans d'expérience : un expert héritier d'un savoir-faire issu des secteurs des mines, de l'énergie et de la chimie.

L'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques a pour mission de contribuer à la prévention des risques que les activités économiques font peser sur la santé, la sécurité des personnes et des biens, et sur l'environnement. Il mène des programmes de recherche visant à mieux comprendre les phénomènes susceptibles de conduire aux situations de risques ou d'atteintes à l'environnement et à la santé, et à développer sa capacité d'expertise en matière de prévention. Ses compétences scientifiques et techniques sont mises à la disposition des pouvoirs publics, des entreprises et des collectivités locales afin de les aider à prendre les décisions les plus appropriées à une amélioration de la sécurité environnementale.

L'INERIS, établissement public à caractère industriel et commercial placé sous la tutelle du ministère chargé de l'Ecologie, a été créé en 1990. Il est né d'une restructuration du Centre de Recherche des Charbonnages de France (CERCHAR) et de l'Institut de Recherche Chimique Appliquée (IRCHA), et bénéficie d'un héritage de plus de 60 ans de recherche et d'expertise reconnues.

- Un effectif total de 588 personnes dont 352 ingénieurs et chercheurs.
- 40 spécialistes des géosciences basés à Nancy dans le cadre d'activités de recherche et d'expertise sur les risques liés à l'Après-Mine.
- Un siège dans l'Oise, à Verneuil-en-Halatte : 50 hectares, dont 25 utilisés pour des plates-formes d'essais, 25 000 m² de laboratoires.

Domaines de compétence

- Risques accidentels : sites Seveso, TMD, GHS, malveillance, dispositifs technologiques de sécurité,
- Risques chroniques : pollution de l'eau et de l'air, sols pollués, substances et produits chimiques, CEM, REACH, environnement-santé,
- Risques sols et sous-sols : cavités, après-mine, émanations de gaz, filière CCS,
- Certification, formation, outils d'aide à la gestion des risques.

Activité (budget 2013)

- Recettes : 75 M€
- Recherche amont et partenariale : 22 %
- Expertise en soutien des politiques publiques: 55 %
- Chiffres d'affaires entreprises : 23 %

L'INERIS est certifié ISO 9001 pour l'ensemble de ses activités depuis 2000. Plusieurs laboratoires disposent d'accréditations (essais, étalonnages, comparaisons inter-laboratoires, certification de produits industriels). L'INERIS possède également une installation d'essai reconnue conforme BPL.

La Cellule d'Appui aux Situations d'Urgence (CASU)

L'Institut a créé en 2003 une Cellule d'Appui aux Situations d'Urgence (CASU) qui met, en temps réel et 24h/24, les compétences scientifiques et techniques de ses ingénieurs et chercheurs à la disposition des Ministères, des services déconcentrés du Ministère chargé de l'Ecologie et des services d'intervention de la Sécurité Civile (pompiers...).

Acteur de l'Europe de la recherche, l'INERIS s'intègre à l'Europe de l'expertise

Avec 47% de taux de succès au 7^{ème} programme cadre européen, l'INERIS est un des acteurs les plus performant au plan national.

Une démarche de développement durable

Conformément au contrat d'objectifs le liant avec le MEDDE, l'INERIS a engagé une démarche de développement durable qui repose sur des pratiques éthiques et solidaires : un accord d'entreprise en faveur du travail des handicapés en 2007, la participation à une crèche inter-entreprises sous l'impulsion du CE...

Chronologie de la démarche d'ouverture à la société de l'INERIS

Avril 2005

Visite de la délégation de parlementaires de la Commission « Développement durable et aménagement du territoire ». Au cours de sa visite, la Commission a encouragé l'Institut à développer la capacité de ses experts et chercheurs à participer au débat public.

Septembre 2006

Le renforcement de la capacité des experts à participer au débat public est inscrit dans le contrat d'objectifs 2006-2010 signé entre l'Etat et l'INERIS.

2007-2008

Renforcement de l'ouverture à la société de l'Institut en parallèle du Grenelle de l'Environnement.

Avril 2008

Organisation de la première rencontre-débat avec des représentants d'ONG et d'associations en vue d'échanger sur les résultats de travaux de recherche ou d'expertise de l'Institut. 24 autres débats ont été organisés depuis lors.

Mai 2008

Le Conseil d'administration donne un avis favorable à l'évolution envisagée par l'INERIS de ses instances d'évaluation scientifique et technique. Il engage l'Institut à effectuer les démarches nécessaires pour préciser ses propositions.

Octobre 2008

Signature d'une charte d'ouverture à la société avec l'IRSN et l'ANSES (ex-AFSSET).

Juin 2009

Ouverture du séminaire scientifique annuel de l'Institut à la société civile. La création d'une Commission d'Orientation de la Recherche et de l'Expertise (CORE), composée de représentants des différentes composantes de la société, y est décidée.

Signature de l'avenant Grenelle au contrat d'objectifs Etat-INERIS qui fixe notamment pour objectif l'élargissement de la gouvernance scientifique à de nouveaux acteurs.

Gouvernance, alerte et déontologie à l'INERIS

Des règles de déontologie encadrent l'indépendance des avis de l'INERIS. Un comité indépendant suit l'application de ces règles et rend compte chaque année depuis 2001 directement au Conseil d'administration.

La gouvernance scientifique de l'INERIS est constituée d'un Conseil scientifique qui examine les orientations stratégiques de l'Institut; de trois commissions spécialisées qui évaluent les programmes et équipes scientifiques (la commission « risques accidentels », la commission « risques chroniques » et la commission « risques liés à l'utilisation du sol et du sous-sol »); et de la commission d'orientation de la recherche et de l'expertise (CORE).

Commission d'Orientation de la Recherche et de l'Expertise (CORE)

La Commission d'Orientation de la Recherche et de l'Expertise (CORE) représente la concrétisation de la démarche d'ouverture de l'Institut. Officialisée par l'arrêté du 26 avril 2011 relatif aux comités d'orientation scientifique et technique de l'INERIS, elle marque le passage d'une gouvernance scientifique à une gouvernance scientifique et sociétale, portant également sur les activités d'expertise et d'appui aux pouvoirs publics.

Composition

La Commission d'Orientation de la Recherche et de l'Expertise réunit 5 collègues (industriels, élus, syndicats, associations, État) et des personnalités qualifiées de l'enseignement supérieur ou de la recherche.

Missions

- Identifie et propose des questions à traiter en priorité dans les différents domaines de la recherche et de l'expertise publique,
- Peut donner un avis sur les finalités des programmes de recherche et d'appui envisagés par l'Institut, notamment lors de l'élaboration de son contrat d'objectifs avec l'Etat,
- Est consultée sur les modalités de diffusion des travaux scientifiques permettant de rendre ceux-ci accessibles à un large public,
- Peut être consultée sur le contenu de certains rapports d'étude.

Suites à donner aux éventuelles alertes

L'INERIS a la possibilité de se saisir de questions portant sur des risques, notamment à caractère environnemental ou sanitaire. Cet aspect a été pris en compte en septembre 2010, lors de l'adoption par délibération du CA, de la **Charte Nationale de l'Expertise**.

Cette dernière prévoit en effet dans son article 9 qu' « en cas d'expression [au sein de l'Institut] d'un risque, notamment à caractère environnemental ou sanitaire, les établissements signataires s'engagent à s'en saisir pour rendre un avis sur les suites à y donner en termes d'expertise ».

En conséquence, le protocole de gestion des ressources publiques, signé le 23 décembre 2010 par le directeur général de la prévention des risques et le directeur général de l'INERIS, prévoit pour l'INERIS d'entreprendre une première investigation du sujet « en amont » en cas d'expression de ces risques et précise que les propositions d'actions ou recherches complémentaires ont vocation à être présentées à la CORE pour avis : le rapport de la CORE étant transmis au Conseil d'administration de l'Institut...

Septembre 2009

Le Conseil d'administration est informé des modalités d'évolution de la gouvernance scientifique de l'Institut discutées lors du séminaire de juin.

Mars 2010

Réunion de pré-figuration de la CORE à l'INERIS.

Juin 2010

Première participation de la CORE au séminaire des orientations scientifiques et techniques de l'INERIS portant sur la préparation du contrat d'objectifs 2011-2015 de l'Institut.

Septembre et Décembre 2010

L'INERIS adopte, par délibération du Conseil d'administration, la charte nationale de l'expertise qui prévoit dans son article 9 des dispositions particulières relatives au devoir d'alerte. Le protocole de gestion des ressources publiques signé avec l'Etat en décembre prévoit donc pour l'INERIS d'entreprendre l'investigation « en amont » des suites à donner « en cas d'expression en son sein d'un risque, notamment à caractère environnemental ou sanitaire » et précise que les rapports qui en seront issus ont vocation à être présentés à la CORE pour avis.

Octobre – Novembre 2010

Premières réunions de travail de la CORE qui s'implique notamment sur les travaux de hiérarchisation des substances chimiques conduits par l'Institut.

Avril 2011

Parution au Journal Officiel de l'arrêté ministériel relatif aux comités d'orientation scientifique et technique de l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques. La CORE est officiellement créée.

Septembre 2011

Le Conseil d'administration est informé de l'élargissement du comité de suivi de la charte de déontologie à un membre de la CORE issu du collège associations.

Septembre - Octobre 2011

Les membres de la CORE sont nommés par le directeur général de l'INERIS après consultation du Conseil scientifique pour une durée de trois ans renouvelable.

Avril 2012

Le Conseil d'administration de l'INERIS approuve la proposition de nomination du président et vice-président de la CORE.