

**En détail** | Page 06  
Les organismes de  
contrôle des émissions  
au banc d'essai



**En équipe** | Page 14  
Explosion :  
une question  
de souffle

**En 3D** | Page 18  
Les mésocosmes, des  
écosystèmes aquatiques



# INERIS

## mag

L'ACTUALITÉ SCIENTIFIQUE ET PRATIQUE  
DE LA MAÎTRISE DES RISQUES  
N°32 | Septembre 2013

**Dossier** | Page 08

## SÉCURITÉ DES PRODUITS CHIMIQUES

**INERIS**

maîtriser le risque |  
pour un développement durable |



## Priorité à la maîtrise des risques technologiques

**L'INERIS exerce ses activités dans un contexte où la crédibilité de son expertise, notamment si elle conclut à l'absence de risque, est essentielle et peut parfois faire l'objet de controverses.**

Face à l'inquiétude de la population, il apparaît plus que jamais nécessaire d'appliquer des règles de gouvernance transparente pour les travaux de recherche et d'expertise dans le domaine des risques sanitaires et environnementaux.

L'INERIS s'est engagé à répondre aux attentes sociétales et a mis en place depuis plusieurs années des rencontres avec des relais d'opinion de la société que sont les ONG et les associations de consommateurs, pour partager ses travaux. L'Institut a également renforcé sa gouvernance. La Commission d'orientation de la recherche et de l'expertise (Core), mise formellement en place en 2011, donne son avis sur les orientations des programmes de recherche et d'expertise. La Core est également consultée sur les suites à donner dans l'hypothèse d'une alerte soulevée par l'un des salariés de l'Institut.

Contribuer à la maîtrise des risques technologiques connus ou émergents constitue aujourd'hui une priorité claire pour l'Institut. Il aide les entreprises qui innovent à mettre au point des technologies directement sûres et propres. Pour qu'un projet soit un succès, il faut une complémentarité importante entre les experts. Ainsi, l'INERIS rassemble des collaborateurs qui ont des compétences pluridisciplinaires et complémentaires, par exemple en évaluation de risques accidentels et risques chroniques, pour évaluer la dangerosité des substances chimiques. Plusieurs exemples illustrent cette démarche dans le dossier présenté dans ce numéro. L'INERIS joue un rôle majeur dans le développement de la recherche en toxicologie et écotoxicologie prédictive. Il développe ou valide de nouvelles méthodes alternatives à l'expérimentation animale : tests *in vitro*, biomarqueurs, méthodes de modélisation. L'Europe est un cadre désormais incontournable pour les projets de l'INERIS. C'est pourquoi l'Institut a tenu à valoriser ses travaux auprès de l'OCDE, comme on le voit dans le dossier traité ici. Deux tests (un en risque accidentel et un en risque chronique), qui répondent aux préconisations de REACH, ont été acceptés pour validation.

**Sébastien Limousin,**  
directeur général adjoint de l'INERIS

### 04-05 | En vitesse

#### L'agglomération creilloise et l'INERIS récompensés

Prix d'excellence au 3<sup>e</sup> Concours national des villes 2013 pour un projet de recherche sur la gestion par les plantes des sols pollués.

#### Modélisation de la qualité de l'air en 2050 en Europe

Présentation des travaux de l'INERIS sur l'évaluation du lien entre qualité de l'air et changement climatique.

#### Journées techniques "Gestion des sites et sols pollués"

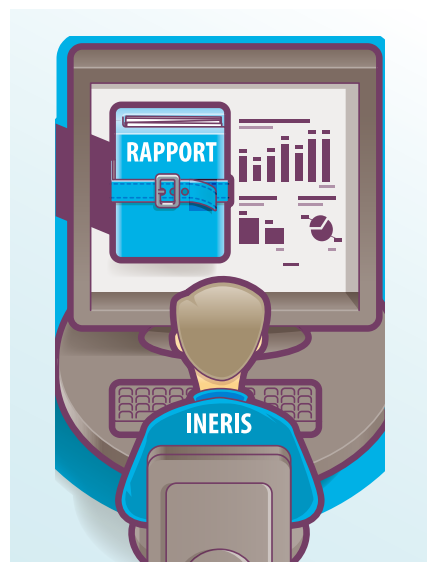
Restitution des travaux de recherche et développement.

#### Contaminants et pollutions des milieux aquatiques

Séminaire organisé par l'Onema avec l'appui scientifique et technique de l'INERIS.

#### Projet CityChlor

Gestion de la pollution aux solvants chlorés des eaux souterraines et des sols urbains.



### 06-07 | En détail

#### Comparaisons interlaboratoires

Les organismes de contrôle des émissions passent au banc d'essai pour valider leur mise en œuvre des méthodes de mesurage normalisées.

**INERIS MAG** est une publication de l'Institut national de l'environnement industriel et des risques. Parc Technologique Alata - BP 2 - 60550 Verneuil-en-Halatte. Tél. : +33(0)3 44 55 66 77 - Fax : +33(0)3 44 55 66 99. **Directeur de la publication** : Sébastien Limousin - **Rédactrice en chef** : Ginette Vastel - **Crédits photo** : Olivier Aubert/Pictoretank ; M. Chantrelle/INERIS ; Frédéric Cirou/PhotoAlto/plainpicture ; Thinkstock 2013 - **Infographie** : A. Dagan - **Conception et réalisation** : B&B&L. Responsable éditorial : M. Kerneves - Directeur artistique : É. Daumont - Secrétaire de rédaction : Y. Billon - Maquettiste : A. N'Diaye - Iconographe : M. Capera - **Rédaction** : Yann Brand, Corinne Draut, Florian Maire, Louis-Antoine Mallen, Cyril Merle - Imprimeur : Imprimerie Desbouis Gresil.





08-13 | Dossier

## Au service de REACH et de la sécurité des produits chimiques



16-17 | En débat

### Effondrements situés en domaine privé

La mise en sécurité relève  
de la responsabilité des  
propriétaires de la surface.



18-19 | En 3D

### Mésocosmes:

la maîtrise des  
écosystèmes  
aquatiques



20 | Ensemble

### Air Liquide/INERIS

Un partage d'expériences sur  
les applications de l'hydrogène



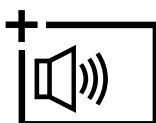
14-15 | En équipe

### Explosion

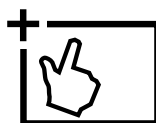
Une question de souffle



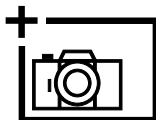
**En picto** - Au fil du magazine, découvrez les liens avec [www.ineris.fr](http://www.ineris.fr)



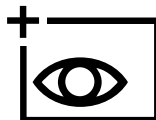
L'intégralité d'une interview  
du magazine est diffusée  
en document audio sur  
[www.ineris.fr](http://www.ineris.fr)



Un document enrichi  
(infographie...) est consultable  
de manière interactive sur  
[www.ineris.fr](http://www.ineris.fr)



L'intégralité d'un reportage  
photo du magazine  
est en ligne sur  
[www.ineris.fr](http://www.ineris.fr)



La vidéo d'une interview  
du magazine  
est disponible sur  
[www.ineris.fr](http://www.ineris.fr)

### L'agglomération creilloise et l'INERIS récompensés

Depuis le début du printemps 2013, l'agglomération creilloise mène en collaboration avec l'INERIS un projet de recherche appliquée sur la gestion par les plantes des sols pollués, appelée "phytotechnologie". Cette expérience inédite en France, réalisée en contexte urbain, intègre les préoccupations d'aménagement dans le cadre de la rénovation du quartier intercommunal de Gournay-les-Usines (Oise).

#### Deux techniques seront testées sur une période de quatre ans :

- la "phytoextraction" sur une zone d'environ 500 m<sup>2</sup> au carrefour des Forges ;
- la "phytostabilisation" sur 300 m<sup>2</sup> environ au niveau de la voie nouvelle en direction de Creil. L'INERIS sera en charge de mesurer régulièrement les performances des plantes et de collecter des échantillons pour réaliser des essais. Avec ce projet, l'agglomération creilloise a été récompensée dans le cadre du 3<sup>e</sup> Concours national des villes 2013, avec le Prix d'excellence dans la catégorie Développement économique.

### Journées techniques "Gestion des sites et sols pollués"

L'INERIS et le ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE) organisaient les 28 et 29 mai 2013 à Paris deux journées techniques gratuites "Gestion des sites et sols pollués" avec le soutien financier de l'Ademe<sup>(1)</sup> et de l'INTERREG IVb<sup>(2)</sup>. À l'attention des acteurs des sites et sols pollués, ces journées ont été l'occasion de restituer des travaux de recherche et développement dans les domaines suivants :

- caractérisation et surveillance des eaux souterraines, des gaz du sol, de l'air ambiant ;
- transferts de substances volatiles depuis les sols (zones saturées et non saturées) vers l'air ambiant des bâtiments (métrologie, modélisation).

1- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.

2- Programme de coopération transnationale.

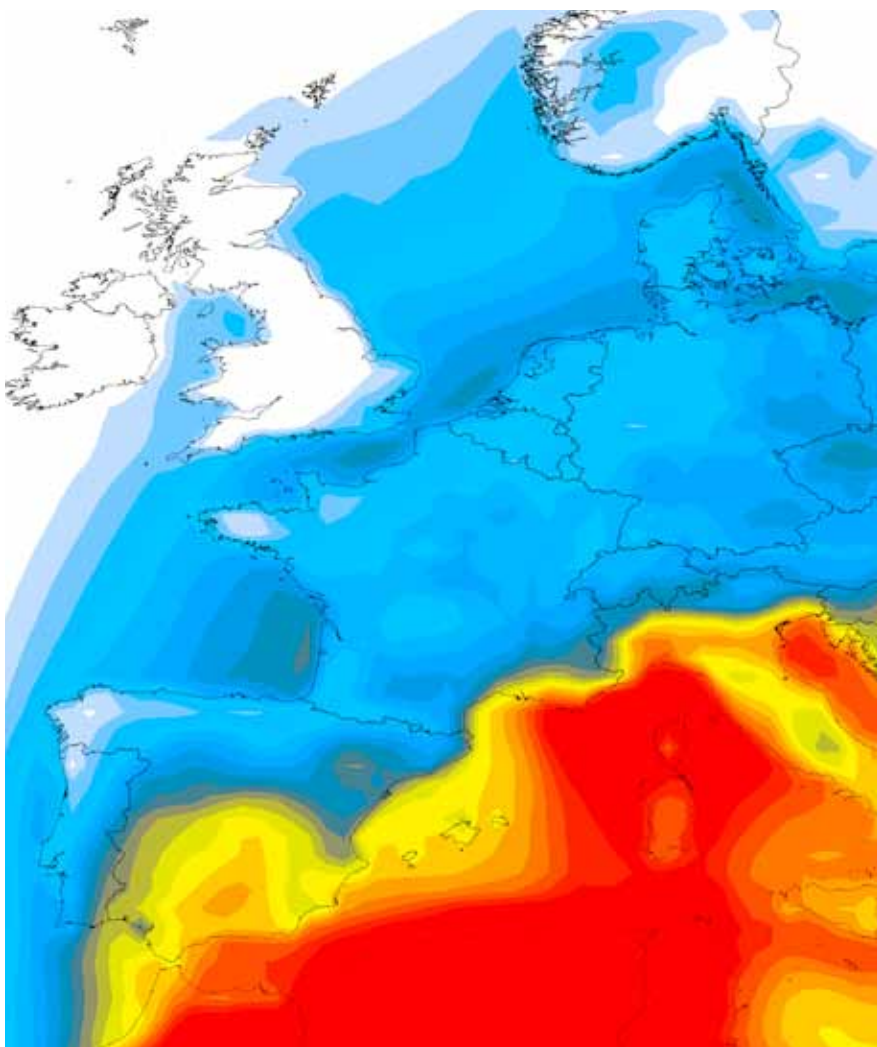
## Nomination



### Sébastien Limousin, directeur général adjoint de l'INERIS

Sébastien Limousin a pris ses fonctions le 1<sup>er</sup> juillet 2013.

Il a rejoint l'INERIS le 1<sup>er</sup> septembre 2010 en qualité de directeur de la Valorisation et du Marketing, puis de directeur des Services aux entreprises et de la Certification en octobre 2012. Il est actuellement membre du comité exécutif d'EU-VRi (European Virtual Institute for Integrated Risk Management) et membre du conseil d'administration de la Société française de génie des procédés (SFGP).



## Modélisation de la qualité de l'air en 2050 en Europe

Dans le cadre de l'assemblée générale de l'Union européenne des géosciences, organisée à Vienne (Autriche) du 7 au 12 avril 2013, l'INERIS a présenté ses travaux de modélisation sur l'évaluation du lien entre qualité de l'air et changement climatique en 2050, réalisés en collaboration avec l'Institut Pierre Simon Laplace (IPSL) et l'Institut international d'analyse des systèmes appliqués (IIASA). Ces travaux viennent confirmer la pertinence de la mise en place de politiques ambitieuses de gestion de la qualité de l'air aux niveaux européen et international, en complément des politiques locales et dans un contexte de climat futur.



## Contaminants et pollutions des milieux aquatiques

Les 17 et 18 juin 2013 à Paris, l'Onema<sup>(1)</sup> organisait, avec le soutien du ministère chargé de l'Écologie et l'appui scientifique et technique de l'INERIS, un séminaire sur les contaminants et les pollutions des milieux aquatiques pour partager les connaissances acquises et diffuser les outils disponibles pour la gestion. Près de 200 participants ont été accueillis pour les conférences traitant notamment de la connaissance des sources, de la maîtrise/réduction des pollutions, de la surveillance accrue de leur impact sur les écosystèmes et du développement d'outils innovants. Une trentaine d'orateurs ont présenté le fruit de cinq années de recherche soutenue par l'Onema, en coordination avec les agences de l'eau, et menées avec l'INERIS, le BRGM, IRSTEA, l'Ifremer et le consortium Aquaref<sup>(2)</sup>.

1- Office national de l'eau et des milieux aquatiques.  
2- Laboratoire national de référence pour la surveillance des milieux aquatiques.



## CityChlor: journée de restitution

Le projet CityChlor a rassemblé neuf partenaires européens dans le but de développer une approche intégrée pour la gestion de la pollution aux solvants chlorés des sols et des eaux souterraines en milieu urbain. À ce titre, une conférence a été organisée les 16 et 17 mai 2013 pour présenter les résultats du travail conjoint des différentes disciplines. Des thèmes spécifiques, tels que les techniques de caractérisation et de remédiation, les aspects socio-économiques, juridiques et de communication, ont été abordés dans des sessions techniques parallèles.

## Agenda

### 15 octobre: colloque EpE environnement et industrie, Maison de la chimie, Paris

Entreprises pour l'environnement (EpE), l'INERIS et la Fabrique de l'Industrie organisent conjointement un colloque sur le thème "Économie verte et innovation: une nécessité pour relever les défis de l'environnement et une opportunité pour l'industrie. Comment réunir les conditions du succès?"

**En savoir plus:** [www.ineris.fr/](http://www.ineris.fr/)

### 18 octobre: colloque "Communiquer la science par le débat", Institut Pasteur, Paris

Susciter une réflexion pour permettre aux organismes de recherche de mieux dialoguer avec les publics et aux citoyens d'appréhender les enjeux des recherches pour devenir acteurs du débat, tel sera l'objectif de la quatrième édition des colloques "Communiquer la science", qui se tiendra à l'Institut Pasteur, à Paris. Une étude de cas sera consacrée au projet "PICASO Alternatives", coordonné par l'INERIS, dans le cadre du programme Repère.

**Inscriptions sur:**  
[www.communication-publique.fr/inscription-18-octobre-2013](http://www.communication-publique.fr/inscription-18-octobre-2013)

### 19 et 20 novembre: colloque Primequal "Qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments: causes, effets, prévention et gestion", La Rochelle

Copiloté par le ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie et par l'Ademe, avec l'appui de l'INERIS pour l'animation scientifique, Primequal vise à fournir les bases scientifiques et les outils nécessaires aux décideurs et aux acteurs de l'environnement pour améliorer la qualité de l'air.

Trois thèmes seront abordés au cours du colloque:

- la métrologie: nouvelles méthodes de mesure des polluants de l'air intérieur;
- les émissions: polluants émis dans

l'air intérieur par les activités humaines et par les matériaux;

- les impacts et la gestion: des modèles cellulaires prédictifs aux modalités de gestion du public.

Une table ronde rassemblant acteurs et décideurs enrichira les débats et contribuera à fournir des perspectives pour la recherche et l'action publique.

### Du 3 au 6 décembre: Salon Pollutec, Villepinte

L'INERIS participera à l'édition 2013 du Salon Pollutec, organisé du 3 au 6 décembre au Parc des expositions de Villepinte (93). L'Institut proposera des conférences sur les forums Risques, Énergie, Solutions, Ville durable ainsi qu'au village Sites et sols.



# Comparaisons interlabo

## Les organismes de contrôle des ém

**L'**INERIS est mandaté par le ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE) pour réaliser des comparaisons interlaboratoires (CIL). Celles-ci visent à vérifier et à valider la capacité des organismes de contrôle des rejets et émissions atmosphériques à mettre en œuvre des méthodes de mesurage normalisées dans le cadre des contrôles réglementaires des installations.

Ces essais sont organisés par l'unité Sources et émissions de l'INERIS sur un banc d'essai implanté sur le site de Verneuil-en-Halatte (Oise). Ses trois chaudières – gaz naturel, fioul léger et biomasse – et un dispositif de dopage des gaz issus de ces chaudières, permettent de générer des effluents représentatifs des matrices rencontrées sur site industriel, dont la composition et la concentration sont identiques pour chacun des laboratoires positionnés à l'une des 12 trappes de prélèvement du banc d'essai.

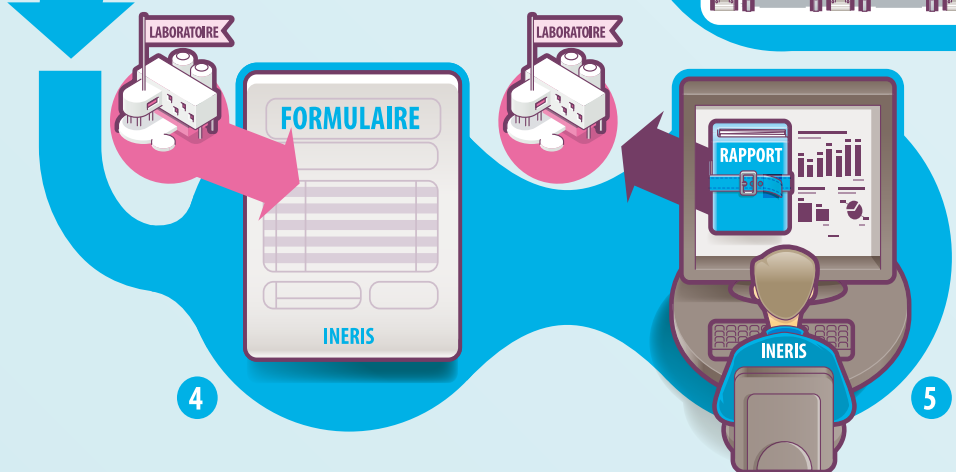
### 1- Modalités réglementaires d'agrément

L'arrêté du 11 mars 2010 définit les modalités d'agrément des organismes de contrôle des rejets atmosphériques. Les organismes en question doivent participer à des essais visant notamment à valider leur capacité à mettre en œuvre les méthodes de mesurage et à obtenir des résultats répétables, à améliorer la fiabilité des résultats et à évaluer les incertitudes de mesure des méthodes de référence appliquées.



### 4- Déroulement de la CIL sur le banc d'essai

Les laboratoires participent à l'une des deux ou trois semaines de comparaisons interlaboratoires proposées par l'organisateur. Leurs connaissances sont aussi évaluées au travers d'un test écrit et d'une observation de leurs pratiques par un expert.



# laboratoires émissions au banc d'essai

# 12

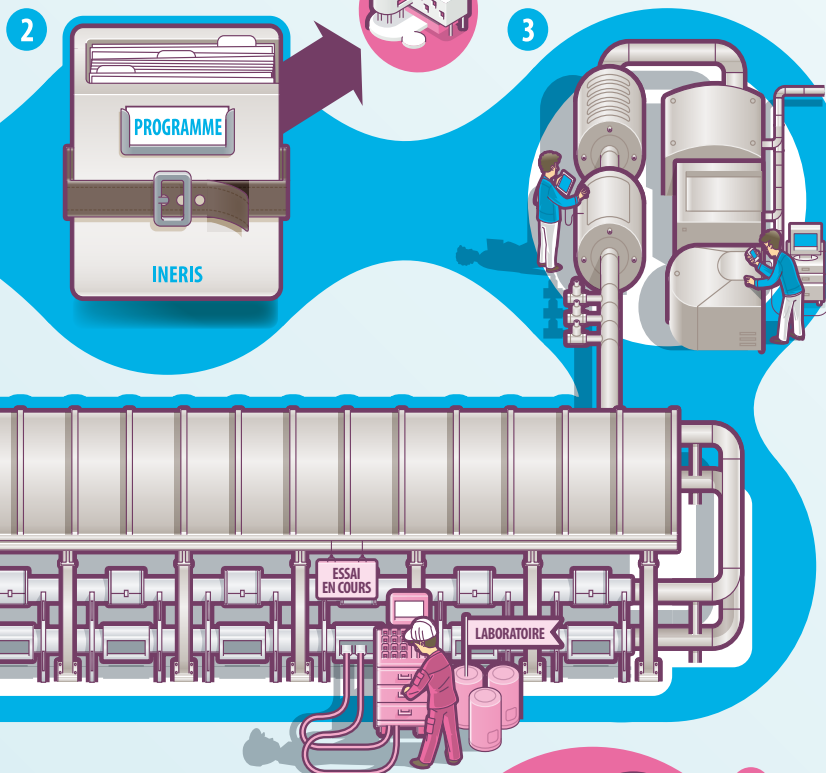
laboratoires  
peuvent réaliser  
des prélèvements  
simultanément  
sur le banc d'essai.

## 2- Élaboration et envoi du programme d'essais

En lien avec le comité de pilotage des CIL, l'INERIS propose un programme d'essais validé par le MEDDE. Il est envoyé avec un dossier d'inscription aux laboratoires devant participer aux CIL, environ trois mois avant les essais, pour leur permettre, de planifier et organiser leur participation.

## 3- Préparation du banc d'essai

Les équipes de l'INERIS préparent le banc d'essai: approvisionnement en gaz, adaptation de l'outil statistique au programme d'essais, essais de validation.



## 5- Transmission des résultats

Au terme des essais, les laboratoires disposent d'un délai de dix semaines pour renvoyer leurs résultats en remplissant un formulaire téléchargeable sur le site Internet des CIL organisées par l'INERIS.

## 6- Exploitation des données par l'INERIS

Les équipes de l'unité Sources et émissions de l'INERIS exploitent les données transmises par les laboratoires. Au bout de dix semaines, un rapport de synthèse provisoire est diffusé et les laboratoires disposent d'un mois pour émettre leurs commentaires. Le rapport définitif est élaboré quatre à six semaines plus tard, puis mis à disposition des participants sur le site Internet des CIL organisées par l'INERIS.

## Actions de progrès mises en œuvre par les participants

À partir des enseignements du rapport définitif, les organismes de contrôle qui ont participé aux CIL définissent et mettent en œuvre des plans d'actions dédiés pour corriger, le cas échéant, les écarts ou biais de mesurage les concernant. Ces plans d'actions, évalués lors des audits des laboratoires par le COmité FRançais d'ACcréditation (COFRAC), sont un outil de progrès et d'amélioration de la qualité des mesurages.



Le PDF de cette infographie est consultable sur [www.ineris.fr](http://www.ineris.fr)





**Sommaire** | P. 9-13 Garantir la protection de la santé humaine et environnementale contre les risques posés par les produits chimiques, tel est l'enjeu du règlement européen REACH auquel collabore l'INERIS. L'Institut s'attache à développer et diffuser les travaux menés dans ce domaine (p. 10). Il accompagne par ailleurs le développement des méthodes alternatives en expérimentation animale (p. 11).



## Les contributeurs



**Philippe Hubert,**  
directeur des Risques chroniques.



**Éric Thybaud,**  
responsable du pôle Dangers et impacts sur le vivant.



**Anne Braun,**  
responsable de l'unité Toxicologie expérimentale.

# Au service de REACH et de la sécurité des produits chimiques

La sécurité des produits chimiques est un domaine d'activité de l'INERIS qui mobilise des compétences pluridisciplinaires. Par son savoir-faire et ses travaux de R&D, l'Institut contribue à la mise en œuvre du règlement européen REACH, participe à l'élaboration de nouveaux protocoles expérimentaux et assiste les entreprises et laboratoires dans leurs projets.

**E**n 2006, l'Union européenne promulguait le règlement européen REACH<sup>1</sup> relatif à l'enregistrement, l'évaluation, l'autorisation et la restriction des substances chimiques. Cette nouvelle réglementation, dont la mise en œuvre aura été un véritable défi, répond à de nombreux objectifs, le principal étant de garantir un niveau élevé de protection de la santé humaine et de l'environnement contre les risques que peuvent poser les produits chimiques. Au-delà de cet aspect crucial de sécurité, REACH contribue à une meilleure circulation des substances au sein du marché européen, renforce la compétitivité et l'innovation dans ce domaine, et participe à la promotion de méthodes d'essai alternatives en expérimentation animale.

### REACH, une référence mondiale

Un aspect essentiel de ce règlement est de faire porter aux industriels la responsabilité d'évaluer, de gérer et de notifier aux utilisateurs les risques posés par les produits chimiques. C'est l'Agence européenne des produits chimiques (European Chemical Agency-ECHA), basée à Helsinki (Finlande), qui assure la mise en œuvre de REACH ainsi que sa gestion technique, scientifique et administrative. En France, l'autorité compétente est le ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE), appuyé par l'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire) pour l'appui sur les dossiers et par l'INERIS pour le développement méthodologique et l'assistance aux laboratoires et entreprises.

À noter aussi le rôle primordial joué par l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques) dans la validation et l'harmonisation internationale des protocoles expérimentaux et des méthodes d'évaluation des dangers.

REACH est sans nul doute un beau succès européen avec, aujourd'hui, près de 9000 substances chimiques enregistrées; il est prévu environ 30000 substances enregistrées et évaluées à l'horizon 2018. De par son approche globale, REACH a en outre stimulé l'évolution des réglementations sur le contrôle des produits chimiques dans de nombreux autres pays et tend à devenir une véritable référence.

REACH et, plus largement, la sécurité des produits chimiques correspond pour l'INERIS à plusieurs domaines de compétences et de savoir-faire méthodologiques. Par ses travaux de R&D, le plus souvent menés dans un cadre international, l'Institut contribue au développement des connaissances, à la mise au point de stratégies de tests et de méthodes d'évaluation des risques, au développement de méthodes en expérimentation animale avec l'OCDE et, en particulier, au développement de méthodes alternatives. L'INERIS se tient également aux côtés des industriels, pour effectuer des essais de toxicité et d'écotoxicité, réaliser des dossiers de sécurité, accompagner la procédure REACH des produits...

\* Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemical substances.

## Zoom sur

**Un bio-essai sur embryon de poisson pour détecter les perturbateurs endocriniens**

**Le test EASZY<sup>(1)</sup>, développé à l'INERIS en collaboration avec l'Inserm, a été admis au programme de validation de l'OCDE<sup>(2)</sup> dans le cadre de l'évaluation du potentiel œstrogénique des substances chimiques. Simple, rapide et sensible, EASZY est un bio-essai *in vivo* basé sur le fait qu'un gène (le *cyp19a1b*) s'exprime dans le cerveau de l'embryon du poisson zèbre réagit fortement à certains perturbateurs endocriniens. L'expression de ce gène se mesure grâce à un "rapporteur fluorescent" qui rend le cerveau des embryons fluorescent lorsqu'ils sont exposés à des polluants perturbateurs; l'embryon de poisson zèbre étant transparent, les effets sont facilement observables et quantifiables.**

1- Endocrine Active Substance, acting through estrogen receptors, using transgenic *cyp19a1b*-GFP Zebrafish embryos.

2- Organisation de coopération et de développement économiques.

## Évolution des législations dans le monde

**1967**  
**CEE**: directive 67/548/CEE relative à la classification, emballage, étiquetage des substances dangereuses.

**1974**  
**Japon**: loi sur le contrôle des substances chimiques.

**1976**  
**USA**: TSCA (*Toxic Substances Control Act*), loi sur les substances toxiques existantes et nouvelles.

**1979**  
**UE**: directive sur les substances nouvelles.

**1991**  
**Corée du Sud**: TCCA (*Toxic Chemical Control Act*).

**1993**  
**Union européenne (UE)**: directive sur les substances existantes.

**2002-2003**  
**Chine**: deux décrets.

### Sécurité et travaux menés à l'INERIS

## Produire des connaissances et les diffuser



### La règle des 3R

Élaborée en 1959, la règle des 3R constitue le fondement de la démarche éthique appliquée à l'expérimentation animale en Europe et en Amérique du Nord. Les principes:

- **réduire** le nombre d'animaux en expérimentation;
- **raffiner** la méthodologie utilisée, pour diminuer la souffrance des animaux;
- **remplacer** les modèles animaux.

### REACH

- Avril 2013:

**8469**

substances enregistrées.

- Prévision 2018:

**30 000**

substances évaluées et enregistrées.

L'INERIS développe des compétences pluridisciplinaires en matière de sécurité des produits chimiques et s'attache à faire partager les connaissances acquises.

L'INERIS mène de nombreux travaux pluridisciplinaires dans le domaine de la sécurité des produits chimiques, mais on peut, en résumé, les classer en trois étapes d'expertise étroitement associés: le développement de briques de connaissances fondamentales sur la toxicité et les propriétés physico-chimiques des substances, la mise au point d'outils pratiques (essais *in vivo*, méthodes de dosage d'indicateurs biologiques) et la participation à l'élaboration des guides techniques et normes. En termes de R&D, les équipes de l'INERIS travaillent sur les organismes vivants (essais *in vivo* sur des rongeurs, poissons, invertébrés et végétaux aquatiques ou terrestres), sur les cultures cellulaires (essais *in vitro*) et développent des outils informatiques (études *in silico*) pour la modélisation de la toxicité et de la toxicocinétique. Beaucoup de ces essais de toxicologie prédictive visent à remplacer l'expérimentation animale comme le préconise le règlement REACH. Les méthodes alternatives concernent aussi la recherche sur les dangers physico-chimiques. Depuis plusieurs années, l'Institut s'est lancé dans une recherche

innovante pour prédire par modélisation les propriétés d'explosibilité des substances. Ces modèles QSPR (*Quantitative Structure-Property Relationship*) sont conçus pour être utilisables dans un cadre réglementaire. Un premier modèle concernant l'explosibilité de composés nitrés a été proposé et accepté pour être intégré dans la *toolbox* de l'OCDE.

#### Mise en place de helpdesks

L'INERIS a mis en place plusieurs outils d'information. Toute entreprise confrontée à la complexité des obligations réglementaires peut questionner l'INERIS; l'équipe pluridisciplinaire des helpdesks, appuyée sur ces outils en ligne, est en mesure de préciser les réglementations européennes REACH (sécurité chimique) et CLP (classification, emballage et étiquetage des produits chimiques en fonction de leur dangerosité). L'INERIS anime aussi, pour le compte du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, le Service national d'assistance substitution du bisphénol A (SNA-BPA), dédié aux acteurs industriels engagés dans cette démarche.



## Quand un industriel confie son dossier d'enregistrement à l'Institut



**Anne Braun,**  
responsable de l'unité Toxicologie expérimentale de l'INERIS

### Dans quel contexte l'INERIS accompagne-t-il les industriels ?

**A. B. :** Le règlement REACH impose aux industriels de déclarer et d'enregistrer l'ensemble des substances chimiques qu'ils importent, produisent et utilisent au sein de l'Union européenne, l'objectif étant de mieux maîtriser les risques liés à ces substances. Pour cela, les industriels doivent consigner les propriétés de chaque substance (au-delà d'une tonne) dans un dossier de demande d'autorisation à l'ECHA (European Chemical Agency). C'est dans ce contexte qu'un industriel sollicite l'aide de l'INERIS pour réaliser le dossier de l'une de ses substances.

### En quoi consiste cette aide ?

**A. B. :** Plusieurs unités de l'Institut, de façon transversale, définissent, coordonnent, réalisent et/ou valident les essais de caractérisation des propriétés physico-chimiques, toxicologiques et écotoxicologiques de la substance en question. L'INERIS apporte ensuite son aide pour synthétiser les données obtenues et constituer le dossier selon le format et le logiciel requis. En vue de l'augmentation du tonnage d'utilisation de cette substance, ce même industriel a demandé à l'INERIS de l'assister dans un second dossier, qui inclut de caractériser de façon plus poussée les dangers et les risques liés à son utilisation, en constituant notamment un rapport de sécurité chimique (*Chemical Safety Report*). Ce dossier, actuellement en cours, a donné lieu à des essais de toxicologie (pour déterminer les effets sur la reproduction, entre autres) et d'écotoxicologie ; la synthèse des données et l'analyse des risques ont débuté au deuxième trimestre 2013.

**2006**  
**UE :** adoption de REACH (entrée en vigueur en 2007).

**Corée du Sud :** première révision du TCCA.

**2008**  
**Turquie :** adoption de *Inventory and Control of chemicals*, proche de REACH.

**2010**  
**États-Unis :** projet de réforme du TSCA.

**2010-2011**  
**Chine :** deux nouveaux décrets (management des substances dangereuses, notification de substances nouvelles).

**2011**  
**Japon :** modification de la loi (substances existantes, prioritaires et nouvelles).

**2012**  
**Chine :** *GHS-SDS and Labelling*.

## Méthodes alternatives et projets

# Expérimentation : protéger l'animal, voire le remplacer

L'INERIS est un laboratoire reconnu au niveau européen pour la validation des méthodes alternatives en expérimentation animale.

Après des années de débats et de controverses, l'Europe a adopté en 2010 une nouvelle réglementation, la directive 2010/63/UE, qui vise à remplacer l'utilisation des animaux à des fins scientifiques dès que cela sera possible sur le plan scientifique. Les nouvelles dispositions s'inscrivent dans les principes de la règle des 3R (Réduire, Raffiner, Remplacer) et visent à favoriser le développement et le recours à des méthodes dites "alternatives" en expérimentation animale.

### De l'in vivo à l'in silico

L'INERIS porte ses recherches dans ce domaine sur trois axes principaux, utilisés de façon de plus en plus complémentaire. Le premier est le développement et la validation de systèmes *in vitro* qui permettent d'évaluer la toxicité, le passage transmembranaire ou le caractère perturbateur endocrinien\* (PE) des substances chimiques. Deuxième axe, le développement de tests *in vivo* "améliorés" sur embryons et larves de poisson

pour évaluer le potentiel PE des molécules organiques. Troisième axe enfin, la mise au point et l'emploi de modèles mathématiques pour évaluer de façon prédictive la dangerosité des substances : il s'agit notamment de modèles de toxicocinétique à fondement physiologique (PBPK) et de modèles de relations quantitatives structure-activité (QSAR) qui mettent en relation la structure d'une molécule et son activité biologique. Ces recherches s'inscrivent également dans des stratégies de tests intégrés, qui permettent de réduire le nombre d'essais sur animaux par la sélection de séries de tests optimisant le gain d'information toxicologique au moindre coût expérimental. Parallèlement, l'INERIS participe aussi au raffinement des méthodes *in vivo* avec la recherche sur les biomarqueurs.

*\* "Un perturbateur endocrinien est une substance exogène qui provoque des effets néfastes sur la santé d'un organisme ou sa descendance, secondairement des changements de la fonction endocrine." (OCDE, 1997)*



Analyse *in vivo* de la fluorescence chez des poissons zèbre transgéniques exposés à une substance.

## Zoom sur

### Le projet PICASO Alternatives

Financé dans le cadre du programme REPERE<sup>(1)</sup> et coordonné par l'INERIS, le projet PICASO<sup>(2)</sup> vise à renouveler les relations entre recherche et société sur les enjeux du développement durable. Il réunit, aux côtés de l'Institut, trois partenaires associatifs: CLCV (Consommation, logement, cadre de vie), CNMSE (Coordination nationale médicale santé environnement) et ESF (Écologie sans frontière). L'objectif est d'identifier et de prendre en compte les attentes sociétales en matière de sécurité des produits chimiques et de développement de méthodes d'expérimentation alternatives. Le dialogue se veut le plus large possible, au travers de focus groupes, d'un profil Facebook, d'un questionnaire grand public... Mené de 2011 à 2013, le projet doit aboutir à la publication d'un dossier, avec des recommandations qui serviront à orienter les travaux de l'Institut dans ce domaine et à contribuer à enrichir la réflexion nationale sur les relations sciences-société.

### Commentaire d'un partenaire: Francis Glémet (CNMSE)

« Le travail réalisé dans le cadre du projet PICASO a montré que société civile et communauté scientifique n'ont pas la même logique d'approche des problèmes de société. Cet élément peut expliquer les incompréhensions qui existent entre ces deux populations. Développer ce type de travaux pourrait faciliter le dialogue entre les représentants de la société et les scientifiques sur des dossiers sensibles, importants pour le développement économique et où l'incertitude des connaissances fait naître peurs et rejets. » Aujourd'hui, les ONG en santé environnement ont des experts indépendants capables de dialoguer avec les scientifiques des agences publiques. Le droit d'inventaire existe pour eux. Il faut multiplier ces rencontres pour rapprocher les préoccupations.

1- Réseau d'échanges et de projets sur le pilotage de la recherche et de l'expertise.

2- Place des méthodes alternatives en expérimentation animale dans le domaine santé environnement.



## Les perspectives Se mobiliser autour d'approches ouvertes

La tendance à long terme est de favoriser des méthodes de R&D moins empiriques, plus quantifiables.

L'ouverture est aujourd'hui devenue l'un des mots clés à l'INERIS, et notamment l'ouverture à la société civile... La prise en compte des préoccupations sociétales, engagée il y a déjà plusieurs années, s'est ainsi concrétisée par l'organisation de réunions régulières avec des associations de consommateurs et des ONG autour de thématiques scientifiques, et par la création de la Commission d'orientation de la recherche et de l'expertise (Core), regroupant toutes les composantes de la société. En matière de R&D, l'un des grands chantiers actuels est celui des nanoparticules, de plus en plus utilisées dans l'industrie pour leurs propriétés innovantes et très prometteuses, mais qui, de par leur taille infime, suscitent des interrogations en matière de toxicité pour l'homme et l'environnement.

### Montée en puissance de l'analyse socio-économique

D'autres chantiers d'importance concernent l'étude des perturbateurs endocriniens, encore peu pris en compte par REACH, ou encore les éventuels conflits

d'intérêt issus de l'interprétation de ce règlement par les différentes parties prenantes. C'est aussi la problématique de la montée en puissance de l'analyse socio-économique, dont le but est d'évaluer les coûts et les bénéfices d'une mesure pour la société – en comparant ce qui se passera si la mesure est mise en œuvre dans REACH et si elle ne l'est pas; cette nouvelle approche intègre et complète la traditionnelle analyse de risques, un outil sophistiqué.

« De façon plus générale, indique Philippe Hubert, directeur des Risques chroniques à l'INERIS, la tendance à moyen et long terme sera de favoriser des approches de recherche moins empiriques et permettant de quantifier les risques. » Face à une substance chimique, il s'agit alors de « rassembler les éléments de preuve, observer les modes d'action et, à partir de cet ensemble, apporter un jugement. »

### Des approches innovantes

Par ailleurs, l'INERIS développe aussi son expertise dans le cadre de l'appui au MEDDE. L'Institut a été chargé de développer une méthode de hiérarchisation



## Accompagner les méthodes alternatives



**Éric Thybaud,**  
responsable du pôle  
Dangers et impacts  
sur le vivant à l'INERIS

**Grâce à son savoir-faire et à son expertise, l'INERIS accompagne le développement et la validation des méthodes alternatives en expérimentation animale.**

« L'Institut contribue au développement des méthodes alternatives en étant force

de proposition auprès des instances normatives, souligne Éric Thybaud. Cela a été par exemple récemment le cas auprès de l'OCDE pour un bio-essai. Il permet d'évaluer le potentiel œstrogénique des substances chimiques en utilisant des embryons de poisson, une voie d'expérimentation plus rapide et moins lourde qu'avec des poissons adultes. » (Voir encadré Zoom sur.)

### Prévalidation nationale

L'INERIS met également ses compétences au service des laboratoires de recherche pour les aider dans la standardisation de leurs méthodes : les tests proposés doivent être

pertinents, c'est-à-dire innovants pour réduire le recours à l'expérimentation animale ; ils doivent en outre être reproductibles (des conditions identiques produisent des résultats identiques) et répétables (d'un laboratoire à un autre). « S'appuyant sur ses équipes pluridisciplinaires et sa participation à de nombreux programmes de recherche français et internationaux, l'INERIS s'attache aujourd'hui à davantage renforcer sa capacité d'accompagnement par la mise en place d'un système de prévalidation nationale, permettant ensuite un accès plus efficace pour une acceptation à l'échelon international. »



## Une plateforme fédérative

Francopa est une plateforme française dédiée au développement, à la validation et à la diffusion de méthodes alternatives en expérimentation animale. Créée en 2007 sous la forme d'un groupement d'intérêt scientifique (GIS) réunissant 14 partenaires industriels et institutionnels (dont l'INERIS), cette plateforme a pour but de fédérer tous les acteurs autour d'une volonté commune :

favoriser la mise en place de méthodes réduisant ou supprimant le recours à l'animal de laboratoire dans le cadre du développement, de l'évaluation et du contrôle des produits de santé et des substances chimiques. Francopa est membre de la plateforme européenne Ecopa (European Consensus-Platform for Alternatives).

« Le GIS Francopa n'est pas seulement un lieu d'échanges scientifiques ; en effet, l'alternative en expérimentation animale relève aussi des progrès réalisés dans la généralisation des bonnes pratiques et dans la circulation de l'information. Francopa entend accompagner cette démarche globale et faciliter le passage des développements amont aux applications. »

**Philippe Hubert,**  
directeur des Risques chroniques à l'INERIS et directeur du GIS Francopa

des substances pour prioriser celles dont il faudra réduire les rejets dans le cadre du PNSE 3. Il a proposé une méthode d'analyse décisionnelle multicritère intégrant la pluralité des avis scientifiques et également des perceptions sociétales. L'intégration des méthodes de sciences humaines dans la discipline d'évaluation de risque sanitaire fournit des fondements scientifiques rigoureux à la notion de priorisation. Un exercice d'application de la méthode a été réalisé sur 319 substances dans la perspective du PNSE 3.

La méthode propose trois listes de priorité. La première est ciblée sur les populations sensibles ; la deuxième, plus large, prend en compte la population générale affectée ; enfin, la dernière repose sur la construction d'un indice collectif.

La comparaison des trois listes confirme la présence, dans les 100 premiers rangs, de polluants issus de grandes familles

connues et visées par les PNSE : HAP, pesticides, dioxines, etc. Les divergences sur les niveaux de priorité donnent d'autres éléments d'information.

Dans le cadre de l'appui au ministère, l'INERIS s'intéresse aux substitutions de substances toxiques, comme pour le bisphénol A et le perchloroéthylène (PCE). Les technologies ont fortement pénétré le marché : les technologies à base d'hydrocarbures, de siloxanes et l'aquanettoyage, d'autres sont plus sporadiques (CO<sub>2</sub> liquide ou supercritique et les éthers de propylène glycols).

### En savoir plus



- Helpdesk INERIS, tél. : 0 820 20 18 16  
> REACH : [www.ineris.fr/reach-info/](http://www.ineris.fr/reach-info/)  
> CLP : [www.ineris.fr/clp-info/](http://www.ineris.fr/clp-info/)
- Service National Substitution du BPA (SNA-BPA) : [www.ineris.fr/substitution-bpa/](http://www.ineris.fr/substitution-bpa/)
- Portail "substances chimiques" : [www.ineris.fr/substances/fr/](http://www.ineris.fr/substances/fr/)
- Site du GIS FRANCOOPA : [www.francopa.fr](http://www.francopa.fr)
- La sécurité des produits chimiques : une harmonisation internationale des réglementations est-elle possible dans l'avenir? Annick Pichard, *Responsabilité et environnement*, Annales des Mines n° 71, juillet 2013.



## Explosion

# Une question de souffle

En avril 2012, sur le site de Montlville (Oise), une équipe de l'unité Expérimentation et modélisation en explosion de l'INERIS achevait une campagne expérimentale : simuler à grande échelle des fuites de gaz naturel sous pression, étudier les nuages ainsi formés, puis provoquer une étincelle...

**E**n matière de risque industriel, le gaz naturel est sous très haute surveillance. Des efforts considérables sont portés pour anticiper et mieux mesurer l'impact d'une explosion en fonction du nuage formé et de la position du point d'inflammation. C'est le cas chez GDF SUEZ, qui évalue les risques d'inflammation sur ses sites industriels en gaz naturel exploités à forte pression. En surface du site, bien que très peu probable, une rupture de canalisation de gaz naturel sous pression peut provoquer un nuage de grande ampleur, très turbulent, susceptible de s'enflammer. En 2009, à la demande du ministère chargé de l'Écologie, l'INERIS et GDF SUEZ ont engagé une collaboration pour proposer une méthode commune acceptable d'évaluation des effets de surpression.

## Caractériser le souffle de l'explosion

En 2009, l'INERIS mène une première étude sur les phénomènes de surpression provoqués lors d'une inflammation de nuages de gaz naturel. Il s'agit, en somme, de caractériser le niveau de ces surpressions. L'étude est menée conjointement avec le Centre de recherche et d'innovation sur le gaz et les énergies nouvelles (CRIGEN) de GDF SUEZ. Ces premiers résultats ont permis d'aboutir à un consensus ; toutefois, il est apparu nécessaire d'améliorer la compréhension du développement de la flamme et le calcul de sa vitesse. Une collaboration avec GDF SUEZ sur cette thématique est ainsi initiée. Très vite, il est donc décidé avec GDF SUEZ de compléter ces travaux par une campagne expérimentale sur notre plateforme pyrotechnique de Montlville et de mesurer en condition réelle, les effets de la surpression. C'est l'acte de naissance du programme EXJET. En amont du projet, mon rôle a d'abord consisté à définir le plan d'expérience et le dispositif expérimental. Dans un premier temps, j'ai travaillé en collaboration avec Didier Jamois, le responsable technique de la plateforme, puis avec Philippe Le Grill, l'un des six techniciens d'essai de notre unité pour la mise en place du plan d'expérience. Dans le cadre de ces travaux communs, un technicien de GDF SUEZ a appuyé l'INERIS dans la mise en place du dispositif expérimental pendant deux mois.

**Jérôme Daubech**





## Talents

De gauche à droite: Jérôme Daubech, ingénieur d'études et recherche, Philippe Le Grill, technicien d'essai, et Didier Jamois, responsable de la plateforme technique, unité Expérimentations et modélisations en explosions, direction des Risques accidentels.

Ci-dessous: cuve de stockage de gaz naturel utilisée pour les essais EXJET.



## Rechercher la position d'inflammation

La campagne expérimentale a commencé en 2011. Les essais se sont déroulés sur la plateforme pyrotechnique de Montlaville dans des conditions comparables à celles d'un site industriel. La première partie du travail a consisté à calibrer et à étalonner les capteurs de concentration et de vitesse utilisés pour la campagne. La seconde phase a consisté à mettre en place et à réaliser les essais de dispersion et d'explosion. Pour cela, nous disposions d'une cuve de 5 m<sup>3</sup> de gaz sous pression à 40 bars reliée à un orifice par un flexible. Nous avons construit un mât de mesure de plus de deux mètres de haut sur lequel nous avons disposé les capteurs. Ceux-ci étaient reliés à la salle de mesure située à 70 mètres de là et depuis laquelle nous pilotons l'installation et recueillions les données. Pour chaque essai de dispersion, nous avons mesuré le degré d'agitation du nuage de gaz en divers points, en déplaçant le mat de mesure jusqu'à obtenir une cartographie du nuage en trois dimensions. Cela fait, nous avons reproduit le nuage de gaz et porté l'étincelle en divers points de celui-ci, du plus près de la fuite au plus éloigné. Nous recherchions ainsi la position d'inflammation qui provoquait l'onde de surpression la plus forte. La campagne expérimentale s'est achevée en avril 2012.

**Philippe Le Grill**

## Mettre en évidence les phénomènes

Mon rôle fut d'accompagner Jérôme Daubech dans la définition du plan d'expérience. Sur la zone pyrotechnique, nous sommes soumis à certaines limites de pression, de projections, de bruit... pour des questions de sécurité. Nous avons ainsi beaucoup discuté de la façon dont il fallait mettre en évidence les phénomènes qui intéressaient GDF SUEZ. C'était notamment l'occasion d'utiliser pour la première fois un type de capteur que nous avions mis au point ces dernières années dans la mesure de fines turbulences. Lors de la phase préparatoire, nous nous sommes réparti les rôles: Jérôme Daubech, collecte d'informations complémentaires auprès de GDF SUEZ; Philippe Le Grill, recensement des équipements, recherche et achat de certains matériels et leur fabrication par nos ateliers. Quant à moi, en dehors de la sécurité, je gérais une partie des approvisionnements et la coactivité avec les autres essais du site. Philippe Le Grill a monté et calibré toutes les installations en quelques mois, accompagné par un technicien de GDF SUEZ. Ce partenariat n'était pas neutre: le fait de disposer d'une plateforme pyrotechnique de cette envergure est un avantage concurrentiel certain pour l'INERIS comme pour nos partenaires. Disposer de ces moyens pour passer de la modélisation aux essais à grande échelle est un atout très important. La collaboration avec GDF SUEZ se poursuit, en 2013, par la réalisation d'une nouvelle campagne d'essais, EXJET 3. Elle vise à étudier des configurations au plus proche de celles rencontrées sur les sites industriels.

**Didier Jamois**

« Certaines communes sont situées au-dessus de cavités souterraines creusées par l'homme. La majorité d'entre elles concerne le domaine privé et relève de la responsabilité des propriétaires de la surface. »



## Mettre en sécurité les effondrements situés en domaine privé

Sur l'ensemble du territoire français, les surfaces sous-minées par des cavités souterraines issues de l'activité humaine, carrières abandonnées, caves, refuges... représentent plusieurs dizaines de milliers d'hectares. La concentration d'anciennes carrières de matériaux de construction (calcaire, marne, gypse, etc.) est importante, notamment en Aquitaine, autour de Paris, en Picardie, en Normandie et dans la région Nord-Pas-de-Calais. Dans le département du Nord par exemple, en 2011, 113 communes concernées par la présence de cavités souterraines ont été recensées. Sur ce territoire, il s'agit essentiellement de carrières de craie abandonnées (périphérie de Valenciennes, Cambrai et Lille), mais aussi de sapes datant de la guerre 1914-18.

### Un danger pour les populations

À l'origine, les exploitations souterraines étaient entreprises en périphérie de l'enceinte des villes. Avec le développement croissant de ces dernières, les cavités abandonnées se sont rapidement retrouvées sous l'emprise des faubourgs urbains. Leur

effondrement, lié à la dégradation due au temps ou à l'eau au droit des zones urbanisées, entraîne des conséquences parfois tragiques vis-à-vis de la sécurité des populations.

Lorsque la détérioration de ces cavités menace directement les biens et les personnes, il existe des subventions permettant la mobilisation du Fonds de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM) pour aider les propriétaires à entreprendre des opérations de mise en sécurité. En revanche, si l'effondrement se produit sous un bien non assuré (secteur non bâti : jardin, champ, bois, etc.), aucune aide spécifique n'est prévue. Pour autant, le désordre reste sous l'entière responsabilité du propriétaire du terrain. Ne sachant quelle démarche suivre, nombre de particuliers préfèrent remédier eux-mêmes aux désordres en comblant par leurs propres moyens les effondrements sans déclarer leur intervention auprès des autorités. Dans ce contexte, la préfecture du Nord (59), particulièrement sensible à cette problématique, a demandé fin 2011 à l'INERIS d'élaborer un guide technique proposant

une procédure d'intervention de mise en sécurité à l'usage des particuliers. Le document a été rendu début 2013.

### De la découverte de l'effondrement au traitement

**Première étape, le constat.** « Lorsqu'un particulier découvre un effondrement dans son jardin, nous proposons dans le guide qu'il se rende à la mairie de son domicile pour y exposer son problème et y demander les plans de cavités souterraines, rapporte Catherine Lambert, ingénieur de l'unité Risques géotechniques liés à l'exploitation du sous-sol, ayant coordonné la réalisation du document. Nous avons choisi la mairie comme point d'entrée, car elle dispose de nombreuses informations en application de l'article L563-6 du code de l'environnement et notamment de données pour les carrières provenant du SEISM (Services d'expertises et d'ingénierie des sols et matériaux du département, anciennement SDICS). »

**Deuxième étape clé, la prise de contact.** « Nous proposons que la mairie mette en contact le particulier avec un tiers conventionné pour qu'il l'aide à définir le type



## Essais en laboratoire et sur site



**Catherine Lambert,**  
ingénieur de l'unité  
Risques  
géotechniques  
liés à l'exploitation  
du sous-sol  
de l'INERIS

### Comment avez-vous procédé pour élaborer le guide à l'usage des particuliers sur la mise en sécurité des effondrements ?

La réalisation du guide est le résultat d'un véritable travail de concertation pour lequel nous avons, en outre, joué un rôle de coordinateur entre les différents partenaires.

À ce titre, nous avons rencontré

des maires et leur service technique quand ils étaient concernés par la problématique, ainsi que les autorités de l'État (préfecture du Nord, DREAL, Communauté urbaine...) et leurs services déconcentrés (BRGM, CETE). Cette concertation a permis l'organisation de la démarche et la rédaction du guide. Ce travail n'aurait pas été complet sans la liaison avec la phase travaux. Pour cela, nous avons contacté la Fédération régionale des Travaux Publics du Nord-Pas-de-Calais. Ces contacts ont débouché sur l'élaboration d'une charte de bonnes pratiques signée par des entreprises locales de travaux publics.

### Quelles sont les questions en suspens ?

Si l'intervention d'un tiers conventionné apparaît comme essentielle pour aider les

particuliers à poser un diagnostic et les conseiller dans les traitements à mettre en œuvre, pour l'heure, ce tiers – qui se doit d'être un expert – n'a pas été désigné. Bureau d'ingénierie ? INERIS ? BRGM ? CETE ?... La question est ouverte comme celle du financement de la prestation : le particulier avec, éventuellement la participation de la commune, d'un groupement de communes, d'un fond... ? En effet, pour les plus démunis d'entre eux, s'ils disposent désormais d'un outil – le guide – pour les aider à traiter un effondrement, les travaux sont d'un coût important. Enfin, la démarche reste à mettre en pratique. Le cas d'un effondrement de carrière en janvier 2009, dans le jardin d'une personne âgée vivant seule sur la commune de Fâches-Thumesnil (59), permettra cette mise en pratique.

## Sur le terrain Des particuliers démunis

### Quel est l'intérêt pour un particulier d'être informé sur les procédures de mise en sécurité d'un effondrement ?

Lorsqu'un effondrement a lieu dans leur jardin, les particuliers n'ont pas droit à une subvention du fonds de prévention des risques naturels majeurs. Vulnérables, car victimes d'un sinistre qui peut être dangereux pour eux et leur entourage, ils se retrouvent seuls sans aucune aide pour choisir les interlocuteurs compétents dans la mise en place d'une solution de mise en sécurité.

Le guide élaboré par l'INERIS va non seulement leur donner des informations techniques leur permettant de mieux comprendre le désordre survenu sur leur propriété, mais aussi leur proposer une démarche qui va les mettre en relation avec les bons interlocuteurs – maires disposant de plans de carrières et/ou ayant connaissance de cas

similaires sur le territoire de la commune, liste d'entreprises ayant signé une charte de bonnes pratiques. Les particuliers seront ainsi moins démunis.

### Quel est l'intérêt de cette démarche auprès des particuliers pour la préfecture ?

Selon la procédure recommandée dans le guide, le maire, dès lors qu'un particulier lui fait part d'un effondrement sur son terrain, doit nous en informer. Jusqu'à présent, lorsqu'un effondrement et sa mise en sécurité avaient lieu, nous n'en étions pas nécessairement informés. Aujourd'hui, si la démarche du guide est suivie, nous aurons accès à cette information. C'est très important pour connaître l'évolution des cavités sur le département et ainsi mieux assurer notre mission en matière de prévention.



**Chloé Carrega,**  
chef du bureau  
Prévention de la  
préfecture du Nord

*d'effondrement auquel il est confronté. Selon l'origine du désordre, la façon de traiter sera différente. Nous avons proposé, dans le département du Nord, cinq cas types d'effondrement : la rupture d'une chambre isolée (sape de guerre, cave) ; trois types d'effondrement (selon la dimension du désordre) d'une carrière exploitée en catiche (exploitation en forme de bouteille), l'effondrement d'une carrière exploitée par la méthode des chambres et piliers.* » Une fois le cas type identifié, le particulier pourra prendre contact avec une ou plusieurs entreprises et demander un devis. Le guide propose une liste des sociétés ayant signé une charte de bonnes pratiques et donc capables de proposer, selon le cas type

d'effondrement, une solution adaptée et efficace de mise en sécurité. En outre, elles se sont engagées sur les délais, le choix des matériaux mis en place tout en garantissant un prix juste. Que les travaux soient réalisés à la main ou à l'aide d'un engin, « nous avons estimé le coût moyen à 100 euros le mètre cube mis en place », précise Catherine Lambert. Enfin, ultime étape, une fois le désordre mis en sécurité, « nous proposons au particulier d'établir une fiche synthétique résumant les travaux effectués. Cette fiche, en annexe du guide, pourra être transmise pour information à la mairie et au tiers conventionné ». Elle est essentielle pour avoir des données de traçabilité dans le domaine des cavités souterraines.

### En savoir plus

**Mise en sécurité d'effondrement de cavités souterraines situées en domaine privé – Application au département du Nord (59), guide technique local à l'usage des particuliers.**

Guide accessible sur [www.ineris.fr/centredoc/guideeffondrement-web-1360659356.pdf](http://www.ineris.fr/centredoc/guideeffondrement-web-1360659356.pdf)



# Mésocosmes : la maîtrise des écosystèmes

En permettant de reconstituer des écosystèmes artificiels dans des conditions environnementales naturelles, les mésocosmes constituent une échelle expérimentale intermédiaire pertinente pour étudier les effets à long terme des substances chimiques sur les milieux aquatiques.

**A**près s'être longuement penchée sur les cas de toxicité aiguë dans les années 1970, la recherche s'est tournée vers l'étude de la toxicité chronique, tout aussi nocive pour les écosystèmes, même si moins immédiatement visible.

Des premières observations de mortalité prématurée de poissons ou d'invertébrés jusqu'à la caractérisation du rôle des perturbateurs endocriniens dans les écosystèmes, un long chemin a été parcouru par les chercheurs, et notamment au sein de l'INERIS. La preuve en 3D, avec Éric Thybaud, responsable du pôle Dangers et impacts sur le vivant.

**1** Les mésocosmes s'apparentent à des rivières artificielles.

**2** Introduction d'un crustacé *Gammarus pule* dans les mésocosmes.

**3** Éric Thybaud, responsable du pôle Dangers et impacts sur le vivant.



## 1 Recréer des écosystèmes simplifiés Des dispositifs pertinents et originaux

Construits en 1995, les mésocosmes de l'INERIS sont constitués de 12 canaux de 20 mètres de long, profonds de 80 centimètres en moyenne et maintenus constamment en eau, avec un débit de 1 m<sup>3</sup> par heure. Deux personnes sont employées à plein temps pour entretenir et maintenir ce dispositif unique en France, qui permet de recréer des écosystèmes artificiels.

« Le mésocosme est à mi-chemin entre la complexité du milieu naturel et la simplicité du labo, expose Éric Thybaud. Il nous permet donc de recréer des écosystèmes simplifiés. » Pour ce faire, seuls quelques "ingrédients" sont nécessaires : de l'eau, des sédiments ainsi qu'une dizaine d'espèces animales et végétales, et les propagateurs naturels font le reste. « Les oiseaux, les invertébrés qu'ils véhiculent ainsi que les insectes, se chargent de compléter et de faire vivre l'écosystème développé dans le mésocosme, reprend Éric Thybaud. Nous atteignons un point d'équilibre en quelques mois, et pouvons ensuite nous lancer dans six mois de manipulations : nous introduisons un agent chimique ou environnemental exogène et nous étudions son impact sur les espèces cibles présentes. »

### Chiffres clés

12

canaux de 20 mètres de long

6

mois d'expérimentation

2

personnes à plein temps

# es aquatiques



## 2 Analyser et valider les données obtenues Une méthode expérimentale réaliste

« De par leur complexité, les mésocosmes nous permettent de vérifier le rôle des facteurs environnementaux sur le comportement, le devenir et les effets des substances chimiques sur les espèces animales et végétales », poursuit Éric Thybaud. En outre, nous avançons sur plusieurs fronts et nous cherchons les effets de ces substances chimiques sur la physiologie des poissons présents dans les mésocosmes et sur la structure de la population de ces mêmes poissons. Ces études permettent donc de confirmer ou d'infirmer les premières observations effectuées en laboratoires dans des conditions très éloignées de la réalité des milieux naturels. »



## 3 Développer la recherche À la disposition des partenaires

Depuis la construction des mésocosmes, ce sont une dizaine de substances qui ont été étudiées dans cette configuration : des médicaments avec l'Agence nationale de sécurité du médicament (ANSM), des pesticides ainsi que des substances chimiques industrielles, telles que le bisphénol A. « Il nous a d'abord fallu maîtriser le dispositif lui-même », se souvient Éric Thybaud. Aujourd'hui maîtrisés, les mésocosmes de l'INERIS ont permis de valider nombre de tests menés en laboratoire et permis de prouver la toxicité de certaines substances. « Nous maîtrisons désormais nos conditions expérimentales, conclut Éric Thybaud, et nous sommes à la disposition de nos partenaires publics et privés pour mener des recherches sur les perturbateurs environnementaux présents et à venir. »



## Ensemble

**AIR LIQUIDE/INERIS** - L'INERIS multiplie ses partenariats avec le monde industriel. Exemple concret sur le thème de l'hydrogène, énergie du futur, et le programme Horizon Hydrogène Énergie (H2E) piloté par Air Liquide autour de la sécurité des solutions de stockage.

# Un partage d'expériences sur les applications de l'hydrogène

## À savoir

### Les projets déjà menés avec Air Liquide

- HYDROMEL : propriétés des mélanges hydrogène-méthane.
- HYPE : développement d'un stockage en composite.
- DIMITRHY : mitigation du risque hydrogène pour des applications de pile à combustible.
- BARPRO : barrières de protection en cas d'explosion d'hydrogène (en cours).

Par ailleurs, Air Liquide et l'INERIS participent activement à la plateforme AFHYAC en France, dans le but de faciliter l'innovation dans ce domaine technique.

**Rémy Bouet,**  
responsable  
du marché Énergie  
à l'INERIS.



**Sidonie Ruban,**  
coordonnatrice  
des projets  
Risques  
et sécurité  
hydrogène chez  
Air Liquide.



H2E est un programme multipartenaires démarré en 2009, dans la continuité d'autres études conjointes sur l'hydrogène.

Interview croisée de Rémy Bouet, responsable du marché Énergie à l'INERIS, et de Sidonie Ruban, coordonnatrice des projets Risques et sécurité hydrogène chez Air Liquide.

### En quoi consiste le lot sécurité du programme Horizon Hydrogène Énergie (H2E)?

**Sidonie Ruban:** La sécurité du stockage est essentielle au développement de l'hydrogène dans ses applications mobiles et stationnaires, les véhicules, les piles à combustible... Très léger et non toxique, l'hydrogène se disperse vers le haut en cas de fuite. En revanche, l'hydrogène s'enflamme très facilement et présente un fort risque d'explosion s'ils s'accumule, ce qu'il faut donc absolument éviter. L'un des objectifs du programme H2E est de mettre au point des réservoirs en composite et systèmes de pile à combustible qui soient les plus sûrs possibles tant du point de vue de l'étanchéité que de la tenue aux impacts, au feu, à l'explosion... Tout était inédit dans ce projet : la très haute pression de l'hydrogène à stocker (700 bars), l'utilisation de matériaux composites... Et nous avons besoin de l'expérience et des moyens d'essais de l'INERIS pour "éprouver" nos solutions et les améliorer.

**Rémy Bouet:** Les campagnes d'essais se sont déroulées dans les installations de l'INERIS à Verneuil-en-Halatte (Oise). Elles ont porté sur l'ensemble du système

de stockage, bouteilles, tuyaux et raccords, mise en conditions réelles d'utilisation : essais d'impact sur les bouteilles sous haute pression, essais d'incendie (en conduisant l'expérimentation jusqu'à l'éclatement du réservoir), tests de dispositifs de sécurité, et sur les installations de pile à combustible, caractérisation de fuites sur des raccords fortement sollicités, essais d'explosion dans des structures, etc. Les très nombreuses données obtenues permettent d'optimiser le dimensionnement de ces bouteilles et de les sécuriser.

### Quelle est, selon vous, la valeur ajoutée d'une telle collaboration ?

**R. B.:** Ce type de collaboration permet à l'INERIS d'accompagner les acteurs du secteur industriel pour rendre les innovations et les développements technologiques plus propres et sûrs. Pour l'INERIS, travailler avec des entreprises comme Air Liquide contribue à renforcer notre expertise et ainsi à mieux répondre à l'ensemble des problématiques de sécurité industrielle.

**S. R.:** Pour nous, industriels, c'est la possibilité de bénéficier de moyens d'essais très spécifiques ainsi que de compétences précieuses en matière de compréhension des phénomènes, de conception et de conduite des tests... Pouvoir recréer des conditions à échelle réelle dans le tunnel d'essais de l'INERIS nous a permis d'évaluer les dangers et leurs conséquences, notamment les risques de sur-accident en cas d'incendie ou de fuite d'hydrogène, de les prévoir et de les prévenir grâce à des dispositifs de protection adéquats tels que fusibles thermiques, événements...

### Quelles seront les suites données à cette collaboration ?

**S. R.:** L'étape suivante se situe au niveau européen, notamment au travers du programme FIRECOMP, qui vient de démarrer avec des partenaires industriels et institutionnels de plusieurs pays. L'objectif est de partager nos expériences et d'harmoniser les normes de sécurité dans le domaine des applications hydrogène.

**R. B.:** Sur la base d'une campagne expérimentale réalisée en grande partie à l'INERIS, ce programme visera aussi à développer et valider des modèles thermomécaniques afin de pouvoir mieux qualifier, et plus rapidement, les systèmes de stockage hydrogène dans une grande variété d'applications.