

## DÉVELOPPEMENTS

Transporter  
l'hydrogène-énergie  
P. 12

## SAGA

Avoir 20 ans  
en 2010  
P. 14

## ÉCHANGES

Une histoire de 20 ans  
P. 16

20 ANS  
D'INERIS

# INERIS

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

## MOUVEMENTS DE TERRAIN

### Une problématique préoccupante



**INERIS**

maîtriser le risque  
pour un développement durable



# BRÈVES

## Amélioration de la qualité de l'air : **le renforcement du rôle du LCSQA**



**S'**appuyant sur son riche héritage en sécurité minière transmis par le CERCHAR, l'INERIS s'est très tôt investi dans le domaine de la prévention des risques naturels de mouvements de terrain. Ses principaux champs d'ac-

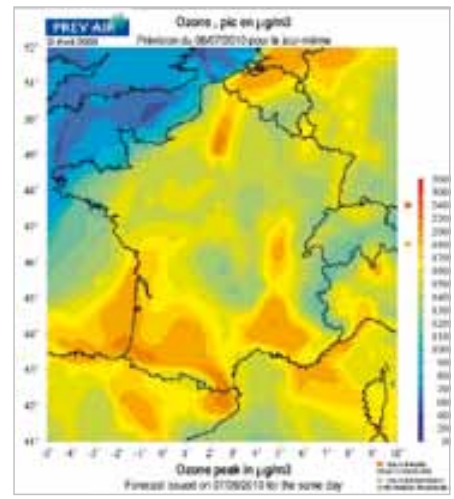
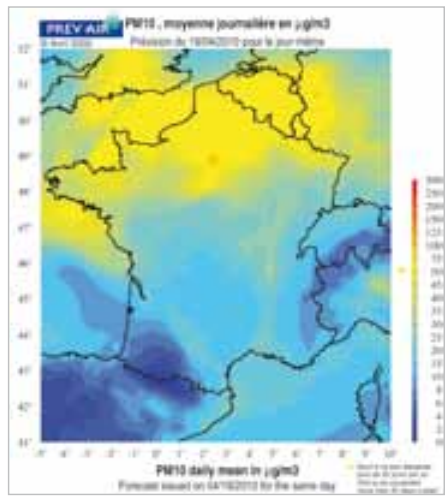
tions concernent les aléas relatifs à la présence de cavités souterraines, de falaises et de versants rocheux ou résultant du phénomène de retrait-gonflement des sols argileux. Les travaux de recherche en lien avec la problématique visent à progresser dans la compréhension du comportement des massifs rocheux et des sols ainsi que dans la capacité à prévenir les accidents en anticipant, à travers les réseaux de surveillance notamment, le déclenchement d'éventuelles instabilités géologiques ou de mouvements de terrain. Par ailleurs, l'INERIS s'est fortement investi dans l'élaboration et la promotion des Plans de Prévention des Risques Naturels (PPRN), depuis leur création en 1995. Près du tiers des PPRN cavités aujourd'hui approuvés sur notre territoire ont ainsi été établis par l'Institut, notamment au sein d'agglomérations sensibles (Laon, Pontoise, Marseille...). Divers guides méthodologiques PPRN, élaborés par les équipes de la Direction des Risques Sol et Sous-Sol font également désormais autorité dans le domaine.

Plus récemment, une réflexion animée par l'Institut, en partenariat avec d'autres membres du réseau scientifique et technique du ministère (LCPC, BRGM, CEMAGREF...), a été initiée pour caractériser et permettre d'anticiper l'impact du changement climatique sur les risques relatifs aux cavités anthropiques et naturelles (effondrements, dissolution) ainsi qu'aux versants rocheux (chutes de blocs, glissements, avalanches...).

La désignation récente de l'Institut pour animer, au côté du ministère chargé de l'Environnement, la préparation d'un Plan National Cavités, qui vise à élaborer une politique nationale de prévention de ce type de risque souvent mal connu et négligé, constitue un signe fort de reconnaissance des compétences et de l'engagement des équipes de l'INERIS dans le domaine important de la prévention des risques naturels.

**Mehdi Ghoreychi**  
directeur des Risques du Sol et Sous-Sol

Photo de couverture: Effondrement de falaise à Salles-la-Source (12) en juin 2005



Le système PREV'AIR de prévision de la qualité de l'air

**F**ace à l'enjeu de taille que constitue la protection de la qualité de l'air extérieur et intérieur, Chantal Jouanno, secrétaire d'État chargée de l'Écologie, a présenté le 28 juillet 2010 la politique renforcée de la qualité de l'air prévue par le Grenelle de l'Environnement et le deuxième Plan National Santé-Environnement (2009-2013).

Le gouvernement a décidé de confier la coordination nationale du dispositif de surveillance de la qualité de l'air au Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA). Coordonné par l'INERIS, il regroupe également le Laboratoire National de métrologie et d'Essais (LNE) et l'École des mines de Douai.

Le LCSQA référent technique national assure déjà la qualité et la cohérence des données et des informations délivrées par les associations agréées de surveillance de la qualité de l'air, ainsi que l'appui au MEEEDM sur les aspects techniques et scientifiques dans l'élaboration et l'application de sa politique air.

La ministre a motivé le renforcement du rôle du LCSQA par le rôle croissant de la prévision et de la modélisation dans les systèmes de surveillance de la qualité de l'air.

L'optimisation de la surveillance de la qualité de l'air inclut en effet une meilleure connaissance des sources d'émission, une meilleure modélisation et prévision, ainsi que des outils plus robustes de bases de données sur l'air et d'évaluation des effets des actions de réduction des émissions sur la qualité de l'air.

Le travail du LCSQA se fera avec l'appui des Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA), qui devront être régionalisées au plus tard en janvier 2012, conformément à la loi Grenelle 2. Le réseau AASQA-LCSQA, sera le pilier de la surveillance de la qualité de l'air en France, garantissant une expertise de haut niveau cohérente sur l'ensemble du territoire.





# L'INERIS coordonne le projet européen MISSTER



Puits de mine abandonné

européens : l'université de Nottingham, et Mines Rescue pour le Royaume-Uni ; le Central Mining Institute et l'exploitant minier Kompania Węgłowa pour la Pologne ; DMT (Allemagne), et Geocontrol (Espagne).

Le projet MISSTER (Mine shafts : Improving Security and New Tools for the Evaluation of Risks) a pour objectif de constituer un retour d'expérience d'incidents de puits à l'échelle européenne ; de développer les techniques de localisation et d'auscultation des puits qui ne sont plus visibles ; d'améliorer techniquement et économiquement les méthodes de

mise en sécurité des puits ; de constituer un guide de bonnes pratiques pour l'évaluation des risques associés aux puits et les techniques de fermeture les mieux adaptées aux enjeux de proximité. Les travaux menés dans le cadre de ce projet bénéficieront également au domaine des stockages souterrains de CO<sub>2</sub>, d'hydrocarbures et de déchets (problème de fuite et impact sur la sécurité et l'environnement).

<http://www.misster.eu>

La Commission européenne a confié à l'INERIS la coordination d'un projet relatif aux risques liés aux puits de mines dans le cadre du programme RFCS (Research Fund for Coal and Steel).

La sécurité et la fiabilité des puits et des ouvrages d'accès sont des préoccupations pour l'activité d'exploitation souterraine (mines et carrières), et pour l'aménagement à long terme du territoire après la fermeture d'exploitations.

L'INERIS s'est associé à des partenaires privilégiés

## Portes Ouvertes INERIS : 1<sup>er</sup> et 2 octobre 2010

À l'occasion de son vingtième anniversaire, l'INERIS ouvre ses portes aux professionnels le vendredi 1<sup>er</sup> octobre 2010 et au grand public, sur invitation, le samedi 2 octobre 2010, de 9h à 17h à Verneuil-en-Halatte (Oise), afin de faire découvrir ou redécouvrir ses activités, installations et équipements.

Au programme : démonstrations d'explosion et d'inflammation, visite des mésocosmes, métrologie des nanoparticules et des polluants de l'air, présentation de matériels de mesure et de surveillance des mouvements de terrain, etc. De nombreuses conférences au fil de la journée abordent des thématiques variées telles que la nouvelle réglementation des substances chimiques, les risques associés aux nouvelles énergies, le stockage du CO<sub>2</sub>, les PPRT.



## Le Séminaire des Orientations Scientifiques et Techniques de l'INERIS

Le Séminaire des Orientations Scientifiques et Techniques de l'INERIS s'est tenu à Paris le 4 juin 2010. Il réunissait les membres des différentes instances de gouvernance de l'INERIS : le Conseil Scientifique, la nouvelle Commission d'Orientations de la Recherche et de l'Expertise (CORE)<sup>(1)</sup> – qui a pour but d'ouvrir la gouvernance de l'INERIS à la société civile –, les commissions scientifiques des risques chroniques, risques accidentels et risques du sol et sous-sol, le conseil d'administration et les représentants du ministère de tutelle. Lors des ateliers de cette journée, 24 fiches préparatoires au nouveau contrat d'objectifs ont été présentées abordant l'ensemble des activités de l'INERIS, les activités de recherche transversale (nanos...) et les orientations stratégiques globales de l'INERIS sur les thèmes : développement durable, gouvernance, concertation, déontologie. Le séminaire a réuni 80 participants.

(1) La CORE comporte six collèges : ONG, syndicats, élus, industriels, académiques, État.



## Assises Nationales des Risques Technologiques

**D**ébatte des avancées en matière de prévention des risques technologiques et se tenir informé, rencontrer les acteurs majeurs du domaine, participer à la mise en place d'une culture du risque tels sont les objectifs des 4<sup>èmes</sup> Assises Nationales des Risques Technologiques, qui se tiendront le 21 octobre 2010 à Douai. Elles sont organisées tous les deux ans par le réseau des DREAL et l'Association Nationale des Risques Technologiques, sous l'égide du ministère en charge de l'Environnement.

Différents thèmes seront abordés : la maîtrise de l'urbanisation et du vieillissement des installations ; la compétence et la formation dans le domaine des risques ; les instances de concertation ; l'évaluation des risques sanitaires ; la gestion des effets sanitaires et des impacts différés des catastrophes



(le post-accidentel) ; les réformes, inspection des ICPE et nouvelles organisations de l'État.

L'INERIS sera représenté : Yann Macé interviendra sur la question de la maîtrise du vieillissement des installations, et Philippe Hubert sur la question des effets sanitaires et des impacts différés des catastrophes. Une exposition retraçant les 20 ans d'histoire de l'INERIS sera également présentée.

Pour consulter le programme :

<http://www.assises-risques.com>

Pour s'inscrire par téléphone : 03 63 65 80 03 ou par mail : [assises@rlevent.com](mailto:assises@rlevent.com)

## L'exposition aux particules ultrafines

**Q**uelles sont les sources de particules ultrafines produites lors des activités domestiques ? Quel est leur impact sur la qualité de l'air des environnements intérieurs ? Ces questions sont au centre de la thèse qu'a menée Xiaolin Ji

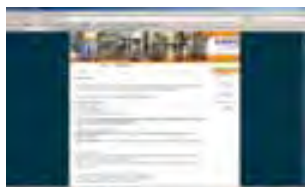
et qu'elle a présentée le 1<sup>er</sup> juillet 2010 à l'INERIS à Verneuil-en-Halatte. Cette thèse intitulée « Caractérisation des expositions humaines aux particules ultrafines » a été préparée à l'INERIS et à l'université Paris XII avec le soutien de l'AFSSET et le concours de différents partenaires, dont le CSTB.



Les expérimentations, menées dans la Maison Automatisée pour la Recherche Innovante de l'Air (MARIA, maison expérimentale du CSTB), ont permis de confirmer la méthode actuelle de mesure des particules, de démontrer la distribution des polluants à l'intérieur de l'ensemble des pièces de la maison et de classer l'impact des sources en trois catégories : élevé (cuisson, chauffage d'appoint, grille-pain) ; modéré (encens, cigarette, bougie) ; faible (spray désodorisant, aspirateur, sèche-cheveux). Ces travaux ont également abouti au développement de nouveaux concepts (moyenne globale spécifique d'impact d'une source) et à la validation d'une méthode d'évaluation innovante de l'exposition des individus aux sources domestiques des particules ultrafines.

## Refonte du site Viji

« Veille juridique intégrée sur les risques industriels »



**L**e site Viji « Veille juridique intégrée sur les risques industriels » est un site en langue française d'information réglementaire relatif au droit de l'environnement industriel développé

par l'INERIS. Il s'adresse aux industriels, bureaux d'études ou collectivités locales. Il vient de faire l'objet d'une refonte. Viji intègre dans sa base de données toutes les informations relatives : au code de l'environnement, au code du travail, au code de l'urbanisme et au transport des matières dangereuses. Il apporte une information exhaustive et analysée sur l'ensemble des textes communautaires et nationaux relatifs à l'hygiène, la sécurité et l'environnement.

<http://www.ineris.fr/viji>

## Agenda

→ **Un colloque sur les Natech**, « Impacts des aléas naturels sur les installations industrielles : une approche indispensable dans la maîtrise des risques », aura lieu à Mulhouse le 21 octobre 2010. Il réunira industriels, experts du risque et sapeurs-pompiers pour aborder les différents aspects des Natech avant, pendant et après l'accident.

→ **Symposium « Stabilité des versants rocheux »**. L'INERIS organisera un colloque sur la stabilité des versants rocheux les 24 et 25 novembre à Paris. Il a pour objectif de dresser un état des connaissances sur les phénomènes d'instabilité de masses rocheuses, les moyens de les caractériser, les nouvelles méthodes numériques de modélisation, ainsi que l'évaluation de leurs conséquences sur l'aménagement du territoire.

→ **Salon Pollutec 2010**

Le salon Pollutec, 24<sup>e</sup> salon international des équipements, des technologies et des services de l'environnement, se tiendra du 30 novembre au 3 décembre 2010 à Lyon Eurexpo.



# MOUVEMENTS DE TERRAIN

## UNE PROBLÉMATIQUE PRÉOCCUPANTE

- ▶ Le retrait-gonflement de l'argile sous microscope électronique | Page 6
- ▶ *Focus* : Le plan national «cavités» | Page 7
- ▶ Un regard d'expert sur les PPRN | Page 7
- ▶ Comment réagiront les cavités souterraines aux variations climatiques ? | Page 8
- ▶ *Focus* : Mieux comprendre et surveiller les risques de rupture des massifs rocheux | Page 9
- ▶ *Focus* : Vers une meilleure protection face aux mouvements de terrain | Page 10
- ▶ *Focus* : La stabilité des versants rocheux | Page 11
- ▶ Prévenir l'impact des aléas naturels sur les sites industriels | Page 11



Qu'ils soient lents (affaissements, tassements de sol, retrait-gonflement de sols argileux...) ou brutaux (effondrements de cavités, éboulements rocheux, coulées de boue...), les mouvements de terrain constituent une menace permanente pour les personnes, les biens et l'environnement dans les zones exposées: montagne, littoral maritime, ancienne région d'extraction des ressources du sous-sol. D'origine naturelle ou anthropique, ils seraient à l'origine de 800 à 1000 morts chaque année dans le monde (hors séismes).

En France, les mouvements de terrain affectent 7000 communes. Plus de la moitié de la population (54%) réside dans des communes exposées à un risque majeur de mouvement de terrain. La diversité des menaces de déstabilisation du sol ou du sous-sol explique que de nombreuses régions sont concernées : éboulements et glissements en montagne, fontis dans les plaines creusées de cavités anthropiques (anciennes carrières de craie ou de gypse, marnières) ou naturelles (dissolution de roches poreuses), affaissements d'anciennes galeries minières (bassins ferrifères, bassins houillers, mines de sel, mines de métaux non ferreux), effondrements de falaise, phénomènes de retrait-gonflement dans les sols argileux.

Le phénomène n'est pas nouveau : en 1248, l'écroulement d'un versant rocheux avait provoqué la disparition de plusieurs milliers de personnes au Mont Granier, en Savoie. L'exploitation du sous-sol au cours des siècles (carrières, mines) a encore aggravé les risques de mouvements de terrain susceptibles de se produire après l'arrêt de l'activité. En 1961, l'effondrement d'une ancienne



Éboulement du versant rocheux de Valabres (Alpes Maritimes)

carrière souterraine de craie a détruit un quartier de Clamart (Hauts-de-Seine), où 21 personnes ont trouvé la mort.

### L'impact du changement climatique

Les scientifiques s'attendent à une augmentation des aléas sous l'effet du changement climatique. « Plus encore que l'élévation des températures, ce sont les modifications annoncées dans les régimes pluviométriques qui sont préoccupantes pour les cavités souterraines », observe Christophe Didier, Directeur Adjoint de la Direction des Risques du Sol et du Sous-Sol (DRS) de l'INERIS. Selon les prévisions du GIEC<sup>(1)</sup>, il faut s'attendre d'une part à une évolution du régime des précipitations entraînant des variations fréquentes du niveau des nappes d'eau souterraines (les « battements de nappes ») susceptibles de fragiliser la structure

de roches telles que la craie, le gypse. D'autre part il faut s'attendre à des variations plus importantes de la température et des précipitations affectant la stabilité des versants rocheux. Le changement climatique pourrait aussi avoir un autre impact, si l'augmentation de la recharge hivernale des nappes se traduisait par l'infiltration d'eaux moins minéralisées. Ce phénomène serait susceptible d'influer sur l'agressivité de l'eau vis-à-vis de la roche, facteur particulièrement important pour la formation de cavités dans les roches calcaires. Face à l'augmentation des enjeux inhérents à ces évolutions, et conformément aux recommandations du Grenelle de l'Environnement, la France met en œuvre des actions anticipatrices afin de minimiser les impacts socio-économiques et

| SUITE PAGE 8 |

## | LE RETRAIT-GONFLEMENT DE L'ARGILE SOUS MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE |

Les variations de température et de précipitations provoquent des effets géomécaniques sur les sols argileux. Se manifestant par des mouvements de retrait et de gonflement, ce phénomène provoque des désordres dans les constructions pouvant aller jusqu'à les rendre inhabitables. En dépit de nombreuses recherches réalisées sur les sols argileux, les mécanismes de déformation et de fissuration régissant en particulier le retrait et la dessiccation ne sont pas encore bien compris et maîtrisés. Ainsi, l'INERIS conduit un programme de recherche (piloté par Jean-Bernard Kazmierczak) en laboratoire sur deux types d'argiles homogènes – l'argile verte de Romainville et la Montmorillonite



Argile au microscope électronique

grecque – pour lesquels de nombreuses données de laboratoire étaient disponibles. Le comportement physico-chimique de ces argiles et la cinétique des phénomènes de retrait-gonflement, notamment sous l'effet des variations de température

et d'hygrométrie, ont été étudiés au moyen d'un Microscope Électronique à Balayage Environnemental (MEBE) disponible à l'INERIS. Réalisés en partenariat avec l'École centrale de Paris<sup>(1)</sup>, ces travaux ont permis de développer un dispositif de caractérisation de l'argile équipé d'un système de micropesage d'échantillons en conditions contrôlées qui a fait l'objet d'un brevet. Par ailleurs, deux modèles prédictifs complémentaires ont été développés : l'un numérique, l'autre analytique. Ces modèles seront testés et validés sur des argiles hétérogènes prélevés dans des zones de désordre.

(1) Ces travaux ont donné lieu à une thèse de doctorat, en voie de soutenance par Tatiana Maison.



## « LE PLAN NATIONAL "CAVITÉS" DEVRA MUTUALISER L'ENSEMBLE DES COMPÉTENCES »



Christophe Didier, directeur adjoint, Direction des Risques du Sol et du Sous-Sol

L'objectif du futur Plan National Cavités est d'établir une politique globale et cohérente de prévention du risque d'effondrement des cavités souterraines. En effet, si certains plans de prévention des risques intègrent les cavités souterraines inventoriées, beaucoup de communes n'ont pris aucune disposition, faute d'avoir identifié et localisé avec précision ce risque sur leur territoire.

Lancée par le MEEDDM avec la volonté de fédérer l'ensemble des expertises existantes sur le sujet, l'initiative réunit un large panel d'acteurs sous la coordination de l'INERIS et de la DGPR\*, qui constituent l'équipe pilote de la démarche. Outre la compétence des différents services de l'État (Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages, DREAL, DDT) et de divers organismes publics (LCPC, CETE\*\*, BRGM, services des Carrières), plusieurs représentants des diverses parties prenantes seront également associés à la préparation du plan: élus, assureurs, universitaires, spéléologues, organismes de formation, associations. Trois groupes de travail ont été constitués afin de

couvrir la totalité de la problématique. Le premier a pour mission d'établir un état des lieux des connaissances actuelles, de cartographier les compétences existantes et de définir des axes prioritaires de recherche et développement. Il conduit à définir un programme scientifique multidisciplinaire, pluriannuel, assorti de modalités de financement organisant une véritable cohérence entre les organismes, afin d'optimiser l'enveloppe budgétaire dédiée à la recherche et au développement sur le sujet. Dans leurs grandes lignes, ces travaux devront aboutir à plusieurs avancées: l'amélioration des outils de détection et de localisation des cavités; une meilleure compréhension du comportement de la roche; une meilleure prise en compte des facteurs de dégradation; la construction d'outils et de référentiels communs; l'identification des avantages et des limites des techniques de surveillance; une meilleure prise en compte de la vulnérabilité des biens.

Le deuxième groupe travaille sur la diffusion de l'information et des connaissances à destination des acteurs concernés, en particulier les collecti-

tés territoriales. Des sources existent: différentes bases de données PPRN, les atlas des risques, les sites Internet, les services des carrières, etc. Il s'agit de les mutualiser et d'en optimiser l'utilisation afin d'étendre la connaissance du risque aux communes et aux particuliers pour en améliorer la prise en compte à titre préventif avec, également, l'objectif de favoriser l'intégration et la valorisation des cavités souterraines dans le patrimoine local.

Orienté vers l'aménagement du territoire, le troisième groupe de travail devra définir des mesures pour générer une prise en compte optimale du risque sur l'ensemble du territoire du point de vue technique, réglementaire et financier. Une synthèse de l'ensemble des propositions sera présentée début 2011. Elle servira de base à l'élaboration du Plan National Cavités.

\* Direction Générale de la Prévention des Risques.

\*\* Centres d'Études Techniques de l'Équipement.



### | UN REGARD D'EXPERT SUR LES PPRN |

s'appliquent tant aux futures constructions qu'aux constructions existantes, dans le but de maîtriser et réduire leur vulnérabilité.

« Depuis leur entrée en vigueur, l'INERIS a participé à l'élaboration d'une trentaine de plans de prévention des risques naturels prévisibles pour des communes soumises à l'aléa cavités souterraines, soit le tiers des PPRN de ce type, explique Jean-Marc Watelet, expert en géotechnique à la DRS. Au cours de la phase d'études techniques, notre rôle consistait à réunir toutes les informations nécessaires à l'analyse des risques encourus et à leur cartographie. Cette expérience a nourri un guide méthodologique réalisé pour le compte du MEEDDM. »

Tout en participant activement à l'élaboration de PPRN nécessitant des compétences pointues en

géotechnique, l'INERIS est également sollicité par les services déconcentrés de l'État pour prendre part aux travaux des commissions d'experts chargées du volet réglementaire du PPRN. « Le rôle de ces commissions est d'une part de valider l'analyse des aléas, précise Jean-Marc Watelet, et d'autre part de fixer les préconisations préventives et les mesures réglementaires qui s'appliqueront dans la zone exposée et présentant des enjeux avérés. »

Dans d'autres cas, l'INERIS est convié à participer à des groupes de travail mis en place à l'échelle de la région ou du département pour veiller à l'application d'une politique de prévention cohérente (Gironde, Bouches-du-Rhône), adapter la méthodologie d'analyse du risque (Ile-de-France), ou réaliser un atlas des risques naturels (Oise).

Les PPRN (Plans de Prévention des Risques Naturels) définissent les zones d'exposition aux phénomènes naturels prévisibles, directs ou indirects. Ils réglementent l'utilisation des sols, la façon de construire, l'usage et la gestion des zones à risques – zones dites « d'aléa » – dans une approche globale du risque. Les réglementations



Géophone enregistrant l'activité microsismique de la roche

de réduire la vulnérabilité des personnes et des biens concernés. Les coûts économiques et sociaux de ces risques naturels pourraient en effet se révéler très importants. Selon l'ONERC (Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique), « à urbanisation constante, les dommages moyens annuels aux logements générés par le risque de retrait-gonflement des argiles pourraient dépasser un milliard d'euros en 2100. Ce coût pourrait être multiplié par un facteur 4 à 5 si l'on tient compte de l'urbanisation dans les zones à risques ». « Quant au coût relatif aux aléas gravitaires, ajoute le rapport de l'ONERC, il n'a pas été évalué du fait d'un grand besoin de connaissances. Il faut cependant souligner le fort impact sociétal qu'ont les catastrophes associées à ces aléas, pouvant entraîner des pertes de vies humaines et des coûts importants très localisés. »

### Trois domaines de recherche concentrés dans COSMOS

Appelé à participer au sous-groupe de travail relatif à l'impact du changement climatique sur les risques naturels (le groupe de travail interdisciplinaire a été piloté par l'ONERC et le Département de lutte contre l'effet de serre du MEEDDM<sup>[2]</sup> en 2008 et 2009), l'INERIS a plus particulièrement animé la réflexion sur les risques gravitaires avec le BRGM<sup>[3]</sup>, le LCPC<sup>[4]</sup> et le CEMAGREF<sup>[5]</sup>. « Les aléas du sol et du sous-sol, qu'ils soient naturels ou d'origine anthropique, sont au cœur des compétences de l'INERIS depuis son origine », affirme Mehdi Ghoreychi, directeur des Risques du Sol et du Sous-Sol, rappelant que l'organisme est issu pour partie de l'ancien Centre d'Études et de Recherche de CHARbonnages de France (CERCHAR).

Centrées à l'origine sur le diagnostic du risque d'instabilité des cavités du sous-sol (mines, carrières) et la surveillance des zones exposées à ce danger, les compétences de l'INERIS ont été étendues à la connaissance et à la prévention d'autres aléas. Elles intègrent aujourd'hui la plupart des thématiques propres aux mouvements de terrain : l'effondrement des cavités souterraines ; l'éboulement des fronts rocheux ; la conception d'outils de prédiction des instabilités ; l'appui aux pouvoirs publics pour l'élaboration des Plans de Prévention des Risques Naturels (PPRN) prévisibles et des actions de prévention ; l'impact du changement climatique sur les risques de mouvements de terrain ; l'étude des interactions sol/structure et du mécanisme de retrait-gonflement des sols argileux.

« Nos travaux dans le domaine des risques naturels de mouvements de terrain se

déclinent selon trois activités complémentaires, précise Mehdi Ghoreychi :

- la compréhension des mécanismes de déformation et de rupture des massifs rocheux ;
- l'expérimentation en site réel instrumenté pour valider les résultats des travaux de laboratoire ;
- la modélisation numérique du comportement du massif rocheux et des ouvrages souterrains en 2D et 3D. »

Trois domaines d'activité qui sont concentrés depuis janvier 2010 dans l'axe de recherche COSMOS (Compréhension, Modélisation et Surveillance de la déformation et de la rupture des massifs rocheux). D'une durée de cinq ans, COSMOS a pour vocation de rassembler et de coordonner l'ensemble des compétences scientifiques nécessaires à la compréhension, à la prévention et à l'observation des phénomènes d'instabilité des massifs rocheux.

### Travaux de recherche sur la vulnérabilité des biens

À l'axe COSMOS, il faut ajouter des travaux sur la compréhension approfondie et la modélisation du phénomène de retrait-gonflement des sols argileux (encadré p.6). Après avoir participé au programme ARGIC de l'Agence Nationale de la Recherche, l'INERIS poursuit ses recherches, justifiées par la problématique de la sécheresse liée au changement climatique.

Dans le domaine des interactions sol/structures, l'Institut effectue également des recherches sur la protection des biens exposés au risque d'affaissement des vides souterrains abandonnés. Les travaux les plus récents portent sur les performances de différentes solutions techniques visant à diminuer la vulnérabilité des

## | COMMENT RÉAGIRONT LES CAVITÉS SOUTERRAINES AUX VARIATIONS CLIMATIQUES ? |



Cavité de Saint-Martin-le-Nœud (Oise)

pluies hivernales et surtout la probabilité de survenue d'événements pluviométriques exceptionnels provoqueront des variations du niveau des nappes phréatiques, avance Christophe Didier, Directeur Adjoint de la DRS. Les conséquences seront

L'impact du changement climatique sur la stabilité des cavités souterraines serait quasi nul si le changement se limitait à une élévation de température. En revanche, s'il y a une modification du régime des précipitations, il faut s'attendre à des risques d'instabilité mécanique.

« L'augmentation de l'intensité des pluies hivernales et surtout la probabilité de survenue d'événements pluviométriques exceptionnels provoqueront des variations du niveau des nappes phréatiques, avance Christophe Didier, Directeur Adjoint de la DRS. Les conséquences seront

d'autant plus importantes que les cavités sont creusées dans une roche sensible à toute modification hydrogéologique comme la craie, le gypse ou le calcaire. »

Bien que les connaissances scientifiques sur ce type de phénomène soient encore insuffisantes, il faut s'attendre à une amplification du phénomène de battement des nappes souterraines en raison de l'augmentation des précipitations en hiver et de leur diminution en été. Or, les observations montrent que les processus successifs d'ennoyage et de dénoyage des cavités ont des effets sur la résistance de la matrice rocheuse lorsque celle-ci présente des caractéristiques de porosité et de perméabilité élevées. Pour mieux appréhender ces impacts, l'INERIS a instrumenté les carrières de craie d'Estreux (Nord), Saint-Martin-le-Nœud (Oise) et des terrains gypseux situés à Villepinte (Seine-Saint-Denis). L'objectif est d'étudier la réponse de la roche aux variations quantitatives (battements) et qualitatives (caractéristiques physico-chimiques) de la nappe aquifère.



## « MIEUX COMPRENDRE, PRÉDIRE ET SURVEILLER LES RISQUES DE RUPTURE DES MASSIFS ROCHEUX »



Alain Thoraval, responsable de l'axe de recherche COSMOS, unité Risques naturels, ouvrages et stockages

La perspective d'une intensification de l'amplitude et de la fréquence des phénomènes d'instabilité et de rupture des massifs rocheux, en raison notamment du changement climatique, rend urgent l'amélioration ou le développement des outils permettant de mieux comprendre, prédire et surveiller ces risques. Ces travaux s'inscrivent dans la continuité des recherches engagées depuis plusieurs années à l'INERIS. Ils se concentrent aujourd'hui autour de deux programmes : « Phénoménologie des instabilités géologiques en grand et signes précurseurs » (dit « Signes précurseurs »), et « Incidence de la dissolution et du transport dans les formations géologiques solubles sur l'aménagement du territoire » (dit « Dissolution »). Le premier s'achèvera fin 2010 et le second fin 2011. Ces deux programmes sont maintenant réunis au sein de l'axe de recherche COSMOS (Compréhension, Modélisation et Surveillance de la déformation et de la rupture des massifs rocheux) pour la période 2010-2015.

Face à la difficulté de prédire les risques d'instabilité en raison de la dimension des massifs et des multiples sollicitations qui interagissent, l'ambition de l'INERIS est de coordonner les compétences nécessaires au développement

d'une méthodologie conjuguant l'ensemble des connaissances et des moyens existants. Ces travaux de nature multidisciplinaire, associant géomécanique, géophysique et géochimie, s'articulent autour de trois thématiques complémentaires : la compréhension des phénomènes de déformation et de rupture à partir d'observations et de mesures *in situ* complétées par des expériences de laboratoire; la modélisation des déformations d'un site et son extension à l'échelle du massif; la caractérisation des signes précurseurs par la surveillance microsismique, l'analyse des bruits sismiques et la surveillance géochimique.

Approuvés par la Commission Scientifique Sol et Sous-Sol de l'INERIS, les objectifs de COSMOS doivent permettre :

- d'enrichir les connaissances et les bases de données relatives aux mécanismes conduisant aux instabilités des massifs rocheux ;
- d'étudier la rhéologie des matériaux et des fractures dans le contexte de la recherche (relations déformations-ruptures/sollicitations extérieures; relation de couplage multiphysique);
- d'améliorer les outils et les méthodes numériques de quantification de l'impact des sollicitations ;

→ d'améliorer les méthodes de surveillance mises en œuvre pour les cavités souterraines et les versants rocheux.

Outre la poursuite des programmes « Dissolution » et « Signes précurseurs », l'année 2010 a donné lieu au démarrage des travaux relatifs aux effets de l'eau sur les mécanismes de rupture affectant les cavités souterraines (notamment les cavités dans la craie) et à l'évaluation d'une méthode de détection de signes précurseurs basée sur l'analyse du bruit sismique (cette méthode a déjà été utilisée avec succès à plus grande échelle). En 2011 devrait commencer une nouvelle opération relative à l'étude des effets de l'eau sur les mécanismes de rupture affectant les versants rocheux.

constructions bâties : en particulier l'efficacité d'une tranchée périphérique réalisée autour d'un bâtiment tel qu'une maison d'habitation. Cette technique a été testée au moyen d'un outil de simulation des mouvements de terrain mis au point et fabriqué en interne. En 2011, cette étude expérimentale sera étendue à l'utilisation des matériaux géosynthétiques qui peuvent prévenir les désordres d'une construction neuve mais également limiter les conséquences sur la sécurité des personnes.

### Appui aux pouvoirs publics et préparation du Plan National Cavités

L'expérience de l'INERIS dans le domaine des mouvements de terrain explique que le MEEDDM lui ait confié la préparation du Plan National Cavités et la charge d'élaborer un cadre d'actions destinées à préparer l'instrumentation pérenne d'observation de sites particulièrement exposés au risque d'effondrement de versants

rocheux. L'INERIS travaille sur ce sujet depuis une décennie, ce qui lui vaut de disposer de compétences en conception, en pose de matériels (notamment les capteurs d'observation par technologie microsismique), en transmission de données par réseau VPN (Virtual Private Network)



Un fontis

et en analyse des signaux précurseurs d'effondrement des massifs et versants rocheux.

### Organisme de référence sur les risques des cavités souterraines

« Si l'expertise en géosciences acquise au cours des dernières décennies fait de l'INERIS un organisme de référence en France dans le domaine de l'évaluation des risques liés à la présence de cavités souterraines, nous n'avons pas la prétention de disposer de l'ensemble des compétences, des technologies et des moyens requis pour la détection et la surveillance des risques du sol et du sous-sol », concède Mehdi Ghoreychi.

L'INERIS a développé des partenariats et des collaborations avec d'autres organismes experts, notamment au sein du réseau scientifique et technique du MEEDDM : le LCPC, le BRGM (recensement des cavités), les Centres d'Études Techniques de l'Équipement (localisation des marnières, mécanismes de rupture des cavités et des versants rocheux, observation/surveillance des instabilités).



Matthieu Caudron, responsable de l'axe de recherche Vulnérabilité des biens

## « VERS UNE MEILLEURE PROTECTION DES PERSONNES ET DES BIENS FACE AUX MOUVEMENTS DE TERRAIN »

**P**eut-on protéger les constructions individuelles contre le risque d'affaissement, d'effondrement de cavité ou de retrait-gonflement des sols argileux ? Existe-t-il une alternative à la réalisation de fondations profondes ? L'INERIS mène des travaux de recherche en partenariat avec d'autres organismes ou universités (INSA de Lyon, LCPC...) sur la vulnérabilité des structures et les performances de méthodes de protection, comme la tranchée périphérique ou les nappes géosynthétiques.

L'INERIS a conçu une plateforme d'essai à échelle réduite. Unique en Europe, cette plateforme peut contenir un massif de sol supportant une maquette de structure bâtie (représentant une maison, un mur...) ou d'infrastructure. Elle est équipée de vérins (jusqu'à 48 à terme) permettant de reproduire des mouvements de terrain tels que des affaissements ou des effondrements. Un équipement innovant, basé sur l'utilisation de caméras haute résolution et d'un procédé de corrélation d'images, permet de suivre

les déformations apparaissant en surface. Une instrumentation complémentaire plus traditionnelle peut être adjointe pour effectuer des mesures relatives au comportement interne du massif de sol. Avec ce simulateur, il est possible d'étudier les interactions sol/structure, d'analyser les conséquences sur les structures de surface (nature, intensité), et de tester les méthodes de protection des ouvrages. Les résultats des essais permettent de valider des modèles de simulation numérique permettant de s'affranchir des limitations de la modélisation physique.

Les recherches sur les interactions sol/structure ont démontré l'intérêt de cette approche par rapport à une évaluation traditionnelle des dommages, basée sur l'amplitude des mouvements du sol ainsi que sur les sollicitations subies par la structure. Les interactions sol/structure peuvent en effet modifier l'importance du mouvement et de ses conséquences. En particulier, les études paramétriques ont démontré que le transfert du mouvement de terrain vers la structure dépend du contraste de raideur entre la structure et le terrain.

Les travaux portent également sur l'efficacité des dispositions constructives : tranchée périphérique tampon remplie d'un matériau limitant les déformations de la structure, nappes géosynthétiques chargées de protéger

la population d'un effondrement localisé... Des essais permettent de faire varier les paramètres : nature du matériau, distance tranchée/structure, dimensions de la tranchée.



Modèle réduit pour l'étude de l'interaction sol-structure

Il travaille régulièrement avec le Laboratoire Environnement, Géomécanique et Ouvrages (LAEGO) de l'INPL<sup>(6)</sup>, l'École des mines de Paris, l'École nationale des ponts et chaussées, l'INSA de Lyon, les services des carrières, l'École Centrale de Paris et de Lille, les Instituts de physique du globe de Paris et de Strasbourg.

Ces coopérations se traduisent notamment par des travaux de doctorat dirigés par des collaborateurs de l'INERIS. Parmi ces sujets de doctorat,

on peut citer : déformations d'un versant rocheux instable sous sollicitation thermique ; détection des cavités souterraines par sismique réflexion haute résolution ; comportement hydromécanique à long terme de la craie ; interactions sol/structure ; humectation et dessiccation des argiles.

Autant de travaux de recherche qui contribuent à faire progresser les connaissances sur les risques de mouvements de terrain. Avec un objectif majeur : contribuer à fiabiliser les dispositifs

de prévision des déclenchements de phénomènes physiques parfois dramatiques pour la population. ■

- (1) Groupe Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat.
- (2) Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer.
- (3) Bureau de Recherches Géologiques et Minières.
- (4) Laboratoire central des Ponts et Chaussées.
- (5) Institut de recherche en sciences et technologies pour l'environnement.
- (6) INPL : Institut National Polytechnique de Lorraine.

## « L'INERIS TRAVAILLE DEPUIS PLUS DE DIX ANS SUR LA STABILITÉ DES VERSANTS ROCHEUX »



Christian Franck,  
coordonnateur activité  
Versants rocheux,  
unité Risques naturels  
ouvrages et stockages

Pourra-t-on un jour prévoir les instabilités de versants rocheux suffisamment à l'avance pour éviter les catastrophes humaines et socio-économiques inhérentes à ce type d'événement ? Expérimentée sur plusieurs sites à risque, la détection de signes précurseurs au moyen d'une instrumentation technique a déjà donné des résultats encourageants. Mais ces travaux doivent continuer, pour acquérir une fiabilité attendue par les populations concernées comme par les décideurs. La difficulté réside dans la variété et la complexité des mécanismes en jeu, qui sont à l'origine d'une forte incertitude dans la prévision spatiale et temporelle des événements. L'INERIS travaille sur l'auscultation des mouvements de versants rocheux depuis plusieurs décennies (stabilité des fronts de fosses des mines à ciel ouvert), et améliore continuellement les techniques de mesure, de transmission et d'analyse.

Dans le cadre d'un programme européen, l'INERIS a testé différentes méthodes géotechniques et microsismiques de surveillance des falaises maritimes. Les capteurs implantés dans plusieurs points de la falaise de Mesnil-Val (Seine-Maritime) ont enregistré les signes précurseurs d'un

éboulement intervenu quelques heures plus tard. Par ailleurs, un réseau d'auscultation a été déployé sur le site des Rochers de Valabres, dans les Alpes-Maritimes. Dans le cadre du programme ANR STABROCK, en partenariat notamment avec le LAEGO, le LCPC et le laboratoire Géosciences Azur (CNRS), l'INERIS a coordonné l'observation des déformations de la roche sous l'effet de variations thermiques. Des capteurs de température et de déplacement ont ainsi été mis en place, complétés par un réseau d'écoute microsismique. Les travaux sur ce site ont fait l'objet de deux thèses de doctorat.

Depuis 2009, en collaboration avec le CETE de Lyon, l'INERIS a mis en place une instrumentation sur le site de Séchillienne (Massif de Belledonne, Isère). Ce versant est affecté par un glissement majeur (plusieurs dizaines de millions de mètres cubes potentiellement instables). Des géophones, inclinomètres, sondes de pression et balises GPS ont été installés dans deux forages profonds et une galerie de reconnaissance. Ce travail a pour objectif de progresser dans la compréhension du comportement mécanique et hydrodynamique de ce versant surveillé depuis vingt-cinq ans mais dont le « moteur » et la profondeur du

mouvement demeurent à préciser. L'ensemble des données est collecté par une station autonome d'observation qui les transmet automatiquement au Centre de Surveillance de l'INERIS à Nancy. Les travaux de recherche sur ce versant s'inscrivent en particulier dans le cadre d'un nouveau projet ANR SLAM piloté par le LGIT. Les échanges de données entre partenaires interviennent grâce à la mise en place par l'INERIS d'un portail Internet. En complément des investigations sur les différents versants rocheux, l'INERIS réalise des travaux de recherche sur la compréhension des mécanismes d'instabilité, la modélisation et la surveillance du massif rocheux discontinu. Ces recherches s'intéressent en particulier à l'impact du changement climatique sur les risques naturels liés aux fronts rocheux.

### | PRÉVENIR L'IMPACT DES ALÉAS NATURELS SUR LES SITES INDUSTRIELS |



Séisme de Wenchuan (Chine) le 12 mai 2008

Bien que la part des aléas naturels dans les causes d'accidents industriels reste modeste (de 3 % à 7 % en Europe), ces risques dits « NaTech » suscitent l'intérêt des pouvoirs publics et des experts en raison de leurs enjeux humains, sociaux et environnementaux. Or, les industriels disposent de peu d'outils leur permettant d'anticiper l'impact d'un aléa naturel sur leurs installations – et de prendre des mesures de prévention techniques et organisationnelles.

Afin de faire progresser la prévention des accidents causés par les aléas naturels, caractérisés par leur soudaineté – inondation, séisme –, la complémentarité des compétences de l'INERIS est mobilisée.

Par exemple, dans le cas des séismes, la Direction des Risques du Sol et du Sous-Sol s'intéresse à la façon dont la secousse sismique se transmet aux bâtiments et aux structures. La Direction des Risques accidentels étudie quant à elle la réponse dynamique des équipements à cette secousse et les risques d'accidents associés. Comme le rappelle Bastien Affeltranger, « l'INERIS est intervenu au côté du JRC\* pour évaluer l'impact d'un séisme sur les structures industrielles en Chine au Sichuan en novembre 2008 ».

L'INERIS travaille actuellement sur l'analyse des impacts d'une inondation sur un site industriel. À la demande du MEEDDM, l'Institut étudie la performance des barrières de sécurité et des réseaux techniques en cas d'inondation. Outre des présentations aux industriels, gestionnaires de collectivités et spécialistes de la sécurité industrielle, cette étude a donné lieu à l'élaboration d'un rapport qui sera remis fin 2010 aux pouvoirs publics.

\* Centre de recherche de la Commission européenne.





# DÉVELOPPEMENTS

## NOUVELLES ÉNERGIES

# Transporter l'hydrogène-énergie



**Lancé fin 2006, le projet de recherche HYDROMEL a été clôturé en décembre 2009. Il a permis à ses acteurs dont l'INERIS, qui le coordonne dans le cadre d'un partenariat public/privé, d'évaluer les risques liés au transport de l'hydrogène-énergie.**

**D**ans un monde confronté à la raréfaction des ressources fossiles et au réchauffement climatique, l'hydrogène constitue un sujet de recherche très prometteur. Mais la perspective de son développement comme principal vecteur énergétique de notre société pose de nombreux problèmes, qu'il soit question de le produire, de le transporter, de le stocker ou de l'utiliser, par exemple comme carburant pour les véhicules équipés de piles à combustible. S'inscrivant dans cette optique, le projet HYDROMEL<sup>(1)</sup> s'est penché sur l'évaluation des risques inhérents au transport par canalisation d'hydrogène, pur ou en mélange avec le gaz naturel, seule option permettant aujourd'hui d'envisager une distribution à grande échelle de ce gaz non toxique, non polluant et très énergétique... mais aussi fortement inflammable!

Associant l'INERIS, le Commissariat à l'Énergie Atomique et aux énergies alternatives (CEA), deux

laboratoires du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), Air Liquide et GDF SUEZ, le projet HYDROMEL visait deux objectifs principaux : « Il s'agissait, d'une part, d'étudier les contraintes de sécurité liées à l'ajout d'hydrogène dans les réseaux de transport de gaz naturel existants ; et, d'autre part, de produire des données expérimentales nécessaires à la modélisation des conséquences des scénarios accidentels impliquant des mélanges d'hydrogène et de gaz naturel », explique Laurent Dupont, coordinateur du projet à l'INERIS.

### **Prédire les conséquences accidentelles des phénomènes dangereux**

Au départ du projet HYDROMEL, ses acteurs ont réalisé un état des lieux des problématiques associées au transport de gaz naturel et d'hydrogène, afin d'identifier les différents scénarios accidentels

plausibles. Leurs travaux ont concrètement porté sur l'architecture des réseaux de transport de gaz naturel et d'hydrogène, le contexte réglementaire relatif aux gaz combustibles en France, les méthodologies utilisées pour les études de sécurité des réseaux, les outils d'évaluation disponibles auprès des partenaires et, enfin, la caractérisation de la source, en d'autres termes le choix d'une géométrie de brèche et la dispersion suite à des rejets très haute pression. « La réalisation de cet état des lieux complet, premier volet du projet HYDROMEL, s'est fortement appuyé sur les connaissances et les retours d'expériences de GDF SUEZ pour le gaz naturel et d'Air Liquide pour l'hydrogène », précise Jérôme Hébrard, ingénieur en charge du suivi du projet.

À partir des scénarios identifiés, les partenaires ont alors testé la capacité de leurs modèles à pouvoir prédire les distances d'effets de deux types de phénomènes dangereux : jets enflammés, et explosions. Ceux-ci ont alors été développés et adaptés au cas des différents mélanges étudiés. « Ce second volet du projet, dédié à l'évaluation des risques, a plus particulièrement concerné l'INERIS, observe Jérôme Hébrard. Il a notamment permis aux partenaires, le CEA, GDF-Suez et



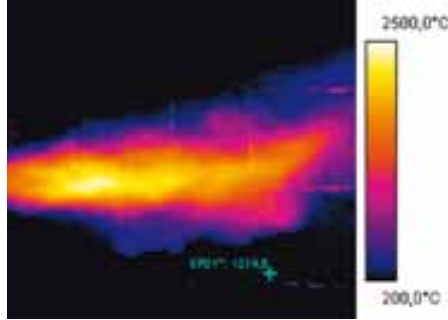
Essai de feu torche d'hydrogène

*Air Liquide grâce à un travail collaboratif très poussé, d'approfondir la connaissance de leurs modèles et d'harmoniser leurs hypothèses de calculs. Un guide de bonnes pratiques pour l'utilisation des outils de modélisation a ainsi pu être rédigé, ce qui permettra d'aborder plus facilement les problèmes de sécurité liés au développement des futurs réseaux d'hydrogène-énergie aussi bien d'un point de vue technique que réglementaire.* »

### Produire des données expérimentales

Le troisième et dernier volet du projet HYDROMEL, consacré à la phénoménologie, s'est déroulé parallèlement à l'évaluation des risques. Les partenaires ont mis en place plusieurs dispositifs expérimentaux innovants afin d'étudier les principales caractéristiques physico-chimiques de ces mélanges. Deux laboratoires du CNRS, l'Institut de Combustion Aérothermique Réactif (ICARE) et le Laboratoire de Combustion et de Détonique (LCD), se sont attachés à caractériser l'inflammation et la déflagration des mélanges d'hydrogène et de gaz naturel, ainsi que les conditions permettant la transition de la déflagration à la détonation pour ces différents mélanges. Le LCD s'est également penché sur la problématique spécifique du risque d'auto-inflammation des fuites d'hydrogène sous pression dans l'air.

L'INERIS a également contribué au recueil de données expérimentales en travaillant sur la problématique des feux torches, susceptibles d'être particulièrement dévastateurs et néfastes pour l'homme et l'environnement. Des essais ont ainsi été réalisés, permettant le développement d'un modèle de simulation des effets thermiques de ces phénomènes. « Ce type d'expérimentation nécessite des installations particulières, remarque Jérôme Hébrard. Les essais, pilotés par le pôle PHénomènes Dangereux et Structures (PHDS) de la Division des Phénomènes Dangereux de l'INERIS, ont été réalisés dans une galerie souterraine de quelques dizaines de mètres de long pour une dizaine de mètres de large. En utilisant des caméras infrarouges, nous avons pu mesurer la température



Caractérisation de la température

et le rayonnement de flammes pouvant atteindre jusqu'à une dizaine de mètres de longueur, issues de l'inflammation de l'hydrogène, du méthane ou de mélanges de ces deux gaz contenus dans une bouteille de 200 litres que l'on pouvait monter en pression jusqu'à 100 bars. » Le projet HYDROMEL a ainsi permis de produire de nombreuses données expérimentales sur ces mélanges qui manquaient dans la littérature, et qui seront particulièrement utiles à l'ensemble de la communauté scientifique travaillant sur cette thématique.

### Un partenariat enrichissant

Au bout du compte, le projet HYDROMEL a permis de mettre en exergue de précieux enseignements sur les futures configurations de canalisations potentielles, en détaillant les risques en fonction des différentes compositions et différentes pressions des mélanges hydrogène/gaz naturel, et en fonction des diamètres des canalisations. Ce travail facilitera pour les industriels le dimensionnement de leurs installations ainsi que la réalisation de leurs études de sécurité. Pour les instituts publics, cette évaluation des risques du mélange

hydrogène/gaz naturel permettra de contribuer utilement à l'évolution de la réglementation. « Concernant les effets relatifs aux phénomènes de jets enflammés, les travaux réalisés ont ainsi permis de développer des outils de prédiction fiables pour les mélanges étudiés », observe Jérôme Hébrard. Quant aux calculs dédiés aux effets des phénomènes d'explosion, nous nous sommes rendu compte que nous n'avions pas suffisamment de données expérimentales pour conclure; les modèles aboutissant à des écarts parfois très importants, notamment en termes de distances d'effet. Dans la continuité du projet HYDROMEL, cet axe de recherche mériterait assurément d'être approfondi. »

Au-delà de ces résultats, le partenariat noué autour du projet HYDROMEL s'est concrétisé par des échanges et un partage d'expériences profitables à tous ses participants. « Les enjeux et les contraintes sont différents pour les laboratoires et les industriels, observe Laurent Dupont. De ce fait, ils n'abordent pas forcément l'évaluation des risques de la même façon, ce qui constitue une source d'enrichissement et de complémentarité. En outre, le projet HYDROMEL a permis à l'INERIS de mieux comprendre les modèles utilisés par les industriels. Ce qui représente un avantage certain dans le cadre d'autres collaborations. » Constituant une première évaluation, le projet HYDROMEL a permis de mieux appréhender le déploiement du futur réseau hydrogène-énergie en termes de sécurité, ce qui permettra de fixer les principales recommandations, aussi bien au niveau technique que réglementaire.

(1) HYDROMEL : évaluation des risques pour le transport d'énergie HYDROgène, énergie pure ou MELangée, avec du gaz naturel. C'est un projet ANR (de l'Appel Pan-H).



Réseau de gazoducs d'Air Liquide®



SAGA

# AVOIR 20 ANS EN 2010

## Épisode 2 : la réorganisation (1990-2000)

**N**é le 7 décembre 1990, l'INERIS consacre ses premières années à ajuster sa stratégie, réguler son fonctionnement et s'implanter dans le paysage des organismes publics français et internationaux. En effet,

les années 1990 reflètent les préoccupations à propos de l'environnement et les risques industriels. Dans ce contexte, des questions se posent : où l'Institut doit-il se situer ? Quelles sont les limites de ses interventions ? Très vite

toutefois, une question va s'imposer : celle de l'équilibre financier.

Après une année 1992 marquée par un bilan budgétaire en creux, l'année 1993 s'inscrit comme un véritable tournant dans la vie de l'INERIS. En mars arrive un nouveau directeur opérationnel, Georges Labroye et Michel Turpin, directeur général, est remplacé par Michel Lavrière. Georges Labroye fera aboutir la réorganisation de l'Institut. Elle repose sur le maintien d'une expertise de haute qualité et la recherche de contrats commerciaux. Désormais, il existe des directeurs d'activité, des responsables de ligne de produit, des chefs de département et des responsables d'affaires.

En 1995, des crédits du budget civil de recherche et développement accordés à l'INERIS concrétisent la reconnaissance de ses activités de recherche ; la loi sur l'air laisse entrevoir un rôle accru pour l'Institut, pourtant, de sévères restrictions s'annoncent dès la fin de 1996. En mars 1997, Georges Labroye est nommé directeur général et Dominique Voynet arrive au ministère de l'Environnement. Les pouvoirs publics attachent la plus grande importance à la prévention des risques et des accidents liés aux activités économiques. L'INERIS, par sa capacité d'expertise, est appelé à jouer un rôle essentiel dans la mise en œuvre de cette politique. Sa crédibilité repose en partie sur sa recherche. On assiste à une augmentation significative du financement public, et Maryse Arditi devient présidente du Conseil d'Administration. Une mission lui est confiée : établir un état des lieux et formuler des propositions pour l'avenir de l'INERIS.

Une période difficile est franchie, l'INERIS prend un nouveau départ : crédits publics en hausse, recherche, mise au service de l'expertise et appui à l'administration gagnant en importance.

### L'ANECDOTE



#### DU GRISOU AU SUPERMARCHÉ...

« **G**rand émoi chez les responsables d'un centre commercial dans la région de Bayonne en 1986. Ce centre était construit sur une ancienne décharge d'ordures ménagères qui continuait à émettre du méthane-gaz qui, mélangé avec l'air dans certaines proportions, est susceptible d'exploser en présence d'une source d'inflammation. C'est un danger bien connu des mineurs : le grisou. Après quelques alertes, les pouvoirs publics et exploitants du centre se sont adressés aux experts du CERCHAR (futur INERIS) devant l'enjeu de sécurité publique (risque d'explosion dans des locaux très fréquentés par le public qui aurait amené à fermer le centre), et celui, économique et social, des conséquences d'une fermeture.

Envoyées en urgence sur le terrain, les équipes du CERCHAR ont, pendant plusieurs mois, discrètement investi chaque nuit le centre commercial à la lueur de leurs lampes frontales de « mineurs » en poussant leurs chariots de matériel, perçant des trous dans les dalles en plusieurs endroits : les techniciens y introduisaient un petit tuyau

qui permettait de contrôler les teneurs en méthane, oxygène et azote de l'air sous les dalles et de savoir ainsi s'il y avait un danger réel d'explosion. Pour y faire face, ils injectaient ensuite par ce même tuyau de l'azote provenant de bouteilles sous pression poussées dans les « caddies ».

Au petit matin, la situation était sous contrôle, et ainsi le centre pouvait être ouvert au public.

Parallèlement, des bilans mensuels de l'évolution de la situation étaient présentés aux responsables, et les ingénieurs du CERCHAR travaillaient avec des équipes d'ingénierie pour la mise au point d'une solution définitive d'élimination du danger d'explosion par des travaux d'excavation et de ventilation à réaliser sous les dalles du centre.

Cette opération a, avec d'autres, montré la capacité de nos équipes à transférer un savoir-faire minier dans un contexte totalement différent d'évaluation et de maîtrise du risque, préfigurant la naissance de l'Ineris. »

Par Jean-François Raffoux, ancien directeur scientifique de l'INERIS

1947 - 1990

#### AVANT LA CRÉATION ET NAISSANCE DE L'INERIS

- 1947 : création du CERCHAR (Centre d'Études et de Recherches de CHARbonnages de France)
- 1957 : création de l'IRCHA (Institut de Recherches en Chimie Appliquée)
- 1990 : création de l'INERIS

1990 - 2000

#### LES TEMPS DIFFICILES ET LA RÉORGANISATION

- 1995 : premiers crédits de recherche publique
- 1997 : fortes restrictions budgétaires
- 1999 : réorganisation en cinq directions opérationnelles



1947

1990





## Interview de Maryse Ardit, ancienne présidente du conseil d'administration de l'INERIS. Pilote du réseau risques industriels à France Nature Environnement.



### DEMAIN L'INERIS

#### Quel rôle selon vous sera amené à jouer l'INERIS dans les vingt ans qui viennent ?

Notre époque vit une accélération sans précédent. La durée entre la recherche sur un produit et la commercialisation de ce produit diminue, laissant peu de temps pour étudier les risques liés à l'innovation. Mais les citoyens d'aujourd'hui refusent d'être pris pour des cobayes. L'INERIS doit donc jouer un rôle essentiel pour que l'évaluation des risques soit un préalable à la mise sur le marché des produits.

Ceux qui évaluent les risques, souvent vus comme des rabat-joie, vont devenir des acteurs incontournables de la réussite des innovations. Quatre chantiers, entre autres, s'ouvrent pour l'INERIS :

- le renforcement de la recherche en général;
- le développement des risques chroniques, trop souvent négligés;

- l'amélioration des méthodes de mesures adaptées et fiables, avec marges d'erreur;
- la poursuite de la certification, indispensable à l'innovation.

Tout cela converge pour conseiller ceux qui, en France et en Europe, doivent faire les réglementations.

### HIER L'INERIS

#### En quoi l'INERIS a-t-il été important dans la période qui vient de s'écouler ? Quel rôle a-t-il joué selon vous ?

L'INERIS fête ses 20 ans. Au début de son existence, peu de personnes auraient parié sur sa survie. Les mines fermaient, pourquoi pas l'ancien CERCHAR ? Dans un premier temps, la qualité des équipes et l'intelligence de l'encadrement a permis de trouver d'autres secteurs où les compétences trouvaient à s'appliquer. Dans un second temps, une réflexion globale a

permis de positionner l'INERIS comme un acteur incontournable sur l'évaluation des risques, aujourd'hui reconnu dans ce rôle, avec un clair renforcement de la recherche, malgré tout encore insuffisant. Enfin la création d'une charte de déontologie ainsi qu'une commission de suivi de cette charte formée de trois « sages » extérieurs à l'INERIS a permis d'apporter une garantie supplémentaire de la rigueur de l'INERIS.

Le rapport rédigé par Maryse Ardit conduit à l'élaboration d'un projet pour l'Institut, le plan INERIS 2002. Il a vocation à consolider ses ambitions: devenir un expert incontestable de la sécurité environnementale dans toutes ses dimensions (sécurité des installations, impact environnemental, impact sanitaire et sécurité liée aux aspects miniers). Cinq directions opérationnelles sont créées: Risques Chroniques, Risques Accidentels, Risques du Sol et du Sous-Sol, Certification et Valorisation-Formation. Une refonte de la structure d'évaluation scientifique externe suit, elle donne naissance à un Conseil Scientifique et trois commissions spécialisées: Risques Chroniques, Risques Accidentels, Risques du Sol et du Sous-Sol.



Des crédits sont octroyés à l'Institut, une augmentation significative (+ 16%) des subventions et, pour la première fois, en 1999, des crédits pour les investissements sont alloués. L'augmentation de la part de l'activité de recherche, avec une participation aux programmes européens, demeure une priorité. À côté de la recherche figurent l'appui à l'administration et l'expertise auprès des entreprises. Pour respecter ces exigences rapidement, un contrat d'objectifs officialisera les liens institutionnels avec la tutelle et les partenaires. Les années 1990 se terminent: elles auront mis en lumière l'importance accordée aux effets sur la santé liés à l'environnement, pointé une crise de confiance du public, et auront vu l'organisation des structures sanitaires avec la loi de juillet 1998, qui crée notamment l'INVS (Institut de Veille Sanitaire) et les agences françaises de sécurité sanitaire.

2000 - 2010

### ÉVOLUTION : DE TOULOUSE AU GRENELLE

- 2001 : catastrophe d'AZF à Toulouse
- 2003 : la loi « Risques »
- 2007 : le Grenelle de l'Environnement

2000

2010



# ÉCHANGES

## Une histoire de 20 ans

**Entretien avec Michel Turpin, fondateur de l'INERIS, premier directeur général de l'INERIS de 1990 à 1993.**

**Pourquoi avez-vous créé l'INERIS en 1990?** J'étais auparavant directeur du Centre de Recherche de CHARbonnages de France, et à partir de 1985 s'est posée la question de survie du CERCHAR, alors que la décision de fermeture de CDF était déjà prise. J'ai fait des modifications structurelles discrètes pour anticiper l'avenir, car je me refusais à fermer. Un problème a été l'hétérogénéité du CERCHAR : sécurité et environnement d'un côté, utilisation du charbon comme combustible ou matière première de l'autre. Le CERCHAR était officiellement centre de recherches pour les questions de sécurité du ministère de l'Industrie. J'ai rassemblé l'activité sécurité-environnement à Verneuil. Dans le même temps la structure administrative évoluait en profondeur. La responsabilité du contrôle de la sécurité industrielle passe du ministère de l'Industrie (service des Mines) au ministère de l'Environnement (création des DRIRE). Mon intuition, par ailleurs, est qu'à l'avenir les risques d'atteinte à la santé humaine seront au cœur des préoccupations environnementales.

### Comment avez-vous procédé?

J'ai eu deux grands modèles qui m'ont inspiré en Europe : le TNO (l'organisation hollandaise pour la recherche scientifique appliquée) et l'organisme anglais Health and Safety executive, qui réunissait les problèmes de santé et de sécurité au travail au sein d'un même organisme. C'est ainsi que j'ai conçu le projet de l'INERIS : intégrer toutes les dimensions et ne jamais perdre le contact avec les problèmes concrets.

À ce moment-là, deux problèmes se posaient en externe : il fallait devenir crédible vis-à-vis du ministère de l'Environnement et du public. Un moyen : développer la présence télévisuelle pour faire connaître nos travaux. J'ai toujours cette conviction : l'INERIS n'existe pour le public que s'il passe à la télévision.

En interne, ce fut un gros bouleversement ; l'idée de changer fait toujours peur à une partie des gens. Mais il y avait au CERCHAR suffisamment de compétences pour intéresser l'industrie et l'administration. J'ai eu à cœur d'effacer les

différences de statut héritées du CERCHAR entre les ingénieurs (dépendant du statut du mineur) et les techniciens (dépendant de la convention collective de la chimie).

### Quelle a été l'action principale que vous avez menée à l'INERIS?

Mon premier objectif a été de le faire survivre. Le décret de création date du 9 décembre 1990, mais le transfert des biens et des personnes s'est fait un an plus tard afin de respecter le code du travail et de régler la question du transfert des actifs appartenant à CDF. Il a fallu payer une soulte de 40 millions de francs à CDF, et pour cela emprunter aux banques. L'INERIS est né lourdement endetté. Nous avons embauché Georges Labroye afin de mettre à profit son expérience industrielle pour bien gérer l'INERIS.

J'ai aussi voulu intégrer l'INERIS dans le concert européen, en créant une organisation européenne avec ses équivalents : l'ENERO (European Network of Environmental Research Organisations) réunissant Allemands, Anglais, Espagnols, Hollandais, Polonais, Italiens, Danois.

### Quels sont les grands moments qui vous ont marqué?

Au CERCHAR en 1983, l'accident minier de Forbach (la dernière catastrophe minière en France) ; en 1990, la naissance de l'INERIS, bien sûr ; puis mon départ abrupt en 1993, et à cette occasion les remerciements des représentants syndicaux avec lesquels j'avais eu parfois des relations conflictuelles mais qui avaient reconnu l'intérêt de la métamorphose.

### Que pensez-vous de ce qu'est devenu l'INERIS aujourd'hui?

L'INERIS est devenu un beau jeune homme, j'en suis très fier ! Il a su se faire reconnaître par l'industrie, par le monde politique et par les scientifiques. Il le doit aux dirigeants, présidents et directeurs généraux qui se sont succédé depuis mon départ. Je rêvais d'un institut qui serait capable de concurrencer le TNO des Hollandais et le RISO des Danois. L'INERIS a rempli mes espérances et



## Biographie

Michel Turpin est ancien élève de l'École polytechnique et de l'École des mines de Paris. En 1976, il est nommé délégué à la recherche industrielle et à la technologie, puis conseiller du ministre de l'Industrie. En 1979, il prend la direction du CERCHAR (Centre d'Études et de Recherches de CHARbonnages de France) qu'il transformera en INERIS en 1990. Après son départ de l'INERIS, il sera, entre autres, conseiller du président de CHARbonnages de France, président de la commission scientifique d'évaluation du centre de stockage de déchets radioactifs de la Manche.

même au-delà en se positionnant très bien dans le domaine scientifique, avec de bonnes équipes, composées de jeunes et de nombreuses femmes. Il est présent et reconnu à l'international comme en France. L'INERIS a su garder son bon sens, en essayant d'éviter que l'émotion ne prenne le pas sur la raison. Mais peut-être n'est-il pas assez présent dans les médias, il ne faut pas se faire oublier ! Il faudrait que l'INERIS existe davantage pour les citoyens. Il surgit assez de préoccupations sur les risques pour le faire !

### Comment voyez-vous les grands défis à venir pour l'INERIS dans les vingt prochaines années?

- Continuer sur le même rang d'excellence scientifique.
- Garder le contact avec les industriels, entretenir les prestations commerciales, qui sont en ce moment en érosion. En ce moment, l'INERIS est dans une phase de succès et d'afflux des crédits publics, mais attention les vaches maigres peuvent revenir...
- Réfléchir en permanence à l'orientation stratégique à dix ans.
- Exister sur la scène sociétale, participer aux débats d'idées, en particulier travailler sur les peurs. Aujourd'hui, il y a plus de peurs que de risques. Ne pas oublier non plus que les risques les plus importants ne sont pas toujours ceux contre lesquels on lutte le plus. Il faut éduquer la population, en organisant des débats, des colloques, en réunissant des spécialistes du monde entier et en y faisant participer les politiques et le public.