

Événement

Le BERPC
en ordre
de marche
p.02

Reportage

L'INERIS sur
la piste du
chikungunya
p.04

Expertise

Versants rocheux
et changements
de climat
p.15

Ineris

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



**Risques
émergents**
Risques et enjeux
pour l'avenir

Le BERPC en ordre de marche



Début janvier, les membres du BERPC, le Bureau d'évaluation des risques des produits et agents chimiques, ont désormais emménagé sous le même toit parisien. Un événement intervenant tout juste un an après l'annonce de sa création à la presse.

Pôle d'expertise en charge de l'évaluation des dangers et des risques liés aux agents chimiques pour la santé humaine et l'environnement, le BERPC accueille désormais les experts en matière d'évaluation des substances chimiques, issus de l'INERIS et de l'INRS, au 60-62 rue d'Hauteville, dans le 10^e arrondissement de Paris, des locaux contigus à ceux de l'INERIS. «*Comme signe supplémentaire de notre identité, nous avons tenu à créer notre logo à temps pour l'insérer dans nos cartes de vœux et, parallèlement, lancer notre site Internet*», précise Philippe Huré, directeur de cette association dont le conseil d'administration – présidé par Vincent Laflèche, directeur général adjoint de l'INERIS – est composé de manière paritaire par des représentants des deux organismes desquels elle est issue.

Des compétences multiples

Structure partenariale créée entre les deux instituts, le BERPC a été fondé pour devenir l'interlocuteur privilégié des autorités dans le cadre de la mise en œuvre de la réglementation européenne REACH, dont l'application est prévue pour le milieu de l'année 2007. Dans ce contexte, il intervient dans un certain nombre de domaines. «*Le premier correspond au travail qu'effectuaient déjà chacun de leur côté l'INERIS et l'INRS sur les substances nouvelles déclarées en Europe depuis 1981*», indique Philippe Huré. Le deuxième domaine concerne les substances existantes. «*Ces activités sur l'évaluation des substances*



L'équipe du BERPC compte une trentaine de personnes mises à disposition par l'INERIS et l'INRS.

chimiques devraient doubler au moment où l'agence européenne en charge de REACH répartira les évaluations pays par pays», poursuit le directeur du BERPC. En outre, le Bureau va poursuivre ses travaux d'évaluation des risques de cette catégorie de substances dans un espace plus large : celui de l'OCDE. La troisième activité majeure du BERPC est relative à la classification et à l'étiquetage des substances chimiques au niveau européen. «*Il s'agit de les classer en fonction des dangers qu'elles recèlent. À titre d'exemple, placer une substance dans telle ou telle catégorie des cancérrogènes*». Enfin, le BERPC a en charge, pour le compte de l'INERIS et de l'INRS, les travaux d'évaluation qui s'inscrivent dans le cadre de la directive 98/8/CE, dite «*biocides*», transposée en France depuis 2004.

Une ouverture sur l'extérieur

Au-delà des études et des travaux d'évaluation menés dans ce cadre,

le BERPC a pour vocation de développer des collaborations avec d'autres partenaires. «*Nous fonctionnons actuellement essentiellement à partir des commandes que nous passent l'INERIS et l'INRS en matière d'évaluation des substances concernées par les différentes réglementations évoquées, reconnaît Philippe Huré. Mais nous avons vocation à répondre à des appels d'offres à caractère public dans ce champ de l'évaluation des substances chimiques*». Outre les travaux en cours sur les biocides et les substances chimiques, le BERPC se consacrera, les prochains mois, à nouer des contacts dans les différentes commissions nationales et internationales traitant des substances chimiques ; il complètera son système de management de la qualité et formalisera une charte de déontologie. Une démarche facilitée par la rationalisation de l'organisation dans les nouveaux locaux. ●



Pierre TOULHOAT
directeur scientifique

→ Le développement de notre société fait émerger des risques nouveaux. Ainsi, l'innovation technologique, en repoussant les limites de la science et des connaissances, conduit à remettre en cause sans cesse notre capacité à détecter et prendre en charge les risques qui résulteraient de nouveaux procédés, filières, ou encore de l'exposition à de nouvelles substances. Parfois, la prise de conscience des risques apparaît trop tard, induisant des conséquences dommageables pour la santé et l'environnement. En lien avec le principe de précaution, est apparue l'idée suivante : avant de commercialiser à grande échelle des nouveaux produits et de nouvelles technologies, leur promoteur devra démontrer au préalable que les risques engendrés sont

évalués et maîtrisables. Cette approche a prévalu à l'adoption du règlement européen REACH. Ce «renversement de la charge de la preuve» marque une évolution inéluctable de notre société. Elle implique la construction d'une vision globale incluant l'évaluation des risques et la preuve de leur maîtrise avant le lancement d'un nouveau produit ou d'une nouvelle filière technologique. L'INERIS s'implique fortement dans cette évaluation précoce, et promeut des approches prédictives innovantes, stimulant la recherche. En l'absence d'une telle évaluation *ab-initio*, ces technologies nouvelles pourraient être massivement rejetées, dans une société surmédiatisée où la perception des risques est souvent très subjective.

ACTUALITÉS



Éric CHAMBON
est chargé
de piloter
le GIS LCSQA

Le LCSQA fait peau neuve

Le Laboratoire de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA) a pris la forme, depuis le 13 décembre 2005, d'un groupement d'intérêt scientifique. Créé en 1991, à l'initiative du ministère chargé de l'Environnement, il réunit les compétences de l'École des mines de Douai, de l'INERIS et du Laboratoire national d'essais, et s'affirme aujourd'hui comme une composante majeure du dispositif national de surveillance de la qualité de l'air. Ses missions et ses objectifs étaient définis jusqu'alors dans un accord-cadre, établi en 1995. Afin de tenir compte des nouveaux enjeux (exigences renforcées au niveau européen, nécessité d'accompagner la transition entre une logique de croissance du dispositif national et une logique de consolidation reposant, en particulier, sur

l'optimisation de la surveillance), les trois membres du LCSQA ont souhaité renforcer l'organisation, le pilotage et la cohérence des actions menées conjointement. La création d'un GIS permet ainsi de conforter le rôle essentiel du LCSQA en tant qu'appui technique et scientifique du ministère de l'Écologie et du Développement durable. Le LCSQA est également désigné pour assurer la qualité des données et des informations relatives à la qualité de l'air émanant des AASQA, en leur transférant les technologies développées en son sein, et contribue à la déclinaison au niveau local de la stratégie nationale. Le pilotage du GIS LCSQA est assuré, depuis le 1^{er} février 2006, par Éric Chambon, détaché du corps des Ingénieurs de l'industrie et des mines. ●

Création d'INERIS Formation



Au 1^{er} janvier 2006, l'activité de formation de l'INERIS a été filialisée avec la création d'INERIS Formation SAS⁽¹⁾. Adossée au potentiel d'expertise de l'Institut, INERIS Formation poursuit le même objectif de diffusion des connaissances et savoir-faire dans les domaines des risques accidentels, risques chroniques, risques sols et sous-sol et conseil en management des risques. Cette nouvelle entité permettra notamment d'assurer une meilleure visibilité à cette activité dont le développement croissant devrait encore s'accélérer grâce à la mise en service, tout récemment, de nouvelles infrastructures.

(1) Société par actions simplifiée

Le contrôle de l'épidémie de chikungunya qui frappe l'île de La Réunion s'appuie sur un dispositif qui conjugue à la fois la surveillance épidémiologique, les moyens de prévention et la lutte anti-vectorielle (LAV). Une mobilisation générale à laquelle participe l'INERIS sur le volet « Impacts sanitaires et écologiques des traitements insecticides ».



L'INERIS sur la piste du chikungunya

Maladie virale transmise par le moustique *Aedes albopictus*, le chikungunya a déjà touché, à La Réunion, plus de 244 000 personnes ⁽¹⁾ depuis le début de l'épidémie. Même si le nombre de nouveaux cas est en recul, les efforts et les moyens déployés ne cessent de se renforcer pour endiguer l'épidémie. En l'absence de vaccin, les mesures de protection individuelle contre les piqûres de moustique conjuguées aux opérations de lutte anti-vectorielle restent le mode d'action le plus efficace pour limiter la transmission de la maladie. Les opérations de démoustication passent par l'utilisation d'insecticides de types larvicide (dirigé contre les larves) et adulticide (destiné à tuer les moustiques adultes). Elles sont réalisées selon des protocoles précis qui doivent faire l'objet d'une évaluation et d'un suivi rigoureux des impacts environnementaux et sanitaires. C'est sur ce dernier aspect

que l'INERIS apporte sa contribution, à travers ses compétences en écotoxicologie. À la demande du ministère de l'Écologie et du Développement durable, l'INERIS intervient en appui à la direction régionale de l'Environnement (DIREN) de La Réunion. Une première mission s'est traduite par la mise en place d'un dispositif de surveillance de l'impact environnemental des traitements insecticides, pour suivre la mise en œuvre de mesures de prévention de la pollution et de ses conséquences indésirables sur la faune. Actuellement, l'Institut participe, sur place, à une campagne de mesures des concentrations atmosphériques et des dépôts, aux abords des sites traités.

Une pluridisciplinarité indispensable

Les études et les actions menées sur le terrain reposent sur une mise

en commun des connaissances et des pratiques entre spécialistes de la surveillance de l'environnement, de l'écotoxicité ou encore de la surveillance des espèces. Pour organiser cette synergie, la DIREN a mis en place, avec le support de l'INERIS, un comité de suivi des impacts environnementaux. Il réunit une dizaine d'experts scientifiques (botaniste, océanologue, écotoxicologue, ornithologue, entomologiste...), dont Éric Thybaud, responsable de l'unité Écotoxicologie à l'INERIS. Ce comité a déjà permis d'orienter plusieurs travaux sur la surveillance des pesticides dans les milieux marins, la mortalité des poissons d'eau douce, le suivi de la qualité des eaux et l'évaluation de l'impact sur la faune terrestre (oiseaux, chauves-souris, reptiles et insectes). Par ailleurs, une évaluation des substances utilisées (Fénitrothion, Deltaméthrine) à La Réunion a été réalisée par le BERPC, sur sollicitation de l'AFSSET avec l'unité d'évaluation des risques écotoxicologiques. Le travail a consisté à évaluer les risques pour la santé humaine (équipes d'épandage, riverains) et pour la faune sauvage. ●

Les produits insecticides

La lutte anti-vectorielle menée à La Réunion contre le chikungunya associe actuellement deux types de produits : un adulticide et un larvicide. Le traitement des gîtes larvaires était tout d'abord effectué à l'aide d'un organophosphoré, le Téméphos, couramment employé contre les moustiques du genre *Aedes*. Ce produit devant être bientôt retiré du marché européen a été remplacé par un bio-pesticide, le BTI (*Bacillus thuringiensis israelensis*). S'agissant de la lutte adulticide, l'intensification des traitements a conduit les experts à revoir le produit utilisé. Depuis février 2006, c'est un insecticide à base de pyréthri-noïde, la Deltaméthrine, qui a succédé aux pulvérisations de Fénitrothion, un organophosphoré lui aussi bien connu. Le choix des pesticides a été redéfini en s'appuyant sur les conclusions des travaux d'une évaluation, et ce, dans le but de minimiser les conséquences possibles sur la santé et l'environnement.

(1) Source InVS au 21 avril 2006.

À l'heure où la mise en place de technologies de substitution se pose en alternative pour l'avenir, l'identification et la prise en compte des risques émergents⁽¹⁾ deviennent cruciales. Trois catégories de risques émergents peuvent être identifiées : ceux liés à l'innovation technologique, ceux liés à de nouvelles expositions et ceux issus d'une combinaison des deux phénomènes. Pour l'INERIS, acteur de la prise en compte de ces risques, se dessinent trois territoires d'intervention : l'alerte, la qualification du risque et la mise au point d'outils de gestion.



Des phénomènes indissociables de l'activité humaine

La notion de risque n'est pas nouvelle. Au fil des siècles, avec les progrès techniques, le développement des échanges et les avancées de la connaissance, chaque époque a été marquée par l'émergence de dangers nouveaux et donc de risques nouveaux. Aujourd'hui, le phénomène perdure, amplifié par la rapidité du développement technologique, les incidences de l'activité humaine sur la planète. Multiplication par trois en 30 ans du nombre de catastrophes

naturelles, accroissement des accidents industriels, passés de 50 en 1980 à 300 en 2000, maladies infectieuses nouvelles ou migrantes, montée du terrorisme, insécurité alimentaire, pollutions inédites ou soudainement révélées, vulnérabilité des systèmes d'information aux attaques extérieures, malveillance, impact des facteurs environnementaux sur la santé humaine... Tous ces phénomènes brutaux ou insidieux participent à l'émergence de dangers nouveaux

et à une prise de conscience des risques inhérents pour les milieux naturels et les êtres vivants. Une prise de conscience renforcée – déformée – par une diffusion parfois trop rapide de l'information, susceptible de modifier la perception du risque par le public et les décideurs.

Suite p.6 ➡



Mesure de l'énergie minimale d'inflammation d'un nuage de poussières.



L'analyse fait apparaître trois catégories de risques émergents : des risques liés à l'apparition de nouveaux dangers, des risques liés à de nouvelles expositions et des risques résultant de la combinaison des deux.

Risques et nouveaux dangers

Si elle contribue à la diminution ou à la disparition de certains risques, l'évolution technologique crée aussi de nouveaux dangers. Avec les biotechnologies ou la robotique, les **nanotechnologies** apparaissent depuis quelques années comme l'une des technologies les plus prometteuses. Déjà présentes dans les produits cosmétiques, les nanoparticules manufacturées confèreraient des propriétés étonnantes aux matériaux traditionnels : des plastiques deviendraient conducteurs d'électricité, des matériaux opaques deviendraient transparents. Les applications industrielles issues de ces

nanosciences apparaissent innombrables et certains n'hésitent pas à parler de révolution technologique du XXI^e siècle. Des retombées sont attendues dans les domaines de la santé – diagnostics et thérapies à l'échelle moléculaire –, de l'environnement – miniaturisation de systèmes producteurs d'énergie –, et des technologies de l'information – augmentation phénoménale des capacités de calcul des ordinateurs. Mais ces espoirs ont été tempérés, depuis trois ans, par des interrogations sur les risques que ces matériaux pourraient engendrer pour la société et pour la santé humaine en l'absence d'investigations et de réglementations appropriées à leurs caractéristiques.

Des inquiétudes analogues accompagnent la perspective de substitution de l'énergie d'origine fossile par l'**hydrogène**, dans les véhicules et les installations productrices d'électricité. Son utilisation potentielle comme carburant automobile ou dans les piles à combustibles (PAC) pose cependant des problèmes de sécurité. Fortement explosif en mélange avec l'air, l'hydrogène fait peur, et sa mise à disposition de tout un chacun fait encourir de nouveaux risques inconnus jusqu'ici dans l'univers de l'*homo automobilus*.

Parés de vertus infiniment plus écologiques que les carburants d'origine fossile, les **biocarburants** – dont le potentiel prometteur avait été perçu par Rudolf Diesel lui-même – sont-ils exempts de nuisances et de dangers ? L'obligation de lutter contre l'effet de serre, l'épuisement annoncé des réserves de pétrole, la valorisation d'une éco-ressource inépuisable et salvatrice pour l'agriculture, tous ces facteurs concourent à l'intégration de volumes croissants de biocarburants liquides dans les réservoirs et au développement de filières spécifiques adaptées aux flottes de véhicules dites captives. Pourtant, si le public plébiscite l'utilisation d'une énergie « propre », les scientifiques commencent à se poser des questions sur la sécurité industrielle des filières de production, mais aussi sur l'innocuité des produits, sur leur comportement – ainsi que celui des autres produits intervenant sur la chaîne de valorisation des biocarburants –, en cas de combustion accidentelle, et sur leurs conséquences au regard de la biodiversité. L'enjeu que représente le développement durable peut-il faire l'économie d'un examen approfondi et anticipé de ces risques potentiels ? On notera que, dans ce domaine, des synergies sont à exploiter en matière de réflexion sur la sécurité, puisque les biocarburants font

→ Des enjeux au programme de la Plate-forme européenne sur la sécurité industrielle

Initiée en 2004 et lancée officiellement le 30 juin 2005 à Gdansk (Pologne), la Plate-forme technologique européenne en sécurité industrielle (ETPIS) a pour objectif d'éclairer la Commission européenne sur les priorités de recherche du 7^e Programme-cadre (PCRD). Les risques émergents figurent parmi les thématiques qui structurent l'ETPIS ainsi que les plates-formes

miroir nationales, notamment en France. Le programme de travail de l'ETPIS comprend également les thèmes suivants : méthodes d'évaluation et de gestion des risques ; technologies avancées pour réduire les risques ; intégrité structurelle ; facteurs humains et organisationnels. S'y ajoutent deux groupes de travail transverses : nanotechnologies et éducation-formation.

l'objet de recherches en tant que ressources relais pour la production d'hydrogène à moyen terme.

Récemment, la diffusion de différents travaux d'évaluation des risques sanitaires a suscité une prise de conscience collective de l'impact de substances présentes dans notre environnement. C'est le cas des **métaux lourds** contenus dans les boues résiduelles de stations d'épuration recyclées comme engrais agricole, ou du **formaldéhyde**, dont la concentration dans l'air intérieur fait depuis quelques années l'objet de campagnes de mesures et d'études de la part de plusieurs organismes de recherche dont l'INERIS. Ces concentrations s'expliquent par «*la présence de sources nombreuses et variées – panneaux de particules ou de fibres de moyenne densité, contreplaqué, bois lamellé-collé, peintures, vernis et colles ; fumée de tabac ; cosmétiques... – associées, le plus souvent, à une ventilation, tant naturelle que mécanique, peu efficace, voire inexistante*», indique le rapport de l'Institut sur l'exposition de la population au formaldéhyde, remis en avril 2004 au ministère de l'Écologie et du Développement durable. Il met en exergue des effets potentiels sur l'appareil respiratoire, le développement de cancers chez l'homme et l'animal, ainsi que «*des effets sur*

la reproduction – perturbation du cycle menstruel, grossesses difficiles – et sur le poids des bébés à la naissance chez des femmes exposées professionnellement au formaldéhyde par inhalation.»

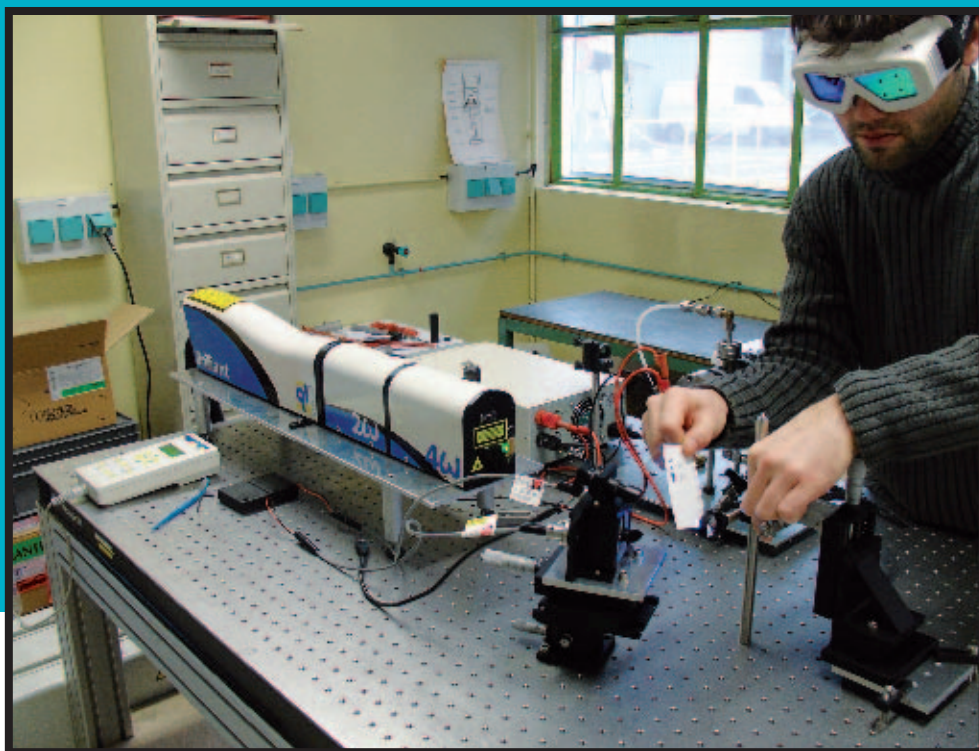
Plus généralement, c'est la toxicité chronique de nombreuses substances chimiques qui focalise aujourd'hui les préoccupations des pouvoirs publics et de la société. En témoignent les axes thématiques retenus dans le cadre du plan national Santé-Environnement, mais aussi l'adoption prochaine par l'Europe de la réglementation issue du règlement REACH. «*Les progrès de la génétique et de l'exploration cellulaire de ces 15 dernières années permettent de mettre en évidence des phénomènes de perturbation du système reproducteur que*

l'on soupçonnait, sans pour autant apporter encore toutes les réponses aux interrogations sur les mécanismes en jeu, souligne Philippe Hubert, directeur des risques chroniques à l'INERIS. *À cet égard, les perturbateurs endocriniens [PE] ont valeur d'exemples lorsqu'on aborde la problématique du risque émergent. On sait que le risque existe, qu'il ne relève pas d'un soupçon fantasmatique. Mais les résultats des études sont encore incomplets, voire contradictoires.*» Aussi, les recherches s'accroissent dans le but d'approfondir la connaissance des mécanismes d'action, d'améliorer la caractérisation des relations dose-effet et de concevoir des méthodes permettant de déceler les substances à activité PE. C'est là tout l'objet des travaux menés à l'INERIS par deux équipes qui travaillent de manière concertée



Étude des effets perturbateurs endocriniens chez le poisson-zèbre.





Mesure directe de nanoparticules dans l'air par analyse de plasma créé par laser à impulsion.

sur cette thématique. La première étudie les effets des perturbateurs endocriniens sur les espèces aquatiques, avec notamment pour objectif le développement d'outils de caractérisation du potentiel perturbateur des substances chimiques et des méthodes de détection précoce de leurs effets. La seconde s'intéresse plus particulièrement aux troubles de la reproduction chez l'homme, qu'elle étudie par voie expérimentale chez l'animal.

Risques et nouvelles expositions

La recrudescence inquiétante des épidémies de légionellose s'inscrit dans une deuxième famille de risques émergents. Elle y rejoint d'autres risques, comme ceux liés au DDT et à l'amiante qui, à une époque, furent eux aussi émergents. Si leur existence et leurs manifestations étaient connues depuis longtemps, la nouveauté réside dans un changement d'échelle qui les érige en risques collectifs. Présentes à l'état naturel dans

les eaux douces et les sols, les **légionelles** n'avaient guère fait parler d'elles jusqu'en 1999, année où la prolifération de la bactérie dans l'eau des fontaines d'une exposition florale aux Pays-Bas a fait 181 victimes, dont 21 morts. La multiplication des systèmes de climatisation dans les immeubles de bureaux et les bâtiments à vocation tertiaire fournit un terrain propice à sa prolifération dans les circuits et à sa diffusion sous forme d'aérosols par l'intermédiaire des tours aéro-réfrigérantes. En France, le nombre de cas déclarés a connu une croissance exponentielle au cours de ces dix dernières années : de 80 en 1996 on est passé à 440 en 1999, 1 021 en 2002, 1 202 en 2004 et 1 952 pour les 11 premiers mois de 2005. Dans le même temps, le nombre de décès dus à cette pneumopathie aiguë a été multiplié par dix : de 13 en 1996, à 138 en 2004. L'intérêt médiatique qu'a suscité l'épidémie survenue fin décembre 2003 dans la région lensoise a servi de révélateur pour l'opinion publique. Sollicité à cette occasion par les

ministères chargés de l'Environnement et de la Santé, dans le cadre d'une mission d'appui technique mise en place par le préfet du Pas-de-Calais, l'INERIS a mobilisé ses compétences pour réaliser une étude de modélisation de la propagation aérienne des aéropolluants qui a mis en évidence l'existence d'un périmètre de contamination potentielle plus important que supposé jusqu'alors. L'exposition aux champs électromagnétiques (CEM) n'est véritablement devenue un problème de santé publique qu'à la faveur du «boom» de la **téléphonie cellulaire**, depuis une dizaine d'années. Alors que l'apparition de ce nouveau moyen de communication, au début des années 1980, n'avait soulevé aucune inquiétude dans la population, son usage et surtout les stations de base nécessaires à son fonctionnement suscitent aujourd'hui interrogations, accusations et oppositions. Jouant le rôle d'initiateur, l'OMS⁽²⁾ a lancé, en 1996, un projet pour l'étude des champs électromagnétiques, projet qui se proposait «d'évaluer les effets

→ Exemples d'actions de l'INERIS dans la prise en charge des risques émergents

| ÉTAPES | ACTIONS DE L'INERIS | |
|---|--|--|
| Alerte | Dépistage des propriétés toxicologiques et écotoxicologiques | <ul style="list-style-type: none"> • Outils de détection cellulaires des perturbateurs endocriniens • Outils de modélisation prédictive des propriétés des molécules chimiques (QSAR) |
| Qualification du risque | Identification de phénomènes dangereux Étude de la réalité d'une relation causale en santé | <ul style="list-style-type: none"> • Impacts potentiels des techniques de stockage du CO₂, des piles à combustibles, des biocarburants • Investigation des mécanismes potentiels pour l'action des nanoparticules et des perturbateurs endocriniens |
| Construction d'outils de gestion (évaluation et surveillance) | Méthodes analytiques de surveillance Métrologie Surveillance et état des lieux préliminaires | <ul style="list-style-type: none"> • Projet européen NORMAN sur l'analyse chimique des polluants émergents • Instrumentation des nanoparticules • Campagnes de mesures en milieu urbain |

sanitaires et environnementaux provoqués par des champs électriques et magnétiques statiques ou variables dans les fréquences allant de 0 à 300 GHz». «Bien que notre environnement soit largement envahi par les radiofréquences – ondes radio, télécommandes, émetteurs de télévision, radars, réseaux informatiques sans fil... –, la téléphonie mobile numérique se distingue par la proximité du crâne avec l'appareil émetteur-récepteur et sa batterie, et la multiplication des antennes relais, deux caractéristiques qui en font la plus importante des sources de champs électromagnétiques à laquelle l'homme ait jamais été exposé», confirme René de Seze, responsable de l'unité Toxicologie expérimentale à la Direction des Risques Chroniques de l'INERIS.

Alerter, qualifier et gérer

Beaucoup de phénomènes, très hétérogènes, peuvent donc rentrer dans la catégorisation des risques émergents. Quelle que soit la typologie à laquelle ils appartiennent, ils ont un point commun en cela que la panoplie des outils traditionnels de la prévention (évaluation, définition des modes de réduction, surveillance des rejets, des milieux) ne sont pas

toujours disponibles ni adaptés. Face aux risques émergents, si l'action peut démarrer du lancement d'alerte, elle doit nécessairement se prolonger par une phase de qualification du risque pour aboutir à la mise en place de moyens de prévention et d'outils de gestion adaptés. Cette démarche doit être en mesure d'éclairer les acteurs politiques ou institutionnels confrontés à des impératifs d'action et de communication (situation de crise), à la mise en œuvre du principe de précaution et d'apporter une expertise fondée sur la recherche pour conférer un juste dimensionnement à la prise de décision des autorités publiques. «Anticiper pour jouer un rôle de lanceur d'alerte n'est pas simple, fait observer Pierre Toulhoat, directeur scientifique de l'INERIS. Répondre à ces différentes contraintes de temps passe par la veille, le questionnement, la recherche, la capitalisation des connaissances, le partenariat scientifique et l'appartenance à des réseaux tels que ceux qui commencent à structurer la recherche européenne.» Pour Ghislaine Lacroix, spécialiste de la toxicité des aérosols à la Direction des Risques Chroniques, l'intérêt que l'INERIS manifeste



depuis deux ans pour les nanotechnologies résulte du croisement entre les compétences de l'Institut et l'émergence des interrogations sur cette thématique dans les milieux scientifiques. «L'état des connaissances sur l'impact sanitaire des particules atmosphériques fines et ultra-fines amène à s'interroger sur le potentiel de nuisance des nanoparticules produites par l'homme. Une véritable dynamique de recherche, fondée sur une approche pluridisciplinaire, s'organise autour

Les effets potentiels sur le système nerveux sont une des interrogations suscitées par l'utilisation des GSM.



Biologie moléculaire : préparation des échantillons exposés à des perturbateurs endocriniens.



de ces questions. » Ainsi, l'INERIS est impliqué dans le projet NANORIS développé conjointement par les Directions des Risques Chroniques et des Risques Accidentels de l'INERIS, ainsi que dans le programme européen NANOSAFE2 et le projet de recherche NANOTOX financé par le programme Santé-Environnement et Santé-Travail de l'ANR⁽³⁾. Ces programmes vont permettre de travailler sur la métrologie, la toxicologie et l'accidentologie des nanoparticules afin d'acquérir une meilleure connaissance et une meilleure compréhension des phénomènes potentiels qui leur sont associés. Cette phase d'analyse prospective des risques fait partie intégrante des missions de l'INERIS. Elle s'applique à d'autres domaines comme, par exemple, celui de la capture et du stockage de CO₂. L'enjeu : réduire les émissions de gaz à effet de serre – comme le prévoit le protocole de Kyoto –, en captant le dioxyde de carbone à la source pour l'enfouir dans les cavités anthropiques. Mais ce stockage est-il sans risques ? Emprisonné dans d'anciennes

mines de charbon, ce gaz pourrait-il, en remontant vers la surface, provoquer des troubles pour les vies humaines ? Pour le savoir, l'INERIS étudie actuellement la faisabilité et la fiabilité d'un tel projet dans le cadre du programme VELCO2 (2005-2007), en coopération avec le BRGM, CdF, l'Institut de mécanique des terrains de Katowice et l'Institut central des mines de Cracovie (Pologne). Là encore, dans le but de combler les lacunes des connaissances actuelles sur le sujet et d'apporter un avis éclairé aux pouvoirs publics qui auront, le cas échéant, à prendre une décision sur la mise en œuvre de cette solution. La caractérisation des risques potentiels nouveaux doit également être complétée par la mise au point d'outils de gestion adaptés. C'est précisément ce besoin qui a motivé le montage du projet européen NORMAN, que coordonne l'INERIS dans le cadre du 6^e PCRDT. Il vise, dans un premier temps, à constituer une base de données des substances émergentes, pas nécessairement nouvelles sur le marché mais le plus souvent déjà présentes dans l'environnement

et dont les effets ne sont pas connus ou pas encore étudiés. Un second volet concernera l'harmonisation et la validation des méthodes de mesure, avec la mise en place de protocoles de validation de méthodes, spécialement conçus pour l'analyse de contaminants émergents et de leurs effets. Une étape primordiale pour faciliter l'interprétation et la comparaison des résultats qui constituent souvent une difficulté majeure dans le processus de prise de décision. Enfin, le projet NORMAN s'engage à développer la diffusion et l'échange d'informations sur ce thème et devrait aboutir, à l'horizon 2008, à la création d'un réseau permanent de laboratoires experts dans le domaine de la recherche et de la surveillance des substances émergentes. ●

(1) Il ne sera pas question ici des macro-risques – ou risques systémiques – d'origine démographique, économique ou politique, mais des risques environnementaux entrant dans le champ de compétences de l'INERIS.

(2) Organisation mondiale de la santé.

(3) Agence nationale de la recherche.



Pour en savoir plus

- *Les risques émergents*, dossier de presse INERIS du 8 novembre 2005, sur www.ineris.fr, rubrique « Presse ».
- *Rapport scientifique INERIS 2004>2005* : sur demande au 03 44 55 64 38.
- « La plate-forme technologique sur la sécurité industrielle (ETPIS) » sur www.industrialsafety-tp.org
- *NORMAN, Network of reference laboratories and related organisations for monitoring and bio-monitoring of emerging environmental pollutants* sur <http://norman.ineris.fr>

Essai à niveau constant de combustion d'huile de maïs au calorimètre de Tewarson.

Nouvelles sources d'énergie

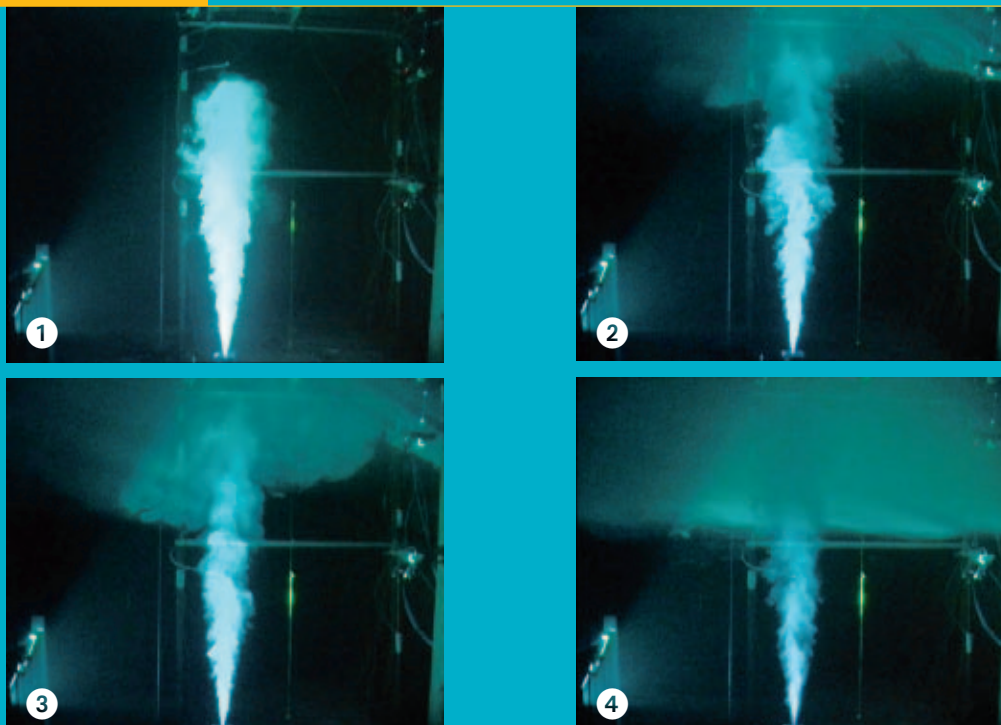
Lever les incertitudes

Parmi les filières énergétiques de demain, le couple pile à combustibles/hydrogène et les biocarburants constituent sans aucun doute des solutions prometteuses. Pour autant, leur déploiement nécessite d'identifier et de maîtriser les risques associés, afin d'amener ces nouvelles filières à un niveau de sécurité adéquat.

Des efforts considérables ont été engagés ces dernières années dans la recherche et la mise en œuvre de nouveaux modèles énergétiques afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre, les niveaux de polluants et d'anticiper l'épuisement des réserves de combustibles fossiles, dans une logique de développement durable. Ces efforts sont d'ailleurs soutenus de manière significative par les acteurs réglementaires et par les financeurs. Toutefois, ces solutions alternatives, en développement, doivent être

étudiées au regard des risques qu'elles sont susceptibles de générer. En l'occurrence, les systèmes énergétiques à l'hydrogène nécessitent encore de nombreuses études afin, d'une part, d'augmenter la fiabilité, la robustesse et la durée de vie et, d'autre part, de démontrer que les risques sont maîtrisés. Dans ses recherches, l'INERIS s'attache à approfondir la connaissance des risques accidentels associés à la conception et à l'utilisation de ces systèmes tout au long de leur cycle de vie.

«Après la coordination de SEREPAC, projet qui avait pour but de dresser l'état de l'art de la sécurité et de broser le contexte réglementaire et normatif relatif aux piles à combustibles, c'est le programme national SECUTECH₂ qui, dès 2002, a défini le champ d'expertise de l'INERIS dans ce domaine», rappelle Lionel Perrette, ingénieur à la Direction des Risques Accidentels. Ce deuxième programme, achevé en 2005, avait pour objectifs «de faire un bilan des connaissances disponibles et d'en développer de nouvelles,



Visualisation par plan laser d'un jet d'hydrogène.

de participer à la maîtrise des risques dès la conception, d'identifier les points durs de la sécurité susceptibles d'être un frein au développement et à la pénétration de cette ressource énergétique et enfin de participer à la construction du contexte réglementaire et normatif».

Aujourd'hui, les travaux de l'Institut s'articulent autour de cinq thématiques qui couvrent l'ensemble de la chaîne du risque : de la compréhension à la communication. Le scénario qui prévoit une présence accrue de systèmes à hydrogène dans des espaces souterrains, dans des garages ou des locaux techniques, justifie, par exemple, d'étudier les conséquences d'une fuite en milieu confiné et l'efficacité des moyens de détection et de prévention des risques d'inflammation et d'explosion. Pour cela, des essais ont été réalisés à l'INERIS avec pour finalité d'évaluer la performance des modèles prédictifs existants en vue de définir des règles de bons usages. Ces recherches phénoménologiques vont se poursuivre en 2006 par l'étude du comportement d'un jet d'hydrogène en présence d'obstacles, une situation bien plus

ardue à prédire que celle des jets en champ libre. «L'objectif est de lever les incertitudes sur ces phénomènes accidentels afin de pouvoir les modéliser», précise Lionel Perrette.

Une connaissance nécessaire

L'étude sera menée en collaboration avec l'Institut de recherche sur les phénomènes hors équilibre ⁽⁶⁾ (IRPHE), dans le cadre du projet ANR intitulé DRIVE qui réunit, l'INERIS (coordinateur), le CEA, Peugeot (PSA) et l'IRPHE. Ce projet doit permettre de recueillir des informations sur les risques accidentels des véhicules à hydrogène. Dans le prolongement du programme national PLUSPAC, l'Institut va également approfondir ses connaissances dans le domaine de la sécurité du stockage de l'hydrogène sur hydrures métalliques, un procédé ancien présenté comme «sûr». Le stockage d'hydrogène sous pression constitue également un sujet central dans les travaux de l'Institut. Par ailleurs, dans le cadre du projet européen Hy-Approval (6° PCRDT), l'INERIS participe à l'élaboration du *Guide de bonnes pratiques pour la conception*

et l'exploitation des stations-services hydrogène. Le thème des stations-services hydrogène est commun au projet national ALTHYTUDE (étude des avantages des mélanges hydrogène/gaz naturel) auquel l'INERIS participe également. Ce projet fait également appel à l'expertise de l'INERIS dans le domaine de la sécurité des bus fonctionnant au gaz. À défaut de citer l'ensemble des projets européens auquel il participe, nous rappellerons enfin que l'Institut est également partenaire du tout nouveau projet européen Hychain-Minitrans qui se donne pour objectif de tester la filière hydrogène, de la production à l'utilisation, dans quatre pays dont la France. L'INERIS dissémine ses connaissances au travers de sa participation aux comités de normalisation «Technologies de l'hydrogène», groupe-miroir du Comité technique international ISO TC 197, et «Technologies piles à combustibles, groupe-miroir du Comité technique international IEC TC 105, afin de promouvoir un usage sûr de l'hydrogène, condition sine qua non au développement de cette énergie alternative «propre».



Son expertise dans ce domaine lui vaut sa présence au sein du réseau d'excellence européen HySafe. L'objectif de ce réseau est de coordonner les acteurs européens de la recherche dans le domaine de la sécurité de l'hydrogène énergie, dans la perspective de la création du Centre européen de la sécurité de l'hydrogène énergie.

La sécurité des biocarburants

L'opinion publique comme les décideurs politiques ont une perception favorable de cette énergie «verte» censée compenser la diminution des ressources en carburant d'origine fossile et participer à la lutte contre l'effet de serre. Pourtant, sans vouloir freiner son développement, il appartient d'examiner si l'on ne sous-estime pas les conséquences dues au changement d'échelle de la production industrielle, aux effets de la mondialisation des marchés, à la grande diversité des agro-ressources en jeu et à l'introduction d'une part croissante de biocarbu-

rants dans les réservoirs. Financé par le gouvernement (programme 189), le programme BioSaFuel, lancé en 2006 par l'INERIS, comprend cinq axes : une analyse de la littérature scientifique ; l'identification et la caractérisation des dangers des produits, notamment en cas de combustion accidentelle ; l'étude des interactions potentielles des produits avec les matériels utilisés pour leur stockage, traitement et transport ; la sécurité sanitaire et environnementale des biocarburants ; l'élaboration d'un modèle simplifié d'évaluation de la criticité d'un projet de production de biocarburants. Autant de thèmes d'études auxquels seront associés (liste encore ouverte à ce jour) divers acteurs tels que l'Association pour le développement des biocarburants agricoles (ADECA), l'ISSeP en Belgique, les services d'intervention en France (SDIS), les membres du réseau «inFIRE», la NFPA⁽²⁾ (via son organisme de recherche FPRF⁽³⁾), des producteurs et, bien

NOTRE PROCHAIN DOSSIER

Trentième anniversaire de la loi sur les ICPE

Entrée en vigueur le 19 juillet 1976, la loi relative aux installations classées pour la protection de l'environnement a progressivement évolué pour répondre à l'impératif de prévention des risques accidentels majeurs.

Moteur électrique d'un véhicule à hydrogène.

entendu, le pôle de compétitivité Industries et Agro-ressources des régions Picardie et Champagne-Ardenne, régions fondatrices du savoir-faire industriel national en matière de biocarburants. «La finalité de ce programme est de pouvoir mettre à la disposition des différents acteurs de la filière, un outil leur permettant d'appréhender les questions relatives à la sécurité, en amont d'un projet d'industrialisation, et ce, de manière adéquate et au meilleur coût», précise Guy Marlair, responsable de programme «Matériaux énergétique» à la Direction de la Certification. À quoi ressembleront donc les solutions énergétiques du futur ? Ce qui est certain, c'est que leur utilisation «banalisée» aura été précédée par la recherche de solutions permettant d'en maîtriser les risques et d'en assurer la sécurité, seule condition à leur acceptabilité par le grand public. ●

(1) Institut de recherche sur les phénomènes hors équilibre, unité mixte CNRS/universités de Provence-Méditerranée.

(2) National Fire Protection Association.

(3) Fire Protection Research Foundation.

Sécurité fonctionnelle

Une étude pour GE Energy



La société GE Energy, basée à Belfort, constructeur de turbines à gaz de moyenne et de grande puissance, conçoit et réalise des centrales de production d'électricité. Elle a sollicité

Le site de Kemalpaşa, près d'Izmir, en Turquie.

l'INERIS pour l'évaluation des systèmes instrumentés de sécurité de ses centrales. Le référentiel d'évaluation de la sûreté de fonctionnement retenu a été la norme CEI/EN 61511. L'étude a été menée sur l'installation destinée à la centrale de Kemalpaşa, en Turquie. L'INERIS a évalué de façon exhaustive la conformité à la norme des systèmes instrumentés de sécurité de l'installation.

La norme CEI/EN 61511 spécifie les exigences techniques de conception, de construction et de validation du niveau de sécurité de ces systèmes. Les exigences de ce référentiel normatif portent principalement sur la gestion de

la sécurité fonctionnelle au travers des deux thèmes suivants :

- le cycle de vie de sécurité, de la conception jusqu'à la fin de vie de l'installation ;
 - l'évaluation qualitative et quantitative d'un système en déterminant les probabilités de défaillances dangereuses lors d'un dysfonctionnement.
- L'INERIS est maintenant sollicité pour aller plus loin, en certifiant la prise en compte de la sûreté de fonctionnement au niveau global de l'installation. ●

Pour en savoir plus
Dominique Charpentier
Tél. : 03 44 55 68 82

Des indicateurs d'impacts de REACH

En adoptant le règlement REACH (Enregistrement, évaluation et autorisation des produits chimiques), l'Union européenne s'est engagée à développer des outils statistiques permettant de suivre la mise en place de cette nouvelle politique et d'en mesurer l'efficacité. Dans ce cadre, la Commission européenne et l'Office statistique des Communautés européennes (EUROSTAT) ont confié à un groupe d'experts la mission d'élaborer un ensemble d'indicateurs pour évaluer la portée du règlement REACH en matière de bénéfices pour la santé humaine et l'environnement. L'étude, qui vient de débuter, est pilotée par le OKO-Institut e.V. ⁽¹⁾ et associe l'INERIS, le DHI Water & Environment ⁽²⁾ et le FoBiG ⁽³⁾. Elle s'appuie tout d'abord sur une analyse de la situation antérieure à REACH.

Ainsi, il s'agit dans un premier temps de modéliser les impacts des substances chimiques sur la santé des consommateurs et des travailleurs ainsi que sur l'environnement, pour pouvoir apprécier ensuite les progrès accomplis à travers l'élaboration et le calcul d'indicateurs centrés sur le risque. L'ensemble des partenaires travaille pour cela à l'identification préalable des sources d'informations pertinentes (bases de données telles que l'UCLID, PRODCOM, etc.). L'INERIS (unités Toxicologie Expérimentale et Évaluation des Risques Écotoxicologiques) est plus particulièrement en charge de la partie consommateurs mais est également très impliqué sur l'impact environnemental, tant pour la collecte des données que pour la méthodologie

d'élaboration et la quantification des indicateurs. Ce projet est d'autant plus ambitieux que les indicateurs se situent au niveau du risque, qu'ils doivent être spécifiques aux substances chimiques couvertes par REACH, qu'ils doivent être réitérables tous les six ans, et ce, dans les 25 États membres de l'UE, avec un degré de fiabilité suffisant et un coût raisonnable. ●

(1) OKO-Institut (institut écologique), Allemagne.

(2) DHI Water & Environment (institut pour la qualité de l'eau), Danemark.

(3) FoBiG (institut de recherche sur les substances dangereuses), Allemagne.

Pour en savoir plus
Céline Boudet
Tél. : 03 44 55 65 95

DROIT DE L'ENVIRONNEMENT

> Les obligations de l'entreprise en matière d'hygiène et de Sécurité au travail [DE04B]

9 juin 2006, Verneuil-en-Halatte

RISQUES ACCIDENTELS

> La conception de matériels non électriques ATEX [RA29B]

1^{er} et 2 juin 2006, Lyon

> ATEX : les produits, la réglementation, l'évaluation des risques [RA40C]

7 au 9 juin 2006, Aix-en-Provence

> Les études de dangers liés aux installations de stockage de liquides inflammables [RA41B]

27 et 28 juin 2006, Verneuil-en-Halatte

> La sûreté de fonctionnement des dispositifs de sécurité [RA19B]

29 juin 2006, Verneuil-en-Halatte

> La protection des installations industrielles contre les effets de la foudre [RA06B]

21 novembre 2006, Verneuil-en-Halatte

RISQUES CHRONIQUES

> L'évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact installation classée [RC02B]

13 au 15 juin 2006, Verneuil-en-Halatte

> La téléphonie mobile et la santé [RC11B]

19 septembre 2006, Paris

MANAGEMENT HYGIÈNE SÉCURITÉ ENVIRONNEMENT

> La directive Seveso II : mettre en place un système de gestion de la sécurité [M13B]

21 et 22 juin 2006, Verneuil-en-Halatte

> L'intégration des exigences santé, sécurité, environnement dans un système de management de la qualité [M23B]

21 au 23 juin 2006, Toulouse

Versants rocheux et changements de climat



Les changements climatiques (réchauffement, fortes précipitations, etc.) sont-ils des facteurs aggravants du risque d'instabilité des versants rocheux ? Pour mieux comprendre les interactions entre ces phénomènes, un programme de recherche vient de débuter, pour une durée de trois ans, sous l'acronyme Stabrock [STABILité des fronts ROC(K)heux]. Financé par la direction de la Recherche du ministère des Transports et de l'Équipement, coordonné par l'INERIS, ce projet fédère les compétences complémentaires de six organismes, le laboratoire Géosciences-Azur⁽¹⁾, la société SITES,

l'université de Besançon, le LCPC⁽²⁾, le laboratoire LAEGO⁽³⁾ et le laboratoire Sols et Solides Structures⁽⁴⁾. Le projet a pour objectif d'étudier l'influence des changements environnementaux, notamment thermiques et hydriques, sur les mécanismes induisant des mouvements instables des versants rocheux et d'intégrer les connaissances acquises, dans la mise au point de systèmes de surveillance opérationnels du risque d'éboulement. Pour les besoins d'une telle étude, un laboratoire grandeur nature sera installé sur le site des gorges de Valabres (Provence-Alpes-Côte d'Azur), où seront mises en œuvre toutes les méthodes d'investigation disponibles. La démarche scientifique, basée sur une approche pluridisciplinaire, permettra d'analyser les mouvements rocheux depuis l'observation de terrain, l'expérimentation *in situ*, l'expérimentation en laboratoire et la modélisation numérique. La combinaison adaptée des différentes méthodes d'investigation permettra une compréhension des mécanismes d'instabilité ainsi que l'extrapolation

aux impacts attendus des changements climatiques à venir. À l'issue de cette recherche, les enseignements tirés seront mis à profit pour la définition de systèmes de surveillance, en vue d'améliorer la prévision des risques de déstabilisation des versants rocheux, en particulier lorsqu'ils présentent une menace pour des zones habitées ou au voisinage d'importantes infrastructures. Par ailleurs, les processus de gestion des éboulements brutaux des versants rocheux seront aussi étudiés, ils permettront de mieux répondre aux préoccupations des utilisateurs publics concernant l'intégration des outils scientifiques dans la préparation des stratégies de gestion des éboulements. ●

(1) CNRS-université de Nice.

(2) Laboratoire central des Ponts et Chaussées.

(3) École des mines de Nancy (INPL).

(4) CNRS-Institut national polytechnique de Grenoble, université Joseph Fourier.

Pour en savoir plus

Gloria Senfaute, Farid Laouafa,

Myriam Merad

Tél. : 03 44 55 66 77

AGENDA

→ SALONS/MANIFESTATIONS

> du 20 au 22 juin 2006

Infovrac, salon des matériels et équipements pour le vrac,
au palais des congrès de Paris (porte Maillot)
Contact : Éditions SOMIA
Tél. : 01 43 36 08 88

> du 27 au 29 juin 2006

Assises nationales des déchets,
au parc des expositions d'Agén
Contact : Réseau idéal
Tél. : 01 45 15 13 29

> 19 septembre 2006

Journée de la certification,
organisée par l'INERIS à Verneuil-en-Halatte
Contact : Anne-Laure Lesnes
Tél. : 03 44 55 65 43

> 12 octobre 2006

Assises nationales des risques technologiques, à Douai
Débattre des mesures mises en place suite à la loi du 30 juillet 2003 et des progrès accomplis dans le domaine de la réduction des risques technologiques.
Tél. : 03 27 71 20 50

→ COLLOQUES/CONFÉRENCES

> 2 juin 2006

Les entreprises et le développement durable,
colloque organisé par la CCI de l'Oise au Cinespace de Beauvais
Contact : Paule Nusa-Geiger
Tél. : 03 44 79 80 97

ZOOM SUR

Accord INERIS/EDF

En signant, le 7 novembre 2005, un accord-cadre de collaboration en recherche et développement, l'INERIS et EDF affichent leur volonté de consolider et d'accroître leur coopération scientifique. Cet accord, conclu pour une durée de quatre ans, constitue un cadre propice pour la réalisation d'actions communes (échanges de personnel, thèses, projets de recherche européens et nationaux, etc.), dans les domaines des risques technologiques et des risques environnementaux et sanitaires.



Master ingénierie des risques

Proposé par l'université René Descartes Paris V, ce master prend en charge la question de l'analyse et du management des risques, qu'il s'agisse des menaces intentionnelles ou des dangers liés aux risques naturels ou ceux liés au développement technologique. Il s'appuie sur un partenariat avec l'Institut national des hautes études de sécurité (INHES) et l'INERIS, qui apporte son expertise notamment sur les méthodes d'analyse des risques et la gestion de crise.

Contact : Université René Descartes

Tél. : 01 42 86 21 59

VIENNENT DE PARAÎTRE

Succès pour le colloque Après-mine 2005

Près de 150 participants ont assisté au colloque Après-mine 2005 qui s'est tenu du 16 au 18 novembre 2005, à Nancy. Organisé par le GISOS, ce colloque avait pour objectif de faire le point sur les difficultés liées à la gestion de l'après-mine, qu'elles soient d'ordre technique, scientifique, juridique ou socio-économique. La pluridisciplinarité des participants ainsi que la présence d'experts internationaux issus d'une vingtaine de pays ont contribué à la richesse des débats et au partage des expériences.

Actes sur CD-Rom édité par l'Association scientifique pour la géologie et ses applications (ASGA) - tél. : 03 83 59 63 48. Prix TTC : 17,94 €

BREF Papeterie



Ce CD-Rom constitue l'adaptation électronique du document européen concernant les «meilleures techniques disponibles» (du point de vue de la réduction des agressions pour l'homme et l'environnement), dans les industries de la fabrication du papier et de la pâte à papier.

Il est disponible auprès de l'INERIS - Olivier Péron - Tél. : 03 44 55 65 81

NB : BREF signifie Best Available Techniques References Document.

NOMINATION



Unité Qualité de l'air

Denis Savanne a rejoint l'INERIS en tant que responsable de l'unité Qualité de l'air (30 personnes), en remplacement de Rémi Perret. Âgé de 42 ans, Denis Savanne est titulaire d'un DEA de biologie et diplômé de l'École nationale supérieure d'horticulture de Versailles. Après un parcours de 16 années dans le domaine des sciences de l'environnement à l'ADEME (Direction scientifique à Paris puis Délégation régionale à Marseille), il est nommé, en 2001, directeur de l'association AIRFOBEP, association pour la surveillance de la qualité de l'air de la région de l'étang de Berre et de l'Ouest des Bouches-du-Rhône, poste qu'il occupait précédemment.