

DÉVELOPPEMENTS

EU-VRI
La recherche
made in Europe p. 18

SIRIS-Pesticides
Outil d'aide
à la décision p. 19

DÉBAT

Une information fiable
pour le consommateur
par Alain Chosson p. 20

INERIS

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

Dossier p. 7

Changement climatique :

L'ENJEU DU CO₂

ÉDITO



La réalité d'un changement climatique faisant peser des menaces lourdes pour de nombreux systèmes naturels et humains est sans équivoque. Principale responsable du réchauffement planétaire, l'augmentation brutale des

concentrations, dans l'atmosphère, de gaz à effet de serre (GES) résultant de l'activité humaine (industries et transports). L'adaptation de nos modes de développement est donc cruciale pour parvenir à une réduction significative des émissions de GES et notamment de dioxyde de carbone. L'enjeu est de taille, compte tenu des bénéfices attendus en termes d'amélioration de la qualité de l'air et de la santé. Face à l'urgence, des stratégies ambitieuses ont été mises en place par les États et notamment par la France, en veillant à les intégrer dans une démarche globale de développement durable à l'image des mesures issues du récent « Grenelle de l'Environnement ». Dans le prolongement de cette consultation nationale inédite, la présidence française européenne, au second semestre 2008, sera sans doute l'opportunité d'impulser de nouveaux chantiers pour lutter, à grande échelle, contre ce fléau. Le changement climatique occupe bien entendu une place prioritaire dans les activités de l'INERIS. Nos recherches s'intéressent à la fois aux interactions entre la pollution atmosphérique et le climat, au développement - en toute sécurité - des énergies de substitution (hydrogène, biocarburants), ou encore à la filière captage-transport-stockage du CO₂. Les divers travaux que nous menons sur cette dernière thématique sont l'objet du présent dossier de ce magazine n° 20 et illustrent l'intérêt d'une approche pluridisciplinaire et transversale sur ces questions. Ils montrent aussi que les défis scientifiques et techniques sont véritablement considérables, tout autant que les attentes et les questionnements, mais aussi que l'évaluation des risques et la préparation des approches réglementaires doivent être suffisamment anticipées pour permettre le déploiement de nouvelles filières technologiques ou énergétiques. Dans ce contexte, l'instauration d'un dialogue ouvert et régulier impliquant l'ensemble des parties prenantes est, plus que jamais, un impératif auquel l'INERIS s'efforce de contribuer activement.

Pierre Toulhoat

Directeur scientifique INERIS

BREVES

Vincent Laflèche, nouveau Directeur général de l'INERIS.

Suite au départ de Georges Labroye, qui a fait valoir ses droits à la retraite, l'INERIS a un nouveau Directeur général, Vincent Laflèche, lequel a été nommé par décret publié le 7 décembre 2007. Né en 1962, ce diplômé de l'École Polytechnique et ingénieur en chef des Mines était depuis 2003 Directeur général-adjoint de l'INERIS. De 1987 à 1993, il avait exercé différentes fonctions dans le domaine de l'environnement industriel à la Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE) de Haute-Normandie, puis au ministère chargé de l'environnement. Il a poursuivi sa carrière dans l'environnement à l'étranger, où il a créé et développé la filiale italienne d'Ecobilan, société de conseil et d'ingénierie dont il a été le directeur général. Ensuite, il a exercé diverses responsabilités de direction, dans le



domaine des risques financiers, pour des sociétés du groupe Euler Hermes, leader mondial de l'assurance crédit.

Partenariats renouvelés avec l'InVS... ... et le CSTB

L'INERIS et l'InVS ont signé, le 11 janvier 2008, un nouvel accord-cadre de collaboration qui s'appuie sur la complémentarité de leurs activités en toxicologie et en épidémiologie. Les axes de collaboration entre les deux instituts porteront sur la mise en place d'un système de veille et d'alerte fondé sur des procédures d'échange d'informations et de mise en commun de l'expertise, y compris en temps réel, lors de situations d'urgence ou de crise. Ils concerneront également le développement d'une approche multidisciplinaire de veille et de vigilance, en mettant à profit les compétences de l'INERIS dans l'analyse des risques sanitaires et environnementaux liés aux produits ou aux installations, et celles de l'InVS en matière de veille sanitaire et d'observation de la population.

La convention-cadre de partenariat entre l'INERIS et le CSTB a été renouvelée le 31 janvier dernier, pour une durée de trois ans. Cet accord a pour objectif le partage des connaissances et la mobilisation des équipes de recherche dans un domaine prioritaire, la qualité de l'air intérieur, mis en exergue par le Grenelle de l'Environnement. Cette thématique est l'objet d'une collaboration de longue date entre l'INERIS et le CSTB qui les a conduits à proposer conjointement, dans le cadre des travaux du « Grenelle », une contribution visant à renforcer les efforts de recherche et l'appui technique aux acteurs de la surveillance de la qualité de l'air dans le domaine de l'air intérieur. L'accord prévoit également d'élargir ce partenariat à d'autres sujets d'intérêt commun tels que les risques liés à l'état et à l'évolution du sol et du sous-sol sur le comportement du bâti, les risques technologiques et la vulnérabilité du bâti, et les systèmes d'information.



Signature de la **convention CIRCE**
(Cancer Inégalités Régionales Cantonales Environnement)
le 7 novembre 2007.

Les régions inégales face au cancer

En France, le cancer est devenu la 1^{re} cause de mortalité depuis 2004. Désormais, l'existence de liens entre la maladie et l'environnement est de plus en plus suspectée, bien qu'il soit particulièrement complexe de quantifier avec précision ce lien. Le mot environnement est ici compris au sens le plus large du terme, incluant le mode de vie, l'alimentation et les diverses pollutions. Au cours des dernières années, des programmes de recherche se sont développés un peu partout dans le monde pour analyser les inégalités géographiques, car cette étude peut fournir des indications précieuses. Par exemple, il est important de comprendre pourquoi l'écart de mortalité - tous cancers confondus - entre la région Nord-Pas-de-Calais et la région Midi-Pyrénées est de 50 % ! L'INERIS et l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm Unité 897) ont conçu dès 2003 le projet CIRCE (Cancer Inégalités Régionales Cantonales et Environnement) en liaison avec les Observatoires Régionaux de la Santé (ORS) de quatre grandes régions de France : Ile-de-France, Rhône-Alpes, Nord-Pas-de-Calais et Picardie. Aussi, le

7 novembre dernier, ces quatre régions ont apporté leur soutien au projet en signant une convention de partenariat. CIRCE a déjà permis d'établir des cartes de mortalité par catégories de cancer. L'objectif est maintenant de rechercher quelles caractéristiques peuvent expliquer les variations géographiques constatées (degré d'urbanisme, niveau socio-économique, type d'agriculture, activités industrielles, pollutions intérieures, etc.) à l'aide des Systèmes d'Information Géographique (SIG), puis réaliser des analyses comparatives entre les zones étudiées. « Dans ce cadre, l'INERIS sera notamment chargé de fournir les données environnementales spatialisées au sein du projet SIEGFRIED (SIG Facteurs de Risques Environnementaux et Décès par cancer). Ces données serviront à l'établissement de cartes d'exposition et de risques », précise André Cicoella, coordinateur du programme CIRCE au sein de l'INERIS. Un programme ambitieux, mais l'enjeu est de taille puisqu'il s'agit de mieux comprendre les causes d'une maladie qui touche aujourd'hui un homme sur deux et une femme sur trois.

Un site Internet 100 % recrutement



L'INERIS a lancé récemment un site Internet spécifiquement dédié au recrutement [www.ineris.fr/emplois]. Outre la présentation de l'Institut et de la multiplicité de ses métiers, le site permet aux candidats de déposer leur CV et d'avoir accès aux dernières offres d'emploi actualisées (CDI, CDD, stages, thèses). En effet, l'Institut prévoit, cette année, une croissance de plus de 10 % avec une centaine d'embauches sur l'ensemble de ses métiers. Les postes à pourvoir concernent pour l'essentiel des profils d'ingénieurs, diplômés de grandes écoles généralistes ou spécialisées, d'universitaires titulaires d'un master ou d'un doctorat et de techniciens d'essais et de laboratoires. Les candidatures via Internet étant aujourd'hui largement majoritaires, ce nouveau vecteur permettra d'améliorer l'interactivité avec les candidats et de faciliter le traitement des CV tout en limitant le flux de papier.

Création officielle du CERTES



Signature du protocole d'accord pour la création du CERTES.

d'essais, plateaux techniques, simulateurs et maquettes) permettant de répondre aux problématiques industrielles d'environnement et de sécurité. Ce projet, de dimension européenne, bénéficie du soutien du Conseil général de l'Oise, (maître d'ouvrage) ainsi que de l'État, du Conseil régional de Picardie et de l'Europe. Outre l'INERIS, le CERTES réunit le Service départemental d'incendie et de secours de l'Oise (SDIS), l'Université de Technologie de Compiègne (UTC) ainsi que l'Université Picardie Jules-Verne. Il a également vocation à accueillir d'autres partenaires tels les acteurs des pôles de compétitivité à vocation mondiale de la région : Industries et Agro-Ressources (risques et impacts environnementaux des procédés à partir de biomasse) et i-Trans (risques et impacts environnementaux liés au stockage de l'énergie pour les véhicules, aux technologies de l'hydrogène). Le CERTES sera totalement opérationnel en 2012-2013. Une partie du site est d'ores et déjà utilisée pour des essais spécifiques.

Le 15 janvier dernier, un protocole d'accord a été signé pour la création du CERTES, le Centre européen de recherche sur les technologies de l'environnement et de la sécurité. Situé dans l'Oise, à Rouvroy-les-Merles/Rocquencourt, sur un terrain de 140 ha, ce centre d'essais, d'expérimentations et de formation va regrouper un ensemble important de moyens d'essais (polygones

Coup d'envoi pour le réseau ANTIOPEs



Avec 102 participants, réunis le 8 février dernier à la Maison de la Chimie à Paris, le premier colloque du réseau ANTIOPES, infrastructure de recherche nationale en toxicologie expérimentale, a connu un franc succès. Intitulée « une approche systémique des travaux de toxicologie en France : l'infrastructure de recherche ANTIOPES », cette journée a marqué le démarrage officiel des activités de ce réseau, créé en 2007 sur proposition de l'INERIS. ANTIOPES, qui rassemble aujourd'hui près de 130 chercheurs français, offre un cadre structurant pour développer une recherche collaborative autour des nouveaux enjeux de la toxicologie environnementale, liés en partie à l'application du règlement REACH. L'objectif principal est de développer des outils et modèles de prédiction des dangers des substances chimiques pour l'homme et les écosystèmes, en couplant les approches *in vivo*, *in silico* et *in vitro*. Ce colloque a mis en exergue les potentiels du réseau, grâce à la fédération des compétences, moyens et équipements de ses partenaires (*). Il a surtout permis de présenter les axes de travail dont les problématiques de biomarqueurs (identification, validation), d'outils pour l'étude de fonctions sensibles (fonction de reproduction) et la dimension intégrative de la modélisation mathématique. La présence de représentants des pouvoirs publics, de la communauté scientifique et des milieux industriels a contribué à instaurer un dialogue, afin de mettre en adéquation la démarche proposée par ANTIOPES avec les attentes et besoins de chacun. De nouveaux laboratoires ont rejoint le réseau et beaucoup ont montré un intérêt pour la démarche. Le réseau continuera sur cette lancée avec d'autres événements programmés pour l'année 2008 (signature du GIS au premier semestre, participation au colloque européen organisé en octobre 2008 par la SETAC - Société de Toxicologie et Chimie de l'Environnement - ainsi que la mise en place d'un site Internet dédié).

(*) INERIS, INSERM, INRA, Université Paris VII, UTC Compiègne, Institut LaSalle Beauvais, CEA, AFSSAPS, CRITT Marseille, École des Mines d'Alès, Université de Marseille.

Nominations



Christian Tauziède est nommé Secrétaire général de l'INERIS, à compter du 7 février 2008. Placé sous l'autorité du Directeur général, il a pour mission d'animer

et de coordonner les activités de la Direction Financière, des Services généraux, Juridique et Achats, Qualité et Métrologie, et Hygiène, Sécurité et Environnement. Il encadre également les missions « Support organisationnel aux programmes LOLF » et « Contrôle et audits internes ». Christian Tauziède occupait jusqu'alors les fonctions d'adjoint au Directeur scientifique de l'INERIS.



Thierry Houeix, Délégué Certification à l'INERIS, a été nommé vice-président de l'ExNB Group. Ce groupe, qui est composé des 62 organismes notifiés

européens au titre de la directive ATEX, a pour but de promouvoir une pratique harmonisée des normes européennes et une application commune des exigences essentielles de sécurité dans toute l'Union européenne.



Christian Michot, Directeur de la certification de l'INERIS, a été nommé membre de la commission Interministérielle du Transport des Matières Dangereuses

(CITMD), pour une durée de trois ans. L'INERIS participe aux travaux de cette Commission au titre des laboratoires intervenant dans l'application de la réglementation TMD, notamment pour ses activités de qualification et de certification de produits ou de certains contenants. La CITMD contribue principalement à l'élaboration des réglementations relatives au transport des matières dangereuses, ainsi qu'à la mise en œuvre des mesures d'amélioration de la sécurité. Elle cumule désormais, dans sa nouvelle formation, les missions et prérogatives des anciennes commissions CITMD (transports terrestres des MD) et CMD (transports maritimes des MD). Ses membres représentent l'ensemble des secteurs concernés : administrations, producteurs de matières dangereuses, constructeurs de matériels, transporteurs, laboratoires d'essais et de contrôle...

La méthode PPRT version stockages souterrains



Le guide « PPRT Stockages Souterrains » est en ligne sur le site Internet de l'INERIS (www.ineris.fr). Il a vocation à faciliter et à accompagner la mise en œuvre des Plans de Prévention des Risques Technologiques appliqués aux stockages souterrains de gaz naturel, d'hydrocarbures liquides ou liquéfiés ou de produits chimiques à destination industrielle (stockages visés à l'article 3-1 du Code Minier). Ce guide décline la méthodologie définie dans le guide PPRT général (paru en 2005), en intégrant les spécificités techniques et réglementaires liées aux stockages souterrains. L'une des particularités réside dans la prise en compte d'une part, des risques d'incendie, d'explosion ou d'émanation de produits toxiques propres aux installations de surface et, d'autre part, des risques de mouvements de terrains liés à la présence souterraine de cavités de stockage. Ce guide a été élaboré par un groupe de travail piloté par l'INERIS et constitué de représentants du ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire, des DRIRE, et des exploitants de stockages souterrains GDF, TIGF et GEOSTOCK. Il s'adresse à l'ensemble des acteurs, services de l'État, collectivités, exploitants, bureaux d'études, intervenant dans l'élaboration d'un PPRT relatif à un stockage souterrain.



ECCOREV devient réalité

L'INERIS est l'un des partenaires de la Fédération de Recherche ECCOREV, officiellement créée au début de l'année 2008, sous l'impulsion du CNRS et du ministère chargé de la Recherche. Axée sur la thématique « des écosystèmes continentaux et des risques environnementaux », ECCOREV regroupe 35 laboratoires ou unités de recherche, issus de grands organismes scientifiques ou d'établissements universitaires implantés dans la région PACA. La priorité de cette structure est de mutualiser les équipements et de mettre en synergie des compétences pluridisciplinaires en associant aux Sciences de la Terre et du vivant des disciplines telles que la sociologie ou l'économie. Au sein de l'INERIS, ce sont essentiellement les compétences en géotechnique et dans le domaine de la valorisation des déchets à travers

la plate-forme ARDEVIE, qui seront mobilisées. ECCOREV initiera des projets de recherche visant à mieux comprendre les interactions Homme-Nature, exprimées à travers les notions de risques et de vulnérabilités. Ces projets s'inscriront dans le cadre d'une approche systémique basée sur l'analyse des processus physiques, des processus biologiques et biogéochimiques, et des processus anthropiques. Tournée vers l'action, ECCOREV vise également à soutenir une ingénierie environnementale lui conférant un caractère de recherche finalisée et partenariale, porteur d'innovations. L'objectif est d'apporter des solutions techniques en termes notamment de rémédiation et des outils fournis par le droit et les mécanismes d'incitation socio-économique.

Risques toxiques Création de PERITOX

Le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche a donné son aval à la création de l'unité mixte PERITOX (Périnatalité et risques toxiques) entre une partie de l'unité TOXI (Toxicologie expérimentale) de l'INERIS et une équipe de l'Université de Picardie Jules-Verne issue de l'ex-équipe ETP-APC (Environnement Toxique Périnatal - Adaptations Physiologiques et Comportementales).

Les études et recherches de l'unité PERITOX porteront essentiellement sur les risques liés à l'environnement pour les femmes enceintes et leurs nourrissons. Ces travaux pourront être étendus en amont, à la conception et la fertilité, et en aval, à l'organisme encore en développement que sont les enfants et les adolescents.

Seront notamment étudiés les effets sur les systèmes nerveux, reproducteur et pulmonaire de l'exposition *in utero*, ou dans la période néonatale, à des toxiques environnementaux comme des pesticides ou potentiellement des phtalates. Les effets de perturbateurs endocriniens sur la conception ou le développement pourront également être étudiés, ainsi que ceux de la pollution atmosphérique chez les enfants allergiques.

Des études cliniques chez le nourrisson et la femme enceinte seront associées à des études expérimentales sur les effets toxiques chez l'animal ou sur cellules, en adaptant à ces populations dites « sensibles » des modèles pharmacocinétiques et pharmacodynamiques.

Mettre en œuvre l'écologie industrielle

Parmi les solutions pour rendre opérationnel le concept de développement durable, l'écologie industrielle est une démarche innovante qui propose de réorganiser de manière viable le système industriel à partir du modèle cyclique du fonctionnement de la nature. Pour faciliter sa mise en pratique, l'Association Orée - Entreprises, territoires et environnement - vient de publier un guide intitulé « **mettre en œuvre une démarche d'écologie industrielle sur un parc d'activités** ». Cet ouvrage est le fruit d'un groupe de travail, associant notamment l'Ademe, le Conseil Général 92, la société Yprema, Aéroports de Paris, et l'INERIS, qui a



apporté son expérience et ses compétences dans le domaine du management environnemental, des zones d'activités et de la multi-exploitation. Un premier chapitre revient sur les principes de ce concept qui consiste à gérer et optimiser l'utilisation des flux de ressources (matière, eau, énergie, déchets) à travers la mise en œuvre de synergies et de mutualisations de ces flux entre différents acteurs à l'échelle d'un territoire. Une méthodologie est ensuite proposée pour la conduite d'un projet local, illustrée de manière concrète par la présentation de quinze retours d'expériences. La démarche d'écologie industrielle relevant nécessairement d'une dynamique partenariale, ce guide intéressera à la fois les gestionnaires et aménageurs de zones d'activités, les responsables d'entreprises et les collectivités territoriales.

Guide écologie industrielle, édité par SAP éditions, 35 € TTC
www.oree.org

Accord avec le KOSHA

Le KOSHA (Agence Coréenne pour la santé et la sécurité) et l'INERIS ont signé un accord de reconnaissance mutuelle d'essais pour la certification des matériels électriques utilisables en atmosphères explosibles. Cet accord permet aux fabricants européens de matériel ATEX d'obtenir la certification coréenne leur permettant d'exporter leurs produits dans ce pays. Quelques mois auparavant, un accord similaire avait été conclu avec le CQST en Chine, venant compléter les accords de reconnaissance internationaux dont l'INERIS dispose déjà avec ses homologues polonais, canadiens, américains et japonais.

Agenda

SALONS

Salon Européen de la Recherche
et de l'Innovation
5 au 7 juin 2008, Paris-Porte de Versailles
Rendez-vous européen de la R&D-R&I
<http://www.salon-de-la-recherche.fr>



Environord
10 au 12 juin 2008, Lille/Grand Palais
Salon des solutions innovantes en environnement
<http://www.salon-environord.com/>



COLLOQUES

ConSoil 2008
3 au 6 juin 2008, Milan (Italie)
10^e Conférence internationale sur les sols pollués
<http://consoil.ufz.de/>



Colloque de l'ARET
(Association pour la recherche en toxicologie)
9 et 10 juin 2008, Muséum National
d'Histoire Naturelle, Paris
Thème : Exposition aux faibles doses, un défi pour l'évaluation et la gestion des risques pour l'homme et l'environnement.
Céline Boudet de l'INERIS présente le projet ELFE (étude de l'exposition multiple des enfants aux polluants de l'environnement et de ses conséquences).
<http://www.aret.asso.fr>

XIII^e Rencontres Internationales en Santé Environnement
Organisées par l'Association RISE (Réseau International Santé Environnement)
27 juin 2008, CSTB, Paris 16^e
Thème : Les syndromes psychogènes collectifs, mythe ou réalité ? Point de vue de l'environnementaliste, présenté par Corinne Mandin (INERIS).

Prospections en Espagne et au Portugal

Afin d'étendre son périmètre d'actions en Europe du Sud, l'INERIS a chargé un ingénieur d'effectuer une mission de pré-implantation en Espagne et au Portugal. L'Institut a pour objectif, par cette présence en Espagne, à Valence, de développer les relations avec les organismes de contrôle,

les autorités publiques, et de conduire des campagnes d'information et de prospection auprès des industriels utilisateurs et fabricants de matériels ATEX. L'Institut est déjà présent auprès des entreprises espagnoles à travers la délivrance des certificats volontaires (Saqr-ATEX, Ism-ATEX).



Échanges et réflexion sur la gestion des sites pollués : 4 journées techniques en 2008

L'INERIS apporte son appui au MEEDDAT* dans le cadre de la refonte des textes et outils de gestion des sites et sols potentiellement pollués. Ainsi, de nouvelles dispositions ont été élaborées en concertation avec les acteurs concernés et définies dans les circulaires du 8 février 2007. L'une d'entre elles consiste notamment à faire évoluer les anciens outils qu'étaient l'étude simplifiée des risques (ESR) et l'étude détaillée des risques (EDR) vers deux nouvelles démarches : l'interprétation de l'état des milieux (IEM) lorsque les usages des milieux sont définis ; le plan de gestion pour identifier les options pertinentes en cas de réhabilitation et d'affectation d'un site à de nouveaux usages. La nouvelle approche du MEEDDAT fait également davantage converger les études d'impact des installations industrielles d'une part, et la gestion des sites pollués d'autre part. Afin d'accompagner l'application de ces nouvelles mesures, le MEEDDAT a souhaité organiser plusieurs journées techniques d'information et de retour d'expérience sur la gestion des sols pollués. En décembre 2007, pas moins de 200 personnes des DRIRE, DDASS, bureaux d'études et exploitants ont assisté à une journée de restitution des travaux de l'INERIS intitulée « mesure et modélisation dans les études d'impact et la gestion des sites pollués ». Le thème mesure/modélisation est en effet un axe d'étude prioritaire pour progresser vers des évaluations plus proches de la réalité des installations industrielles, scientifiquement plus « robustes » et mieux partagées par l'ensemble des acteurs concernés.

Les présentations de cette journée sont consultables sur le site Internet de l'INERIS www.ineris.fr. D'autres journées de partage et de réflexion sont programmées en 2008, associant l'INERIS, l'Ademe et le BRGM. La première, consacrée à la démarche IEM et à la gestion en l'absence de valeurs VCI-VDSS, a eu lieu le 2 avril à Paris. L'INERIS y a présenté un exemple concret de gestion de site ainsi que différents outils et méthodes pour une gestion prenant en compte l'ensemble des voies d'exposition. Les prochaines journées porteront sur l'identification des sources de pollution et de leur zone d'impact, les techniques de traitement ; le retour d'expérience de la gestion de 3 à 4 sites exemplaires ; les techniques de confinement *in situ*.

* Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire.

Le détail de ces journées est accessible sur le Portail "Sites Pollués" qui présente également tous les outils et guides méthodologiques (<http://www.sites-pollues.ecologie.gouv.fr>).





CAPTAGE-TRANSPORT-STOCKAGE

RISQUES ET ENJEUX

SOMMAIRE

- ▶ Trois questions à **Gloria Senfaute** | Page 8
- ▶ Focus : **Laurent Dupont**, Unité Sécurité des Procédés | Page 9
- ▶ Mieux comprendre l'adsorption du CO₂ par le charbon | Page 10
- ▶ Focus : **Christophe Proust**, Unité Explosion-dispersion | Page 11
- ▶ Quels risques pour l'environnement ? | Page 11
- ▶ Dans la perspective de l'application d'un règlement européen | Page 12
- ▶ Focus : **Zbigniew Pokryszka**, Unité Eaux souterraines et émissions de Gaz | Page 13
- ▶ Les programmes de recherche | Page 14
- ▶ Focus : **Alain Thoraval**, Unité Risques naturels, ouvrages et stockages | Page 15
- ▶ Focus : **Isabelle Contrucci**, Unité Auscultation et Surveillance Géotechnique et Géophysique | Page 16
- ▶ Focus : **Myriam Merad**, Unité Gestion sociétale des risques | Page 17
- ▶ Un important besoin d'information | Page 17

CAPTAGE-TRANSPORT-STOCKAGE DU CO₂ : RISQUES ET ENJEUX

L'absorption du gaz carbonique par la biomasse et les océans (les puits naturels de carbone) qui a prévalu jusqu'au XIX^e siècle ne suffit plus à maintenir l'équilibre du cycle du carbone. Depuis le début de l'ère industrielle, l'exploitation massive des combustibles fossiles stockés dans la lithosphère libère des quantités phénoménales de carbone (80 %* des 30 milliards de tonnes de CO₂ émises par an) qui contribuent dans une proportion de 55 % à la rupture des équilibres naturels du système Terre et à l'augmentation de l'effet de serre.

La prise de conscience d'un dérèglement climatique consécutif à la libération du CO₂ d'origine anthropique dans l'atmosphère a conduit en 1992 à la signature de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) par 166 pays, puis à l'engagement en 1997 d'une quarantaine de pays à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre de 5,2 % en moyenne entre 2008 et 2012 par

rapport au niveau de 1990. Ce protocole**, dit « de Kyoto », n'est entré en vigueur que le 16 février 2005.

Dans l'attente de l'exploitation à son tour massive de ressources énergétiques sans incidences sur l'effet de serre, notre société doit mettre en œuvre différents types de mesures dont de nouvelles formes d'exploitation des combustibles fossiles. Parmi elles, la filière CCS (Carbon Capture and Sequestration) - « Captage et Stockage du CO₂ » représente une option que les experts du GIEC*** (Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat) jugent incontournable dès lors qu'en auront été validées les conditions de sécurité et la faisabilité économique. Selon le GIEC et les scénarios étudiés, cette option permettrait de séquestrer de 2,6 à 4,9 GtCO₂ en 2020 et de 4,7 GtCO₂ à 37 GtCO₂ en 2050. Ces chiffres représentent respectivement de 9 % à 12 % des émissions prévues en 2020 et de 21 % à 45 % de celles de 2050.

Compte tenu de l'importance des investissements et des coûts d'exploitation qu'elle représente, la filière CCS s'adresse aux industries fortement émettrices de CO₂ : centrales thermiques, cimenteries, raffineries, usines sidérurgiques, qui sont responsables de plus de 60 % des émissions mondiales de CO₂. Le processus consiste à isoler le dioxyde de carbone (CO₂) contenu dans les fumées (cette opération représente environ 70 % du coût total de la filière), puis à le comprimer pour le transporter vers des zones de stockage géologique pour un isolement à très long terme.

Trois technologies de captage

Trois technologies de captage font actuellement l'objet de recherches ou d'optimisations selon leur degré de maturité. Analogue au procédé de purification du gaz naturel, le captage en postcombustion consiste à extraire le

| SUITE PAGE 10 |

| TROIS QUESTIONS À GLORIA SENFAUTE |



Chargée de mission « recherche » à la Direction scientifique de l'INERIS et Coordinatrice des programmes sur le CO₂.

La technologie CCS offre-t-elle une réponse convaincante au problème mondial du changement climatique ?

Les experts du GIEC qui ont étudié la question des gains environnementaux s'accordent à dire que le stockage du CO₂ est complémentaire des autres initiatives visant à une réduction des émissions de gaz à effet de serre. Le stockage du CO₂ permettrait de réduire les sources d'émissions de gaz carbonique les plus importantes.

Les projets de mise en œuvre de stockage de CO₂ en réservoir géologique naturel ont montré que cette solution pourrait abaisser de 30 % ou plus le coût de la lutte contre les changements climatiques (rapport spécial du GIEC). De plus, le

stockage du CO₂ dans des formations géologiques pourrait représenter 15 à 55 % de la totalité des réductions d'émissions requises (entre 220 et 2 200 milliards de tonnes de CO₂) d'ici à 2100 pour pouvoir stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

Quels sont les risques potentiels au regard des bénéfices attendus ?

Concernant la maîtrise des risques et l'impact sur l'environnement du CO₂, une fois celui-ci stocké, on constate qu'aucune disposition réglementaire n'existe à l'heure actuelle. Les projets impliquant la chaîne complète : captage - transport - stockage de CO₂ en réservoir géologique naturel sont évalués grâce à des indicateurs de gains environnementaux clairement attendus et quantifiés en termes de fraction de CO₂ non émise dans l'atmosphère. Pour autant, il s'avère nécessaire d'envisager ces gains sous une autre forme : celle d'une capacité à contenir le CO₂ dans son réservoir sur le (très) long terme. Plus généralement, on devra considérer la capacité à gérer les risques de fuites et d'accidents associés à chaque maillon de la chaîne : captage - transport - injection - stockage, ainsi que l'impact sanitaire et environnemental, dont, en particulier, les conséquences sur la qualité des eaux souterraines. Les risques associés au défaut de confinement en stockage géologique pourraient affecter la population, les écosystèmes et les eaux souterraines. La maîtrise

de ces risques, l'établissement de critères de sécurité et une bonne connaissance des impacts environnementaux et sanitaires de l'ensemble de la chaîne seront des éléments déterminants pour la mise en œuvre future de cette filière industrielle.

Quelle est la contribution d'un institut pluridisciplinaire comme l'INERIS aux efforts de recherche sur la filière CCS ?

L'INERIS est bien positionné par rapport à ses missions de base pour intervenir de manière significative dans des programmes de recherche traitant l'ensemble des questions liées aux risques, à la sécurité et à l'impact environnemental et sanitaire du stockage à long terme du CO₂. Nous focalisons nos recherches sur les questions prioritaires suivantes : quelles sont les situations dangereuses des procédés de captage et du transport du CO₂ ? Quel rôle pourront jouer les produits dangereux « impuretés » susceptibles d'accompagner le CO₂ qui serait capturé, transporté et stocké ? Dans quelles situations serait-on exposé à des effets des impuretés ? Quels sont les risques en situation de stockage à long terme ? L'INERIS renforce ses études et recherches sur les impacts sanitaires, tant à court terme (toxicité en situation accidentelle) qu'à long terme (impact sur l'environnement et la qualité des eaux souterraines).



Installation de combustion existante sur laquelle seront installées une alimentation en oxygène en entrée et une ligne de récupération de CO₂ en sortie.

**Laurent Dupont, ingénieur-chercheur,
Unité Sécurité des Procédés**

« MIEUX CONNAÎTRE ET MAÎTRISER LA TECHNOLOGIE PROMETTEUSE DE L'OXYCOMBUSTION »



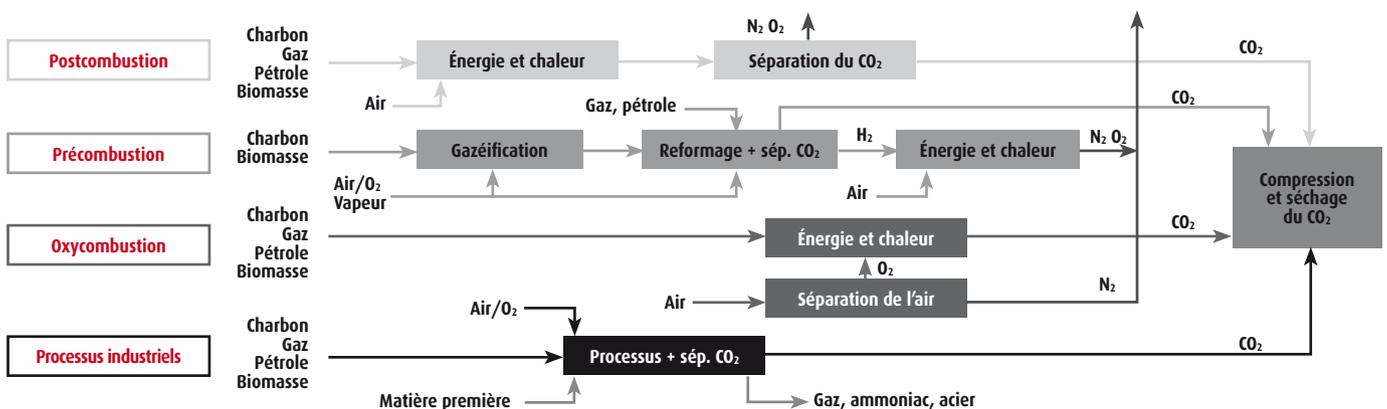
Parmi les trois principaux systèmes de captage de CO₂ actuellement utilisés ou à l'étude, l'oxycombustion (ou combustion à l'oxygène ou à l'air enrichi) présente plusieurs avantages : cette technologie est déjà utilisée à l'échelle industrielle par les fabricants de matériaux verriers ; elle permet d'atteindre un taux de concentration de CO₂ dans les fumées de combustion de l'ordre de 80 à 95 % en volume selon le procédé ; elle est l'objet de développements prometteurs – la combustion dite en « boucle chimique » consistant à remplacer l'oxygène – coûteux à produire en raison d'un procédé énergivore –, par un oxyde métallique ; enfin, elle est particulièrement adaptée à la remise à niveau d'une installation existante.

L'INERIS et le Laboratoire de Génie des procédés industriels de l'Université de Technologie de Compiègne ont décidé d'unir leurs moyens d'essai et leurs compétences pour mettre en œuvre une installation-pilote d'oxycombustion avec recyclage des fumées, séparation du CO₂ produit par condensation et récupération d'énergie calorifique. Le procédé sera étudié sur une installation existante sur le site de l'INERIS à laquelle seront adjoints une unité de séparation d'air, une ligne de recyclage des fumées et un condenseur pour la séparation aval du dioxyde de carbone avant sa compression/séquestration. Le combustible

utilisé sera le gaz naturel. Par la suite, l'installation-pilote pourra être équipée d'un brûleur à charbon pulvérisé, de façon à introduire la problématique spécifique des particules.

Il n'existe actuellement aucune installation-pilote de ce type en France. Ce projet original a donc pour objectifs de disposer d'un équipement pré-industriel pour : étudier et optimiser l'exploitation de cette technologie ; analyser la composition des fumées issues de l'oxycombustion afin d'identifier et de quantifier leurs impuretés ; étudier les modes de fonctionnement dégradé et développer des outils de calcul de leurs conséquences ; définir les critères techniques et organisationnels de sécurité qui devront être pris en compte dès la conception des installations. Le savoir-faire acquis au cours de ce programme de recherche permettra le montage et le suivi d'opérations industrielles de revamping d'installations existantes. Il permettra de développer une méthodologie des bonnes pratiques à appliquer par les sociétés d'engineering et les équipementiers afin de faciliter la conversion rapide du parc de four-chaudières en fonctionnement à la capture du CO₂ dans des conditions techniques, économiques et de maîtrise des risques acceptables.

| TECHNIQUES DE CAPTAGE DU CO₂ |



Source : GIEC - Rapport 2005

CAPTAGE-TRANSPORT-STOCKAGE DU CO₂ : RISQUES ET ENJEUX

CO₂ dans des colonnes de lavage au moyen d'un solvant chimique (en général des amines) ensuite régénéré par distillation. Cette technologie est testée depuis 2006 par une unité de démonstration couplée à la centrale au charbon d'Elmam, à Esbjerg, au Danemark, dans le cadre du programme européen de recherche Castor. Bien qu'industriellement mature, cette technologie est pénalisée par une faible capacité de concentration du CO₂ (de 85 à 90 % du CO₂ émis), un coût énergétique élevé de régénération du solvant et d'élimination des déchets liquides acides. C'est pourquoi les recherches sur ce procédé visent notamment à identifier de nouveaux solvants moins coûteux à produire.

Dans le procédé dit d'oxycombustion, l'air est remplacé par de l'oxygène, ce qui permet d'augmenter le taux de concentration du CO₂ dans les fumées (jusqu'à 95 % en volume) facilitant ainsi sa capture en aval. En contre-partie, l'oxycombustion nécessite de séparer en amont l'oxygène de l'air par

(le plus souvent) distillation cryogénique, une opération elle-même consommatrice d'énergie.

Dans le troisième procédé – la pré-combustion –, le combustible utilisé subit une décarbonation préalable par oxydation partielle à l'oxygène et/ou la vapeur d'eau. L'opération produit un mélange de monoxyde de carbone et d'hydrogène qui est à son tour converti par reformage à l'eau en un gaz associant le CO₂ et l'hydrogène. Après séparation, l'hydrogène peut être valorisé *in situ* comme combustible dans une centrale électrique à cycle combiné, ou être utilisé dans les raffineries pour la conversion des bruts lourds.

Après captage, le CO₂ doit être acheminé vers un site de stockage par bateau (du type méthannier) et/ou gazoduc. Le transport du CO₂, puis son injection dans le sous-sol, impliqueront des changements d'état : phase liquide à pression modérée (20 bars) et basse température (-20°) pour le transport maritime ; état supercritique, (pression supérieure à 74 bars, température minimale de 31°) pour la circulation dans les

canalisations et le sous-sol. Le maintien du CO₂ à l'état supercritique nécessite de le stocker à une profondeur minimale allant de 700 à 900 mètres selon le gradient géothermique local. Sous cette forme dense, le dioxyde de carbone peut se dissoudre dans les eaux interstitielles ou se localiser dans les pores de la roche.

Trois types de formations géologiques

Les travaux scientifiques relatifs au stockage se concentrent sur trois types de formations géologiques. Les gisements d'hydrocarbures en cours d'exploitation ou déplétés (abandonnés) offrent des avantages techniques (structures piégeantes étanches, géologie connue) et économiques (équipements déjà en place, récupération assistée de pétrole ou de gaz résiduels) mais présentent des handicaps : une répartition très inégale dans la croûte terrestre, une localisation souvent éloignée des sites d'émission du

| SUITE PAGE 12 |

| MIEUX COMPRENDRE L'ADSORPTION DU CO₂ PAR LE CHARBON |

La connaissance du mécanisme de fixation du CO₂ sur le charbon est indispensable pour estimer la capacité de stockage des gisements houillers, en évaluer la faisabilité technique et mesurer l'intérêt économique de cette solution. Peu développé dans le monde, ce travail scientifique doit permettre d'identifier les paramètres pertinents pour caractériser le comportement de différents types de charbon, la cinétique d'adsorption du gaz et au final, la capacité de stockage.

« Dans les charbons, le gaz est retenu par la structure interne sous forme adsorbée, ce qui permet de stocker des quantités de CO₂ beaucoup plus importantes que dans la porosité des roches », explique Delphine Charrière, qui poursuit actuellement une thèse sur ce thème à l'INERIS en collaboration avec l'Institut National Polytechnique de Toulouse. « De plus, l'état adsorbé est stable sur des périodes géologiquement significatives. Enfin, du fait de l'adsorption préférentielle du CO₂ par rapport au méthane qui peut être contenu dans le charbon, l'injection provoquera une désorption de ce gaz qui pourra être récupéré et valorisé à des fins énergétiques. »

Dans le cadre du programme VELCO₂ et du programme associé ANR CHARCO, l'INERIS a la charge d'approfondir en laboratoire l'étude de la fixation du gaz dans la structure microporeuse de différents types de charbons. Cette recherche est conduite selon deux méthodes. Dans la méthode gravimétrique, le

gaz adsorbé est pesé directement sur une balance spécifique à suspension magnétique. Complexe, mais très précise, cette méthode présente l'inconvénient d'une capacité limitée de traitement des échantillons.

C'est pourquoi l'équipe de l'Unité Eaux Souterraines et Émissions des Gaz a conçu un dispositif de type volumétrique dans lequel la quantité de gaz adsorbé est estimée indirectement, via la mesure des volumes et des pressions dans un récipient hermétique contenant le charbon et le gaz. L'avantage de cette méthode, bien que moins précise, est de permettre de réaliser plusieurs expérimentations en parallèle et de faire varier la quantité de charbon étudiée de quelques dizaines à quelques centaines de grammes.

Afin de se rapprocher des conditions *in situ*, ces essais intègrent des variables telles que la température, l'humidité et la présence de gaz endogènes dans les veines de charbon. Ces paramètres peuvent avoir une influence déterminante sur la capacité de stockage et la cinétique de sorption du CO₂. Ces expériences doivent également permettre de mieux appréhender les relations CO₂/méthane, en particulier les conséquences de l'affinité préférentielle du charbon pour le dioxyde de carbone dans un gisement riche en méthane récupérable à des fins énergétiques, comme dans le bassin houiller de Lorraine.



Mesure en parallèle de trois échantillons de charbon à l'aide du porosimètre (Belsorp Mini).



Essai d'adsorption du CO₂ sur balance à adsorption pour étudier la capacité de séquestration du CO₂ dans le charbon.



Christophe Proust, référent technique Unité Explosion-dispersion



« L'INERIS, EN COLLABORATION AVEC AIR LIQUIDE, ÉTUDIE LES RISQUES ACCIDENTELS DU TRANSPORT DE CO₂ »

La viabilité et l'acceptabilité sociale de la filière de séquestration du CO₂ dépendront en partie de la sécurité des installations de transport dans les zones urbanisées ou à leur proximité. Au-delà de la réglementation qui reste à concevoir sur la base de scénarios et de référentiels encore inconnus, plusieurs facteurs justifient que les spécialistes de la cyndinique s'attachent à produire des connaissances et des outils de base pour définir une stratégie de maîtrise des risques. Si l'on retient que le CO₂ est peu toxique pour l'homme (le risque létal apparaîtrait vers 10 % vol. dans l'air), certains des polluants véhiculés à l'état de traces depuis les sites de captage, en particulier le dioxyde de soufre, pourraient avoir un potentiel toxique nettement plus important à des concentrations infiniment plus faibles, de l'ordre de quelques centaines de ppm. Pour les écosystèmes, le risque réside essentiellement dans l'augmentation de l'acidité des sols sous l'effet de la formation d'acide carbonique en présence d'humidité, entraînant

la destruction de la faune et de la flore et la pollution de nappes phréatiques. En d'autres termes, un accident tel que la rupture d'une canalisation pourrait avoir des effets toxiques pour l'environnement, voire létaux pour les êtres vivants, sur une distance relativement importante compte tenu de la densité moléculaire du CO₂ par rapport à l'air. L'existence de ces risques potentiels, accompagnés d'effets mécaniques (onde de pression, projections de fragments), thermiques (refroidissement intense et durable dans la zone accidentelle), éventuellement chimiques, a conduit l'INERIS à s'associer à la Société Air Liquide pour, engager dès cette année, leur étude dans le cadre du maillon « transport » de la filière. Ce programme de recherche comprend cinq volets : la constitution d'une base de données sur les installations existantes et envisagées (technologie, économie, réglementation, retour d'expérience) ; la mise au point d'outils de modélisation de l'écoulement d'un nuage toxique consécutif à l'ouverture acciden-

telle d'une brèche dans une canalisation ou une installation de transport ; étude et modélisation des effets mécaniques d'un éclatement de capacité (ondes de choc, projections) contenant un mélange à l'état biphasique ou supercritique ; modélisation des caractéristiques du nuage produit lors d'une fuite ou d'un éclatement et des effets associés (toxiques, thermiques, chimiques) ; ces outils seront appliqués à différents scénarios d'accidents. Les conséquences sur les biens, les personnes et l'environnement seront quantifiées afin de déterminer les mesures à mettre en œuvre pour prévenir les risques inacceptables, eu égard aux critères d'acceptabilité contenus dans la réglementation. Ces mesures feront l'objet d'une évaluation économique. Elles pourront sous-tendre des modifications significatives des technologies.

| QUELS RISQUES POUR L'ENVIRONNEMENT ? |

Le stockage du CO₂ dans les formations géologiques (aquifères, veines de charbon ou gisements pétroliers déplétés) est actuellement étudié. Du point de vue de la sécurité à long terme, la préoccupation principale est de vérifier la capacité des réservoirs à conserver le CO₂ sans fuite notable (et donc retour vers l'atmosphère) sur des durées excédant plusieurs centaines d'années. L'impact à long terme de l'injection du CO₂ sur la qualité des eaux souterraines n'a pour le moment pas encore vraiment préoccupé les concepteurs des stockages. Pour autant, l'injection de CO₂ sous forte pression est susceptible de modifier les propriétés géochimiques du milieu. Les fluides sont significativement acidifiés par l'ajout de CO₂ qui, une fois combiné aux molécules d'eau de l'acide carbonique, peuvent dissoudre plus rapidement les roches et minéraux environnants, accélérant ainsi le relargage de certains métaux lourds et toxiques. Les ions carbonate et hydrogénocarbonate ont aussi la propriété de complexer, c'est-à-dire de stabiliser en solution certains ions métalliques, ce qui favorise ensuite leur migration. Ainsi, il est bien connu que les eaux carbogazeuses des Limagnes d'Allier et du Forez, dans le Massif central, sont significativement enrichies en uranium, en fer, consécutivement

aux effets des pressions partielles élevées en CO₂ d'origine magmatique, lequel remonte le long de failles. Dans un stockage de CO₂, un mauvais confinement, générant des fuites traversant les aquifères sus-jacents pourrait ainsi induire des changements significatifs de la composition des eaux souterraines, dont les conséquences sanitaires et environnementales restent encore à évaluer. Enfin, le rôle des impuretés ou gaz accessoires accompagnant le CO₂ stocké reste à évaluer. Certains procédés comme l'oxycombustion donneront des impuretés conservant des propriétés oxydantes vis-à-vis des minéraux très souvent réduits prédominants dans les aquifères profonds. L'oxydation des sulfures métalliques, très fréquents dans les aquifères profonds confinés, pourrait ainsi libérer des métaux lourds (Pb, Cu, Cd, Zn), dont la migration serait d'ailleurs favorisée du fait de la complexation par les ions hydrogénocarbonates et carbonates. Des scénarios permettant d'évaluer l'ampleur des conséquences environnementales et sanitaires de ces processus géochimiques sont encore à construire, mais ils devront nécessairement accompagner les dossiers d'évaluation de sûreté des installations de séquestration du CO₂.

CAPTAGE-TRANSPORT-STOCKAGE DU CO₂ : RISQUES ET ENJEUX

CO₂, l'obligation de contrôler les anciens puits d'extraction qui pourraient devenir des voies de migration du gaz piégé vers la surface.

Bien que leur capacité de stockage serait plus réduite, les gisements houillers non exploitables se caractérisent par leur affinité pour le gaz. Dans certains contextes, elles peuvent représenter une solution envisageable, surtout quand l'injection du CO₂ pourra être associée à la récupération du méthane qu'elles contiennent. De surcroît, l'adsorption forte du CO₂ sur la structure interne du charbon peut permettre, dans les gisements profonds, un piégeage très difficilement réversible du gaz favorisant la faisabilité technique et l'acceptation sociale du stockage.

Au contraire des deux types de formation précédents, les réservoirs aquifères salins profonds se caractérisent par un potentiel de stockage supérieur et une plus grande répartition géographique, ce qui renforce leur intérêt économique. En contre-partie, la connaissance géologique des bassins sédimentaires recelant des aquifères est fortement diversifiée. Ainsi en France, les données relatives aux aquifères du Bassin parisien sont nombreuses contrairement aux bassins d'Aquitaine et du Sud-Est dont le potentiel n'a pas été évalué.

Les capacités de stockage identifiées dans le monde s'élèveraient de 1 000 à 10 000 Gt de CO₂ dans les aquifères salins, de 675 à 900 Gt dans les réservoirs d'hydrocarbures en cours d'épuisement, 15 à 200 Gt dans les veines de charbon inaccessibles ou inexploitable. Selon, une étude du Club Innovation et Prospective (CLIP) réalisée pour l'ADEME, les émissions mondiales de CO₂ devraient atteindre 877 Gt (dont seulement 483 Gt récupérables à la source) entre 2000 et 2050. En France, les estimations portent sur un potentiel de 300 à 500 Mt dans les veines de charbon (Lorraine, Provence), 660 Mt dans les gisements d'hydrocarbures (Aquitaine, Bassin de Paris), et 26 Gt dans les aquifères évalués.

En dehors de leur potentiel, ces trois solutions se distinguent à l'instar des procédés de captage par leur degré de maturité technologique et industrielle. Depuis le milieu du XX^e siècle, l'industrie pétrolière pratique la récupération assistée de pétrole par injection de CO₂ capté dans des gisements naturels. Selon le GIEC, le stockage dans les champs de gaz naturel ou de pétrole, ainsi que dans les formations salines, est « réalisable ». Pour l'organisme

international, le terme signifie que « la technique est bien comprise et employée pour des applications commerciales choisies où l'on traite au moins 0,1 MtCO₂/an ». Enfin, le stockage dans les couches de houille avec récupération de méthane est encore au stade de la « démonstration ». Le mot qualifie une « situation dans laquelle la technique est conçue et exploitée à l'échelle d'une unité pilote, mais exige un développement complémentaire avant de pouvoir servir à l'élaboration et à la mise en place d'un système à grande échelle ».

Un important effort de recherche

Plusieurs opérations initiées depuis une dizaine d'années par des compagnies pétrolières et gazières ont servi de théâtre de recherches et d'expérimentations pour étudier la faisabilité du stockage géologique de CO₂. Parmi elles : la première opération industrielle d'injection en aquifère profond de 1 MtCO₂/an sur le site norvégien de Sleipner, en mer du Nord, où Statoil exploite un gisement de gaz naturel ; l'utilisation du gaz carbonique d'une usine de

| SUITE PAGE 16 |

| DANS LA PERSPECTIVE DE L'APPLICATION D'UN RÈGLEMENT EUROPÉEN |

Dans une communication publiée le 23 janvier 2008, la Commission européenne a réaffirmé son soutien à la filière CCS comme moyen complémentaire pour atteindre les objectifs de réduction des émissions de CO₂, tout en affichant sa volonté de garantir des conditions de sécurité de stockage comparables dans toute l'Europe pour éviter toute distorsion du marché du carbone (le CO₂ capturé et stocké sera crédité comme non émis dans le cadre du système d'échange d'émissions). Cette volonté se traduit par la proposition d'une directive précisant le cadre juridique dans lequel cette technique pourra être développée et soutenue.

L'exploration des sites potentiels de stockage sera soumise à l'octroi d'un permis attribué pour deux ans au maximum. Le permis d'exploration concerne une superficie donnée au sein de laquelle les opérateurs peuvent investiguer pour déterminer une zone de stockage éventuelle. Il est assorti d'une clause d'exclusivité permettant au détenteur d'obtenir un permis de stockage.

Délivré par l'État membre après avis de la Commission assistée d'un comité d'experts, ce permis devra garantir que les opérations sont réalisées dans le respect des dispositions prévues par la directive et répondent aux exigences de sécurité environnementale. Les opérateurs de site de stockage devront en particulier s'assurer que le flux de CO₂ introduit dans leur site est composé très majoritairement de dioxyde de carbone, dans la mesure où d'autres substances associées lors du processus de captage ou d'injection peuvent être préjudiciables ou contaminer les sites de stockage.

Le projet précise qu'un site ne sera retenu que si l'étude d'impact conclut à l'absence de « risque significatif de fuite de CO₂ » et « d'impact significatif pour l'environnement ou la santé humaine ». La directive impose également

une surveillance et un suivi du comportement du gaz après injection. À cette fin, les États membres devront soumettre à la Commission un « plan de surveillance » et établir un système d'inspection environnementale. Enfin, le texte définit le périmètre des responsabilités pour les dommages à l'environnement et/ou au climat en cas de fuite du stockage en application de la directive 2004/35/CE relative à la prévention et à la réparation des dommages à l'environnement.

Dans la perspective de l'application de cette directive, le MEEDDAT a mis en place un groupe de travail auquel participe l'INERIS et chargé l'Institut d'établir, en 2008, une synthèse critique de l'état des connaissances sur l'évaluation des risques liés au stockage souterrain de CO₂. Ce travail destiné à la DARQSI (Direction de l'Action Régionale, de la Qualité et de la Sécurité Industrielle) aborde les questions suivantes :

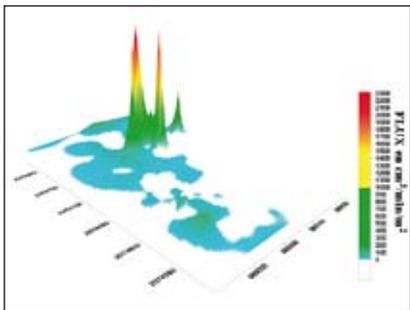
- quelles sont les méthodes d'analyse des risques les mieux adaptées au contexte du stockage de CO₂ ?
- quel est le devenir à long terme du CO₂ au sein du stockage (dissolution dans les fluides en place, adsorption par le massif hôte...) ?
- quels sont les moyens de surveillance actuellement envisagés ou mis en œuvre sur les stockages de CO₂ ?
- peut-on garantir l'intégrité du coulage des puits et de leur cimentation sur le long terme sous l'effet notamment de la corrosion induite par le CO₂ ?
- quels sont les protocoles et les types de bouchon qui garantissent au mieux l'étanchéité des puits ?
- quelles sont les recommandations à suivre lors de la fermeture d'un site de stockage de CO₂ ?



Mesure du flux de CO₂ surfacique à l'interface Sol/Atmosphère.



Traitement géostatistique du flux de CO₂ d'origine géologique, mesuré *in situ* sur un site naturellement émissif (site de Sainte-Marguerite, Puy-de-Dôme).



Spécialisation et quantification d'une augmentation naturelle du flux de CO₂ mesurée entre 2006 et 2007 sur le site de Sainte-Marguerite.

Zbigniew Pokryszka, réfèrent technique Émission et Transfert Souterrain de Gaz

« RÉPONDRE AUX BESOINS DU CONTRÔLE DE LA SÉCURITÉ DES SITES DE STOCKAGE DE CO₂ »



Doté d'un acquis reconnu dans le domaine de la mesure et du contrôle des émissions gazeuses (mines, après-mine, stockages de déchets, sols pollués), l'INERIS apporte son savoir-faire et ses compétences dans les travaux relatifs au développement et à la validation de méthodes de détection et de quantification des fuites des futurs sites de stockage de CO₂ à travers la couverture vers la surface.

Cette recherche conduite avec le BRGM, l'IFP, l'INPL, Gaz de France, Schlumberger et Total, dans le cadre du programme ANR Géocarbone Monitoring, répond aux besoins du contrôle de la sécurité du stockage. La mesure de fuites éventuelles dans l'atmosphère doit également permettre d'estimer avec plus de précision la quantité de CO₂ effectivement stocké. Enfin, ce programme doit déboucher sur un guide de bonne pratique et des propositions méthodologiques qui pourront servir de support à l'élaboration de la future réglementation française.

Un premier travail visait à développer une instrumentation fiable et durable des sondages de contrôle dans les couches intermédiaires du recouvrement. Notre équipe a développé un système de prélèvement des composants gazeux présents dans le massif rocheux (CO₂, méthane, radon, oxygène...) couplé en surface à une station de mesure, afin d'analyser la composition chimique des prélèvements et de détecter une éventuelle migration de CO₂. Mis au point en laboratoire, un prototype a été testé en 2005 et 2006 sur le site expérimental du GISOS* dans une mine de sel exploitée par dissolution, où des injections contrôlées de dioxyde de carbone ont pu être réalisées. Cette expérimentation *in situ* a confirmé la capacité de réponse du système à des fuites très faibles de CO₂

vers un sondage de contrôle de l'ordre de quelques mm³/min.

En complément, l'équipe a travaillé sur l'optimisation du dispositif de prélèvement. Il s'agissait de vérifier la profondeur maximale de prélèvement possible des gaz sans modification de leur composition au cours du transit vers la surface, à l'intérieur de flexibles à faible diamètre. L'expérimentation du dispositif dans une mine désaffectée du bassin ferrifère lorrain a montré que cette profondeur pouvait atteindre 1 000 m, voire plus.

L'INERIS a également développé des moyens de détection et de mesure directe de fuites de CO₂ en surface. À cet effet, il a été procédé à l'adaptation au CO₂ et à la validation métrologique de sa méthode (brevetée) de mesure d'un flux de gaz, entre le sol et l'atmosphère, par une chambre à accumulation. Il est désormais possible d'associer cette technique à un analyseur portable d'une résolution de 1 ppm pour effectuer des mesures de flux faibles à très faibles. La méthode permet maintenant de réaliser les mesures dans une très large gamme des flux allant de 0,1 à 4 000 cm³/min/m². Cette mise au point a été complétée par des campagnes de mesures réalisées sur les sites émissifs naturels de CO₂ de Sainte-Marguerite (Puy-de-Dôme) et Montmiral (Drôme) afin de parfaire la méthode de quantification des fuites à partir de données ponctuelles et dispersées dans l'espace, et de définir la stratégie d'échantillonnage nécessaire pour apprécier correctement le flux gazeux.

* Groupement d'intérêt scientifique sur l'Impact et la Sécurité des Ouvrages Souterrains.

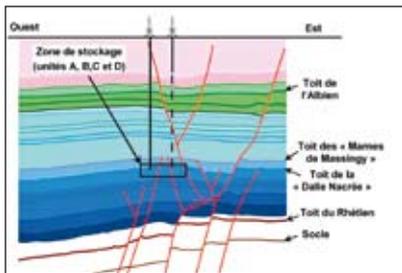
CAPTAGE-TRANSPORT-STOCKAGE DU CO₂ : RISQUES ET ENJEUX

AXE THÉMATIQUE	PROGRAMME	FINANCEMENT	PARTENAIRES	CONTRIBUTION INERIS	DURÉE
Optimisation et sécurité du captage	OXYCOMB	ADEME + Programme 189 (*)	INERIS, UTC	Étude d'une installation d'oxycombustion, de son fonctionnement et maîtrise des risques	2008-2009
Sécurité du transport	SECU-CO ₂	Europe + Programme 189	INERIS, Air Liquide, UTC	Analyse des risques accidentels du transport du CO ₂ , définition d'une stratégie de maîtrise des risques	2008-2010
Analyse des risques	METSTOR	ADEME	BRGM, Gaz de France, GEOSTOCK, IFP, INERIS, IPGP, LFC	Évaluation des risques techniques du captage, du transport, de la séquestration géologique du CO ₂	2006-2008
	GEOCARBONE-PICOREF	ANR	Air liquide, ARMINES, BRGM, Gaz de France, IFP, INERIS	Modélisation de sites pilotes, étude de scénarios d'évaluation des risques associés	2006-2008
	SOCECO ₂	ANR	ALSTOM OWER CENTRALES, APESA, BRGM, CNRS-CIRED, Gaz de France, IFP, INERIS, TOTAL	Participation à l'analyse scientifique des risques et des potentiels techniques et économiques de la filière en France pour permettre à l'opinion publique et parties prenantes de se faire une idée sur cette nouvelle technologie	2007-2008
	SECU-CO ₂	Europe + Programme 189	INERIS, Air Liquide, UTC	Risques, critères de sécurité et impact sur l'environnement de la filière CCS	2008-2010
Surveillance de la stabilité du sous-sol	GEOCARBONE-MONITORING	ANR	BRGM, Gaz de France, IFP, INERIS, INPL, SCHLUMBERGER, TOTAL	Participation au développement d'outils de localisation en 3D des phénomènes de micro-sismicité induits par l'injection et le piégeage de CO ₂ dans les roches du réservoir	2006-2008
Surveillance de la migration des gaz	GEOCARBONE-MONITORING	ANR	BRGM, Gaz de France, IFP, INERIS, INPL, SCHLUMBERGER, TOTAL	Participation aux travaux de détection des fuites dans la couverture et les aquifères intermédiaires, à la surface et proche surface Propositions pour la réglementation	2006-2008
	SENTINELLE	ANR	INPL, TOTAL, IFP, KAISER OPTICAL, INERIS, CNRS Institut Pierre Simon Laplace	Monitoring géochimique gaz de couvertures intermédiaires et de surface des sites de stockage de CO ₂	2008-2010
	METSTOR	ADEME	BRGM, Gaz de France, GEOSTOCK, IFP, INERIS, IPGP, LFC	Participation à l'étude des critères d'acceptabilité vis-à-vis des populations et à l'élaboration d'un outil d'aide à la décision	2006-2008
Acceptabilité sociale	SOCECO ₂	ANR	ALSTOM OWER CENTRALES, APESA, BRGM, CNRS-CIRED, Gaz de France, IFP, INERIS, TOTAL	Participation à l'analyse de l'acceptabilité dans le cadre du projet de démonstrateur de Lacq	2007-2008
Économie de la filière	VELCO ₂	Programme 189	GIG (Pologne), INERIS	Étude technico-économique de la préparation, de la récupération, du traitement et du transport de gaz	2005-2008
Stockage du CO₂ dans le charbon	Filière du Charbon Propre	Réseau des Technologies Pétrolières et Gazières	BRGM, IFP, INERIS, SNET	Participation à l'étude de la faisabilité d'un site pilote d'injection dans un gisement houiller vierge	2004-2005
	VELCO ₂	Programme 189	GIG (Pologne), INERIS	Pré-identification des sites potentiels de stockage en France, développement des connaissances relatives au mécanisme d'adsorption du CO ₂ sur le charbon et évaluation des capacités de stockage dans les gisements houillers français, étude expérimentale de l'adsorption passive de CO ₂ par le charbon	2005-2008
	CHARCO	ANR	BRGM, CNRS, INERIS, INPL, TOTAL, Université de Metz,	Synthèse des données relatives à la capacité d'adsorption du CO ₂ sur les charbons français. Mise au point de dispositifs expérimentaux pour étudier les interactions gaz-charbon. Réalisation des essais sur les différents types de charbon. Par ailleurs, l'INERIS participe à la modélisation des expériences de laboratoire et à la définition de l'instrumentation d'un pilote de petite échelle	2006-2010

* Programme 189 (LOLF) « recherche dans le domaine des risques et des pollutions »



Vue aérienne du champ pétrolier de Saint-Martin-de-Bossenay.



Schématisation d'une coupe verticale du site de SMB avec la localisation du champ pétrolier qui correspond également à la future zone de stockage de CO₂ (unités d'exploitation A, B, C et D).



Alain Thoraval, ingénieur, Unité Risques naturels, ouvrages et stockages

« LES MODÈLES PERMETTENT DE PRÉDIRE L'IMPACT MÉCANIQUE DE L'INJECTION DE CO₂ SUR LA STRUCTURE ROCHEUSE DU SITE DE STOCKAGE »



Une équipe de l'Unité Risques naturels, ouvrages et stockages de l'INERIS participe au programme GéoCarbone-PICOREF* de l'ANR dont l'objectif principal est de préparer une opération-pilote française d'injection et de stockage de CO₂ dans une formation de type aquifère salin profond ou dans un gisement d'hydrocarbures déplété (arrivé en fin d'exploitation) du Bassin parisien. D'autres programmes sont en cours à l'INERIS pour compléter cette recherche**. Une partie des travaux confiés à l'INERIS a concerné la prédiction des effets de l'injection par modélisation. Le stockage de CO₂ dans des réservoirs géologiques induit de multiples effets, à court et à long termes. Pour anticiper ces effets, le recours à des modèles numériques permettant de prendre en compte les couplages en jeu (notamment entre pression d'injection et déformation mécanique des terrains) est une nécessité. L'objectif est de quantifier les déformations et les risques de rupture de la structure rocheuse du site de stockage (incluant le risque de rejeu d'éventuelles failles) induites par la modification du champ de contraintes liée à l'injection de CO₂ sous forte pression. Le risque de dégradation du cuvelage et de la cimentation des puits traversant le stockage doit également être

évalué. Les conséquences mécaniques de l'injection pourraient impacter en retour les caractéristiques hydrauliques du site et des puits, et remettre en cause leur capacité à retenir à long terme le CO₂ stocké.

Un des sites étudiés est le champ pétrolier de Saint-Martin-de-Bossenay, au nord-ouest de Troyes (Aube), dont la formation « réservoir », d'une vingtaine de mètres d'épaisseur, est située à 1 500 m de profondeur dans le dogger, importante formation calcaire du sous-sol du Bassin parisien. Les travaux de recherche ont été menés en collaboration avec l'IFP. Ils ont consisté à étudier successivement les écoulements de fluides dans le réservoir puis l'impact de ces écoulements sur le comportement mécanique de la zone de stockage et des formations environnantes pendant la phase d'exploitation du gisement pétrolier et la phase d'injection du CO₂.

L'IFP et l'INERIS ont utilisé leurs propres modèles hydro-mécaniques. En dépit de leurs différences, ces deux modèles s'accordent pour démontrer le faible impact mécanique de l'injection de CO₂ sur la déformation de la structure et le maintien des roches dans un état éloigné de la rupture. Une augmentation significative de la pression d'injection se traduirait cependant par une déformation et l'apparition de zones en rupture à proximité immédiate du puits d'injection.

Il faut souligner que ces calculs ne prennent pas encore en compte les effets éventuels des réactions minérales. Elles pourraient en effet conduire à long terme à une dégradation des caractéristiques hydromécaniques de la roche-réservoir, du recouvrement et des puits traversant le stockage.



Future zone de stockage du CO₂.

*Pilote pour l'Injection de CO₂ dans les Réservoirs géologiques En France.

** En particulier le programme SECU-CO₂ « Risques et critères de sécurité de la filière Captage - Transport - Stockage de CO₂ », dont un des objectifs est d'étudier les risques de fuites de CO₂ le long des puits d'injection.

CAPTAGE-TRANSPORT-STOCKAGE DU CO₂ : RISQUES ET ENJEUX

gazéification de charbon du Dakota du Nord (États-Unis) pour récupérer le pétrole du champ de Weyburn (Canada) ; la réinjection du CO₂, après séparation avec le gaz naturel, dans un aquifère profond d'une capacité de 17 Mt à In Salah (Algérie) ; une opération du même type, impliquant Gaz de France, sur le site du gisement de gaz naturel K12B, au large des Pays-Bas. Plusieurs projets seront prochainement opérationnels en Allemagne (centrales thermiques avec captage du CO₂), en Écosse (centrale thermique avec production d'hydrogène), en France, où Total et ses partenaires préparent la mise en œuvre d'une unité pilote incluant une chaîne complète de production de

vapeur, captage du CO₂, transport par pipeline et stockage en gisement dépleted de gaz, à Lacq (Pyrénées-Atlantiques).

Outre l'appui technique qu'elles apportent aux directions et groupes de travail mis en place par le MEEDDAT, les équipes de l'INERIS sont impliquées dans plusieurs programmes nationaux soutenus financièrement par les pouvoirs publics (Programme 189), l'ADEME, l'ANR et des industriels (voir tableau page 14). L'objectif de ces programmes est de réduire le coût énergétique du captage, de sécuriser le transport terrestre du CO₂ d'origine anthropique, d'en garantir le confinement à long terme par une surveillance appropriée, d'étudier les effets

hydromécaniques de l'injection du CO₂ dans le sous-sol, de concevoir des mesures de prévention des risques accidentels, sanitaires et environnementaux, d'établir un cadre normatif et réglementaire, afin de parvenir à l'indispensable acceptation sociale que requiert le déploiement de ce type de projets technologiques.

*Les 20 % restants sont imputables aux pratiques agricoles, à la déforestation et aux flatulences animales

** Les GES retenus par les accords de Kyoto sont : le gaz carbonique ou dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O), les hydrofluorocarbones (HFC), les hydrocarbures perfluorés (PFC), l'hexafluorure de soufre (SF₆).

*** Le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat a été créé en 1988 par l'Organisation météorologique mondiale et le Programme des Nations unies pour l'environnement.

Isabelle Contrucci, chercheur, Unité Auscultation et Surveillance Géotechnique et Géophysique, à l'INERIS, à l'École des Mines de Nancy

« NOTRE ÉQUIPE AMÉLIORE LES OUTILS DE SURVEILLANCE MICROSISMIQUE APPLIQUÉS AU CONTRÔLE DU COMPORTEMENT MÉCANIQUE DU RÉSERVOIR DE STOCKAGE DU CO₂ »



La surveillance microsismique fera partie des moyens techniques qui seront déployés pour garantir l'intégrité et la sécurité à long terme des sites de stockage géologique du CO₂. En effet, une fuite de CO₂ le long des puits d'injection, ou à travers la couverture pourrait non seulement compromettre l'efficacité du stockage en termes de réduction des gaz à effet de serre, mais aussi avoir des conséquences mortelles sur les individus qui s'y trouveraient localement exposés pendant une durée prolongée et à des taux élevés de concentration (10-30 %). Par conséquent, la détection de l'initiation ou de la propagation de fractures dans la couverture, ou bien de déplacements le long de failles pré-existantes, susceptibles de mettre en péril l'étanchéité du réservoir, est un enjeu primordial pour la sécurité publique. La surveillance microsismique répond à cet objectif, en permettant de suivre en quasi-temps réel les ruptures induites par l'injection sous forte pression de CO₂ dans le sous-sol poreux. Elle

permet également, après la phase d'injection et avant la fermeture définitive du site, de s'assurer que les remises en équilibre des pressions et températures au sein du stockage n'engendrent pas de ruptures au cœur de la couverture.

L'analyse quantitative de l'activité microsismique, traduisant la réponse à l'injection de la roche encaissante, nécessite cependant une bonne connaissance de la couverture géologique du site et des paramètres géophysiques de propagation des ondes dans la couverture. Un second pré-requis réside dans la disponibilité d'outils numériques, de traitement des données et de localisation 3D des événements microsismiques, paramètre fondamental dans la qualité et la pertinence de l'expertise du comportement du réservoir.

Dans le cadre général de la surveillance opérationnelle appliquée à des géostructures à risques d'instabilité, notre équipe mène, depuis de nombreuses années, des travaux de recherche et développement sur ces différents aspects.

Dans le cadre du programme de l'ANR intitulé « Géocarbonate Monitoring », l'INERIS avait pour objectif scientifique d'améliorer et de valider une méthodologie basée sur des outils adaptés à la problématique et aux contraintes spécifiques du stockage géologique du CO₂.

Pour valider ces développements innovants et uniques en terme d'optimisation automatique de modèles de vitesse et d'algorithmes de localisation 3D en milieux sédimentaires complexes, des jeux de données réelles, issus de banques de données microsismiques parfaitement calibrées, ont été utilisés. Les résultats de cette validation montrent que les développements numériques réalisés permettent de gagner significativement en précision sur la localisation des événements microsismiques. Les acquis potentiels, en performance, de la surveillance globale du stockage souterrain serviront mieux l'expertise, nécessaire tout au long de la vie du stockage, mais aussi l'aide à la décision, en particulier lors de la phase ultime d'abandon.



Myriam Merad, responsable de l'Unité Gestion sociétale des risques

« NOUS AVONS INTÉGRÉ LA DIMENSION SOCIOLOGIQUE DANS L'ÉTUDE DES RISQUES »



La réussite d'une technologie ou d'un projet industriel sur un territoire dépend, en plus de sa viabilité économique et de l'objectivation des risques induits par son insertion sur le territoire, de la manière dont les acteurs du territoire le perçoivent. Ainsi, l'acceptation sociétale d'un projet de type industriel présentant des risques potentiels ou avérés est co-construite à travers les échanges entre des groupes d'acteurs différents, impliqués directement ou indirectement, et poursuivant des objectifs parfois divergents. Tenant compte de cette évolution, la réglementation, aussi bien nationale qu'euro-péenne, demande une transparence accrue et une implication, le plus en amont possible, des décisions publiques relatives à l'environnement et aux risques, du public. Ces réglementations visent ainsi à renforcer la place des acteurs de terrain, directement ou indirectement concernés par ces décisions et leur mise en application.

Dans ce contexte, la Direction des risques accidentels a adjoint aux disciplines qui représentent son cœur de métier – sécurité des procédés, évaluation et prévention des risques, étude des conséquences des phéno-

mènes dangereux -, d'autres disciplines des sciences sociales portées par l'Unité (GESO). Le développement de cette compétence au sein de l'INERIS a permis d'enrichir des programmes ANR tel que le programme METSTOR par des réflexions sur l'acceptabilité sociale du captage et du stockage du CO₂ en coopération avec le CIREC*, laboratoire de l'École des Hautes Études en Sciences Sociales associé au CNRS. Dans ce cadre, une thésarde (Ana Sofia Campos) a apporté sa contribution à l'analyse d'une vingtaine d'études scientifiques réalisées entre 2001 et 2006 en Grande-Bretagne, aux Pays-Bas, au Japon, en Australie, aux États-Unis et au Canada. Les premières conclusions de cette analyse montrent qu'il existe trois types d'approche de l'acceptabilité de la filière CCS : la légitimation du recours à cette solution par la réalité du changement climatique et la gravité de ses conséquences ; l'étude de la perception de cette technologie en fonction des caractéristiques socio-démographiques des individus ; le degré de confiance accordé aux promoteurs de la filière en l'absence de connaissance suffisante pour se forger une opinion. Globalement, les enquêtes qui ont été prises en compte pour

cette analyse ne permettent pas de faire ressortir un rejet ou une adhésion nette. Mais toutes convergent pour mettre en évidence la méconnaissance de cette technologie par le public.

Ces travaux se poursuivent dans le cadre du programme SOCECO₂ (ANR) sur l'économie et la sociologie de la filière captage et stockage du CO₂. La mission de l'INERIS est, en particulier, de réaliser une cartographie des typologies d'acteurs impliqués ou impactés par le projet : habitants, associations, élus, décideurs, organismes publics, experts, industriels. Mettant en évidence les freins, les oppositions et les leviers susceptibles d'intervenir en amont du projet, une telle cartographie constitue un outil d'aide à la décision. Ce volet sociologique du programme sera mis en œuvre au niveau national (pour la filière dans son ensemble) et au niveau local sur le site du futur démonstrateur de Lacq.

* Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement.

| UN IMPORTANT BESOIN D'INFORMATION |

« Selon vous, en quoi consiste le stockage géologique du CO₂ ? » À cette question posée à un échantillon de 1 083 personnes en avril 2007*, 6 % ont apporté une réponse précise, 8 % une réponse vague, 14 % une réponse erronée et 72 % avouent leur ignorance. À noter que le taux de réponse exacte atteint 18 % chez les membres d'un parti politique et 17 % parmi ceux d'une association de défense de l'environnement. Après quelques explications sur le principe et l'intérêt du stockage du CO₂, 59 % des sondés s'y déclarent favorables, 21 % opposés et 20 % sans opinion. L'exposé des risques conduit 63 % du panel à estimer que l'importance des incertitudes justifie l'aboutissement des recherches avant toute décision. Cette proportion atteint 70 % chez les « hauts diplômés », 72 % parmi les « hauts revenus » et 73 % chez les cadres.

Le 25 janvier 2008, 17 personnes ont été conviées à participer à une « consultation citoyenne » par Entreprises pour l'environnement et la Société Géologique de France. Après avoir écouté les exposés de plusieurs experts, dont Pierre

Toulhoat, Directeur scientifique de l'INERIS, les membres du panel ont confirmé leur position de principe majoritairement favorable au stockage du CO₂ (terme qu'ils jugent préférable au mot « gaz » trop connoté dangers), mais exprimé un certain nombre de réserves sur les risques technologiques de la filière (utilisation de produits chimiques pour le captage, risques de fuites accidentelles pendant le transport et la phase de stockage, risques de mouvements géologiques), sur les risques géopolitiques (instabilité d'un régime, conflits, menaces terroristes), les risques d'opportunité (moindre développement des énergies renouvelables et des efforts de maîtrise de la consommation). En conséquence, le groupe considère nécessaire d'attendre les résultats des expérimentations en cours ou à venir avant de rendre obligatoire le stockage du CO₂ pour les émetteurs industriels les plus importants.

* Sondage réalisé par TNS-SOFRES pour le CIREC dans le cadre des programmes METSTOR et SOCECO₂.



DÉVELOPPEMENTS

Étude de la réaction
au feu de la molécule
2,5 Diméthylfurane
(DMF), une des voies de
recherche dans la formulation
de nouveaux carburants
pour l'aéronautique.



EU-VRI La recherche made in Europe

L'expertise et la recherche se situent aujourd'hui dans un contexte européen et international. C'est la raison pour laquelle, dès le 6 novembre 2006, l'INERIS a créé l'Institut Européen pour une Gestion Intégrée des Risques (EU-VRI, pour European Virtual Institute for Integrated Risk Management) en collaboration avec quatre partenaires européens.

Objectif : rassembler les compétences européennes pour faire face à une demande sociétale en forte croissance, et répondre notamment aux appels à projets du 7^e PCRD (le septième Programme-Cadre pour la Recherche et le Développement technologique qui est le principal instrument communautaire de financement de la recherche pour la période 2007-2013).

Cette nouvelle structure de recherche, basée à Stuttgart, a pu être bâtie grâce à un partenariat solide avec la fondation Steinbeis, l'un des piliers allemands de la recherche industrielle. Les trois autres membres fondateurs sont la société belge Technologica Group, spécialiste des matériaux avancés et de la corrosion, l'institut hongrois Bay Zoltan, spécialiste dans l'étude du comportement des structures, ainsi qu'une unité de recherche de

l'Université de Stuttgart (ZIRN) qui s'intéresse aux aspects sociaux des risques, à l'interface entre les aspects technique, psychologique, social et politique. Dès sa première année de fonctionnement, l'EU-VRI a intégré pas moins de 20 membres associés et s'est attelée à répondre à plusieurs appels à projets du 7^e PCRD.

Un an plus tard, ses efforts ont porté leurs fruits puisqu'elle a notamment réussi à décrocher la coordination du projet ALFA-BIRD, le grand programme de recherche européen pour une alternative « renouvelable » aux carburants du transport aérien. Le principal défi étant de pouvoir remplacer à terme le kérosène par du biocarburant. Les solutions les plus prometteuses seront donc étudiées, des classiques (les carburants synthétiques) aux plus innovatrices, à base de nouvelles molécules organiques⁽¹⁾.

Mais l'activité de l'EU-VRI ne se cantonne pas qu'à ce projet. Le nouveau groupement coordonne également le projet européen de gestion intégrée des risques émergents, iNTeg-Risk. L'objectif d'iNTeg-Risk est d'élaborer le cadre de référence et les outils communs pour traiter de manière cohérente et harmonisée les risques émergents liés au développement de nouvelles technologies ou de nouveaux procédés. L'impact attendu d'un traitement plus cohérent des risques émergents est l'accès plus rapide aux marchés pour l'industrie européenne. Il a aussi favorisé l'émergence d'un programme sur le thème de la sécurité des nanotechnologies et débuté un partenariat avec la Fédération Européenne des Aérosols pour développer une campagne de test de l'utilisation de « mousses à haut foisonnement » dans le stockage des générateurs d'aérosols.

Enfin, l'EU-VRI vient tout juste de lancer, à la demande de la Commission européenne, l'étude F-Seveso. Objectif : réaliser un retour d'expérience des acteurs européens concernés par l'application de Seveso II, la nouvelle directive sur la prévention des risques industriels majeurs, qui devrait voir le jour dès 2009.

Contact : Olivier Salvi - Tél. : +49.711.18.39.749

(1) À cette fin, l'INERIS va s'engager dans des travaux d'analyse détaillée de 5 nouveaux carburants. Des tests en conditions réelles seront ensuite réalisés pour vérifier les propriétés physico-chimiques, y compris en combustion, permettant de s'assurer de la compatibilité du carburant avec les systèmes avion et moteur. Bien entendu, l'évaluation des performances de ces nouveaux carburants sera effectuée en prenant en compte les aspects économiques, environnementaux et techniques. Les objectifs étant d'améliorer l'indépendance énergétique de chaque pays, de réduire les gaz à effet de serre, et de diversifier notre approvisionnement énergétique. L'EU-VRI est d'ores et déjà rentré en négociation avec la Commission européenne pour que le projet puisse débuter dès le début de l'année 2008.

SIRIS-Pesticides

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

Les pesticides sont susceptibles de se retrouver dans l'eau, l'air, les sols, les sédiments et, par la suite, dans l'alimentation. De nombreux dispositifs de suivi sont en place et ont été renforcés dernièrement. Le point.

Les pesticides sont représentés aujourd'hui par plus de 6 000 préparations commerciales utilisant plus de 500 substances actives. En fonction des conditions d'utilisation et des caractéristiques du milieu, ces substances sont susceptibles de se retrouver dans différents compartiments environnementaux : eau, air, sols, sédiments et, par la suite, dans l'alimentation. La contamination des eaux est particulièrement préoccupante car elle s'étend sur une large partie du territoire national, affectant aussi bien les eaux de surface que les ressources souterraines. Elle représente de la sorte une menace pour les écosystèmes et la santé humaine. C'est pourquoi de nombreux dispositifs de suivi de la qualité des eaux sont en place aux niveaux régionaux ou locaux. Ces mesures ont été renforcées dernièrement avec l'entrée en vigueur de la Directive-Cadre Eau qui impose la mise en œuvre d'un système d'information sur l'eau et le suivi des pressions polluantes.

La méthode SIRIS revue et corrigée

Afin de cibler les produits phytosanitaires à rechercher en priorité, les Services régionaux de la protection des végétaux (SRPV), en liaison avec les DDASS, ont recours depuis la fin des années 90 à la méthode SIRIS (Système d'intégration des Risques par Interaction des Scores). En 2006, les ministères en charge de l'Agriculture et de l'Écologie ont demandé à l'INERIS d'intégrer les mises à jour et les améliorations nécessaires dans un outil informatisé, fonctionnel et convivial, développé à l'intention des acteurs régionaux. Il s'agissait également de favoriser l'harmonisation au niveau national des classements de produits phytosanitaires, réalisés pour la surveillance de la qualité des eaux. Ainsi est né l'outil « SIRIS-pesticides », mis au point par l'INERIS avec l'appui d'un groupe de travail composé d'experts issus de divers organismes (ministères chargés de l'Agriculture, de l'Écologie, Cemagref, Ademe, Agences de l'eau...).

Un outil multicritère

Après une phase de test, l'outil est accessible via le site Internet <http://www.ineris.fr/siris-pesticides>. Basé sur la méthode générique SIRIS, « SIRIS-pesticides » est un outil multicritère d'aide à la décision



qui permet d'établir un classement des substances actives phytosanitaires selon leur potentialité à se retrouver dans les eaux. En pratique, il s'appuie sur deux bases de données. La première, relative aux « substances actives », contient des informations mises à jour et complétées pour plus de 400 substances. La seconde, dédiée aux différentes préparations commerciales, a été créée dans l'optique de pouvoir faire fonctionner l'outil à partir de quantités de préparations

commerciales utilisées plutôt qu'à partir des quantités de substances actives. En outre, il est désormais possible de renseigner les usages soit par quantités de substances actives utilisées sur un territoire, soit par leurs doses et les surfaces traitées. Enfin, la méthode initiale a bénéficié d'autres modifications, telles que l'établissement de seuils normalisés pour permettre une comparaison entre les différents territoires. La validation de la méthode « SIRIS-Pesticides » a été assurée par la confrontation des résultats obtenus à ceux de campagnes de mesures réalisées sur une dizaine de territoires différents.

Dans le futur, l'outil continuera à se développer. Les bases de données seront maintenues à jour et complétées. Des modules de calculs seront ajoutés pour faciliter l'utilisation de l'outil et l'interprétation de ses résultats. Des sessions de formation sont également prévues à l'attention de nouveaux utilisateurs.

Contact : Anne-Christine Le Gall
Tél. : 03 44 55 65 93

Une méthode dite « hiérarchique de rangs »

Le classement SIRIS-Pesticides résulte de la combinaison de cinq facteurs (critères) : coefficient de partage carbone organique-eau (Koc), durée de demi-vie (DT50), taux d'hydrolyse, solubilité, surface traitée et dose de traitement. Ces critères ont été définis, appréciés et hiérarchisés par un collège d'experts. Cette hiérarchisation diffère entre les eaux souterraines et les eaux de surface, compte tenu des différences existantes dans les mécanismes de transfert. Le classement des substances repose ensuite sur une grille de pénalité qui permet de déclasser chaque substance par rapport à une molécule « idéale », c'est-à-dire favorable pour tous les critères. Le résultat de ces combinaisons établit un rang sur une échelle d'exposition de 0 à 100. Les substances ordonnées ainsi de manière décroissante constituent la liste SIRIS-Pesticides : liste ESO (pesticides à surveiller dans les eaux souterraines) et liste ESU (pour les eaux de surface). Ces listes peuvent ensuite être criblées à l'aide des données toxicologiques et écotoxicologiques afin de repérer les substances actives les plus dangereuses pour l'homme et les écosystèmes.



100 102 104 106 108 110 112 114 116

DÉBAT

Une information fiable pour le consommateur

Rencontre avec Alain Chosson, secrétaire général de la CLCV (Consommation, logement et cadre de vie) qui est la deuxième plus grande association de consommateurs en France. Également membre du Conseil d'Administration de l'INERIS, Alain Chosson revient notamment sur l'importance de la qualité de l'information des consommateurs.



À quoi sert la CLCV ?

Nous sommes une organisation des consommateurs-citoyens que nous représentons auprès des pouvoirs publics, et pouvons être une interface entre le monde de la recherche et le grand public. Notre action principale est de faire en sorte qu'ils aient accès à une information à laquelle ils puissent se fier en toute confiance.

Justement, quel est aujourd'hui le degré de confiance des consommateurs ?

Il n'a jamais été aussi bas. Je dirais que la perte de confiance date de Tchernobyl, quand le nuage radioactif a été caché à la population. Les gens ont eu le sentiment d'avoir été trompés. Depuis lors, la défiance s'est généralisée aux questions de santé, d'alimentation, de nutrition, de rayonnements, d'OGM... Aujourd'hui, on peut aller chercher de l'information partout et en temps réel. Or, elle n'est ni hiérarchisée, ni validée. Cela génère soit de la peur, soit de l'indifférence face à des sujets graves, sur lesquels les gens ont l'impression de ne plus avoir de prise. Cette inquiétude, nous la ressentons dans la nature des questions que l'on nous pose. Les gens assistent à des batailles de chiffonniers qui disent tout et son contraire. Ils viennent chez nous en nous demandant de valider ces informations, parce que nous sommes une des dernières institutions en qui ils font confiance : nous bénéficions d'un taux de confiance et de notoriété de 80 %, loin devant toute autre organisation.

Quels sont les principaux sujets de préoccupation ?

Les consommateurs pointent du doigt la plupart des risques émergents qui auraient des incidences sur leur santé et leur qualité de vie. Ils sentent que quelque chose n'est pas sain. Dans le cas des produits chimiques par exemple, on connaît depuis des années la dangerosité de certaines substances comme les pesticides, les solvants, qu'on va retrouver dans l'eau, dans l'air, dans les aliments, à l'intérieur des bâtiments. Régulièrement, les pouvoirs publics font interdire la production de certaines de ces substances, ce qui prouve bien qu'il y a des problèmes. Mais nous, nous disons :

pourquoi ne pas s'en préoccuper plus tôt, avant même la mise sur le marché ? Existe-t-il un réel contre-pouvoir face aux industriels ? Certes, le programme européen Reach, qui va permettre enfin de connaître les effets d'un certain nombre de substances, va dans le bon sens. Mais il ne concerne pas tous les produits existants. La question des rayonnements électromagnétiques reflète également le malaise des consommateurs. À l'heure de l'explosion des technologies sans fil (téléphones portables, Wi-fi, etc.), on est seulement au début des études sur les portables, et il n'y a pas d'étude sérieuse sur les impacts sanitaires éventuels du bain électromagnétique qui nous entoure quotidiennement. Ce type de recherche est sûrement très compliqué. Mais faut-il pour autant lancer toutes ces technologies sans savoir ? Le principe de précaution, on en parle beaucoup, mais force est de constater qu'il n'est pas réellement appliqué.

Quelles sont aujourd'hui vos attentes, en tant que représentant des consommateurs ?

Les consommateurs attendent avant tout des pouvoirs publics une information fiable, officielle, accessible et validée par des expertises indépendantes de tout intérêt économique. Aussi, nous attendons que les différentes expertises se confrontent, dégagent clairement ce qui fait consensus et les désaccords, et que les différents spécialistes puissent travailler dans le cadre d'équipes pluridisciplinaires. De même, les scientifiques et l'origine de leurs ressources doivent pouvoir être clairement identifiables. Nous militons pour que l'expertise publique soit renforcée par des financements alimentés notamment par une contribution obligatoire des industriels, sans qu'ils puissent en contrôler l'utilisation, un peu comme est financé le débat public.

Les consommateurs souhaitent également pouvoir questionner directement les chercheurs. L'INERIS est l'une des rares institutions à se prêter au jeu, notamment en participant à nos universités d'été et en créant des passerelles avec ses chercheurs. À chaque fois, ses scientifiques sont assaillis de questions ! Bien entendu, on ne va pas deman-

der aux chercheurs de passer tout leur temps à dialoguer avec le public. Cela passe sans doute par la formation d'équipes capables de relayer l'information sur le terrain.

Enfin, nous attendons des pouvoirs publics qu'ils infléchissent beaucoup plus en amont les choix technologiques, quitte à les interdire si les risques sont jugés trop importants. Nous saluons d'ailleurs le fait qu'un budget ait été récemment alloué par l'INERIS à l'étude de l'impact des nanoparticules sur la santé et l'environnement. Nous attendons d'un tel organisme de recherche qu'il prenne de plus en plus en compte la demande et l'inquiétude sociales.

Votre rôle doit-il aller jusqu'à orienter les programmes de recherche ainsi que les politiques publiques ?

Nous devrions plutôt être consultés en amont des décisions pour apporter l'expertise que nous représentons. Par exemple, depuis une vingtaine d'années, nous militons pour le développement d'alternatives à l'agriculture productiviste, laquelle présente des risques importants pour la santé et l'environnement. Il nous est arrivé de faire remonter auprès de l'Institut national de recherche agronomique (INRA) les questions et préoccupations des consommateurs. De même, dans le secteur de l'habitat, nous sommes à même de pointer les besoins – énormes – en termes de compétences – et donc de formation – dans le domaine de la construction écologique. En tant qu'association de consommateurs, nous sommes en lien direct avec les réalités du terrain et avons une fonction d'acteur socio-économique. C'est un poste d'observation et une force de propositions précieuses pour les pouvoirs publics et les industriels. Cela suppose, si on veut chercher l'efficacité et trouver les compromis équilibrés entre les différents intérêts en cause, que nous soyons dotés, comme les autres acteurs socio-économiques, des moyens matériels et financiers pour pouvoir assurer ce rôle sur des sujets divers et complexes.

CLCV 17, rue Monsieur 75007 Paris
www.clcv.org – clcv@clcv.org

INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

Publication de l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, établissement public à caractère industriel et commercial placé sous la tutelle du ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire. Parc technologique ALATA, BP 2, 60550 Verneuil-en-Halatte. Directeur de la publication : Vincent Lafliche. Directrice de la rédaction : Ginette Vastel. Informations : Estelle Richet. Tél. : 03 44 55 64 38. Conception et réalisation : Verbe. Chef de projet : R. Béras. Photos • couverture : fumée industrielle, EyeWire, Inc. Toute reproduction, même partielle, des textes et des documents parus dans le présent numéro est soumise à l'autorisation préalable de la rédaction. Imprimé sur Symbol Freelifé sans chlore issu de forêts gérées durablement et de papier recyclé.