

**DÉVELOPPEMENTS**

Accidents maritimes  
P. 16

**SAGA**

Avoir 20 ans  
en 2010  
P. 18

**20 ANS  
D'INERIS**

**ÉCHANGES**

La complémentarité  
entre l'INERIS et l'UTC  
P. 20

# INERIS

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

## LES NANOS AU CŒUR DU DÉBAT

Lignes de champs magnétiques dans des nanoparticules de fer et nickel



Ce qui caractérise les nanotechnologies, c'est la place qu'elles prennent dans presque tous les secteurs industriels et la rapidité avec laquelle on est passé de la connaissance à l'application pratique, sans connaître précisément leurs

effets à long terme. Certaines applications des nanos sont appelées à relever les défis d'un développement durable. La présence massive de nanoproducts sur le marché fait redouter une possible exposition des travailleurs, des consommateurs et de l'environnement. Ce contexte d'incertitude fait naître une forte inquiétude : certains préconisent un moratoire complet ou partiel, d'autres une nouvelle gouvernance des risques et d'autres encore s'interrogent sur la régulation. Lors du débat public national sur les nanotechnologies, on a pu voir combien il est difficile de s'exprimer sur ce sujet qui soulève des problèmes majeurs de société. Pour continuer leur développement, ces technologies nécessitent aujourd'hui une forte progression des connaissances scientifiques en toxicologie, écotoxicologie, métrologie... L'INERIS qui se positionne clairement dans l'accompagnement de l'innovation, participe aux travaux de recherche dans trois domaines d'intérêt pour les nanotechnologies : la métrologie, l'évaluation des risques pour l'homme et l'environnement et l'évaluation des risques dans les procédés industriels. À côté du développement de connaissances nécessaire pour répondre aux attentes de la société et des pouvoirs publics, l'INERIS intervient sur le volet sécurité dans le cadre du plan national de développement des nanotechnologies Nano Innov. Parallèlement aux recherches engagées, il faut s'assurer que les meilleures dispositions de limitation des risques sont mises en œuvre et maîtrisées par les différents acteurs et que leurs compétences sont adaptées aux besoins des tâches qui leur sont assignées. L'INERIS va développer notamment avec le CEA un référentiel de certification volontaire des personnes opérant en présence de nanoparticules.

Enfin, pour un dialogue renforcé avec la société, l'INERIS fait évoluer sa gouvernance scientifique et technique. Pour tenir compte des questions posées par la société civile, il propose de rattacher à son Conseil scientifique la commission d'orientation de la recherche et de l'expertise dont le rôle serait d'identifier les questionnements prioritaires à instruire en matière d'appui aux politiques publiques et de recherche.

Vincent Laflèche  
Directeur général



## BRÈVES

### Visite de Chantal Jouanno à l'INERIS



Madame Chantal Jouanno, secrétaire d'État chargée de l'Écologie, s'est rendue à l'INERIS le jeudi 22 avril, pendant l'épisode du nuage de cendres volcaniques en provenance d'Islande. Elle y était accueillie par Vincent Laflèche, Directeur général, en présence de Nicolas Desforges, Préfet de l'Oise.

Les équipes de l'Institut se sont mobilisées dès le vendredi 16 avril pour travailler à la surveillance des pics de pollution particulaire et sur la modélisation du nuage de cendres. D'après les études effectuées par l'INERIS, les dépassements du seuil réglementaire d'information (80 µg/m<sup>3</sup> en moyenne journalière) pour les concentrations de PM 10 (particules dont le diamètre est inférieur à 10 µm) survenus entre le 18 et le

20 avril sont bien dus en majorité aux activités humaines ; épisode dont le constat est assez classique en cette saison. Un effet cumulé et limité du panache islandais a été relevé.

La confrontation des différents éléments permet, à ce jour, de conforter l'hypothèse issue des simulations numériques : les cendres volcaniques provenant d'Islande ont contribué à hauteur de 10 % à 30 % à l'épisode de pollution particulaire observé sur la moitié nord de la France (zone géographique allant du bassin normand à la forêt noire), avec un maximum localisé dans la région de Mulhouse. Dans tous les cas, les épisodes de pollution sont restés limités, dépassant parfois le seuil d'information (80 µg/m<sup>3</sup>), mais n'atteignant jamais le seuil d'alerte.

## Première journée de réflexion de la « CORE »



Le 17 mars 2010, la nouvelle Commission d'orientation de la recherche et de l'expertise (CORE) s'est réunie pour la première fois dans les locaux de l'INERIS à Verneuil-en-Halatte, dans l'Oise.

La CORE est composée de 18 membres répartis en 6 collèges : académique, industriel, ONG, syndicats, élus, État. L'objectif de cette commission est de travailler au partage des enjeux et des questionnements en matière de recherche et d'expertise, et de contribuer à enrichir et amender les orientations et dossiers stratégiques de l'Institut. La journée de visite s'est déroulée en deux temps : présentation de travaux d'appui aux pouvoirs publics, des instances de gouvernance de l'Institut et des missions allouées à la CORE pour 2010, puis visite d'équipements et de laboratoires de l'INERIS. Au terme d'une période probatoire, la CORE devrait être officialisée par un arrêté ministériel à la fin de 2010.

## L'INERIS, organisme notifié européen pour la pyrotechnie

L'INERIS a vu sa désignation comme organisme notifié européen au titre de la directive « Pyrotechnie » (2007/23/CE) concrétisée par son habilitation par arrêté du 04/05/2010, paru au *Journal Officiel*. Cette désignation permet ainsi à l'Institut d'étendre son champ d'activité à l'ensemble de l'Union européenne pour une directive impliquant le marquage CE des articles pyrotechniques : artifices de divertissement, pyrotechnie automobile... En pratique, cette directive vise à compléter la directive 93/15/CEE relative aux explosifs à usage civil pour laquelle l'INERIS est organisme notifié depuis environ quinze ans, avec une position de leader en Europe.

## Inauguration du « nouveau banc d'essais à l'émission »

L'INERIS a inauguré son nouveau « banc d'essais à l'émission » le 9 mars 2010 sur son site de Verneuil-en-Halatte. Le banc est utilisé pour étalonner les appareils de mesure de la qualité de l'air. Unique en Europe, cette installation permet de générer des effluents gazeux simulant les fumées issues d'installations industrielles de combustion ou d'incinération. Le banc est employé pour la réalisation d'essais interlaboratoires. Ce nouveau banc peut accueillir jusqu'à douze équipes issues d'organismes en charge de contrôler les rejets à l'atmosphère des Installations Classées. Ce banc permet également la qualification de méthodes de mesure de nouveaux combustibles issus de la biomasse grâce à sa toute nouvelle chaudière à biomasse.



## Lancement du portail Substances Chimiques



Le nouveau portail donne accès aux données toxicologiques et écotoxicologiques sur les substances chimiques, ainsi qu'aux données technico-économiques relatives aux enjeux posés en France par la réduction ou la suppression réclamées par la directive-cadre sur l'eau des émissions dans l'eau, et par la substitution de certaines substances chimiques dangereuses

réclamée par le règlement REACH. Les Normes de Qualité Environnementale (NQE) sont aussi consultables sur le portail. L'espace est également interopérable avec le site du Registre français des émissions polluantes : le portail propose des informations synthétiques sur les rejets annuels dans l'air, l'eau, les sols et les déchets déclarés dans le cadre de l'arrêté du 31 janvier 2008. La nouvelle version du portail Substances Chimiques propose de nouvelles fonctionnalités qui facilitent la navigation. Un seul moteur de recherche permet d'accéder à l'ensemble des informations du portail. L'accès à ces informations est libre de droit et s'effectue au travers d'un moteur de recherche sur le nom de la substance ou son numéro CAS. Le nouveau portail permet également de s'abonner à un flux RSS et, grâce à la recherche avancée, d'exporter au format PDF des données consolidées sur les substances.

[www.ineris.fr/substances/fr](http://www.ineris.fr/substances/fr)

« On n'a pas tous les jours 20 ans »



## Rapport Annuel 2009 : dossier spécial

Le rapport annuel 2009 « spécial 20 ans » de l'INERIS vient de paraître. Sous forme d'un magazine, il marque le coup : il présente les actions phares de l'année, détaille les thématiques de recherche de l'Institut (l'air, l'eau, le vivant, les sols pollués, la sécurité des installations, la terre, les nouvelles énergies, le CO<sub>2</sub>). Un cahier spécial 20 ans propose des images fortes sur le contexte des événements qui ont accompagné la naissance et la jeunesse de l'INERIS.

Demandez votre exemplaire à la Direction de la Communication de l'INERIS : 03 44 55 64 37.

## Agenda

Premier symposium international  
« Effets neuroendocrines des perturbateurs endocriniens »  
10 juillet 2010

Le symposium international NEED (Neuroendocrine Effects of Endocrine Disruptors) sera le premier organisé sur le thème de la perturbation neuroendocrinienne, un domaine émergent des effets des perturbateurs endocriniens (PE), ces substances chimiques qui ont des effets sur la fonction hormonale endocrinienne.

Il vise à discuter des données récentes sur les effets des PE sur les fonctions neuroendocriniennes, en particulier celles impliquées dans le contrôle central de la reproduction.

Il vise également à présenter les modèles expérimentaux (cellules, organismes) et les approches disponibles pour répondre à ces problématiques.

L'INERIS est engagé dans le cadre de programmes de recherches nationaux (NEMO, ANR NEED) sur la problématique des effets des PE sur les circuits neuroendocrines impliqués dans le développement du cerveau et du contrôle central de la reproduction.

À ce titre l'INERIS participe à l'organisation du symposium et présentera les résultats récents issus de ces programmes et d'une thèse menée à l'INERIS par Mélanie Vosges sur l'impact de faibles doses d'éthinylestradiol sur la mise en place du système de la gonadolibérine chez le poisson au cours de son développement précoce.

[www.needimpact.eu](http://www.needimpact.eu)

## Inauguration de la nouvelle plateforme « méthodes alternatives »



La première pierre de la nouvelle plateforme expérimentale pour la validation et le développement de méthodes alternatives en expérimentation animale a été posée sur le site de l'INERIS à Verneuil-en-Halatte le 5 février 2010 par Éric Woerth, ministre du Budget, et Claude Gewerc, président du Conseil régional de Picardie,

en présence de Jacques Vernier, président du Conseil d'administration, et Vincent Laffèche, Directeur général de l'INERIS.

Il s'agit d'un équipement structurant du Pôle national applicatif en Toxicologie et Écotoxicologie lancé en 2009 pour répondre aux exigences du Grenelle de l'Environnement et contribuer à la mise en œuvre du règlement européen REACH sur les substances chimiques. Le but est de limiter le recours à l'expérimentation animale (*in vivo*) pour étudier les effets des substances chimiques et évaluer leurs risques biologiques. La plateforme expérimentale permettra la calibration des modèles mathématiques (approche *in silico*) et des modèles biologiques isolés (tests *in vitro*) ou organes artificiels. Dotée de 1500 m<sup>2</sup> de laboratoires, elle disposera d'équipements dédiés à l'exposition par inhalation de nanoparticules et donnera la possibilité d'étudier les substances à l'échelle nanométrique.

## Le site de l'INERIS fait peau neuve

Le nouveau site Web de l'INERIS a fait l'objet d'une refonte graphique et offre une meilleure navigabilité. Vous retrouverez vos rubriques habituelles « expertise », « recherche et innovation », « prestations »,

« INERIS formation ». Une rubrique spéciale « 20 ans » vous permettra de suivre sur une frise animée en images et vidéo les grandes étapes de l'histoire de l'INERIS.

[www.ineris.fr](http://www.ineris.fr)





# UNE STRATÉGIE DE RECHERCHE CENTRÉE SUR LA SÉCURITÉ POUR L'HOMME ET L'ENVIRONNEMENT

# LES

# « NANOS »

# AU CŒUR DU DÉBAT

- ▶ Des nanovecteurs pour traiter certaines formes d'inflammations | Page 6
- ▶ *Focus* : Toxicité des nanos | Page 7
- ▶ Vers la modélisation des nanoparticules dans l'air | Page 8
- ▶ *Focus* : Métrologie des nanos | Page 9
- ▶ Nano Innov : un plan de soutien national pour dynamiser l'innovation | Page 10
- ▶ Les eaux souterraines au cœur du projet Aquanano | Page 11
- ▶ REACh intégrera les nanoparticules en 2012 | Page 12
- ▶ *Focus* : Expologie des nanos | Page 13
- ▶ *Focus* : Explosion et incendie des nanos | Page 14
- ▶ *Point de vue* : Interview d'Ariane Vennin | Page 15
- ▶ Les nanomatériaux et l'environnement | Page 15

« **C**es nouvelles techniques suscitent autant d'enthousiasme que de craintes, ce qui témoigne d'une nécessaire approche bénéfique risqué selon l'objet de l'utilisation. » Entre craintes et enthousiasme, l'émergence des nanomatériaux et nanoparticules n'a pas créé l'unanimité des participants au groupe de travail n°3 du Grenelle de l'Environnement (« Instaurer un environnement respectueux de la santé »), illustrant les opinions contrastées qui accompagnent en France, comme dans de nombreux autres pays, ce que certains considèrent comme l'avènement d'un « monde nouveau ».

Les thuriféraires de ce « nanomonde » promettent « des produits plus petits, plus légers, moins chers, des ordinateurs plus performants, des moyens de communication plus rapides, des traitements médicaux plus efficaces, un environnement plus propre, un cadre de vie plus agréable ». Les champs d'application des nanosciences et des nanotechnologies sont appelés, il est vrai, à couvrir de très nombreux domaines : chimie, électronique, informatique, médecine, pharmacie, cosmétologie, environnement, sécurité routière, navigation aérienne, observation astronomique, matériaux, optique, mécanique, textile... Considérée comme « très prometteuse pour l'économie », la « révolution » est en marche dans les laboratoires comme dans l'industrie. Nanoparticules et nanomatériaux sont déjà présents dans quelque 1 000 produits manufacturés\*. Selon la National Science Foundation américaine, le marché mondial des nanotechnologies pourrait atteindre 1 000 milliards de dollars d'ici à 2015 (contre 40 milliards de dollars en 2001).

D'autres prévisions tablent sur un marché de 450 à 1 850 milliards de dollars. L'OCDE est moins précise : « Le marché global des produits nanotechnologiques atteindra 150 à 3 100 milliards de dollars dans les années à venir, et générera quelque deux millions d'emplois nouveaux. » De telles perspectives éveillent l'émulation et justifient le soutien des pouvoirs publics : aux États-Unis, pays qui concentre 65 % du marché (en 2008), le Fonds fédéral pour les nanotechnologies a investi 1,5 milliard de dollars en 2009. À travers le 7<sup>e</sup> Programme-Cadre de Recherche et Développement Technologique (PCRD), qui couvre la période 2007-2013, l'Union européenne a décidé pour sa part de consacrer 3,5 milliards d'euros aux nanotechnologies.

### Un signe d'alerte majeur

« Cependant, ces technologies, qui s'appuient sur des nanomatériaux et nano-objets fabriqués pour les propriétés particulières qui s'expriment à l'échelle du nanomètre (...), posent de très nombreuses questions », annonçait le dossier de présentation du débat public national « sur les conditions de développement et de régulation des nanotechnologies » engagé en octobre 2009 mais fortement perturbé en raison des actes d'obstruction déployés par certaines organisations d'opposants. Depuis cinq ans, en France, plusieurs avis ont été sollicités auprès d'instances spécialisées (AFSSA, AFSSET) et auprès de comités d'éthique. Dès 2006, dans son « Avis relatif aux effets des nanomatériaux sur la santé de l'homme et sur l'environnement », l'AFSSET formulait plusieurs recommandations, dont le lancement d'un programme de recherche fondamentale et appliquée sur la surveillance des nanomatériaux. Sollicitée à

### DÉFINITIONS

**Nanoparticules et nanomatériaux** : particules de taille nanométrique manufacturées.  
**Particules ultrafines** : particules de taille nanométrique présentes de façon non intentionnelle.

nouveau par les pouvoirs publics sur l'exposition des travailleurs aux nanomatériaux manufacturés, l'AFSSET soulignait en 2008 la présence de dangers potentiels, de fortes incertitudes et de lacunes dans les connaissances et les outils de métrologie.

De son côté, l'AFSSA, interrogée à deux reprises sur la présence de nanoparticules dans l'alimen-



Mesure d'exposition aux sources domestiques de nanoparticules dans la maison MARIA (voir p. 13)

### | DES NANOVECTEURS POUR TRAITER CERTAINES FORMES D'INFLAMMATIONS |

**L**e programme européen NANOFOL (7<sup>e</sup> PCRD) rassemble 13 partenaires autour d'un objectif : développer de nouvelles méthodes de diagnostic et de thérapie basées sur l'usage de nanovecteurs. Cette approche est en l'occurrence appelée à se substituer aux traitements de certaines inflammations chroniques, telles que l'arthrite rhumatoïdale, afin d'en réduire le coût et d'en éviter les effets secondaires. « Sorte de vésicules constituées de nanoparticules phospholipidiques recouvertes d'anticorps, ces nanovecteurs injectés par voie sanguine iront se fixer directement sur les cellules macrophages dans lesquelles ils

libéreront leurs principes actifs sans exposer les autres tissus, à l'inverse de produits tels que la cortisone », explique René de Sèze, responsable de l'unité Toxicologie expérimentale.

Dans le cadre de ce programme lancé fin 2009, l'INERIS a trois missions :

- participer à l'analyse du cycle de vie des nanovecteurs, de leur conception jusqu'à leur élimination ;
- contribuer à la sécurité du processus de production en transposant la méthodologie appliquée aux nanopoudres ;
- étudier la toxicité potentielle et la biocompatibilité des nanovecteurs.

tation humaine et animale (2008) et dans l'eau (2009), mettait en évidence dans ses deux avis l'insuffisance des données disponibles pour évaluer les risques ainsi que la nécessaire adaptation des méthodologies d'évaluation actuelles. Quant au Haut Conseil de la santé publique, s'appuyant notamment sur le rapport d'un groupe de veille interne relatif aux « impacts sanitaires de l'exposition des travailleurs des nanotechnologies aux nanotubes de carbone », il estimait en janvier 2009 que cette expertise constituait « un signe d'alerte majeur justifiant la mise en place rapide de mesures de protection contre des expositions susceptibles d'induire un risque sanitaire sérieux pour les producteurs et utilisateurs de nanotubes de carbone ».

\* Chiffres donnés pour 2009 par le Woodrow Wilson Institute for Scholars.



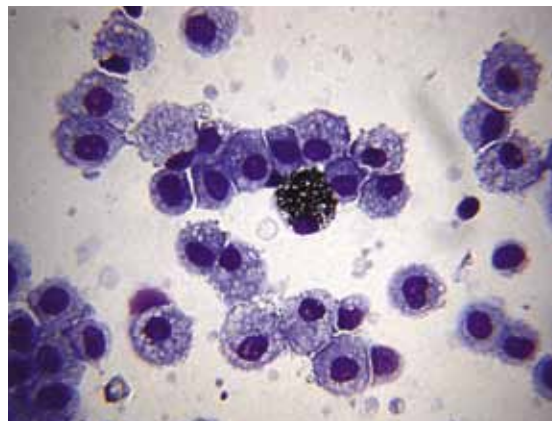
## TOXICITÉ DES NANOS

# MIEUX COMPRENDRE LE PASSAGE DES BARRIÈRES CELLULAIRES



Éric Thybaud, Responsable du Pôle Dangers et impacts sur le vivant

**S**pécialiste de l'impact sanitaire des pollutions particulaires, l'INERIS mène depuis plusieurs années des travaux sur l'exposition humaine aux particules ultrafines et aux nanoparticules. Une première étude sur la toxicité pulmonaire des nanotubes de carbone, accompagnée de la rédaction d'une thèse\*, a permis de démontrer l'absence d'inflammation à l'intérieur des alvéoles pulmonaires en présence de ce type de nanoparticules, l'absence de franchissement de la barrière alvéolo-capillaire vers le sang et les autres organes, ainsi que le déclenchement d'un mécanisme immunitaire de phagocytose des particules par les cellules macrophages des alvéoles pulmonaires, analogue au processus connu d'élimination des virus et des bactéries. Ces travaux sur la bio-distribution et la bio-persistence se poursuivent aujourd'hui



Cellules pulmonaires exposées à des particules de noir de carbone

dans le cadre de plusieurs programmes de recherche collaborative. Initié fin 2007, le projet RespINTtox (ANR) vise deux objectifs : le premier est de comparer les voies d'exposition par inhalation et par instillation intratrachéale (jusqu'à présent utilisée par l'INERIS en raison de l'absence de méthode d'inhalation performante); le second est de comparer les effets biologiques induits par des nanotubes de carbone simple feuillet purifiés et non purifiés. Le degré de pureté des nanotubes varie avec le taux résiduel de métal (en l'occurrence du fer) issu du processus de fabrication des particules. Les travaux relatifs au premier objectif ont pu être lancés début 2010 grâce à la mise au point par le CERTAM\*\* (partenaire du projet) d'un dispositif fiable d'exposition par inhalation. Les résultats de cette étude devraient être disponibles à la fin de l'année. Les travaux du second axe de recherche ont mis en évidence que l'intensité des phénomènes observés – intensité des réponses inflammatoires, altérations anatomopathologiques (formation de granulomes) et processus d'élimination – était identique pour les nanotubes de carbone purifiés (1 % de fer) et non purifiés (20 % de fer). La seule différence entre les deux types de particules porte sur le délai du processus

d'élimination. Le programme post-Grenelle NANOTRANS réunit des organismes de recherche partenaires du réseau ANTIOPES\*\*\*. Encouragés financièrement par l'État, le but assigné à chacun d'entre eux est d'approfondir dans sa spécialité les connaissances scientifiques sur le passage éventuel des nanoparticules à travers les barrières biologiques : alvéolo-capillaire, hémato-testiculaire, hémato-encéphalique, digestive, rénale. Pour ce faire, les équipes de chercheurs doivent auparavant valider une méthode de production de barrières cellulaires *in vitro* appelée à se substituer à l'expérimentation animale *in vivo*. Superposant plusieurs couches cellulaires, ces modèles devront reproduire le plus fidèlement possible les tissus conjonctifs humains. Ils sont particulièrement attendus par les industries utilisatrices de nanoparticules, en particulier les fabricants de produits cosmétologiques qui n'auront plus le droit de recourir à l'expérimentation animale à partir de 2013. Lancé en décembre 2009, le programme NANOTRANS doit se terminer fin 2012.

Enfin, l'unité mixte PERITOX (Périnatalité et Risques Toxiques) formée par des chercheurs de l'INERIS et de l'Université de Picardie Jules-Verne (Amiens) vient d'entreprendre l'étude des risques encourus par le fœtus d'une femme exposée à des nanoparticules de carbone. Là encore, la question centrale a trait à la thématique de la bio-distribution et du passage d'une barrière – la barrière placentaire – par les nanoparticules. Les résultats initiaux sur la faisabilité de cette étude sont attendus pour fin 2010.

\* « Toxicologie des nanotubes de carbone », Dan Elgrabli (INERIS/INSERM).

\*\* Centre d'Étude et de Recherche Technologique en Aérothermique et Moteurs.

\*\*\* Partenaires du réseau ANTIOPES : CEA, INSERM, Universités de Marseille I et Paris VII, INERIS, INRA, UTC, Institut LaSalle Beauvais, UPJV, CRITT Chimie PACA.



Expérimentation dans le cadre d'une thèse sur le passage et la toxicité des nanoparticules au niveau pulmonaire

### Des travaux de recherche pluri-disciplinaires

Le déficit de connaissances souligné par les associations, les ONG de protection de l'environnement et par de nombreux experts et décideurs publics, se comble peu à peu au rythme de la recherche. Spécialiste de la toxicité et de la métrologie des particules ultrafines mais aussi des risques accidentels propres aux atmosphères explosibles, l'INERIS figure depuis plusieurs années parmi les organismes mobilisés pour approfondir les savoirs qu'impose un développement maîtrisé des nanotechnologies.

Aux côtés de différents acteurs (CEA, CNRS, INSERM, IRSN), d'universités (notamment l'UPJV



Expérience de vieillissement forcé de nanomatériaux

d'Amiens, l'UTC de Compiègne, Paris VII-Denis Diderot) et de centres spécialisés, l'INERIS participe à des travaux de recherche sur les risques associés aux nanomatériaux dans plusieurs disciplines : la toxicologie, l'écotoxicologie, l'explologie, la métrologie et les risques accidentels. « Entre 2005 et 2008, l'INERIS a notamment participé à NanoSafe 2, un programme européen majeur, rappelle Olivier Le Bihan, coordinateur du groupe transversal sur les nanoparticules et nanomatériaux à l'INERIS. En novembre 2008, l'accord-cadre de partenariat entre l'INERIS et le CEA a été élargi à la connaissance, la prévention et la maîtrise des risques associés aux nanoparticules et aux nanopoudres. La thématique nano est inscrite dans notre stratégie de recherche et officialisée par l'approbation de la Commission scientifique. Non seulement nous participons à plusieurs programmes nationaux et européens, mais nous contribuons à représenter les pouvoirs publics français dans les instances nationales, européennes et internationales, où se discutent les politiques de recherche et s'élaborent les normes et règlements, comme l'OCDE, l'ISO, l'AFNOR, l'AFSSET, l'OMNT\*. Par ailleurs, nous développons une activité de recherche partenariale avec de nombreux industriels. »

La stratégie de recherche mise en place à la Direction des Risques chroniques (DRC) de l'INERIS a vocation à couvrir l'ensemble des activités relatives à la thématique santé/environnement : métrologie des nanos (mesure, stœchiométrie), caractérisation des sources, étude des transformations, des expositions des cibles; étude de la biodistribution et des effets des substances dans les organes, organismes et populations cibles, modélisation du comportement des substances; intégration

de l'ensemble des données et considérations économiques en vue d'apporter une aide aux décideurs. « Le groupe de travail transversal et multidisciplinaire permet à l'INERIS d'être très réactif, d'identifier rapidement les compétences existantes et de pouvoir les mobiliser dès qu'un appel à projets est lancé ou lorsque les pouvoirs publics ou un industriel sollicitent notre expertise », souligne Olivier Le Bihan.

En synergie avec la DRC, la Direction des Risques accidentels (DRA) a élaboré une stratégie à long terme dédiée aux travaux de recherche sur la caractérisation, le comportement et les effets des nanoparticules. Après avoir participé aux projets NanoSafe 2 (6<sup>e</sup> PCRDT) et Nanoris qui ont entre autres résultats permis de mettre en évidence les propriétés fortement détonantes de certaines nanoparticules (aluminium), mais aussi le risque de sous-évaluation de l'explosivité et de l'inflammabilité due à la faculté d'agglomération des nanopoudres, la DRA a défini quatre axes prioritaires pour les prochaines années : « Capitaliser l'expertise acquise; modéliser les phénomènes de dispersion, d'explosion et d'incendie pour appréhender plus facilement et plus rapidement les risques; acquérir de nouvelles connaissances qui permettront de vérifier le degré de validité des outils de caractérisation expérimentale actuellement utilisés; définir des mesures techniques et organisationnelles proportionnées aux risques et adaptées aux sites de production et d'utilisation de nanomatériaux, permettant la mise en œuvre de ceux-ci avec une maîtrise suffisante des risques. »

\* Observatoire des Micro et NanoTechnologies.

| SUITE PAGE 12 |

### | VERS LA MODÉLISATION DES NANOPARTICULES DANS L'AIR |

L'INERIS a engagé en 2009 un programme de recherche en collaboration avec le CEREAS\*, laboratoire commun à l'École des Ponts Paris-Tech et EDF R&D. La finalité de ce programme, qui fait également l'objet d'une thèse, est de développer un modèle capable de simuler les transformations des particules ultrafines dans les ambiances intérieures (espaces confinés) comme dans l'atmosphère. Ces travaux s'inscrivent notamment dans la perspective de l'intégration du suivi du nombre de particules ultrafines dans la réglementation européenne sur la qualité de l'air. Ces travaux répondent également aux besoins des chercheurs en santé-environnement. Un nombre croissant de mesures de concentration de nanoparticules sont faites à l'intérieur des bâtiments. Il existe actuellement des lacunes dans la modélisation du transport et la transformation des nanoparticules de leur point

source à leur niveau de concentration final dans l'air. Ce modèle devra notamment prendre en compte les processus majeurs de transformation des nanoparticules dans l'atmosphère (coagulation, condensation/évaporation et nucléation) qui se traduisent par des modifications de leur taille, de leur composition chimique et de leur nocivité. Ce modèle sera utilisé par l'INERIS pour ses besoins en termes de gestion du risque chronique et accidentel. Il est notamment prévu de le coupler au modèle de dispersion CHIMERE, mis en œuvre dans le système de prévision de la qualité de l'air PREV'AIR, et au modèle de dynamique des fluides MERCURE-SATURNE, développé par EDF.

\* Centre d'Enseignement et de Recherche en Environnement Atmosphérique.





## MÉTROLOGIE DES NANOS

# DES AVANCÉES POUR LA SÉCURISATION DES PROCÉDÉS ET DES POSTES DE TRAVAIL



Émeric Fréjafon, délégué scientifique, Direction des Risques chroniques

La sécurisation de la production des matériaux nanostructurés revêt d'autant plus d'importance que le comportement et les dangers des nanoparticules sont encore insuffisamment connus alors que leur fabrication et leur utilisation sont devenues courantes dans l'industrie et les centres de recherche.

technique nécessaire à une meilleure différenciation entre nanotubes et carbone de l'air va associer les compétences du CEA, de l'Université de Picardie Jules-Verne d'Amiens et du Laboratoire Lasers Plasmas et Photonique (LP3/CNRS) de l'Université de la Méditerranée à Marseille, avec le concours de l'AFSSET et de la Région Picardie.

programme (CILAS, CEA, Groupe de Recherche sur les Milieux Ionisés de l'Université d'Orléans, INERIS) est de parvenir à la mise au point d'un système automatisé de caractérisation globale et en temps réel (taille, concentration, composition chimique) des nanoparticules produites en phase gazeuse. Ces données métrologiques permettront la mise en œuvre de boucles de rétroaction afin de garantir une stœchiométrie constante pour les nanoparticules produites sur de longues durées. Plus globalement, il ne s'agit plus seulement de sécuriser les opérateurs et l'environnement du poste de travail mais de fiabiliser l'ensemble de la chaîne de production (lignes de procédé, effluents de procédé, atmosphère ambiante) au moyen d'une solution combinant trois types de technologies complémentaires. Fondé sur la technologie optique, le MALLS (*Multi Angle Laser Light Scattering*) conçu par la CILAS, fournit des informations sur la concentration (par comptage) et la taille des particules. Ces mesures physiques seront complétées par la projection des particules dans une cuve de plasma froid (technologie électrique), le RFPM (*Radio Frequency Plasma Metrology*). La technologie spectrométrique sera mise en œuvre par LIBS pour caractériser la stœchiométrie des aérosols. L'intégration de ces appareils sur la ligne de production est de nature à garantir toute absence de rupture qui pourrait être source d'introduction d'oxygène et de risque accidentel lié à l'inflammation immédiate du mélange gazeux. Ces analyses en ligne du déroulement du process industriel présenteront l'avantage – par rapport aux solutions actuelles caractérisées par des manipulations pour prélèvements et un différé temporel des résultats – de contrôler sans délai les dérives préjudiciables à la sécurité comme à la qualité de la production.



Maquette pour démonstration du détecteur de nanoparticules LIBS

Après trois ans de recherche en collaboration avec le CEA, l'INERIS envisage de transférer son savoir-faire dans la conception d'un détecteur de nanoparticules à la Compagnie Industrielle des Lasers (CILAS) qui devrait commercialiser l'appareil courant 2011. Cet appareil fondé sur la technologie LIBS (*Laser Induced Breakdown Spectroscopy*), qui assure la détection chimique des nanoparticules par rayonnement laser, va permettre de repérer la présence d'aérosols nanométriques dans l'environnement des postes de travail, révélant ainsi une fuite potentiellement dangereuse. Les essais ont confirmé sa validité pour des nanoparticules non fibrées (titane, aluminium, silicium). Ils ont toutefois mis en évidence une moindre efficacité du détecteur pour les produits carbonés, en particulier les nanotubes de carbone. Le perfectionnement

Une autre étape est franchie dans le cadre du programme de recherche opérationnelle et participative NanoCara soutenu par l'ANR et le FEDER\*. L'objectif des partenaires du



Installation du LIBS dans les locaux de l'INERIS

\* Fonds Européen de Développement Régional.

## | UN PLAN DE SOUTIEN NATIONAL POUR DYNAMISER L'INNOVATION |

« Il faut faire très vite, car la concurrence est très, très rude... » En présentant le plan Nano Innov le 5 mai 2009, Valérie Pécresse, ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche a d'emblée indiqué l'objectif stratégique assigné aux acteurs concernés. En échange des 70 M€ apportés par l'État, chercheurs, experts et industriels vont devoir mutualiser leurs potentiels pour permettre à la France d'innover et de figurer parmi les leaders de la révolution nanotechnologique.

Selon les chiffres officiels, la France enregistre en effet dans ces domaines un flux de dépôts de brevet (290 en 2005, soit 1,9% des brevets mondiaux) qui ne correspond pas au classe-

ment international (5<sup>e</sup> en 2006) que lui confère le volume des publications scientifiques de ses chercheurs. Cette faiblesse trouve également son illustration dans un taux de réussite modeste aux appels à projets des priorités NMP et ICT\* du 7<sup>e</sup> PCRD européen.

Passerelle entre la recherche fondamentale et les industriels, Nano Innov va se structurer sous la conduite d'un comité de pilotage tripartite (auquel participe l'INERIS) autour de trois centres d'intégration des nanotechnologies, dont l'un existe déjà (le MINATEC à Grenoble), le second sera implanté au sein du complexe scientifique de Rangueil à Toulouse, et le troisième est en cours de construction à Palaiseau (Essonne), à proximité de l'École Polytechnique et de l'Institut d'optique. Ces

trois centres et leur environnement ont vocation à atteindre une taille critique de moyens et de compétences de dimension internationale tout en collaborant avec d'autres pôles couvrant des domaines applicatifs spécifiques comme à Lille, Lyon, Marseille, Strasbourg ou Bordeaux. Issus des préconisations formulées en 2008 par trois responsables du CEA (dont Jean Therme, directeur de la recherche technologique et directeur délégué aux énergies renouvelables) pour résorber le retard français dans la compétition internationale, plusieurs axes de travail ont été fixés :

- agréger les compétences et les moyens en nanotechnologies ;
- assurer une approche interdisciplinaire ;
- coordonner les actions françaises dans

### INTERVIEW de Jean Therme, Directeur délégué aux Énergies renouvelables au CEA



**L'INERIS collabore avec le CEA dans le plan Nano Innov. Pour quelles raisons le CEA a-t-il fait appel à l'INERIS sur ce programme ? En quoi consiste cette collaboration ?**

Dans le cadre du plan national de développement des nanotechnologies Nano Innov, le CEA en tant que coordinateur du plan a fait appel à l'INERIS pour son expertise reconnue en matière de sécurité dans le domaine des nanos. 2,5 millions d'euros, soit

15% du budget, seront consacrés à ce volet sécurité. Il s'agit de travailler sur la sécurité « au poste de travail » et sur la question de l'acceptabilité sociale des nanos. L'INERIS a également été choisi pour son indépendance vis-à-vis des fabricants.

L'INERIS intervient à trois niveaux différents : pour la mesure des nanoparticules, l'INERIS vient en appui des équipes du CEA. Ensuite, l'INERIS participe à l'analyse des risques dans son ensemble : procédés de fabrication, barrières de prévention et de protection, mesures de protection et de prévention. Enfin, l'INERIS est chargé de mener les audits de poste de travail et de rédiger un référentiel de certification des personnes au poste de travail basé sur la formation qui implique l'évaluation des compétences des personnes en question.

**Quelles sont les échéances ?**

L'année 2010 est déterminante, de très nombreuses recherches sont engagées dans le cadre de Nano

Innov, ainsi que le regroupement des laboratoires dans les centres d'intégration ; le volet sécurité doit être engagé en même temps afin de pouvoir attester que tous les acteurs intervenant sur ces nouvelles technologies maîtrisent les risques avec des compétences adaptées aux tâches qui leur sont confiées. Ainsi, les premières certifications de personnes prévues pour fin 2010 permettront aux responsables de sites d'habiliter les intervenants (opérateurs, visiteurs)...

**Combien de postes de travail sont concernés par cette action ?**

De l'ordre de 100 postes de travail répartis sur les 3 centres d'intégration (Grenoble, Saclay, Toulouse). Ces postes de travail sont présents sur différents centres de recherche (CNRS, CEA, Écoles) et chez des industriels fabriquant ou manipulant des nanoparticules.

les nanotechnologies à l'échelle nationale autour des trois centres d'intégration ;

- catalyser et accélérer les innovations industrielles ;
- associer la recherche fondamentale et la recherche technologique avec le tissu industriel, en particulier dans le cadre des programmes nationaux gérés par l'ANR ;
- prendre en compte les risques potentiels liés à la fabrication et à l'usage des nanomatériaux.

Impliquant prioritairement le CEA et l'INERIS, le volet sécurité de Nano Innov repose sur la recherche de l'équilibre du ratio bénéfices/

risques dans l'application de mesures de prévention et de protection des opérateurs des organismes et entreprises partenaires du plan national. À cette fin, et face à l'absence de réglementation spécifique aux nanotechnologies, l'INERIS a proposé la mise en œuvre d'une démarche de certification volontaire de nature à sécuriser les postes de travail des trois centres d'intégration.

\* « NMP - Nanosciences, nanotechnologies, matériaux et nouvelles technologies de production » ; « ICT - Technologie de l'Information et de la Communication ».

## PAROLE À Christian Michot, directeur de la Certification

### « UNE DÉMARCHE FONDÉE SUR NOTRE EXPÉRIENCE DES CERTIFICATIONS VOLONTAIRES »



Si il existe des guides de bonnes pratiques à l'usage des entreprises et des organismes de recherche, aucune réglementation ni norme ne s'impose pour la conception et la réalisation des postes de travail qu'occupent les opérateurs utilisant, fabriquant ou synthétisant des nanoparticules. La démarche de certification volontaire que propose l'INERIS dans le cadre du volet sécurité de Nano Innov associe deux types d'action.

La première repose sur la certification de chacun des postes de travail et des installations des trois centres d'intégration. Elle sera délivrée par un comité ad hoc qui comprendra l'INERIS – seul organisme de certification du groupe –, le CEA, le CNRS, l'INSTN, l'Université, des ONG, ainsi que des industriels représentant les trois domaines de développement des nanotechnologies (nanomatériaux, nanoélectronique, nanobiotechnologies). La délivrance de la certification reposera sur les résultats d'un audit prenant en compte un référentiel commun agréé par l'administration et l'ensemble des organismes concernés.

Parallèlement, la démarche impose l'habilitation des opérateurs prouvant qu'ils ont acquis lors d'une formation spécifique, la connaissance des risques encourus, des mesures de prévention et des bonnes pratiques au poste de travail. Le calendrier prévoit l'approbation des référentiels d'habilitation et de certification des postes de travail par le comité de pilotage de Nano Innov respectivement en juin et décembre 2010.

Cette démarche globale, qui s'inspire de l'expérience acquise par l'INERIS au travers de la mise en place des certifications Qualifoudre, Saqr-ATEX et Ism-ATEX\*, est aujourd'hui inédite dans le domaine des nanotechnologies. Elle a vocation à dépasser les limites des trois centres d'intégration et à impulser une initiative transnationale. À l'instar de la démarche de certification volontaire Ism-ATEX aujourd'hui reprise à l'échelle mondiale par l'IEC\*\*.

\* Système d'Assurance Qualité des Réparateurs de matériel utilisable dans les Atmosphères Explosibles ; Installation, Service, Maintenance d'installations électriques en Atmosphère Explosible.  
\*\* International Electrotechnical Commission.

## | LES EAUX SOUTERRAINES AU CŒUR DU PROJET AQUANANO |

Quel sera le devenir des nanoparticules dans les milieux aquifères après leur dissémination dans l'environnement ? Cette question est à l'origine du projet AquaNano (Programme Nanosciences et Nanotechnologies de l'ANR) auquel participent Suez Environnement, le BRGM, le CEREGE et l'INERIS. Les premiers travaux ont permis d'établir des protocoles de dosage analytique adaptés à la reconnaissance et à la quantification des nanoparticules manufacturées dans les eaux naturelles.

Ces procédures ont, dans un premier temps, été testées à petite échelle dans des colonnes de diffusion contenant du sable, du schiste ou du calcaire représentatives des milieux aquifères français. Encore en cours pour certaines, ces expériences ont été poursuivies dans des sites pilotes. Elles devront aboutir à une meilleure connaissance des paramètres de mobilité des particules dans le sol en interaction avec le contexte hydro-géologique, chimique et minéralogique, ainsi qu'à la modélisation de leur transfert. Les scientifiques et les organismes de surveillance de l'eau disposeront alors d'un outil d'évaluation de la présence de nanoparticules dans les eaux souterraines.





Technicien à son poste de travail. La certification des personnes et des postes de travail incombe à l'INERIS pour le plan Nano Innov.

L'INERIS s'engage dans de nombreuses recherches tout en contribuant à la conception de systèmes de prévention des risques industriels, à la sécurisation des installations de production et à la mise en œuvre de processus propres et sûrs.

### Certifier la sécurité des postes de travail

Cette démarche d'accompagnement de la « révolution industrielle » annoncée se traduit par la participation de l'Institut au projet européen SAPHIR. Responsable du volet « sécurité industrielle », l'INERIS travaille plus particulièrement à l'évaluation des risques sanitaires et accidentels d'un poste de travail et à la mise au point d'un dispositif global de prévention et de sécurité. La validation du dispositif devra inclure une analyse économique.

Les enseignements tirés de cette démarche seront mis à profit dans le cadre du plan national Nano Innov (voir p. 10-11) financé par l'État français pour promouvoir des passerelles entre nanosciences et nanotechnologies. Se fondant sur son

expérience, l'INERIS a proposé à ses partenaires l'introduction d'une démarche de certification volontaire analogue à celle qui a été déployée avec succès dans les domaines des atmosphères explosibles en 2002 (Sagr-ATEX) et 2004 (Ism-ATEX). En l'absence de réglementation spécifique, cette initiative permettra, après audit, de certifier les postes de travail des trois centres d'intégration prévus par le plan Nano Innov, et d'habiliter les intervenants, sur la base d'un référentiel commun qui pourrait constituer la source d'un référentiel de sécurité européen.

Pour l'INERIS, une telle initiative doit concourir à la maîtrise des risques mais aussi faciliter le dialogue avec les parties prenantes et les représentants de la société afin de désamorcer les blocages susceptibles d'entraver les innovations technologiques dans un contexte d'incertitudes. Car de nombreuses voix émanant en particulier des organisations syndicales et des défenseurs de l'environnement prônent l'application de mesures plus ou moins radicales : principe de précaution pour certains, moratoire pour

d'autres, voire interdiction pure et simple des nanomatériaux.

### Une nouvelle gouvernance scientifique

L'INERIS entend diffuser les résultats – ou les incertitudes – de ses chercheurs dans des instances ouvertes à un large public intégrant notamment des organisations de protection de l'environnement, de défense des consommateurs et des travailleurs. Depuis 2008, treize rencontres thématiques ont eu lieu sous la conduite d'un spécialiste de l'Institut, dont trois sur la toxicité des nanomatériaux, la pollution particulaire et les risques d'explosion des nanoparticules. L'INERIS a par ailleurs participé à deux rencontres sur les nanotechnologies organisées par la Commission Nationale du Débat Public.

Cette volonté d'ouverture a dessiné le contour d'une nouvelle gouvernance scientifique et technique à l'INERIS. Une journée de réflexion organisée le 19 juin 2009 a permis d'approfondir les conditions de mise en œuvre d'une telle démarche au carrefour des enjeux scientifiques, technologiques, économiques et sociétaux. La solution retenue par les participants s'est traduite par la création d'une Commission d'Orientation de la Recherche et de l'Expertise (CORE), composée de représentants des différentes composantes de la société civile, qui s'est réunie pour la première fois le 17 mars 2010.

Parallèlement au Conseil scientifique et aux trois commissions spécialisées qui conservent leur mission d'élaboration et d'évaluation scientifique des programmes de recherche, la CORE aura pour rôle d'identifier et d'exprimer auprès des scientifiques les interrogations de la société afin de les intégrer dans leurs travaux. Au terme d'une période probatoire, la CORE devrait être officialisée par un arrêté ministériel à la fin de 2010. ■

## | REACH INTÉGRERA LES NANOPARTICULES EN 2012 |

**R**EACH, le règlement européen sur l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques s'applique-t-il aux nanoparticules et nanomatériaux ? En rendant obligatoire leur évaluation, cet instrument juridique peut-il permettre d'apaiser les préoccupations actuelles ? Officiellement, le texte ne fait pas référence à ce type de produits mais dans la mesure où les nanoparticules appartiennent à la catégorie des substances chimiques, elles rentrent dans le champ d'application de REACH. Ceci à l'exception des substances pouvant engendrer un risque pour la santé dans des utilisations cosmétiques ou alimentaires qui font l'objet d'une réglementation spécifique.

Toutefois, la procédure d'enregistrement ne concerne que les substances contenues dans les préparations et les articles produits ou importés dans

des quantités supérieures à une tonne par an et par entité juridique ce qui généralement ne correspond pas aux volumes actuels de mise sur le marché des nanoparticules. « Par ailleurs, souligne Annick Pichard, conseillère pour les affaires réglementaires européennes et internationales à l'INERIS, on ne dispose pas des protocoles expérimentaux qui permettraient d'évaluer le danger de ces substances. Ces lignes directrices sont actuellement étudiées par l'OCDE. À l'instigation de la France qui joue un rôle moteur, l'Union européenne a mis en place un groupe de travail dont la mission est de préparer l'intégration des nanoparticules/nanomatériaux dans le règlement communautaire. Cette évolution devrait intervenir à la faveur de la révision de REACH initialement prévue en 2012. »



## EXPOLOGIE DES NANOS DES SOURCES D'ÉMISSION DE PLUS EN PLUS ÉTUDIÉES



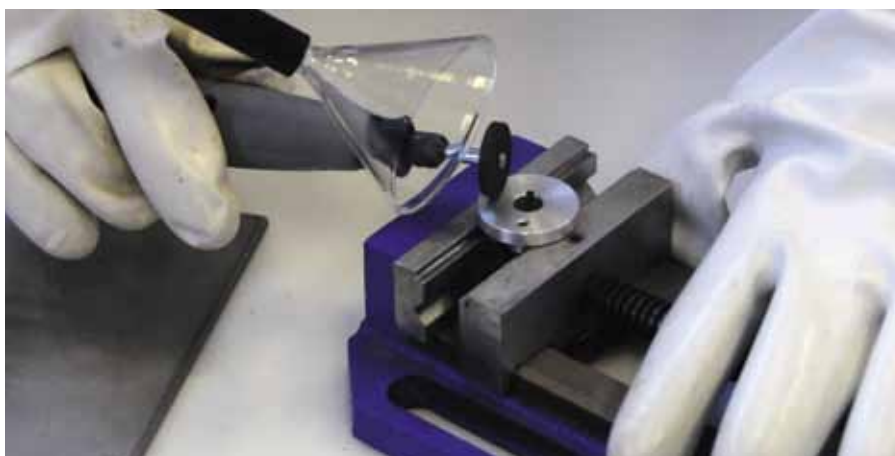
Olivier Le Bihan,  
coordinateur du groupe  
Nanos à l'INERIS

Deux thèses actuellement en cours à l'INERIS vont permettre d'approfondir les connaissances dans un domaine encore peu documenté : l'étude des sources d'émission de nanoparticules dans l'environnement humain. Conduite en partenariat avec l'école doctorale de l'Université Technologique de Compiègne, la première\* d'entre elles s'attache à l'étude du vieillissement de produits incluant des nanoparticules potentiellement relargables dans l'air au cours du temps. La démarche



La maison MARIA

est au centre d'une seconde thèse\*\* mise en œuvre à l'INERIS par une doctorante de l'Université Paris XII avec le soutien de l'AFSSET. Après l'élaboration d'un inventaire qui a notamment permis d'effectuer un état des données disponibles, d'établir une base de données, d'identifier et de hiérarchiser les 13 sources pertinentes à étudier, des campagnes de mesure ont été effectuées entre 2007 et 2008 sur la base de paramètres métrologiques permettant de mieux comprendre les déterminants et la variabilité des niveaux de concentration des nanoparticules dites non intentionnelles. Réalisées dans MARIA\*\*\*, la maison expérimentale du CSTB, elles ont permis de confirmer la concentration en nombre comme la méthode actuelle de mesure des particules la plus fiable, de démontrer la distribution des polluants à l'intérieur de l'ensemble des pièces de la maison et de classer l'impact des sources en trois catégories : élevé (cuisson, chauffage d'appoint, grille-pain), modéré (encens, cigarette, bougie), faible (spray désodorisant, aspirateur, sèche-cheveux). Ces travaux ont également abouti au développement de nouveaux concepts (moyenne globale spécifique d'impact d'une source...) et à la validation d'une méthode d'évaluation innovante de l'exposition des individus aux sources domestiques des particules ultrafines.



Expérience d'abrasion de produits contenant des nanoparticules

consiste dans un premier temps à sélectionner des objets de consommation courante incorporant des nanoparticules qui leur confèrent des propriétés innovantes. Une première liste d'objets comprend par exemple des produits revêtus de nanoparticules d'argent utilisées en particulier pour leurs propriétés biocides et bactéricides : planche à découper, éponge, brosse à dents, films pour vitre... Afin de réaliser ces expériences de simulation du vieillissement, l'objectif est de concevoir un outil intégré d'analyse et de mesure des phénomènes de frottement et d'abrasion. Dans le principe, cet outil associera une

machine de type abrasimètre capable de produire des efforts mécaniques accélérant l'usure de l'objet à une instrumentation de métrologie des particules : compteurs, granulomètres. À terme, l'objectif est de disposer d'un appareillage automatisé, permettant de réaliser des analyses de cycle de vie au stade préindustriel afin de tester le comportement des matériaux et l'émission de nanoparticules dès la conception des produits. Que deviennent les nanoparticules contenues dans les produits de grande consommation après leur dispersion dans l'air ambiant des environnements intérieurs ? Cette question

### Références :

\* **Ludovic Gheerardyn.** « Étude de l'émission de nanoparticules lors du vieillissement de produits finis » (thèse).

Sur le même sujet :

« Study of nanoparticle release during finished products ageing ». Ludovic Gheerardyn, Olivier Le Bihan, Emmanuel Dore, Martin Morgeneuer, 2<sup>nd</sup> NanoImpactNet Conference, 9-12 March 2010, Lausanne, Switzerland.

\*\* **Xiaolin Ji.** « Caractérisation des expositions humaines aux particules ultrafines » (thèse).

Sur le même sujet :

Ji X., Le Bihan O., Ramalho O., Mandin C. d'Anna B., Martignon L., Nicolas M., Bard D., Paireon J.C. « Characterisation of particles emitted by incense burning in an experimental house. » *Indoor Air*, 20 (2010), p.147 à 158.

\*\*\* Maison Automatisée pour la Recherche Innovante de l'Air.



Jacques Bouillard,  
chargé de mission Recherche  
à la Direction scientifique de l'INERIS

## EXPLOSION ET INCENDIE DES NANOS

### MIEUX CONNAÎTRE LE COMPORTEMENT DES NANOPARTICULES ET NANOMATÉRIAUX

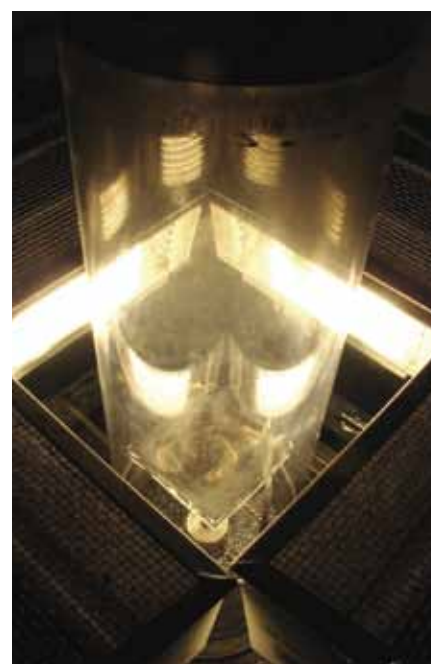
**B**ien que les risques accidentels liés aux nanoparticules focalisent moins l'attention que les risques toxicologiques et sanitaires, leur échelle nanométrique est de nature à amplifier les phénomènes d'auto-échauffement et d'explosion propres aux mélanges air-poussières. Expert dans ces domaines, l'INERIS travaille sur le comportement des nanoparticules combustibles et explosibles depuis 2005 afin d'approfondir les connaissances sur leur comportement et d'élaborer des méthodes de mesure et de prévention des risques d'inflammation et d'explosion des nanopoudres.

Dans le cadre des programmes Nanosafe 2 (6<sup>e</sup> PCRDT\*) et Nanoris (contribution de l'INERIS à Nanosafe 2), les ingénieurs de la Direction des Risques accidentels ont travaillé sur plusieurs types de particules – le noir de carbone, les nanotubes de carbone et les nanoparticules d'aluminium – sélectionnés en raison de leurs propriétés physico-chimiques (poudres organiques et métalliques) et de leur utilisation dans l'industrie. Ces travaux ont confirmé la variabilité de comportement des particules selon leur nature. Si les nanoparticules de carbone ont tendance à s'agglomérer et à se comporter comme des micropoudres très réactives et

inflammables, les nanoparticules d'aluminium présentent une faculté détonante supérieure à l'hydrogène, un gaz pourtant connu pour ses capacités explosibles. Ces dangers, tout comme l'inadaptation des équipements de contrôle testés, ont conduit à la conception d'un appareil de mesure de l'Énergie Minimale d'Inflammation qui sera capable de détecter une inflammation à l'aide d'un capteur de pression. Ils ont également justifié le développement d'une méthode d'analyse de risques spécifique aux nanoparticules et le lancement d'une thèse relative aux mécanismes de dispersion et d'agglomération qui permettra de construire des modèles de comportement dispersif des nanoparticules afin de sécuriser les postes de travail.

Dans le registre de l'approfondissement des connaissances relatives aux nanoparticules utilisées dans le monde industriel, l'INERIS travaille également sur les conséquences de l'introduction de nanocharges dans des matrices polymères, en remplacement des produits d'ignifugation (retardateurs de feu) habituellement employés. Réalisée dans le cadre du programme Nanofeu (ANR\*\*) en partenariat avec le Laboratoire National d'Essai, l'École des Mines d'Alès, l'Institut Supérieur des Matériaux et Mécaniques Avancés et PlasticsEurope, cette étude devra déterminer la composition et le comportement des produits gazeux et nanoparticulaires émis lors de la combustion des polymères nanochargés afin d'identifier les transformations éventuelles des particules et leur dangerosité pour les opérateurs.

Parallèlement à ces travaux, l'INERIS participe depuis 2006 au programme européen SAPHIR dont l'objectif est de promouvoir une « production compétitive, intégrée, propre et sûre de nanomatériaux multifonctions de haute technologie ». Appliquée à une chaîne-pilote d'extrusion et de moulage de



Combustion de nanomatériaux par le calorimètre de Tewarson

polymères (ABS, PPMA) pour blocs structurels et optiques d'automobile\*\*\*, renforcés par des nanoparticules de carbone ou d'oxyde de zinc pour en accroître les performances thermo-physiques et optiques, l'intervention de l'INERIS a consisté à définir une méthodologie d'analyse de risques et à préconiser des équipements de mesure et de filtration destinés à sécuriser les postes de travail. L'opération sera complétée par une étude économique de ces dispositifs de sécurité et de prévention afin d'en vérifier l'adaptation à un processus à l'échelle industrielle.

\* 6<sup>e</sup> programme de recherche et de développement technologique de l'Union européenne.

\*\* Agence Nationale de la Recherche.

\*\*\* Chaîne-pilote installée dans l'usine Fiat-CRP, à Amaro (Italie).



Préparation d'essai d'explosion  
de nanoparticules dans une sphère  
de 20 litres

## POINT DE VUE

### Entretien avec Ariane Vennin, porte-parole d'Écologie Sans Frontière



#### Que vous inspirent les difficultés rencontrées par les débats publics sur les nanos organisés par la commission nationale du débat public ?

Ces difficultés rappellent les violences physiques et verbales sur les OGM ou les ondes. Elles révèlent la peur née de l'incompréhension. Le débat devait contribuer à lever ces incompréhensions. Mais le débat est paralysé par des minorités d'opposants. L'équilibre ne se fait pas, les clivages sont trop forts, les médias ne retiennent que les blocages et la majorité de nos concitoyens n'y comprend donc plus rien... Le débat est inaudible. Trop complexes, les questions à traiter ne sont pas hiérarchisées et sont mêlées, ce qui manque de lisibilité. Paralysé, inaudible et contreproductif, ce débat est décevant.

Ce qui a manqué, c'est une véritable préparation en amont des débats, afin de baliser les questions champ par champ (ex. les nanos dans les cosmétiques, les nanos dans l'automobile), et d'anticiper les difficultés qui risquaient de se poser. À l'inverse, les organisateurs des débats se sont retrouvés impréparés face à des opposants

enkystés dans des postures intellectuelles de blocage systématique.

#### En quoi les nanos nécessitent-elles l'instauration d'une nouvelle gouvernance dans les organismes de recherche scientifiques ?

En plus des questions scientifiques, les questions éthiques, sanitaires et environnementales sur les nanos révèlent de forts besoins de compréhension mais aussi d'expression, de participation et même de négociation. Pour y répondre, un débat est insuffisant. La gouvernance actuelle par l'information et la concertation n'est plus adaptée pour garantir l'acceptabilité sociale des projets. La crédibilité des flux d'information descendants est remise en cause ; les pouvoirs publics comme les scientifiques ne sont plus considérés comme fiables. La société est devenue suspicieuse face au progrès, elle veut désormais choisir. Le progrès n'est plus approuvé d'emblée, il doit démontrer sa légitimité et son innocuité pour l'homme et la planète. Face à cette défiance, il faut restaurer la confiance par une nouvelle gouvernance, une gouvernance de médiation. Loin de préconiser un moratoire comme d'autres ONG, nous voulons une médiation, un dialogue. Le dialogue social existe et entraîne médiation et négociations entre État, patronat, syndicats, etc. Le dialogue environnemental et sociétal que nous avons mis en place avec le Grenelle de l'Environnement (dont ESF est à l'initiative) peut servir d'exemple. Cette gouvernance par la médiation qu'ESF propose, avec des flux d'information et de négociation ascendants comme descendants, va bien

au-delà de la concertation ; elle implique une collaboration gagnant-gagnant aboutissant à des décisions partagées et non à des dissensus ou à des consensus mous fondés sur le plus petit dénominateur commun. Sur cette base, chaque industrie utilisatrice des nanos et chaque établissement de recherche pourraient utilement se doter d'un comité de gouvernance et de médiation adapté à ses problématiques et à ses parties prenantes. Car la gouvernance par la médiation, c'est une gouvernance collaborative et itérative.

#### Votre association ESF participe à la nouvelle commission d'orientation de la recherche de l'INERIS. Pouvez-vous nous dire comment vous avez été associés à la création de cette nouvelle instance de gouvernance de l'INERIS ?

Cela fait deux ans que l'INERIS a initié un processus d'ouverture à la société civile, en organisant des sessions d'information et de concertation avec la société civile, auxquelles nous avons participé.

Cette nouvelle commission inaugure une nouvelle forme de gouvernance partagée, où différentes parties prenantes discuteront des choix stratégiques de l'INERIS. Six collègues sont prévus : les ONG (défense des consommateurs et de l'environnement), les industriels, le monde académique, l'État, les syndicats, les élus. Avec cette nouvelle instance, nous nous engageons vers la médiation que nous préconisons. C'est constructif et positif.

## | LES NANOMATÉRIAUX ET L'ENVIRONNEMENT |

L'INERIS étudie les dangers des substances chimiques sous forme nanoparticulaire pour l'environnement. Les méthodes d'essais d'écotoxicité doivent être adaptées aux spécificités de ce type de matériaux.

Le dioxyde de titane nanoparticulaire (nTiO<sub>2</sub>), sélectionné par la France dans le programme de l'OCDE sur la sécurité des nanomatériaux manufacturés, a été retenu prioritairement comme substance d'intérêt pour nos études sur les organismes représentatifs des compartiments terrestre et aquatique.

Les résultats obtenus pour les végétaux supérieurs exposés à des sols artificiellement contaminés avec du nTiO<sub>2</sub> ou son homologue non nanoparticulaire ne montrent pas d'effet sur la croissance racinaire chez le blé, l'orge et l'avoine, quels que soient le mode de préparation réalisé ou les concentrations utilisées (jusqu'à 1 000 mg/kg).

Les données générées pour le compartiment aquatique mettent, par contre, en évidence une toxicité du nTiO<sub>2</sub>, plus importante pour l'algue verte par rapport à son homologue non nanoparticulaire. En ce qui concerne les différents modes de préparation étudiés (agitation magnétique, traitement aux ultrasons), les résultats obtenus pour les microcrustacés et algues vertes n'ont pas montré de différences significatives en termes de toxicité. Ces premières conclusions font actuellement l'objet de confirmation sur d'autres matériaux et soulignent la nécessité de poursuivre les investigations sur la réactivité spécifique, la taille des particules et les effets toxiques observés, ainsi que sur les protocoles d'exposition des organismes utilisés.



## ACCIDENTS MARITIMES

# Réduire la vulnérabilité des équipes de secours

La croissance du transport des produits dangereux par mer n'est pas sans risque. Partenaire du projet GALERNE, l'INERIS a apporté une contribution essentielle à l'amélioration des connaissances nécessaires à la sécurité des équipes d'intervention.

Le lundi 30 octobre 2000, le capitaine du *Levoli Sun* signale une voie d'eau. Quatorze marins travaillent à bord de ce navire qui transporte 6 000 tonnes de produits chimiques, dont près de 4 000 tonnes de styrène, un produit réputé pour représenter un risque potentiel de pollution atmosphérique. Cet accident, un an après le naufrage de l'*Erika*, rappelle que les pollutions par hydrocarbures dues à des pétroliers ne sont pas les seuls dangers qui menacent les côtes. « Il a permis de prendre conscience des limites des connaissances en matière de comportement des produits chimiques déversés en mer, observe Thibault Penelon, ingénieur responsable Études et Recherche à l'INERIS. Il a également mis en exergue la méconnaissance des équipes de secours quant à la dangerosité des substances évaporantes ou des gaz à l'état liquide, sous pression ou réfrigérés. »

Partant de ce constat, l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) lance fin 2005 un projet baptisé GALERNE (GAz et Liquides Évaporants et Risques de Nuisances Environnementales et

humaines), dont la finalité est de produire des fiches d'intervention destinées aux équipes de la Marine nationale hélicoptéées. L'INERIS est partenaire de ce projet coordonné par le Centre de Documentation, de Recherche et d'Expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux (CEDRE).

### Quinze scénarios accidentels

Le projet GALERNE s'est achevé fin 2009. Pour aboutir à la réalisation de fiches d'intervention, ses partenaires ont défini des scénarios accidentels et étudié le comportement des produits dangereux. L'INERIS a contribué à l'ensemble de ces tâches. « L'Institut a participé à la définition de scénarios pertinents, à l'identification de leurs circonstances et de leurs conséquences, remarque Thibault Penelon. Il a piloté les travaux concernant le comportement des produits dangereux, en lien avec un autre partenaire du projet, GDF SUEZ, pour le Gaz Naturel Liquéfié (GNL). L'INERIS a également piloté la réalisation des fiches d'intervention (cf. encadré). »

En quelques chiffres, le projet GALERNE se



Bassin expérimental pour l'étude de déversements

résume à l'identification et à la description, sur la base du retour d'expérience et d'analyse des risques, de 15 scénarios accidentels impliquant des produits toxiques ou inflammables représentatifs. Neuf gaz liquides et substances liquides flottantes évaporantes ont ainsi été considérés : Gaz Naturel Liquéfié (GNL), ammoniac, chlorure de vinyle, butane/propane/propylène, éthylène réfrigéré, xylène et benzène. À chaque produit correspondaient plusieurs hypothèses relatives à des conditions météorologiques variées et à trois diamètres de brèche dans la coque du navire (20 cm<sup>2</sup>, 5 dm<sup>2</sup> et 2 m<sup>2</sup>).

### Des approches complémentaires

Dans le cadre de sa participation au projet GALERNE, l'INERIS a utilisé deux approches complémentaires : la simulation numérique et les essais expérimentaux. Conduits de 2008 à 2009, les travaux de simulation ont d'abord permis d'identifier, en adéquation avec les scénarios accidentels, quels outils de calcul existants pouvaient être utilisés pour la modélisation. « Par confrontation avec les



Rejets d'azote



Rejets de propane



Rejets de butane





de gaz liquéfiés et de liquides

données expérimentales disponibles, les outils employés par l'INERIS et GDF SUEZ pour le GNL ont donné d'assez bons résultats, d'après les éléments de validation disponibles, note Thibault Penelon. Ils ont permis de simuler l'ensemble des scénarios de fuite et, par conséquent, de déterminer des périmètres de sécurité adaptés pour les équipes d'intervention. Ces outils manquent cependant de validation pour des situations de rejets très massifs, conduisant à la formation de très grandes nappes et de nuages très denses. » Monté en 2007, le dispositif expérimental a été instrumenté en 2008. Il a permis d'affiner la connaissance du comportement des produits dangereux déversés sur l'eau ou sous l'eau. « L'objectif visé était de savoir comment un produit allait se comporter selon son état initial : gazeux liquéfié sous pression, gazeux liquéfié par réfrigération ou liquide à température ambiante », précise Thibault Penelon. Résultats : les essais de rejet d'azote liquide,

de propane ou de butane ont montré un bouillonnement intense lié à la vaporisation très rapide du gaz liquéfié par pénétration du jet de gaz dans l'eau. Il a été montré que la température d'émission des vapeurs à la surface pouvait alors être très supérieure à la température d'ébullition du gaz liquéfié. Les rejets de pentane ont logiquement conduit à la formation d'une nappe persistante de quelques mètres de diamètre. La confrontation des résultats de calcul avec les données d'essais a montré une relativement bonne cohérence, tout en confirmant l'importance de la caractérisation de la source de rejet dans la démarche d'évaluation des effets de dispersion.

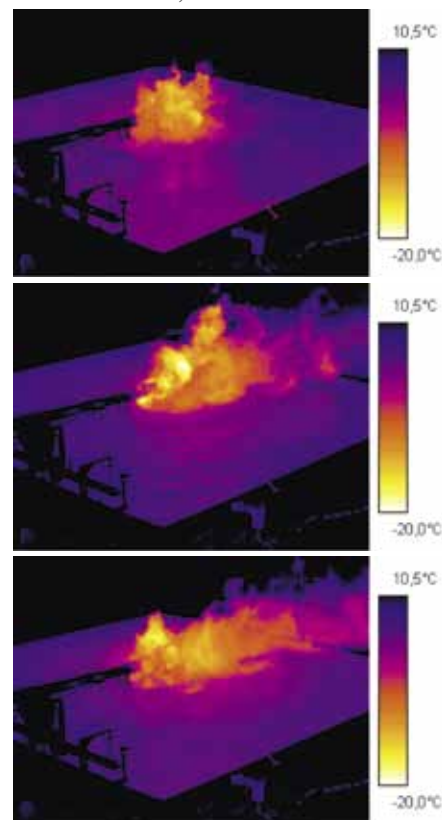
### Valider à grande échelle

Au-delà des enseignements des essais réalisés par l'INERIS à petite échelle, un travail de plus grande envergure reste à accomplir. « Le transfert d'échelle ne se faisant pas de façon prédictive, les expérimentations à taille réduite réalisées par l'Institut sont à considérer comme préparatoires à des essais à plus grande échelle, voire en mer à taille réelle », observe Thibault Penelon. Cette validation des modèles permettrait concrètement de fixer avec plus de précision les périmètres de sécurité correspondant aux scénarios les plus catastrophiques définis dans le cadre du projet GALERNE.

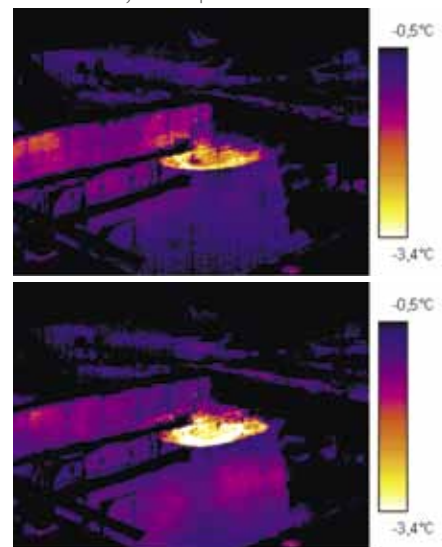
« Le projet GALERNE a d'abord permis de mettre en adéquation l'équipement des équipes d'intervention avec le danger représenté par le comportement des produits », explique Thibault Penelon. Les fiches d'intervention fournissent en effet des informations précieuses quant au périmètre de sécurité à respecter pour s'approcher d'un navire sinistré et sur la façon de le faire, pour se préserver d'une exposition au panache dangereux, susceptible de s'enflammer ou de présenter des effets toxiques.

### Extraits d'un film pris à la caméra thermique

Rejets d'azote



Rejets de pentane



## | DE MEILLEURES CONDITIONS D'INTERVENTION |

Les fiches réalisées dans le cadre du projet GALERNE concernent sept substances : le gaz naturel liquéfié, le propane, l'éthylène, l'ammoniac, le chlorure de vinyle monomère (CVM), le benzène et les xylènes. Elles sont complétées par une fiche « Généralités » et une fiche « Équipement », deux documents élaborés pour permettre d'aborder toute la chaîne d'intervention dans des conditions optimales. L'ensemble de ces supports a été établi par l'INERIS en concertation avec les autres partenaires du projet : Bureau Veritas, CNRM-GAME (Météo France, CNRS), GDF SUEZ, Bureau Enquête Accident Mer (BEAmer), le Centre

d'expertises pratiques de Lutte Antipollution de la Marine nationale (CEPPOL) et, enfin, Direction de la Sécurité civile (DSC). Ce nouvel outil a vocation à être utilisé par les Marins-Pompiers et le CROSS (Centre Régional Opérationnel de Surveillance et de Sauvetage) en relation avec les navires en difficulté.

La Cellule d'Appui aux Situations d'Urgence de l'INERIS (CASU) a, quant à elle, ajouté les fiches d'intervention à sa base documentaire qui lui permet de fournir des informations relatives aux produits dangereux, à leur comportement et à leurs effets sur l'homme (inflammabilité, toxicité).



SAGA

# AVOIR 20 ANS EN 2010

## Épisode 1 : du CERCHAR à l'INERIS (1947-1990)

Le 10 mars 1906, la catastrophe minière de Courrières, avec ses 1 099 victimes, apparaît comme l'élément fondateur de la première station d'essais sur l'inflammation des poussières à Liévin en 1907. Elle sera détruite au cours de la Première Guerre mondiale, et

une nouvelle installation voit le jour en 1920 à Montluçon. Étienne Audibert, son directeur, sera aussi le Président de Charbonnages de France (CDF) en 1948. Le 1<sup>er</sup> juillet 1947, est créé le CERCHAR (Centre d'Études et de Recherches de Charbonnages de France), un grand éta-

blissement central de recherches au sein de CDF. Étienne Audibert implante le CERCHAR à Verneuil-en-Halatte dans l'Oise.

Pendant des années, le Centre joue le rôle d'un vivier pour le développement technologique de Charbonnages de France, s'intéressant à des thèmes scientifiques qui ne peuvent être traités dans les bassins (sécurité des travailleurs, métrologie des poussières et du grisou, maladies respiratoires...). Michel Turpin, directeur adjoint puis directeur du CERCHAR, le décrivait en 1990 dans la revue *Préventique* : « Notre rôle était double. Celui d'un service d'entreprise et celui d'un organisme consultatif auprès du gouvernement. Je dirais que c'est quelque chose d'assez unique dans le monde en ce sens que le Centre national de sécurité dans les mines de charbon était confié à une entreprise nationale. Ce n'était pas le cas dans les autres pays ».

Dans les années 1950, s'annonce la récession du charbon comme source d'énergie. À partir de la fin des années 1960, le Centre met ses compétences et ses connaissances, notamment en matière d'explosions de gaz et de poussières, au service de nouveaux secteurs industriels.

Le Centre s'implique au cours des années 1970 dans la chimie, la qualité de l'eau et de l'air. Des liens de plus en plus étroits se nouent alors avec l'Institut de Recherches en Chimie Appliquée (IRCHA).

Dans un contexte marqué par une diminution de l'activité liée au charbon, le CERCHAR, dont la taille et le budget en font un centre de recherche disproportionné pour le groupe CDF, va devoir sortir de son giron.

À la fin des années 1980, des craintes

### L'ANECDOTE



#### « LE DRAPEAU NOIR A FLOTTÉ SUR L'INERIS ! »

« Nous sommes dans les années immédiatement post-1968, la France vient de connaître des heures mouvementées. Au CERCHAR, le Centre d'Études et de Recherches de Charbonnages de France, l'ancêtre de l'INERIS, on mène une étude sur la modélisation de la dispersion des polluants dans l'air autour des sites industriels. Cette étude nécessite de repérer la direction du vent avec un drapeau, hissé depuis un point élevé : le château d'eau du CERCHAR. Pour prendre des photos nettes, on choisit une couleur de drapeau qui offre un bon contraste avec le bleu du ciel : le rouge. C'est ainsi que du point le plus haut du CERCHAR flotte alors aux quatre vents le drapeau rouge. En ces années post-1968, les souvenirs des troubles politiques sont encore frais, et le directeur du CERCHAR prend alors immédiatement son téléphone pour signifier à l'ingénieur

responsable de l'étude qu'il n'est pas possible d'arborer ainsi un drapeau révolutionnaire dans l'enceinte de son établissement public. Alors l'ingénieur remballé son drapeau et commande un drapeau d'une autre couleur, pour ne pas s'attirer les foudres du directeur. Quelque temps plus tard, il hisse alors le nouveau drapeau : cette fois-ci, c'est un drapeau noir qu'il a choisi ! Alors le sang du directeur ne fait qu'un tour ; il téléphone, furieux, à l'ingénieur pour lui dire qu'il est encore plus intolérable d'avoir hissé le drapeau anarchiste ! Heureusement, le temps du courroux, les prises de vue étaient déjà terminées, et il n'y avait plus besoin de drapeau. C'est ainsi que le drapeau noir a bel et bien flotté sur l'INERIS ! »

Par Claude Froger, ancien ingénieur au CERCHAR, de 1962 à 1993, alors responsable du groupe de recherche « Aéragé ».

#### 1947 - 1990

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

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

#### 1990 - 2000

##### LES TEMPS DIFFICILES ET LA RÉORGANISATION

- 1995 : premiers crédits de recherche publique
- 1997 : fortes restrictions budgétaires
- 1999 : réorganisation en 5 directions opérationnelles



1947

1990



## Interview Henri Molleron, directeur Environnement chez COLAS SA



### | BIO EXPRESS |

Henri Molleron, directeur Environnement de COLAS SA, a collaboré à de nombreuses reprises avec l'INERIS, en participant à la Commission Scientifique Risques du Sol et du Sous-Sol. Il a également confié des missions à l'INERIS : tierce expertise des grands chantiers de dépollution d'Amponville et du Moulin de Nanchon ; dossiers ICPE de décharges, ou de diagnostics de sites pollués (raffinerie SRD de Dunkerque).

### DEMAIN L'INERIS

**Quel rôle selon vous sera amené à jouer l'INERIS dans les 20 ans qui viennent ? Quels sont les chantiers qui s'ouvrent pour l'INERIS dans les 20 ans qui viennent ?**

À mes yeux, l'INERIS va devoir continuer de grandir et particulièrement atteindre un volume plus important d'activités de recherche : dans des domaines où la compétence se développe et se professionnalise, l'INERIS va devoir renforcer son activité de recherche pour continuer d'alimenter son rôle d'expert ; ceci devrait lui permettre également de développer plus d'interactions au niveau international (en particulier non francophone), afin de faire reconnaître par ses pairs la place qui lui revient dans la communauté du risque et de l'environnement. Au XXI<sup>e</sup> siècle, l'expert unique n'est plus le bon concept et l'INERIS ne sera pas le seul référent, même public ; c'est pourquoi, il devra chercher des suppléments de légitimité à l'international.

### HIER L'INERIS

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

Pour moi, l'INERIS est une de ces institutions hybrides uniques, par son rôle et son histoire : lieu de rigueur scientifique et technique, il allie la science et le terrain, le laboratoire et l'expérimentation en grand, la recherche, l'expertise réglementaire et le conseil aux entreprises. Il en résulte une grande force d'expérience pour équilibrer le jugement entre le concret et le théorique, entre les textes et la réalité ; conscient des dangers de cet équilibrisme, l'INERIS a su développer une déontologie irréprochable et reconnue : c'est ce qui fonde la confiance dans ses avis de la part des acteurs de toutes natures. Les questions d'environnement et leurs interactions avec le risque et la santé sont des sujets d'actualité et d'une grande importance, qui ont souvent suscité l'à-peu-près, la fausse science et les excès. Dans ce contexte, l'INERIS a été une boussole précieuse et j'étais bien content d'y collaborer et de vérifier que la mienne indiquait toujours le Nord !

mobilisent l'opinion publique en France et dans le monde (catastrophe de Bhopal, explosion de la navette Challenger, nuage de Tchernobyl...). Parallèlement à ce climat de colère et d'émotion, les industriels manifestent leur désarroi face à un manque d'organisation vis-à-vis des risques et de leur prévention.

La rencontre entre un climat porteur, une volonté politique et une structure qui dispose d'une expérience dans le domaine de l'environnement industriel, va donner naissance à un nouvel organisme.

Fin 1990, il est mis fin au CERCHAR. Par décret du 7 décembre 1990 (décret n° 90-1089), un



nouvel organisme est créé, l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), un établissement public à caractère industriel et commercial. Des équipes de l'IRCHA viendront renforcer le CERCHAR.

Placé sous la tutelle du ministère chargé de l'Environnement, l'INERIS a pour mission de réaliser ou de faire réaliser des études et des recherches permettant de prévenir les risques que les activités économiques font peser sur la santé, la sécurité des personnes et des biens, ainsi que sur l'environnement, et de fournir toute prestation destinée à faciliter l'adaptation des entreprises à cet objectif.

2000 - 2010

### ÉVOLUTION : DE TOULOUSE AU GRENELLE

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





# ÉCHANGES

## La complémentarité entre l'INERIS et l'UTC

Rencontre avec Frédéric Bois, chercheur en toxicologie à l'INERIS et titulaire de la Chaire de Modélisation de la Fondation UTC.

### Qu'est-ce que la « Fondation UTC pour l'innovation » ?

La « Fondation UTC pour l'innovation » est une fondation universitaire lancée le 25 septembre 2008 dont l'INERIS est un des membres fondateurs. L'un des objectifs de l'Institut est de contribuer au développement de la recherche en toxicologie et écotoxicologie à travers la formation d'étudiants à l'UTC. Cela permet aussi à l'INERIS de former un partenariat local étroit avec une université.

### Quel est le lien entre la Fondation et le Pôle national applicatif en Toxicologie et Écotoxicologie ?

Le Pôle national applicatif en Toxicologie et Écotoxicologie a été lancé suite au Grenelle de l'Environnement qui souhaitait la constitution de centres d'excellence en toxicologie-écotoxicologie. C'est une entité à vocation nationale, localement implantée en Picardie, et incarnée par l'association entre l'INERIS, l'UTC, l'Institut LaSalle Beauvais et l'UPJV. Son activité a été jusqu'à présent coordonnée par l'INERIS. Ce Pôle « applicatif » a pour but de développer de nouvelles méthodes alternatives à l'expérimentation animale : tests *in vitro*, biomarqueurs, méthodes de modélisation, etc. Le maître-mot est de « valoriser » des travaux de recherche : développer, assurer le transfert de technologies, créer des start-up capables de les commercialiser...

La recherche partenariale est bien sûr favorisée entre les membres du Pôle et les industriels. Un industriel qui a besoin des compétences de l'UTC et de l'INERIS peut s'adresser à la Fondation. La Fondation UTC est l'un des outils de financement du Pôle.

Le développement conjoint de « puces à cellules » (cultures cellulaires miniaturisées, de la taille d'une pièce d'un centime, utilisables comme biocapteurs mobiles de toxicité) et d'outils mathématiques

capables d'exploiter leurs résultats est un exemple de projet de recherche en commun qui met en valeur la complémentarité INERIS-UTC.

### Vous êtes le titulaire d'une chaire de modélisation mise en place au sein de la fondation UTC. En quoi consiste-t-elle ?

C'est une des actions de la Fondation UTC, qui a été créée en septembre 2009. Il s'agit d'une chaire d'enseignement et de recherche intitulée « modélisation mathématique et biologie systémique pour la toxicologie prédictive ». Divers règlements européens, dont REACH, demandent de se dispenser le plus possible de l'expérimentation animale pour prévoir le potentiel toxique des substances chimiques. Cette exigence rend le recours à la modélisation de plus en plus indispensable. L'enseignement se passe à l'UTC et les activités de recherche sont menées en collaboration entre l'INERIS et l'UTC.

### Depuis combien de temps travaillez-vous sur la thématique de la toxicité des nanos à l'INERIS ?

L'aventure « nano » a commencé pour nous avec le projet européen « Nanosafe 2 » en 2004. Les thèmes abordés étaient alors la métrologie et la toxicité des nanos, ainsi que la maîtrise des risques accidentels liés à leur production. Dans le cadre de ce projet, nous avons développé et publié un modèle pharmacocinétique physiologique (modèle PBPK) applicable à certaines nanoparticules. On utilise par exemple des nanoparticules de carbone marquées au technétium radioactif comme outil de diagnostic de maladies pulmonaires. Les patients inhalent ces particules qui se répartissent dans les poumons. Y aura-t-il ou non passage des nanoparticules inhalées dans le sang ? La modélisation PBPK a été utilisée pour répondre à cette question.



Les résultats montreraient que dans ce cas une partie des nanoparticules reste dans le poumon et qu'une autre partie passe dans le sang.

### L'Europe est un cadre désormais incontournable pour les projets de l'INERIS. Sur quels projets européens travaillez-vous ?

Le projet européen « 2-FUN » (*Full-chain and Uncertainty Approaches for Assessing Health Risks in Future Environmental Scenarios*), dont je suis le coordinateur INERIS, a démarré en 2008. Le but est de concevoir une analyse intégrée des risques sanitaires, afin de disposer de concepts et d'outils communs sur toute la chaîne de modélisation, depuis la dispersion de produits dans l'environnement, l'exposition des personnes et les effets toxiques. Parmi les partenaires du projet on trouve l'INERIS, EDF, l'Université de Venise, l'Université de Lisbonne, l'Université de Technologie du Danemark, le Centre de recherches de la Commission européenne à Ispra...

Nous participons aussi au projet européen intégré « Predict-IV ». Il s'agit de prédire la toxicité de produits chimiques suite à l'administration de doses répétées à partir de données *in vitro* et d'outils de modélisation, dont les modèles PBPK. Une collaboration avec le centre allemand de recherches sur le cancer de Heidelberg a été mise en place sur la modélisation « dose-réponse ». Deux laboratoires pharmaceutiques – Novartis et Merck – sont associés à ce projet.

Enfin, l'INERIS fait partie de deux autres projets européens (PIIMS et COSMOS) pour développer la modélisation (modèles QSAR, PBPK et de toxicologie systémique), les méthodes *in vitro* en collaboration avec l'UTC, pour le remplacement du recours aux animaux par l'industrie cosmétique. Ces deux projets sont dans la liste admissible par la Commission européenne et l'un d'eux est même déjà en phase de négociation.