

# Le journal de l'ANDRA

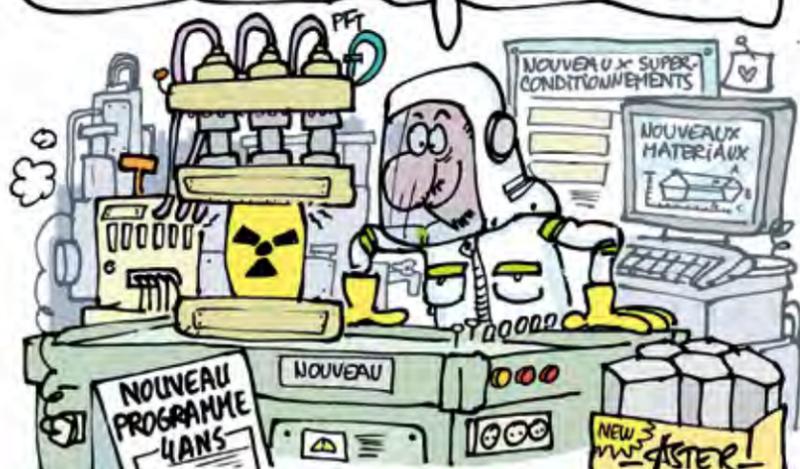
Édition  
Nationale

TOUT SAVOIR SUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

À L'ANDRA, ON A CHERCHÉ...



(ET BEN MAINTENANT, ON RECHERCHE...)



Le nouveau programme de recherches de l'Andra fixe le cap pour les quatre prochaines années (cf. Dossier pp. 10 à 13).

L'ÉVÉNEMENT

## Un siècle de mémoire de l'environnement

L'Écothèque de l'Andra a ouvert ses portes cet automne sur le plateau de Bure. Si Cigéo est autorisé, elle les gardera grandes ouvertes au moins une centaine d'années.

C'est une véritable "bibliothèque des écosystèmes" que l'Andra a mise en service au Centre de Meuse/Haute-Marne : pendant toute la durée d'exploitation du futur Centre industriel de stockage géologique Cigéo, soit plus d'un siècle, elle servirait à conserver les échantillons prélevés dans le milieu naturel aux alentours du stockage dans le cadre de l'Observatoire pérenne de l'environnement (OPE).

Suite page 2 ...

### Dans ce numéro



**L'ACTUALITÉ**  
Orflam Plast:  
un site bientôt  
réhabilité

P.3



**ZOOM SUR...**  
Investigations  
géologiques  
pour bien  
cerner  
le sous-sol

P.8/9



**DOSSIER**  
Le nouveau  
programme  
de recherche  
de l'Andra

P.10/13



**EN DIRECT  
DES SITES**  
Les géologues  
sur le terrain

P.14

## L'ÉVÉNEMENT

Suite de la page 1

**P**our archiver les milliers d'échantillons de terre, d'eau, de plantes ou d'animaux provenant d'une zone qui couvre plus de 900 km<sup>2</sup>, le sous-sol de ce nouvel édifice abrite trois dispositifs : une pédothèque, maintenue à 18 °C, qui est réservée à la conservation d'échantillons de sols séchés, ainsi qu'une série de surgélateurs (à - 80 °C) et de cuves d'azote liquide (cryogénie à - 150 °C) pour les éléments tirés du monde vivant (végétaux et animaux, y compris des produits agro-alimentaires comme de la viande, des œufs, du lait...).

Le rez-de-chaussée du bâtiment sera quant à lui réservé à l'accueil du public avec une exposition permanente sur l'environnement local et les méthodes d'observation et de conservation mises en œuvre par l'Andra. Enfin, le premier étage est occupé par le personnel de l'OPE.

### Mesurer demain des prélèvements d'aujourd'hui

*“Grâce à l'OPE mis en place en 2007, nous aurons déjà dressé et suivi l'état initial de l'environnement pendant plus d'une dizaine d'années quand commencera la construction de Cigéo, s'il est autorisé”,* explique Sarah Dewonck, directrice de l'OPE. *“L'Écothèque, qui continuera à accueillir les échantillons issus de la surveillance de l'environnement autour du stockage pendant toute sa phase d'exploitation, nous donnera donc la possibilité de faire rétrospectivement des analyses sur les échantillons conservés. En effet, dans 30 à 50 ans, peut-être saurons-nous détecter une substance que nous n'aurions pas cherchée auparavant, surtout si les techniques actuelles ne permettent pas de les déceler. Grâce à la conservation par cryogénie, il sera alors possible de vérifier si cet élément était déjà présent avant le stockage. L'Écothèque permettra ainsi de conserver la mémoire d'un siècle d'évolution de l'environnement.”*

### Un dispositif unique

*“Aujourd'hui, nous sommes dotés d'un outil unique au monde”* explique pour sa part Élisabeth Leclerc, ingénieure agronome à la direction Recherche & Développement de l'Andra. En effet, *“il conservera non seulement une grande diversité d'échantillons prélevés dans tous les écosystèmes d'un même territoire, mais surtout, il sera le seul à s'intéresser aux productions agricoles. Pour le réaliser, nous avons adapté à nos propres besoins l'expérience de structures exploitées en Allemagne, aux États-Unis, au Japon et en Suède.”* Équipée des dernières technologies, l'Écothèque de l'Andra a rejoint le réseau international IESB (International Environmental Specimen Bank group) et a reçu l'appui de l'Alliance nationale de la recherche pour l'environnement (AllEnvi). *“Enfin, ajoute Élisabeth Leclerc, des échantillons pourront être mis à la disposition de la communauté scientifique. L'Écothèque contribuera ainsi à faire avancer la recherche dans le domaine des sciences de l'environnement en France et à l'étranger.”*



L'Écothèque est implantée sur un site de 3,3 hectares, aménagé pour présenter au public les différents biotopes locaux.

## L'Écothèque de l'Andra



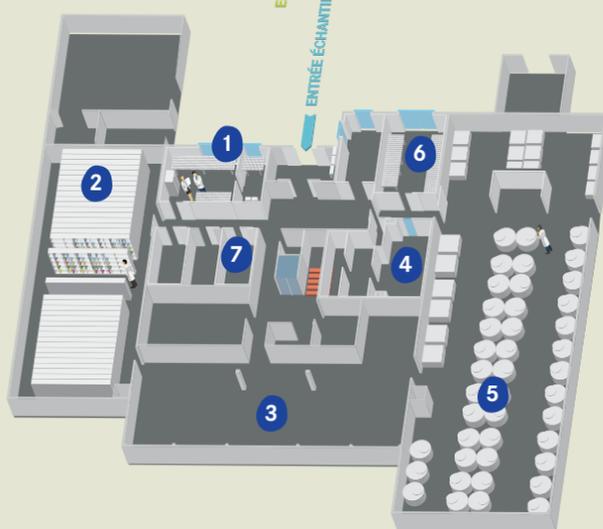
### 1<sup>er</sup> étage :

Bureaux des personnels de l'Observatoire pérenne de l'environnement.



### Rez-de-chaussée :

Lieu d'accueil du public avec une exposition permanente sur l'environnement local et les différentes méthodes utilisées par l'Andra pour en suivre l'évolution durant l'exploitation du site.



### Sous-sol :

Espace de préparation et d'entreposage des échantillons.

- 1 Conditionnement et broyage des échantillons pour conservation à sec
- 2 Pédothèque
- 3 Système de ventilation contrôlée
- 4 Salle blanche
- 5 Salle de cryogénie
- 6 Laboratoire
- 7 Congélateurs

## Orflam Plast: un site bientôt réhabilité

Depuis le mois de juin, l'Andra a entamé la phase finale de réhabilitation du site d'Orflam Plast, à Pargny-sur-Saulx (Marne). Ces travaux, qui dureront environ un an, permettront de finaliser un chantier entamé il y a plus de quinze ans.

“Après bientôt seize ans de travaux, cette dernière phase va permettre de rendre le site de nouveau accessible aux habitants avec des chemins de promenade sans que cela représente une quelconque dangerosité” explique Éric Lanès, chef de la mission de service public de l'Andra. “C'est un long chemin parcouru lorsque l'on sait qu'au-delà même de la pollution radioactive, les bâtiments représentaient une menace de par leur vétusté.”

### Retour en arrière

En 1997, suite à sa liquidation judiciaire, la société de fabrication de briquets Orflam Plast abandonne des résidus radioactifs (thorium) issus du procédé de fabrication de la pierre à briquet dans certains bâtiments de l'ancienne usine et sur les berges de la Saulx. À la demande de l'État, l'Ademe et l'Andra mènent alors des travaux pour mettre en sécurité la friche industrielle et pour évacuer une partie des déchets. Ces premiers travaux s'achèvent fin 2003 mais la question de la pollution des sols et des bâtiments reste à résoudre.

En 2008, on découvre que deux zones extérieures au site, la Peupleraie et l'étang de la Gravière, sont elles aussi contaminées par des rebuts de l'usine. Une vaste opération de prospection radiologique est alors menée en juin 2009 grâce à un hélicoptère spécialement équipé. Cette prospection ne met en évidence aucune autre zone contaminée dans les environs.

Les travaux de décontamination des berges de l'étang de la Gravière se déroulent en 2010. Ils consistent à retirer les terres polluées autour de l'étang. Les plus radioactives sont évacuées du site. Les autres sont déplacées sur le site de l'usine pour être confinées comme les futurs gravats de démolition.

Les travaux de mise en sécurité de la Peupleraie se déroulent en 2011. Trois cents peupliers sont abattus et broyés. Les copeaux sont laissés en place sur le sol, lequel est recouvert d'une couche d'argile suffisamment épaisse pour que le site ne présente plus de risque pour le public.

### Dernière étape avant le réaménagement des lieux

Aujourd'hui, l'Andra est entrée dans la dernière phase des travaux: la démolition des bâtiments de l'usine et le confinement sur place des gravats. Plus de 20 000 tonnes d'argile et 3 000 tonnes de terre seront nécessaires pour recouvrir les gravats de manière à assurer un confinement durable. Le dernier bâtiment a été démolit au mois d'août 2013.

Parallèlement à ces travaux, l'Andra procède à la réfection de deux ouvrages hydrauliques régulant le débit de la Saulx qui appartenaient à la société Orflam Plast. Ces ouvrages qui n'étaient plus entretenus s'étaient fortement dégradés.

Une fois ces travaux achevés, un contrôle radiologique sera effectué afin de s'assurer que le site ne présente plus de risque, et qu'il pourra être ouvert au public afin de permettre un accès agréable à la Saulx. Différentes options d'aménagement sont à l'étude, en concertation étroite avec la mairie de Pargny-sur-Saulx. Tous les travaux ont été entièrement financés sur fonds publics. Au total, le chantier représente un coût de plus de 5,5 M€, dont 500 000 € de subvention versée par l'Agence de l'Eau Seine Normandie afin de contribuer à la remise en état des ouvrages hydrauliques.



Le site d'Orflam Plast.



Ancienne usine en cours de démolition.



Proposition de réaménagement du site (vue d'artiste).

## 3 QUESTIONS À :

**Nicolas Chantrenne**, de la DGPR (direction générale de la Prévention des risques)

### Le Journal de l'Andra : Qui gère les sites pollués par la radioactivité en France ?

**N. C. :** Si le responsable de la pollution est défaillant, le préfet est chargé de prendre les mesures nécessaires, dans le cadre de la circulaire du 17 novembre 2008, avec l'appui de la DREAL, de l'ASN, de l'ARS, de l'IRSN et bien sûr de l'Andra.

### JdA : Dans le cas d'Orflam Plast, pourquoi ne pas dépolluer totalement le site au profit d'un confinement *in situ* des déchets ?

**N. C. :** L'objectif premier est de mettre en sécurité le site afin qu'il n'y ait plus d'impact sur les

personnes et l'environnement. La solution retenue permet, sur financement public, d'atteindre cet objectif, puisque la mise en sécurité du site et le confinement des déchets, grâce à des tonnes de terre et d'argile, vont permettre de le rendre de nouveau accessible en toute sécurité aux Pargnysiens, alors que la dépollution totale n'était pas réalisable.

### JdA : Comment l'État prévoit-il d'accompagner la commune une fois les travaux achevés ?

**N. C. :** L'État restera présent. Ainsi, les services de l'État accompagneront la commune

sur le plan technique, notamment pour le suivi des ouvrages hydrauliques et de confinement, et l'État pourra également intervenir sur le plan financier par le biais de la CNAR (Commission nationale des aides dans le domaine radioactif) pour d'éventuelles interventions ultérieures sur les ouvrages de confinement.



## Bilan de quatre ans de propriété intellectuelle à l'Andra

**Engagée en 2009, la politique de propriété intellectuelle de l'Agence commence à porter ses fruits, avec pas moins de 25 nouveaux brevets déposés en quatre ans. Une politique qui répond à un double enjeu, à la fois défensif et commercial.**

**L**a politique de propriété intellectuelle a été réellement mise en place à l'Andra en 2009. Pourquoi si tardivement ? "Pour des raisons de calendrier d'abord, explique Fabrice Leboine, responsable de la propriété intellectuelle à l'Andra. Les brevets ont un coût non négligeable et une durée de vie limitée à 20 ans. Il était donc opportun d'attendre

que les échéances de construction de Cigéo se rapprochent, sinon nos brevets seraient tombés dans le domaine public avant même de pouvoir être exploités ! Il y a sans doute aussi une question de culture. Nos salariés étaient très peu sensibilisés aux enjeux de la propriété industrielle. Il y a également eu un accélérateur, lorsqu'en 2008, un sous-traitant a voulu nous vendre une licence d'exploitation d'un brevet portant sur un concept que nous avons nous-mêmes développé antérieurement !"



### Se protéger et valoriser ses résultats

Les enjeux de cette politique de propriété intellectuelle sont de plusieurs ordres. Le premier est purement défensif : il s'agit avant tout pour l'Andra de pouvoir exploiter et développer librement ses innovations, savoir-faire et résultats de R&D au sein de ses propres installations, actuelles et futures. Le deuxième défi consiste à soutenir le développement de nos activités commerciales, notamment par la vente de licences d'exploitation portant sur notre portefeuille de brevets et logiciels. "Pour l'Andra, il s'agit de s'inscrire dans une véritable dynamique de valorisation et de transfert de technologie."

### Trois secteurs fondamentaux

En matière de propriété intellectuelle, l'Andra s'est focalisée sur trois secteurs en particulier. Le premier concerne tout ce qui relève de la conception et de l'exploitation du stockage : techniques de creusement, ouvrages et colis spécifiques, manutention des colis. L'Andra a notamment breveté fin 2009 son concept de funiculaire qui sécurise la descente des colis dans le stockage. Le creusement parfaitement en ligne et sans fracturation des alvéoles de haute activité par un micro-tunnelier mis au

point dans le Laboratoire souterrain a aussi fait l'objet d'un brevet, de même que le futur toit, "abri mobile" conçu pour les centres de stockage de l'Aube. Le deuxième secteur s'intéresse à ce qui a trait à l'instrumentation pour la caractérisation et la surveillance des ouvrages et de l'environnement du stockage. Un domaine pour lequel Cigéo pose de nombreux défis, tels que la miniaturisation, la redondance, les seuils de détection ou encore la robustesse et l'autonomie des capteurs. Plusieurs brevets ont ainsi été déposés par l'Andra, avec parfois des partenaires, sur les technologies de détection de gaz, de mesure de déformation des ouvrages, par fibre optique. Enfin, le dernier aspect, plus axé sur les logiciels, concerne les outils spécifiques liés à la gestion, à la sûreté et à la modélisation du comportement à long terme, de nos centres de stockages.

### Une culture qui s'acquiert petit à petit

"On ne fait pas de la propriété intellectuelle du jour au lendemain ! C'est une culture qui s'acquiert petit à petit, confie Fabrice Leboine. Pour cela nous formons progressivement depuis 2009 l'ensemble de nos ingénieurs sur nos différents sites. Et les résultats sont là : 25 nouveaux brevets déposés en quatre ans, dont 8 lors des six derniers mois, ce qui porte le portefeuille de l'Agence à 34 brevets." Fabrice Leboine ne cache pas sa satisfaction : "Nous avons encore de nombreuses demandes de brevets en cours d'instruction et nous sommes loin d'avoir épuisé le potentiel disponible..."

### LE SAVIEZ-VOUS ?

■ La propriété intellectuelle regroupe la propriété industrielle (brevet, marques, dessins et modèles) et la propriété littéraire artistique (droit d'auteur notamment pour les logiciels).



Assemblage du toit abri mobile conçu pour le Cires.

## La triple certification de l'Andra renouvelée

**En juillet, l'Andra a obtenu le renouvellement de la certification de son système de management intégré qualité, santé-sécurité et environnement. Une reconnaissance importante du sérieux et de l'expertise de l'Agence dans son domaine.**



**A**près une semaine d'audit réalisé par des experts de l'Afnor, l'Andra vient d'obtenir le renouvellement, pour trois ans, de ses certifications ISO 9001 pour le management de la qualité, ISO 14001, pour le management de l'environnement, et OHSAS 18001, pour celui de la santé et de la sécurité. "Les quatre

auditeurs de l'Afnor ont interviewé 80 personnes, selon un programme qu'ils avaient eux-mêmes défini" précise Anne Norture, chef de service à la direction de la maîtrise des risques de l'Andra. "Ils ont en quelque sorte « scanné » les méthodes et les services de l'entreprise." Les conclusions de l'audit, formalisées dans un rapport transmis ensuite à chaque direction de l'Andra pour mise en œuvre, ont été très positifs : 46 points forts

ont été relevés, 11 points sensibles, 40 pistes de progrès et aucune non-conformité. "Les auditeurs ont souligné la maturité de notre système et son efficacité, qui se traduit par l'absence de non-conformité depuis trois ans. Ils ont aussi souligné la qualité du travail effectué par l'ensemble des équipes de l'Andra" conclut Anne Norture.

## L'Andra intègre le Pôle nucléaire de Bourgogne

**En juin dernier, l'Andra accueillait dans l'Aube une cinquantaine de représentants du Pôle nucléaire de Bourgogne (PNB). L'occasion pour l'Agence, nouvelle adhérente de ce pôle de compétitivité, de présenter ses activités et d'ouvrir les portes de ses centres industriels.**

Le PNB, association labellisée "pôle d'excellence" depuis 2005, a pour mission de regrouper et de fédérer les grandes entreprises et les PME, de tous secteurs confondus (nucléaire, sidérurgie, métallurgie, génie civil, ingénierie...) qui souhaitent mettre leurs savoir-faire au service de l'industrie nucléaire. L'objectif est de pouvoir réunir et mettre en commun les compétences de chaque acteur et contribuer, notamment, à développer l'innovation industrielle du secteur.

Dans ce cadre, le PNB organise régulièrement des journées d'échanges, des groupes de travail, des visites... La découverte de l'Andra et de ses centres était au programme en juin dernier.

### Un enjeu important pour l'Andra

L'Andra, nouvellement adhérente de l'association, a souhaité présenter ses activités à l'ensemble des membres. Pour l'Agence, l'enjeu est grand, puisqu'il s'agit de placer la question des déchets radioactifs au cœur des réflexions stratégiques de la filière nucléaire et de contribuer, grâce à

son expertise, à l'émergence de compétences reconnues sur ce sujet. La journée de rencontre était l'occasion de sensibiliser un large public (Veolia, CEA, ONET, et de nombreuses PME...) à la problématique de la gestion des déchets radioactifs (démantèlement, qualité des colis de déchets...).



Visite des représentants du PNB au Centre de stockage de l'Aube.

## QUESTION À :

**Bruno Cahen**, directeur industriel à l'Andra

### Le Journal de l'Andra : L'Andra met un pied dans le PNB. Quel est votre rôle dans la filière nucléaire ?

**Bruno Cahen :** En tant qu'exploitant d'installations industrielles (les centres de l'Aube et le Centre de stockage de la Manche), nous faisons large ment appel à des prestataires pour la fourniture de biens et services dans le but de concevoir, construire, exploiter et surveiller nos centres de stockage. Du fait de l'échelle de temps particulière dans laquelle s'inscrit notre mission, nous avons un vrai rôle à jouer pour catalyser l'innovation autour de nos domaines d'intérêts. Cela peut se faire *via* des développements communs avec les autres acteurs de la filière nucléaire, mais aussi avec des PME ayant développé dans d'autres secteurs que le nucléaire des technologies susceptibles de nous intéresser. Le PNB nous donne accès à tout un tissu industriel qui nous était jusqu'ici inconnu et au sein duquel se trouvent peut-être nos fournisseurs de demain. Les inviter à visiter nos installations et à découvrir nos programmes peut faire émerger des intérêts communs. C'est aussi une occasion de promouvoir le développement local autour de nos activités actuelles et futures. L'État nous a par ailleurs récemment confié dans le cadre des investissements

d'avenir la mission de catalyser la R&D pour optimiser la gestion des déchets radioactifs, au plus près de leur production, avec deux objectifs : réduire leur volume et faciliter leur stockage ou leur recyclage. Un domaine qui nécessite de travailler en amont avec tous les acteurs de la filière et le monde de la recherche. Enfin, le PNB est un des pôles d'excellence nationaux. Il contribue à ce titre à la valorisation de l'offre française à l'export. Le mode de gestion des déchets radioactifs à la française et les outils industriels dont nous disposons sont reconnus comme faisant partie des meilleurs mondiaux. Il s'agit pour l'Andra de promouvoir une gestion sûre et responsable des déchets radioactifs, et de proposer aux pays étrangers de les aider à mettre en place leurs propres politique et industrie avec la plus grande exigence de performance.



## Assises des déchets : l'Andra invite à la réflexion sur le démantèlement

**Les 2 et 3 octobre derniers, l'Andra participait aux 12<sup>e</sup> Assises des déchets, à Nantes. À cette occasion, l'Agence animait l'un des huit ateliers, sur le thème du démantèlement des installations nucléaires et de la gestion des déchets radioactifs induits par cette opération.**

L'événement, organisé tous les deux ans, a vocation de réunir l'ensemble des acteurs du monde des déchets – toutes filières confondues (déchets conventionnels, chimiques, radioactifs...). L'objectif est de permettre aux politiques, scientifiques, industriels ou encore aux collectivités territoriales de se rencontrer afin de favoriser l'émergence de réflexions communes sur la gestion des déchets en France. Présente depuis plusieurs années, l'Andra pilotait cette année l'atelier "installations nucléaires : du démantèlement aux enjeux de cycle de vie".

### La gestion des déchets au cœur de la problématique du démantèlement

Quels que soient les choix en matière de politique énergétique, les installations les plus anciennes devront à un moment donné être démantelées. Si 80 % des déchets produits seront des déchets conventionnels, les 20 % restants seront principalement des déchets de très faible ou de faible activité. Parce que ces déchets sont destinés à être stockés dans les centres industriels de l'Andra, c'est tout naturellement que l'Agence a souhaité réunir à Nantes les différents intervenants pour faire le point sur la question : l'État, pour son rôle dans la définition de la politique nationale, EDF, pour son expérience en matière de démantèlement, un élu local, pour témoigner des enjeux pour le territoire, et une association.



Démantèlement de la centrale de Chooz A.

## ICEM 2013 : une vitrine pour l'offre commerciale de l'Andra à l'international

Du 8 au 12 septembre dernier à Bruxelles, l'Andra a participé au congrès international ICEM\*, consacré à l'assainissement de l'environnement et à la gestion des déchets radioactifs. L'occasion pour l'Agence de présenter son offre à l'international et de rencontrer clients et prospects.



C'était la deuxième participation de l'Andra à ce congrès en tant qu'exposant. Lors de la précédente édition, organisée à Reims en 2011, l'Agence avait annoncé le lancement de son offre à l'international, sous la bannière Andra Disposal Solutions (ADS). "Avec plus de 500 participants, ICEM est un rendez-vous réputé de spécialistes scientifiques, ingénieurs, développeurs techniques, mais aussi d'institutionnels de nationalités variées impliqués dans la gestion des déchets radioactifs. ICEM nous offre l'opportunité de multiplier les rencontres avec nos clients, nos homologues étrangers, et de raviver nos contacts avec nos prospects. L'objectif de cette année était de montrer toute l'étendue des prestations que l'Agence peut leur proposer", explique Daniel Delort, chargé d'affaires à la direction internationale de l'Andra.

### Une palette unique de services

Pour cette édition, l'Andra a présenté tout l'éventail de son offre. Une offre qui couvre l'assistance à la définition et à la réalisation de projet, la formation, les missions d'expertise et de conseil dans de nombreux domaines : sûreté, colis, géosciences, sciences des matériaux, conception d'ouvrages de stockages, gestion de données, communication et relations avec le public, exploitation de centres de stockage. "Une palette unique de compétences, pour laquelle nous avons la particularité de disposer des ressources en propre, au sein de l'Agence, et dont le savoir-faire est aujourd'hui reconnu", conclut Daniel Delort.

\* International Conference on Environmental Remediation and Radioactive Waste Management

## Recherches internationales sur la surveillance du stockage

Quelles techniques utiliser pour surveiller l'évolution d'un stockage géologique de déchets radioactifs ? C'est tout l'objet du programme international MoDeRn, qui s'achèvera en octobre prochain.

Du 19 au 21 mars dernier, tous les partenaires du projet s'étaient donné rendez-vous au Luxembourg pour présenter les résultats obtenus après quatre ans de recherche.

Lancé en mai 2009, le programme MoDeRn (Monitoring Developments for safe Repository operation and staged closure) regroupe dix-huit partenaires européens, américains et japonais



Mise en place de l'expérimentation commune Andra / RWMC (Japon) de transmission des données par basse fréquence sans fil.

d'horizons divers : entreprises, agences nationales de gestion des déchets radioactifs, universitaires... "Sa particularité a été d'aborder la question de la surveillance du stockage géologique non seulement sous l'angle technique et scientifique (quels dispositifs de mesure, quelles méthodologies...) mais aussi de réfléchir à la perception des résultats de cette surveillance et à leur usage, explique Nicolas Solente, coordinateur scientifique du programme. C'est pourquoi nous étions très attachés à associer pleinement toutes les parties prenantes pour analyser leurs attentes et leurs besoins." La conférence a été à l'image du projet, ouverte à un large public : ainsi sur les 121 personnes présentes, issues de 18 pays, près des deux tiers n'étaient pas des participants au programme. En tant que coordinateur du projet, l'Andra s'était fortement mobilisée. "Outre nos propres interventions (trois présentations orales sur le programme MoDeRn, la stratégie de surveillance du projet Cigéo et la conception de dispositifs de surveillance de grande échelle au Laboratoire souterrain de l'Andra, ainsi que des posters sur des expérimentations de transmission sans fil), nous avons mis en place un comité scientifique de lecture pour valider l'ensemble des présentations", conclut Nicolas Solente.

### EN BREF

#### ■ L'Andra au rendez-vous de la géomécanique



Du 2 au 6 septembre, ce sont les géomécaniciens de la direction Recherche & Développement de l'Andra qui animaient un stand à l'occasion du Congrès international de mécanique des sols et de géotechnique à Paris. Organisé par le Comité français de mécanique des sols et de géotechnique, ce congrès réunit tous les quatre ans plus de 1 500 participants, professionnels du bâtiment et du génie civil, acteurs de la géotechnique au niveau international. Au menu de cette 18<sup>e</sup> édition consacrée aux défis et innovations en géotechnique : matériaux et modélisation, protection de l'environnement et développement durable, risques naturels, ouvrages souterrains et enfin, risques et responsabilités du géotechnicien.

## Mieux comprendre la dispersion des radionucléides dans les écosystèmes forestiers

Financé dans le cadre des investissements d'avenir et piloté par l'IRSN (Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire), le projet AmoraD vise à tirer les enseignements de Fukushima pour améliorer les modèles d'évaluation de risque en cas d'accident de ce type. Il rassemble treize partenaires, dont l'Andra qui s'intéresse plus spécifiquement à l'étude des transferts des radionucléides dans les écosystèmes forestiers.



Site de monitoring au Japon (forêt de cèdres contaminée).

AmoraD (pour Amélioration des modèles de prévision de la dispersion et d'évaluation de l'impact des radionucléides dans l'environnement) est un des lauréats de l'appel à projets sur la recherche en sûreté nucléaire et en radioprotection lancé par l'Agence nationale de la recherche (ANR) en 2011 à la suite de l'accident de Fukushima. "Le projet concerne l'évolution de la contamination marine et continentale, explique Yves Thiry, chargé d'affaires scientifiques à la direction Recherche & Développement de l'Andra. Nous sommes impliqués dans le volet continental, à travers un projet consacré à l'étude des cycles biogéochimiques, notamment dans les écosystèmes forestiers."

### Pourquoi s'intéresser spécifiquement à la forêt ?

Dans la région de Fukushima, affectée par les retombées radioactives, 75 % du territoire contaminé est forestier, avec parfois des dépôts supérieurs à 1 million de becquerels par mètre carré ! Compte tenu de

l'impossibilité de décontaminer de telles surfaces dans des territoires souvent difficiles d'accès, la question de la gestion à long terme de la contamination est primordiale. Sans compter que cette région est fréquemment soumise à des typhons, occasionnant un risque de transfert des contaminants depuis les massifs forestiers, via le ruissellement, vers les vallées agricoles, les rivières et l'océan. "L'IRSN s'est tourné vers moi car j'avais précédemment participé à des projets européens post-Tchernobyl en travaillant sur les écosystèmes forestiers, précise Yves Thiry. Ils étaient également intéressés par les stations de suivi en forêt dont l'Andra dispose dans le cadre de son Observatoire pérenne de l'environnement (OPE) autour du futur centre de stockage géologique Cigéo, s'il est autorisé."

### Démarrage en octobre

Une première phase du projet prendra donc en compte les données disponibles sur l'OPE. Elle sera également consacrée à l'observation et l'acquisition de données sur les sites de Fukushima et de Tchernobyl. Elle sera suivie par un travail de modélisation, d'intercomparaison des modèles et d'analyse de sensibilité. Les résultats permettront d'enrichir les modèles opérationnels de gestion des territoires contaminés de l'IRSN. Le projet, en cours de contractualisation devrait démarrer dès le mois d'octobre. Il bénéficiera d'un budget total de 5,4 M€ sur six ans. Une première mission d'échantillonnage est prévue en novembre au Japon pendant la période de repos de la végétation.

### EN BREF

■ L'expo *Radioactivité: de Homer à Oppenheimer* poursuit son itinérance



Inaugurée en octobre 2011 à Brienne-la-Vieille (dans l'Aube), présentée ensuite à l'espace technologique de l'Andra en Meuse/Haute-Marne, l'exposition créée par l'Andra *La radioactivité: de Homer à Oppenheimer* était visible depuis début 2013 à l'École nationale supérieure de géologie à Nancy. Après une escale estivale à la fondation Sofia Antipolis du 8 juillet au 20 septembre, elle posera ses valises en plein centre-ville de Limoges, à la faculté de droit, du 30 septembre au 14 novembre prochain... avant de repartir pour le Palais de la découverte à Paris du 3 décembre au 8 juin 2014. Organisée en quatre pôles (Comment ça marche?, Comment a-t-elle été découverte?, Qu'en fait-on? et Que risque-t-on?), cette exposition ludique et pédagogique permet au grand public d'appréhender le phénomène complexe de la radioactivité pour mieux comprendre les enjeux liés aux déchets radioactifs.

## Prise en charge de déchets radioactifs étrangers: l'exception monégasque

Depuis le 4 juillet dernier, une loi\* autorise la prise en charge sur le territoire français des déchets radioactifs monégasques. Un accord délivré à titre exceptionnel, limité à la seule principauté de Monaco et à une quantité restreinte de déchets, ne provenant pas du secteur électronucléaire.

Compte tenu de l'exiguïté particulière de son territoire, Monaco n'est pas en mesure de se doter d'un centre de stockage satisfaisant en termes de sécurité et de sûreté pour les quelque 165 kg de déchets radioactifs qu'elle produit chaque année. Ces derniers sont issus d'hôpitaux, de centres de recherche, de laboratoires et de la société monégasque d'assainissement. Ils étaient pris en charge

par l'Andra jusqu'en juillet 2006, date à laquelle la loi interdisant le stockage de déchets radioactifs en provenance de l'étranger en France a été promulguée. Les déchets monégasques sont depuis entreposés sur le lieu de production. Une nouvelle loi\* visant à permettre à la France de les gérer vient d'être votée. Un accord à caractère exceptionnel, qui traduit la relation d'amitié

particulière qu'entretiennent la France et la principauté, et qui est étroitement encadré: il concerne une liste prédéfinie de producteurs n'appartenant pas au secteur électronucléaire, et une quantité restreinte de déchets.

\* Loi n°2013-580 du 4 juillet 2013 autorisant "l'approbation de l'accord relatif à la prise en charge des déchets radioactifs monégasques sur le sol français"

# Investigations géologiques, des études pour bien cerner

Pour déterminer la capacité du sous-sol à accueillir un stockage, l'Andra procède à des investigations géologiques. Celles-ci se déroulent en plusieurs étapes au cours desquelles deux caractéristiques sont étudiées de plus en plus finement. D'une part, la géométrie précise de la couche de roche concernée : celle-ci doit en effet être suffisamment épaisse et étendue pour accueillir une installation de stockage. D'autre part, ses propriétés de confinement des radionucléides afin qu'ils ne présentent pas de danger pour l'homme et pour l'environnement.

## 1 L'ÉTUDE DE DOCUMENTS EXISTANTS

Pour identifier l'emplacement répondant aux critères de sûreté d'un stockage, les géologues commencent par dresser un inventaire des possibilités existantes sur le sol et sous-sol français. Ils consultent pour cela les cartes géologiques éditées par le Bureau des ressources géologiques et minières (BRGM) et sa banque de données du sous-sol, qui centralise les résultats



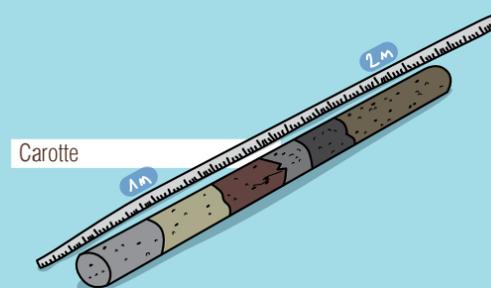
des forages réalisés sur le territoire. D'autres sources d'information sont récoltées telles que les profils géologiques établis par les pétroliers pour évaluer les ressources du sous-sol ou des études universitaires. Autant d'éléments à partir desquels plusieurs zones d'intérêt sont présélectionnées.

## 3 LES INVESTIGATIONS EN PROFONDEUR

LES SONDAGES

> **Les forages carottés :** ils permettent d'extraire des échantillons cylindriques de roches en profondeur, à partir desquels les géologues vont pouvoir visualiser la succession très détaillée des différentes couches géologiques, en particulier la

couche qui présente un intérêt pour le stockage. Les échantillons prélevés sont ensuite analysés en laboratoire pour étudier les propriétés des roches (minéralogie, chimie, etc.).



Carotte

> **Les forages non carottés :** aussi appelés parfois "forage rotary", du nom de la machine qui creuse un puits de petit diamètre dans la roche jusqu'à la couche géologique intéressante, parfois beaucoup plus profond. Ils servent à réaliser des tests hydrogéologiques pour évaluer la perméabilité des différentes couches en profondeur.

Des prélèvements d'eau sont effectués et analysés. Ils donneront des informations sur la circulation de l'eau dans le sous-sol. Des sondes sont aussi envoyées au fond pour mesurer certaines propriétés des roches comme la température, la résistance électrique, la radioactivité : ce sont les diagraphies.



Tête de rotary

LES MESURES GÉOPHYSIQUES

> **Depuis la surface :** pour obtenir des indications sur l'organisation du sous-sol à quelques dizaines de mètres de la surface, les géologues utilisent diverses méthodes de "géophysique légère". Par exemple, l'une d'entre elles consiste à faire passer un courant électrique à travers le sol grâce à des électrodes et à mesurer sa conductivité. La méthode de sismique réfraction consiste quant à

elle à envoyer des ondes en surface et à mesurer leur propagation dans les couches peu profondes. Pour aller un peu plus en profondeur, ils utilisent une méthode dite de sismique réflexion, qui consiste à envoyer des ondes de choc dans le sous-sol et à les enregistrer à l'aide de capteurs, appelés géophones. En étudiant la façon dont les ondes sont réfléchies par les différentes couches

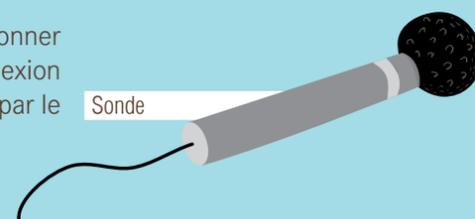
géologiques, on en déduit la morphologie du sous-sol.



Camion vibreur

> **Depuis les forages :** la méthode de sismique réflexion est également utilisée pour établir un profil sismique vertical dans les forages profonds : des sondes positionnées à différentes profondeurs détectent les ondes envoyées depuis la

surface. Cette technique permet de positionner en profondeur les profils de sismique réflexion avec les couches géologiques traversées par le forage.



Sonde

# le sous-sol

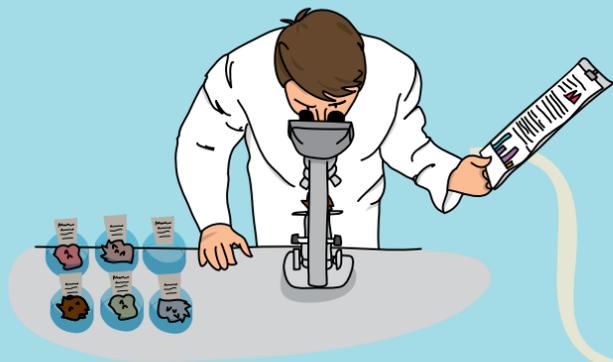
2

## LES OBSERVATIONS SUR LE TERRAIN

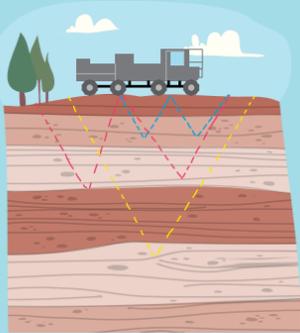
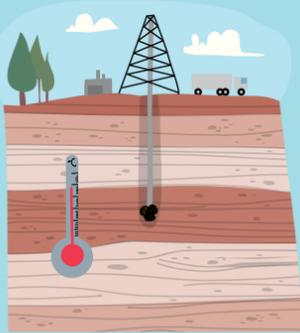
Les géologues se rendent alors sur place pour compléter ces informations par des observations sur le terrain.

Ils étudient les zones d’affleurement des couches géologiques : orientation des couches et des fractures, nature des roches et des fossiles qui leur permettent d’avoir une première

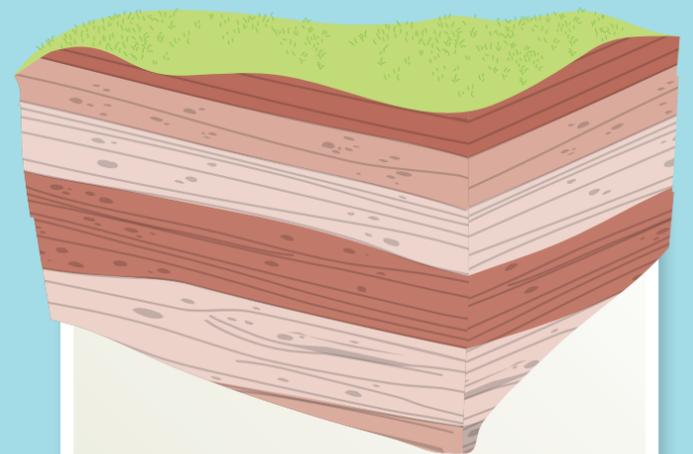
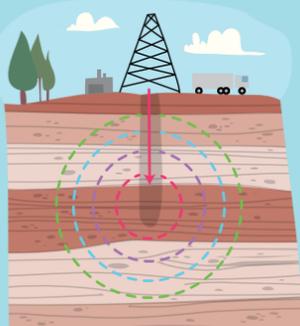
représentation du sous-sol et d’établir un programme de reconnaissance. Ils peuvent aussi s’appuyer sur des images satellites, des photos aériennes pour déterminer la géométrie plus précise des lieux.



> Outre le fait qu’ils donnent un premier aperçu de la succession des couches géologiques à l’endroit précis du forage, les sondages permettent d’avoir une bonne connaissance **des propriétés physico-chimiques, thermiques et mécaniques de la roche intéressante**, pour vérifier qu’elle répond aux critères de confinement exigés pour le stockage.



> En croisant les résultats obtenus à l’aide de ces différentes méthodes, on obtient une **géométrie précise des couches et une estimation de certaines de leurs propriétés.**



### LE MODÈLE GÉOLOGIQUE TRIDIMENSIONNEL

> **La dernière étape** va consister à intégrer les données de cartes géologiques de surface, les résultats des forages et des différentes méthodes géophysiques pour reconstituer un volume en trois dimensions du sous-sol, que l’on va “habiller” des propriétés de la roche obtenues à partir des analyses des différents échantillons prélevés dans les forages et de l’interprétation des diagraphies réalisées, mais aussi des propriétés hydrogéologiques des couches profondes.

# Le nouveau programme de recherche



**L'Andra a arrêté en septembre son nouveau programme de Recherche & Développement pour les quatre prochaines années. Centré sur l'étude du comportement des ouvrages de stockage, les déchets, le suivi de l'environnement et les capteurs destinés à la surveillance des stockages, il vise à répondre aux grands enjeux scientifiques soulevés par la mise en œuvre de solutions de gestion pérennes et sûres pour l'ensemble des déchets radioactifs français.**

**L**e nouveau programme de R&D de l'Agence couvre la période 2013-2016 et ouvre des perspectives au-delà de 2016. Il répond aux objectifs fixés par l'État dans le cadre du contrat quadriennal et du Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR). Il répond aussi aux besoins exprimés par les différentes directions de l'Andra pour ses centres existants ou en projet, que ce soit pour la conception et le dimensionnement des ouvrages (en surface ou en profondeur), l'évaluation de la sûreté des stockages pendant leur exploitation et après leur fermeture, la surveillance des installations et de leur environnement

ou encore les questions liées à la flexibilité des installations (prise en compte de déchets spéciaux dans les centres de l'Aube par exemple) et aux exigences de réversibilité du stockage (pour Cigéo).

#### Quatre grands domaines de recherche...

Pour répondre à toutes ces questions, la recherche s'articule autour de quatre grands domaines. Le premier concerne l'étude des ouvrages de stockage en tant qu'objets : *"Nous nous intéressons à la fois aux ouvrages, aux matériaux qui les composent, à la façon dont ils interagissent avec les colis de déchets et le milieu environnant et à leur évolution*

*dans le temps"*, précise Patrick Lebon, directeur de la Recherche & Développement de l'Andra. Un deuxième volet se concentre sur les déchets en eux-mêmes : leur caractérisation, leur traitement, leur conditionnement. Les mesures, les capteurs, le traitement de l'information et des bases de données constituent le troisième axe de recherche. Enfin, une partie importante de la recherche est consacrée à la surveillance de l'environnement autour des centres pendant et après leur exploitation, et ce sur le très long terme.

Patrick Lebon, directeur de la R&D de l'Andra



# de l'Andra



## 2 QUESTIONS À :

**Frédéric Plas**, adjoint au directeur de la Recherche & Développement de l'Andra

Si le nouveau programme de R&D de l'Andra cadre les grandes orientations de la recherche pour les années à venir, il s'inscrit aussi dans la continuité des actions menées précédemment. Frédéric Plas revient sur les grandes étapes qui ont marqué les avancées de la recherche à l'Andra depuis 2006, date à laquelle l'Agence s'est vu confier la mission de concevoir le futur Centre industriel de stockage géologique Cigéo.

### Le Journal de l'Andra (JdA) : Quelles ont été les grandes étapes de la recherche depuis 2006 ?

**Frédéric Plas :** Avant 2005, l'essentiel de notre recherche visait à acquérir les données nécessaires pour démontrer la faisabilité du stockage profond, en posant les grands déterminants de la connaissance sur les déchets, le milieu géologique et les matériaux du stockage. Ces premiers jalons ont abouti à la loi de 2006, qui a entériné la solution du stockage profond pour les déchets français les plus radioactifs. La recherche est ensuite progressivement descendue à un niveau de plus en plus précis, se rapprochant de la réalité du stockage. La première étape a été, en 2009, le choix de la zone d'intérêt pour la reconnaissance approfondie, fruit d'une caractérisation plus détaillée du milieu géologique sur une zone d'environ 30 km<sup>2</sup> susceptible d'accueillir le stockage. La deuxième étape a été la présentation des esquisses de Cigéo en 2012, avec des propositions concrètes sur l'architecture du stockage et l'implantation possible des installations de surface et souterraines.

### JdA : Comment cela s'est-il traduit sur les thématiques de recherche ?

**F. P. :** Jusqu'en 2005, nous travaillions essentiellement sur des phénomènes élémentaires, en les extrapolant sur des durées de plus en plus longues. Cette compréhension des briques

élémentaires était essentielle pour pouvoir passer à l'étape suivante : l'intégration des processus. Celle-ci consiste à rassembler toutes les connaissances élémentaires dont nous disposons, et à les intégrer dans la logique de "l'objet stockage", pour étudier son comportement dans sa globalité dans les conditions réelles du stockage. Par exemple, après avoir étudié la corrosion des aciers, nous nous intéressons désormais à la corrosion d'un chemisage en acier dans une alvéole de déchets de haute activité. Cette recherche multiprocessus mobilise des moyens de simulation numérique importants. La simulation permet en effet d'appréhender des processus complexes faisant intervenir de nombreux paramètres. Elle permet aussi de se projeter dans des échelles de temps et d'espace inaccessibles par l'expérimentation, et donc d'étudier l'évolution du stockage sur le très long terme. Au fur et à mesure de l'avancée du projet, on s'intéresse aussi de plus en plus à la dimension industrielle du stockage. Une partie de la recherche se veut de plus en plus opérationnelle, et vise à supporter la construction et l'exploitation du stockage. La mise en place d'essais technologiques et de démonstrateurs au sein du Laboratoire souterrain témoigne de cette inflexion.



### ... et cinq enjeux majeurs

Le programme 2013-2016 vise à répondre à plusieurs enjeux majeurs, au premier rang desquels figure la préservation de la ressource rare que sont les stockages. "C'est un travail que nous devons mener en amont avec les producteurs pour étudier avec eux des solutions permettant d'économiser cette ressource, en caractérisant mieux les déchets, en optimisant leur conditionnement et en trouvant des traitements pour réduire leur toxicité et leur volume."

Les deux enjeux suivants sont plus spécifiquement liés au projet Cigéo : il s'agit d'une part d'adapter les exigences et les spécifications techniques aux progrès des connaissances, et d'autre part d'accompagner les opérations de construction et d'exploitation du stockage, si celui-ci est autorisé. "Cigéo est désormais passé en phase de conception industrielle. Pour autant, nous devons continuer d'affiner notre compréhension des processus qui s'y dérouleront afin d'optimiser sa conception au plan technico-économique tout

en garantissant sa sûreté", ajoute Patrick Lebon. *La recherche doit aussi permettre de préciser le dimensionnement des infrastructures et d'affiner les spécifications des matériaux utilisés pour le stockage.* Un autre enjeu, très transversal, consiste à définir et à exploiter des techniques d'auscultation et des réseaux d'acquisition d'informations pour la surveillance des stockages et de leur environnement : méthodes de contrôle des colis à l'entrée du stockage, développement de capteurs plus robustes, plus fiables et plus autonomes. Une fois les données acquises et transmises, se posent toutes les questions liées à leur traitement (comment les exploiter pour permettre une prise de décision rapide), et à leur gestion (conservation, transmission aux générations futures). Enfin, le dernier enjeu, beaucoup plus prospectif, sera d'effectuer une veille sur les matériaux du futur pour le stockage (bétons, géopolymères, céramiques, peintures intelligentes, nanomatériaux...).

### Une stratégie basée sur des grands outils de recherche et une politique de partenariats

Pour mettre en œuvre ce programme, l'Agence continuera à s'appuyer sur les trois grands outils de recherche dont elle a la maîtrise : le Laboratoire souterrain, l'Observatoire pérenne de l'environnement (OPE), et les importants moyens de calcul numérique (méthodes, codes et machines) mis en œuvre pour répondre aux besoins des programmes de simulation. "Nous poursuivrons par ailleurs notre stratégie approuvée par l'Agence d'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur (AERES) en 2012, et qui repose sur des partenariats forts avec la plupart des grands organismes de recherche et la mise en place de plusieurs groupements de laboratoires dans les domaines des sciences dures et des sciences sociales, dont les périmètres sont amenés à évoluer avec les objectifs du programme", conclut Patrick Lebon.

## Matériaux et ouvrages : comprendre le stockage dans sa globalité

La compréhension du fonctionnement global du stockage nécessite d'intégrer les connaissances acquises sur le comportement des matériaux utilisés pour le construire et les contraintes mécaniques qui vont peser sur les ouvrages. Un domaine où la simulation numérique joue un rôle prépondérant.

Trois grandes familles de matériaux seront présentes dans le stockage : les métaux (colis et chemisage des alvéoles de déchets de haute activité), le béton (colis et structures des alvéoles des déchets de moyenne activité à vie longue), et les argiles (scellement des alvéoles et remblais des galeries). Pour étudier leur comportement, l'Andra a développé plusieurs approches. "Les études expérimentales en laboratoire dit « de jour » visent à étudier finement les processus physiques et chimiques et à en déduire des lois de comportement pour la modélisation", explique Didier Crusset, responsable du groupement de laboratoires Verre/fer/argile à la direction Recherche & Développement de l'Andra. Les expérimentations in situ, au Laboratoire souterrain, observent ces mêmes phénomènes dans des conditions proches du stockage. La simulation et l'étude d'analogues archéologiques permettent quant à elles

de se projeter sur de très grandes échelles de temps, inaccessibles par l'expérimentation."

Une démarche similaire a été adoptée pour étudier les contraintes mécaniques auxquelles seront soumis les ouvrages à 500 m de profondeur. "Quand on creuse un ouvrage souterrain, il se déforme au cours du temps sous la pression de la roche. Le soutènement permet de limiter ces déformations", explique Gilles Armand, chef du service mécanique des fluides et des solides à la direction de la R&D de l'Andra, où l'on étudie les interactions entre la roche et le soutènement en béton dans les galeries du stockage ainsi que les déformations du chemisage en acier des alvéoles de haute activité. "Aujourd'hui, nos modèles ont tendance à surestimer les déformations. Il s'agit maintenant de les affiner, pour mieux dimensionner les ouvrages, et donc optimiser le coût, sans réduire les garanties de sûreté."

## Des capteurs pour surveiller le stockage

La surveillance de Cigéo pendant son exploitation et après sa fermeture pose la problématique des capteurs. Une activité sur laquelle la R&D s'est renforcée à l'Andra dès 2008, et qui pourra bénéficier aux autres projets de stockage.

"La surveillance des infrastructures de Cigéo cumule des besoins de mesures (suivi thermique, mécanique, hydraulique, gazeux) avec des contraintes particulières de durabilité, d'inaccessibilité, d'autonomie et de transmission qui n'existent pas ailleurs", explique Stéphane Buschaert, responsable du service observation - surveillance de la direction Recherche & Développement de l'Andra. Nous fondons d'abord notre démarche sur la sélection de dispositifs existants et déjà éprouvés, que nous cherchons à complètement maîtriser dans leur fonctionnement, voire à encore améliorer. À travers une démarche progressive de tests (en conditions contrôlées jusqu'à des situations réelles), nous les qualifions pour répondre aux contraintes de Cigéo. En complément, nous développons de nouveaux capteurs pour le suivi durable des gaz ou encore pour disposer de technologies complémentaires aux capteurs déjà éprouvés, tels les capteurs à fibre optique, une nouvelle technologie qui fournit l'avantage de mesures (température, déformation...) non plus ponctuelles, mais distribuées tout au long de la fibre ! Cela donnant ainsi accès à une auscultation plus fine. Ces recherches sont réalisées dans le cadre de partenariats scientifiques avec des laboratoires universitaires et des établissements spécialisés, tel le Laboratoire national de métrologie et d'essais. Elles sont également réalisées autant que possible en collaboration avec des industriels et gestionnaires d'ouvrages pour capitaliser nos différents retours d'expériences. Outre le développement de moyens de mesure, nous étudions aussi les problématiques de la transmission et du traitement global des données qui seront acquises dans Cigéo. Nous travaillons en avance de phase, pour pouvoir fournir aux ingénieurs en temps voulu un catalogue de technologies adaptées et qualifiées pour Cigéo. La démarche n'est pas limitée à Cigéo : certaines améliorations peuvent intéresser les centres de surface, et seront également utiles au projet de stockage FA-VL."

### TÉMOIGNAGE

**Guillaume Pépin**, chef du service évaluation et analyse de performances à la direction Recherche & Développement de l'Andra

#### “La simulation numérique, support indispensable aux expérimentations”

La simulation numérique permet de décrire le fonctionnement du stockage et de son environnement géologique depuis sa construction jusqu'à plusieurs centaines de milliers d'années après sa fermeture, et d'intégrer l'ensemble des connaissances acquises au travers des expérimentations pour prendre en compte tous les processus qui régissent l'évolution du stockage. Les résultats ainsi obtenus permettront d'affiner les spécifications des matériaux et le dimensionnement des infrastructures. La simulation sert également à évaluer les performances et la sûreté des stockages. Enfin, en donnant des indications sur l'état dans lequel on peut retrouver les colis si on décide de les récupérer, elle constitue un outil précieux d'aide à la décision pour la gestion réversible du stockage.

## Déchets : mieux les connaître, pour mieux les stocker

La connaissance des déchets stockés dans Cigéo nécessite une collaboration étroite avec ceux qui les produisent. Si tout ce qui a trait au comportement intrinsèque des déchets relève des producteurs, les études concernant leur comportement dans le stockage sont en revanche du ressort de l'Andra.

Cigéo est conçu pour accueillir des déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue. Les premiers sont vitrifiés. "Nous étudions avec le CEA le comportement du verre sur le très long terme : comment il se dégrade, se fracture, interagit avec les matériaux du stockage et le milieu argileux..." explique Stéphan Schumacher, chef du service colis et matériaux à la direction Recherche & Développement de l'Andra. Les

seconds sont de nature très variée : déchets métalliques, organiques, bitumes. Les thématiques de recherche les concernant sont de plusieurs ordres : le relâchement des radionucléides bien sûr, mais aussi la production de gaz et/ou d'espèces chimiques susceptibles d'accélérer la migration des radionucléides ou de dégrader les matériaux du stockage. "Nous nous intéressons également aux combustibles usés, poursuit Stéphan Schumacher.

Ces derniers ne sont pas considérés dans Cigéo du fait de la politique française de traitement, mais ils pourraient le devenir si celle-ci venait à changer. Un projet a donc été engagé, en collaboration avec EDF, le CEA et Areva, pour étudier leur comportement au cas où il faudrait les stocker dans Cigéo. Enfin, nous devons également prendre en compte les déchets issus du traitement du graphite, qui sont aussi en réserve de Cigéo."

## L'environnement des stockages étudié à la loupe

**Avec l'Observatoire pérenne de l'environnement (OPE), l'Andra s'est progressivement dotée d'outils de surveillance de l'environnement du futur Cigéo avant sa construction et pendant toute son exploitation. Dans cette dynamique, le programme de recherche vise à utiliser les données obtenues pour une meilleure compréhension du fonctionnement des différents écosystèmes. Les études de géoprospective s'intéressent quant à elles à leur évolution sur le très long terme.**

L'objectif du programme est de préparer et accompagner le plan de surveillance environnemental du stockage. L'établissement de l'état initial de l'environnement en est la première étape. Il nécessite le suivi de tous les milieux de l'environnement (sol, faune, flore, air, eau) sur une surface significative, ici de plus de 900 km<sup>2</sup>, et une durée suffisante, d'où son lancement dès 2007. Pour y parvenir, toute une série de dispositifs de mesure ont été déployés et un énorme travail d'acquisition de données a été effectué. *"Une démarche saluée par l'ensemble de la communauté scientifique et qui nous a valu l'obtention du label SOERE\*\*",* souligne Élisabeth Leclerc, ingénieure agronome à la direction Recherche & Développement de l'Andra. La deuxième étape est la définition des indicateurs de

risque les plus pertinents : c'est le but du programme APPRIOS (approche pluraliste pour la recherche des priorités de substances à analyser dans l'environnement pour la santé de l'homme et des écosystèmes) qui fait appel à des experts, mais aussi à des parties prenantes locales.

La troisième étape est de comprendre et modéliser les transferts entre les différents écosystèmes (pédologiques, hydrologiques et atmosphériques) grâce aux installations expérimentales mises en place (station lysimétrique d'Osne-le-Val, tour à flux de la forêt de Montiers, station atmosphérique d'Houdelaincourt).

### Et dans un million d'années ?

La démarche consiste à s'appuyer sur la connaissance des évolutions climatiques et géodynamiques

passées d'un site pour estimer son évolution possible, ce qu'on appelle la géoprospective. Toutes deux ont des conséquences sur le relief (érosion, creusement de vallées, modifications de la circulation de l'eau dans le sous-sol et à la surface) et sur les écosystèmes (faune, flore...). *"Ces recherches conditionnent la création d'un stockage. Dans le cadre de Cigéo, nous nous sommes intéressés à des échelles de l'ordre du million d'années et sommes parvenus à un modèle très élaboré,* explique Jacques Brulhet, en charge de ces études à l'Andra. *Pour le projet de stockage des déchets de faible activité à vie longue, nous devons maintenant passer à des échelles de temps plus courtes."*

\* Système d'observation et d'expérimentation au long terme pour la recherche en environnement

## Une recherche ouverte et collaborative

**La stratégie scientifique de l'Andra repose sur une politique active de partenariats et sur l'intégration de compétences multidisciplinaires au sein de groupements de laboratoires. Une stratégie qui a fait ses preuves, et que l'Agence entend bien poursuivre.**

Au fil des ans, l'Andra a ainsi noué des accords de partenariat avec la plupart des grands organismes de recherche nationaux, comme le CEA, le CNRS, le BRGM, l'INRA, l'INRIA, l'INERIS, le LNE ou encore l'IFFTAR\*, mais aussi avec les universités à proximité de ses infrastructures (Université de Lorraine, Université technologique de Troyes). *"Les actions de recherche que nous définissons ensemble correspondent à des axes spécifiques de chaque organisme,* précise Patrick Lebon. *Nous organisons actuellement des réunions pour les informer dans le détail de nos nouvelles thématiques de recherche et redéfinir avec eux le périmètre de notre collaboration."*

Afin de fédérer autour de ses problématiques de recherches des compétences dont elle ne dispose pas forcément en interne, l'Andra a également mis en place des groupements de laboratoires. L'idée est de partager les objectifs, les études et les résultats pour aborder les thématiques de façon interdisciplinaire. Avec huit groupements de laboratoires à son actif, le dispositif a démontré son efficacité. La structuration de ces groupements sera également amenée à évoluer dans les mois à venir.

\* BRGM : Bureau des ressources géologiques et minières  
INRA : Institut national de la recherche agronomique  
INRIA : Institut national de recherche en informatique et automatisme  
INERIS : Institut national de l'environnement industriel et des risques  
LNE : Laboratoire national de métrologie et d'essais  
IFFTAR : Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux

### TÉMOIGNAGES

**François Houllier**, président de l'INRA et de l'alliance AllEnvi\*

**"L'OPE est un outil exceptionnel"**

*Après plusieurs années d'échanges dans le cadre de l'OPE, nous avons signé avec l'Andra un accord de partenariat en avril 2010. Il concerne l'unité de Biogéochimie des écosystèmes forestiers et le Laboratoire sol et environnement (LSE) de Nancy, ainsi que l'unité InfoSol à Orléans, en charge du réseau national de mesure de la qualité des sols. L'OPE nous permet d'accéder dans ce domaine à un maillage de 1,5 km, contre 16 km sur le reste du réseau. C'est aussi une opportunité unique de suivre la dynamique et le fonctionnement de différents écosystèmes (forêts, prairies, grandes cultures, ruisseaux) en étudiant toutes leurs composantes (sol, flore, faune, air), et cela sur une échelle séculaire. La labellisation de l'OPE en tant que système d'observation et d'expérimentation au long terme pour la recherche en environnement (SOERE) par l'alliance AllEnvi et son articulation avec un autre SOERE consacré au fonctionnement des écosystèmes forestiers garantissent la qualité des projets scientifiques qui y sont menés.*

\* Alliance nationale de recherche pour l'environnement



**Olivier Trebucq**, responsable des partenariats stratégiques de recherche à l'INRIA

**"Un défi stimulant pour nos chercheurs"**

*Le partenariat signé en 2009 avec l'Andra a donné un cadre solide et durable à la coopération informelle que nous entretenons depuis plusieurs années. Il a été renouvelé pour trois ans en 2012. Sur la période 2009-2012, sept missions d'expertise ou de recherche ont été menées à bien et cinq nouveaux projets ont été lancés en 2013. En tant qu'institut de recherche public, nos chercheurs travaillent sur la base d'un mandat quadriennal qui fixe un certain nombre de priorités scientifiques, mais ils sont très intéressés par la possibilité de valider leurs approches sur de vrais scénarios industriels. Celui que propose l'Andra est particulièrement intéressant car il couvre des échelles de temps et d'espace très larges et fait appel à des domaines très pointus en matière de modélisation et de simulation numérique.*



## Aube

### Les géologues sur le terrain

Depuis juillet 2013, l'Andra a démarré des investigations géologiques sur le territoire de la communauté de communes de Soulaines. Elles visent à analyser le sous-sol pour savoir si celui-ci serait adapté à l'implantation éventuelle d'un centre de stockage pour les déchets de faible activité à vie longue (FA-VL), et pour des déchets de très faible activité (TFA) (cf. *Journal de l'Andra* – Édition de l'Aube n° 14).

Ces investigations se concentrent sur les communes de Juzanvigny, Crespy-le-Neuf, Morvilliers, La Chaise et Épothémont. Très complètes, elles font appel à plusieurs techniques (cf. pp. 8-9) :

- l'analyse de terrains en surface : des géologues se déplacent, observent les terrains en surface et prélèvent des échantillons de roches et de fluides qui sont ensuite analysés en laboratoire ;
- les mesures géophysiques : elles déterminent une cartographie du sous-sol jusqu'à quelques dizaines de mètres de profondeur. Trois méthodes sont mises en œuvre : la première consiste à faire passer un courant électrique grâce à des électrodes ; la deuxième utilise des équipements légers pour mesurer le champ magnétique des terrains ; pour la troisième, dite sismique, une machine fait tomber une masse de 40 kg sur le sol. L'onde de choc est enregistrée par des capteurs, appelés géophones, plantés à différentes distances.
- les sondages géotechniques : des forages sont réalisés pour déterminer les caractéristiques des terrains jusqu'à 30 m de profondeur (réactions des terrains en cas de creusements ou de fondations réalisés). Des carottes (extraits d'échantillons de roches) sont prélevées et analysées en laboratoire. En complément, des équipements tels que des pressiomètres sont positionnés à différentes profondeurs pour tester la résistance des terrains.

#### Des capteurs pendant un an

Pour compléter les mesures des sondages géotechniques, des forages, jusqu'à une centaine de mètres de profondeur, sont réalisés. Sur le terrain, les forages ont débuté à la mi-août et se poursuivront jusqu'à la fin de l'année sur six plates-formes. L'objectif est de recueillir des échantillons de roches et de fluides afin d'obtenir une description verticale du sous-sol. À l'issue de ces forages, les emplacements seront remis dans leur état initial ou seront laissés en l'état, selon les souhaits des propriétaires. Seuls, quelques petits forages (piézomètres), resteront en place pendant une année environ. Équipés de capteurs de pression, ils assureront un suivi des eaux souterraines.

#### Une décision en 2015

Cette démarche d'investigations géologiques ne préjuge pas de l'acceptation ou non d'un stockage. La décision éventuelle de lancer un projet industriel ne sera prise qu'en 2015 au vu des résultats de ces investigations et des démarches d'information et de concertation. Parallèlement, l'Andra mène des discussions avec d'autres acteurs du nucléaire (EDF, CEA et Areva) pour identifier des sites qui accueillent déjà des installations nucléaires et dont la géologie pourrait être compatible avec un stockage de déchets.

### Les investigations en chiffres

- 30 km<sup>2</sup> de superficie du secteur investigué
- 6 plates-formes de forage
- environ 300 prélèvements d'eau effectués.

### Le planning

- de juillet 2013 à février 2014 : investigations
- courant 2014 : travaux complémentaires envisagés en fonction des premiers résultats obtenus.

### Les visites guidées

L'Andra vous propose de découvrir les investigations géologiques qu'elle mène actuellement sur le territoire de la communauté de communes de Soulaines-Dhuys. Après une présentation en salle au bâtiment d'accueil du public, la visite, d'environ deux heures, se poursuivra sur l'une des plates-formes où des forages sont réalisés. À cette occasion, un géologue répondra à vos questions sur les études menées, les données recueillies sur le terrain et le matériel utilisé.

Si vous êtes intéressé(e), merci de prendre contact avec le service communication des Centres industriels de l'Andra dans l'Aube au 0 800 31 41 51 (appel gratuit depuis un poste fixe).

## Manche

### Un Américain en Basse-Normandie

Lundi 17 juin, l'équipe du Centre de stockage de la Manche a reçu l'Américain Rodney Ewing. Nommé par Barack Obama en novembre 2012, président de la commission technique de révision sur les déchets radioactifs américains, il fait partie des experts chargés de repenser la politique américaine de gestion des déchets nucléaires.

En 2010, le président américain Barack Obama a suspendu le projet de stockage des déchets nucléaires à vie longue à 600 m de profondeur dans le désert du Nevada, et mis en place une commission technique de révision sur les déchets radioactifs américains, présidée par Rodney Ewing. L'objectif de cette commission est d'assurer la supervision scientifique et technique du Département de l'énergie (DOE) pour la gestion et l'élimination des déchets radioactifs de haute activité et du combustible usé.

#### Un programme marathon de deux jours

L'association Nucléopolis, pôle normand des sciences nucléaires et de leurs applications,



avait organisé le séjour en France de Rodney Ewing. Au programme : des échanges avec des adhérents du pôle normand dans le cadre d'une réunion d'information sur la situation du nucléaire aux États-Unis, et des visites d'installations.

M. Ewing s'est rendu sur les sites du Centre de stockage de la Manche, d'Areva La Hague et de son nouvel atelier d'entreposage des déchets vitrifiés de moyenne et haute activité à vie longue. Il a ensuite découvert le Grand accélérateur national d'ions lourds (GANIL) à Caen, et assisté à une présentation de SPIRAL 2, le nouveau projet d'accélérateur de particules du Centre de recherche sur les ions, les matériaux et la photonique (CIMAP)

et rencontré des chercheurs du Laboratoire de physique corpusculaire (LPC).

#### Des compétences et des savoir-faire appréciés

Ces deux jours lui ont permis d'avoir un aperçu du savoir-faire normand dans le domaine du nucléaire appliqué à la santé et à l'énergie, tant sur les volets de la recherche, de l'industrie que de la formation.

À l'issue de ce séjour, M. Ewing s'est dit très impressionné par l'ensemble des compétences existantes en Basse-Normandie sur le sujet.

## Meuse/Haute-Marne

# Déjà plus de 1 500 emplois liés au nucléaire

**Un millier d'emplois a été créé en Meuse et en Haute-Marne par EDF, Areva et le CEA depuis 2006. Un chiffre auquel il faut ajouter les 500 emplois générés par l'Andra.**

Le 12 juillet dernier, une cinquantaine d'élus locaux et de représentants des entreprises meusiennes et haut-marnaises étaient réunis à Saudron, dans les locaux de l'Andra, pour découvrir les chiffres des retombées économiques générées, en 2012, par EDF, Areva et le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies renouvelables (CEA) dans les deux départements de la Haute-Marne et de la Meuse. Les trois opérateurs ont annoncé que

*"près de 200 entreprises des deux départements ont été sollicitées depuis 2006, générant la création de 1 685 emplois dont 1 000 pérennes pour un chiffre d'affaires de 170 millions d'euros".*

Pour se faire une idée complète de l'impact de l'industrie nucléaire sur le bassin d'emploi, il faut aussi tenir compte des emplois directs, indirects et induits liés aux activités du Centre de Meuse/Haute-Marne de l'Andra : en avril, une étude de

l'Insee a montré que ceux-ci avoisinaient les 530 équivalents temps plein en 2011.

Enfin, si la création du stockage Cigéo est autorisée, l'Andra estime que sa construction nécessiterait directement de 1 300 à 2 300 personnes entre 2019 et 2025, puis de 600 à 1 000 personnes pendant toute la durée d'exploitation de l'ouvrage, soit plus d'un siècle.



Around the Andra underground laboratory (in the center of the image), more than 1 500 jobs have been generated in Meuse and Haute-Marne by the nuclear sector.

## Scellement : la preuve par trois

**Avant d'ouvrir Cigéo, l'Andra doit d'abord démontrer qu'elle saura le refermer. Pour valider les méthodes industrielles de scellement du stockage souterrain, elle a lancé cette année trois nouveaux essais, en trois lieux différents.**

Premier site : dans le Laboratoire souterrain de l'Andra, au milieu de la couche argileuse retenue pour le stockage Cigéo, une galerie a été totalement obturée cet été sur 5 m de longueur avec de la bentonite, une argile très peu perméable qui augmente de volume en présence d'eau. *"Une fois le stockage fermé, détaille le géologue Hervé Rebours, l'eau présente dans le sous-sol hydratera lentement la bentonite. Celle-ci gonflera, appuiera sur les parois des galeries et, in fine, limitera les circulations d'eau. Ici, on accélère ce phénomène*

*à l'aide d'injecteurs d'eau et on observe les effets induits grâce à des capteurs placés dans le bouillon d'argile gonflante et dans la roche alentour."*

Le deuxième site, c'est l'Espace technologique, à Saudron. Début septembre, un robot placé au centre d'une maquette de tunnel de 4,5 m de diamètre a montré qu'il était possible, en 5 jours, de remplir de bentonite une saignée verticale de 30 cm de large et 2,5 m de profondeur qui a été tranchée sur toute la circonférence de la galerie. Pour la partie haute, la bentonite a été

spécialement pressée en briques taillées en coin et assemblées en forme de voûte.

### Des résultats à l'échelle industrielle

Enfin, c'est à Saint-Dizier que l'Andra a trouvé un hangar suffisamment grand pour construire une maquette de galerie de 35 m de long et 7,6 m de diamètre intérieur. *"Nous y testons depuis juillet les moyens industriels de remplissage à l'aide de billes et de poudre de bentonite maintenues par deux murs d'appui en béton, indique Régis Foïn, ingénieur responsable du projet. Le test contribue également à déterminer les moyens de contrôle associés susceptibles d'être utilisés de façon systématique lors des opérations de fermeture de Cigéo."* Les résultats ainsi obtenus à l'échelle du stockage et en situation réelle à 500 m de profondeur seront ensuite intégrés à la demande d'autorisation de création de Cigéo que l'Andra déposera en 2015.



The closure methods for the Cigéo storage are tested in Saint-Dizier thanks to a 35 m long gallery model.

## Un soutien européen

L'essai FSS réalisé à Saint-Dizier fait partie du projet européen DOPAS (Demonstration Of Plugs And Seals) qui réunit quatorze organisations issues de huit pays européens et teste quatre concepts de scellement développés en Finlande, en Suède, en République Tchèque et en France.

**www.cigeo.com,**  
**l'autre façon**  
**de s'informer**  
**en toute simplicité**



**www.cigeo.com**

LE SITE DE RÉFÉRENCE SUR LE PROJET  
DU CENTRE DE STOCKAGE PROFOND  
DE DÉCHETS RADIOACTIFS

Pour être sûr de ne rien manquer, abonnez-vous



Si vous souhaitez recevoir régulièrement notre journal,  
merci de retourner ce coupon dûment rempli à :

**Le Journal de l'Andra**

1-7, rue Jean-Monnet - 92298 Châtenay-Malabry cedex

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_

Adresse : \_\_\_\_\_

Code postal : \_\_\_\_\_ Ville : \_\_\_\_\_

Vous pouvez également vous abonner à la version électronique en envoyant vos coordonnées à : [journal-andra@andra.fr](mailto:journal-andra@andra.fr), en précisant la ou les édition(s) souhaitée(s).

Autre(s) édition(s)  
souhaitée(s) :

- Aube
- Manche
- Meuse/Haute-Marne

**Le Journal de l'Andra**  
**Édition nationale**

1-7, rue Jean-Monnet  
92298 Châtenay-Malabry Cedex

Tél. : 01 46 11 83 18 - [journal-andra@andra.fr](mailto:journal-andra@andra.fr)

**Directrice de la publication:** Marie-Claude Dupuis • **Directrice de la rédaction:** Valérie Renauld • **Comité éditorial:** Guilain Beauplé, Anne Brodu, Patrick Charton, Michel Dutzer, Bernard Faucher, Julien Guilluy, Jean-Michel Hoorelbeke, Jean-Marie Krieguer, Guy Langlois, Fabrice Leboine, Alain Trouiller • **Ont participé à la rédaction, pour l'Andra:** Sophie Dubois, Marie-Pierre Germain, Martine Huraut, Élodie Langlois, Marc-Antoine Martin, Annabelle Quénet; **pour Rouge Vif:** Sandrine Canavaggio, Christine Cornevin, Élodie Seghers, Marie-Alix de la Taille • **Responsable iconographie:** Sophie Muzerelle • **Crédits photos:** Andra, G. Armand, P. Bourguignon, P. Demail, DR, S. Dubois, Exirys, C. Helsly, Kuroji/Fotolia, Christophe Maitre/Inra, M.-A. Martin, P. Maurein, G. Osséna, V. Paul, P. Pellerej, Rouge Vif, E. Sutre, B. Tinoco • **Dessins:** Aster • **Création-réalisation:** Agence Rouge Vif - [www.rougevif.fr](http://www.rougevif.fr) • **Impression:** Paton - Siret 572 881 662 00025 - Imprimé sur du papier issu de forêts durablement gérées, 100 % recyclé dans une imprimerie certifiée imprim'vert • © Andra - 368-15 • DCOM/13-0315 • **ISSN:** 2106-8283 • **Tirage:** 5000 ex.

