

DES RECHERCHES SCIENTIFIQUES  
INSCRITES DANS LA DURÉE

# LE LABORATOIRE SOUTERRAIN RÉTROSPECTIVE





# SOMMAIRE

## 1

Histoire de l'implantation du Laboratoire souterrain ..... 4

## 2

La recherche scientifique au Laboratoire souterrain ..... 8

## 3

OPE, essais et démonstrateurs technologiques,  
simulation numérique ..... 15

## 4

Le Laboratoire souterrain sur son territoire ..... 18

# HISTOIRE DE L'IMPLANTATION DU LABORATOIRE SOUTERRAIN

EN 2015, LE LABORATOIRE SOUTERRAIN DE L'ANDRA EN MEUSE / HAUTE-MARNE A 15 ANS, L'OCCASION DE REVENIR SUR LES RECHERCHES QUI SONT MENÉES DEPUIS 25 ANS SUR LE STOCKAGE PROFOND DES DÉCHETS RADIOACTIFS, ET QUI SE SONT NOTAMMENT APPUYÉES SUR LE LABORATOIRE.

90% des déchets radioactifs produits chaque année en France disposent d'une solution de gestion industrielle complète incluant leur stockage définitif dans des installations spécialement aménagées en surface. Ce système de gestion à long terme reste à compléter pour prendre en charge notamment les déchets de haute activité (HA) et de moyenne activité à vie longue (MA-VL) que la France produit depuis plusieurs dizaines d'années et qui continueront d'être produits jusqu'au démantèlement du parc électronucléaire actuel.

Ces déchets représentent un volume limité, de l'ordre de 3% du volume des déchets radioactifs existants, mais concentrent plus de 99% de la radioactivité de l'ensemble des déchets radioactifs. Parce qu'ils seront radioactifs pendant plusieurs centaines de milliers d'années, ils nécessitent la mise en place d'une solution de gestion qui soit capable d'assurer leur confinement de manière sûre, sur de très longues périodes de temps et ce sans nécessiter d'actions humaines.

C'est avec la loi de 1991 relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs que l'Andra

est créée et démarre les recherches sur le stockage profond, en commençant par la caractérisation du milieu géologique.

En 2000, afin de mener des études et essais in situ, la construction d'un Laboratoire souterrain démarre en Meuse/Haute-Marne.

En parallèle, l'Andra met en place progressivement d'autres outils scientifiques : un observatoire pérenne de l'environnement et son écothèque en Meuse/Haute-Marne, et des codes de simulation numérique. A cela s'ajoute le développement d'essais et démonstrateurs technologiques en surface ou dans le Laboratoire souterrain.

**En 2006, la loi retient le stockage profond comme solution de référence pour la gestion à long terme des déchets HA et MA-VL. C'est le projet Cigéo qui, s'il est autorisé, sera implanté à la limite de la Meuse et de la Haute-Marne.**



## 25 ANS DE RECHERCHES À L'ANDRA

La centaine de scientifiques de l'Andra est chargée de définir les besoins en études et de mobiliser la communauté scientifique française et européenne. Ils font appel à de multiples organismes et sociétés spécialisées reconnues pour réaliser des études et expériences qui doivent apporter les connaissances scientifiques nécessaires à la conception et l'évaluation de sûreté du stockage. Depuis 25 ans, ils interviennent dans des domaines variés allant de la chimie des matériaux au génie nucléaire en passant par les sciences humaines et sociales.

Par ailleurs, l'Andra s'entoure de partenaires extérieurs : onze accords de partenariats en France et deux partenariats scientifiques à l'étranger sont en cours ; sept groupements de laboratoires ont également été mis en place, au sein desquels sont mobilisées des équipes scientifiques dans des disciplines variées. Enfin, en moyenne une cinquantaine de doctorants travaillent pour l'Andra chaque année.

### LES ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES DE L'ANDRA SONT ÉVALUÉES RÉGULIÈREMENT PAR DES INSTANCES NATIONALES TELLES QUE :

- La Commission Nationale d'Évaluation (CNE)
- Le Conseil Scientifique de l'Andra
- L'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN)

### PAR AILLEURS, L'ANDRA FAIT APPEL À DES COMITÉS D'EXPERTS POUR L'AIDER DANS L'ANALYSE DE SES RECHERCHES :

- Le Comité d'Orientation et de Suivi du Laboratoire de Recherche Souterrain Meuse/Haute-Marne (COS)
- Le Comité d'Orientation et de Suivi de l'OPE (COS-OPE)
- Le Comité d'expertise et de suivi de la démarche d'information et de consultation (COESDIC)

1 Exemple  
d'expérience de  
géomécanique  
dans la galerie GEX  
(première galerie  
expérimentale)  
2 Une des premières  
campagnes de  
creusement  
démontrant la  
faisabilité d'alvéoles  
pour les déchets HA

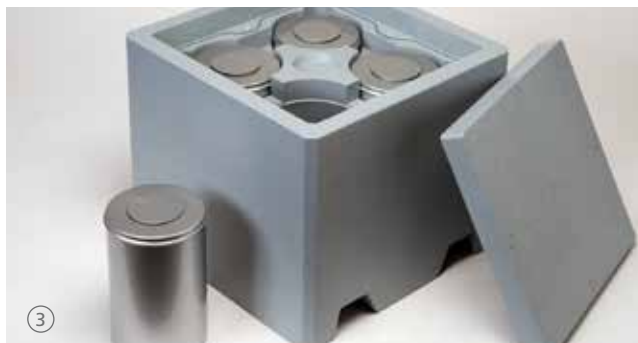
①



②



③



④



## >1991

L'Andra, établissement public à caractère industriel et commercial est créé par la loi du 30 décembre 1991, dite « loi Bataille ». Elle est missionnée pour mener des recherches sur le stockage profond.

## >1994

Des investigations préliminaires sont menées sur quatre sites candidats (dans le Gard, dans la Vienne, en Meuse et en Haute-Marne) en vue de l'installation d'un laboratoire souterrain. L'Andra procède à des forages et à des campagnes de sismique-réflexion afin d'obtenir un profil détaillé des sous-sols.

## >1996

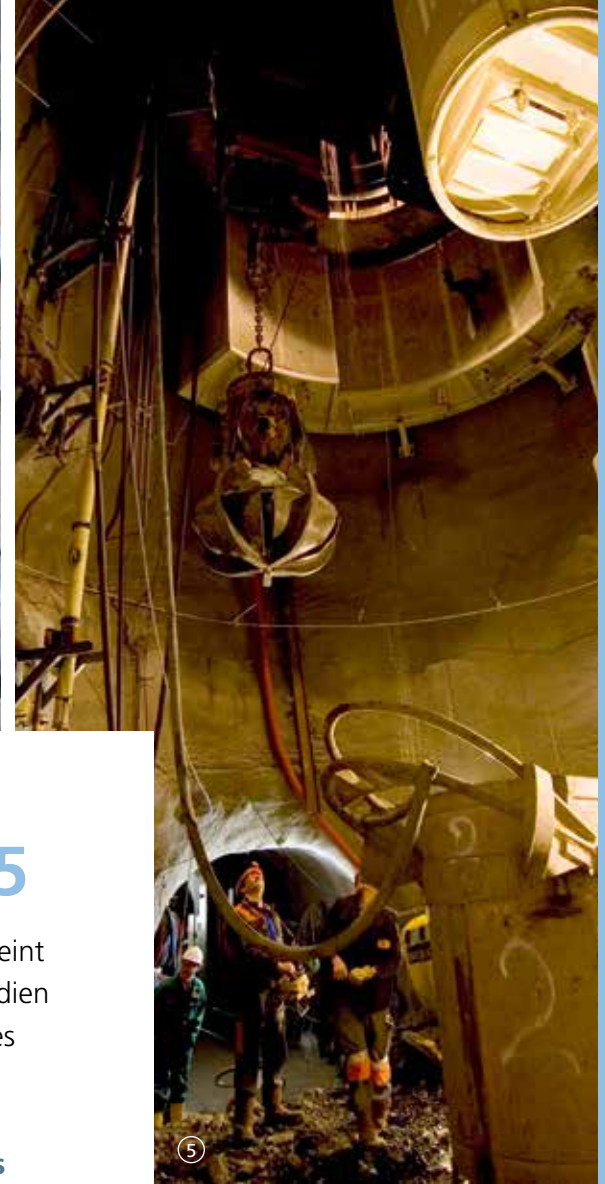
L'Andra participe, avec ses homologues suisses, belges et japonais, à la création du projet international du Mont Terri : un laboratoire souterrain dans le Jura suisse. Cette collaboration, à l'instar de celle menée avec le laboratoire souterrain belge de Mol, permet à l'Andra de mettre au point les expériences qui seront réalisées dans le laboratoire français.

## >1999

L'Andra effectue une campagne de géophysique très haute résolution dite « 3D » sur la zone envisagée pour la construction du Laboratoire souterrain. L'objectif est d'obtenir des informations plus précises sur le sous-sol avant le lancement des travaux de creusement.

## >1998-1999

Les études préliminaires sont regroupées dans des dossiers de demande d'autorisation d'installation et d'exploitation (DAIE) du Laboratoire. À partir notamment du DAIE, le gouvernement choisit le site issu de la fusion des candidatures de la Meuse et de la Haute-Marne. Le décret découlant de cette décision est pris le 3 août 1999 : « L'Andra est autorisée à installer et exploiter sur le territoire de la commune de Bure (département de la Meuse) un laboratoire souterrain destiné à mener des recherches sur les formations géologiques profondes où pourraient être stockés des déchets radioactifs ». La formation géologique retenue est la couche argileuse du Callovo-Oxfordien située à environ 500 m de profondeur.



## >2000

Le creusement du puits principal commence au mois d'août et celui du puits auxiliaire au mois de novembre.

## >MAI 2002

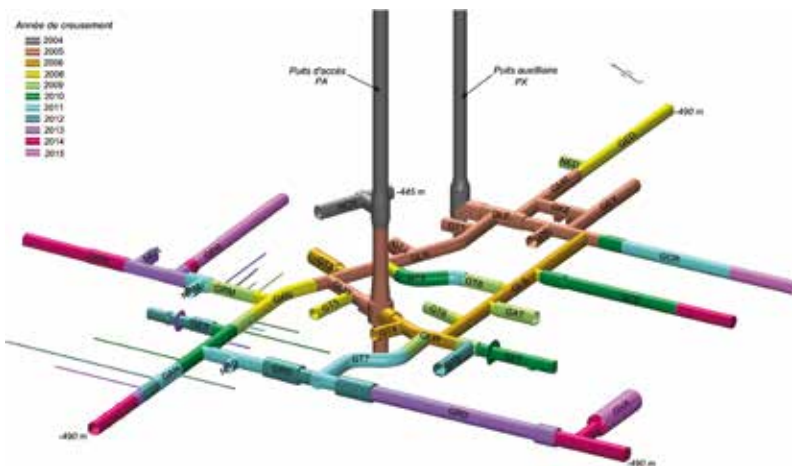
Un accident mortel lors du creusement du puits interrompt le chantier durant un an. Une campagne de forages de reconnaissance et le déploiement d'expérimentations dans le laboratoire suisse du Mont-Terri sont lancés.

## >2004-2005

Le creusement des puits atteint la couche du Callovo-Oxfordien et le creusement des galeries d'expérimentation débute.

**Depuis le creusement des galeries, les essais et les expérimentations se poursuivent et l'Andra est autorisée à exploiter le Laboratoire jusqu'en 2030.**

- 1 Colis HA
- 2 Camions vibreurs utilisés pour les campagnes de reconnaissance
- 3 Maquette de conteneur et colis MA-VL
- 4 Début du fonçage (creusement vertical) du puits principal
- 5 Base du puits auxiliaire



# LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE AU LABORATOIRE SOUTERRAIN

2000-2005 - 1<sup>ÈRE</sup> ÉTAPE

## DÉMONTRER LA FAISABILITÉ DU STOCKAGE

DE 2000 À 2005, IL S'AGIT DE DÉMONTRER LA FAISABILITÉ DE PRINCIPE DU STOCKAGE. L'OBJECTIF DES EXPÉRIMENTATIONS EST D'OBTENIR DES DONNÉES SUR LES CARACTÉRISTIQUES DE LA ROCHE ARGILEUSE, SUR SES CAPACITÉS À CONFINER LES RADIONUCLÉIDES CONTENUS DANS LES DÉCHETS RADIOACTIFS, ET SUR LA CAPACITÉ DE RÉALISATION D'OUVRAGES SOUTERRAINS.

### Les propriétés de confinement de la roche

Les mesures de migration ont pour but d'évaluer la migration des éléments radioactifs dans la roche. Les recherches portent notamment sur l'étude de la composition de l'eau contenue dans la roche argileuse, la perméabilité de la roche (à savoir la capacité de cette eau à se déplacer), et la diffusion (mécanisme dominant de transfert des éléments radioactifs dans la roche). Un essai de diffusion est réalisé à l'aide d'une solution contenant des traceurs très faiblement radioactifs (naturels ou utilisés en médecine) en très faible quantité, que l'on laisse pénétrer par diffusion dans la roche. L'ensemble de ces travaux ont démontré la capacité de confinement de la roche :

- La couche du Callovo-Oxfordien a une perméabilité très faible, c'est une des raisons qui ont conduit à choisir cette couche. Les circulations d'eau sont très limitées : une molécule d'eau parcourt quelques centimètres en 100 000 ans.

- De par cette très faible perméabilité les éléments radioactifs se déplacent préférentiellement par diffusion dans la roche.

- La caractérisation sur échantillons et l'essai de diffusion in situ montrent que cette diffusion est très lente.

- Les argilites possèdent de fortes capacités de rétention pour la majeure partie des éléments radioactifs.

- Les argilites contiennent une part importante de minéraux argileux dont de la smectite qui fixe les éléments à leur surface.

- La composition chimique de l'eau dans la roche conduit à une très faible solubilité de la majeure partie des éléments radioactifs.





## Dossier 2005

En 2005, l'Andra remet le « Dossier 2005 » aux ministres chargés de l'industrie et de la recherche : ce dossier rend compte des recherches effectuées depuis 1999, notamment dans le Laboratoire souterrain. L'Agence y décrit un site à la géologie simple, éloigné des zones sismiques majeures, qui présente une couche d'argilite d'âge Callovo-Oxfordien homogène et régulière. Les caractéristiques de l'argilite en font une roche apte à recevoir et confiner les radionucléides contenus dans les déchets radioactifs pour plusieurs centaines de milliers d'années. Il établit ainsi la faisabilité de principe d'un stockage de déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue dans la couche du Callovo-Oxfordien en Meuse/Haute-Marne. Le Dossier 2005 est évalué par l'ASN (Autorité de Sûreté Nucléaire) et la CNE (Comité National d'Évaluation), ainsi que par une revue internationale. Il a servi de base à l'élaboration de la loi de 2006 relative à la gestion des matières et des déchets radioactifs.

### **LES ARGILITES DU CALLOVO-OXFORDIEN**

Le Callovo-Oxfordien est une couche sédimentaire argileuse du Bassin parisien qui s'est déposée il y a environ 160 millions d'années dans une mer peu profonde qui recouvrait alors l'emplacement actuel du nord de la Haute-Marne et du sud de la Meuse. Cette couche est stable depuis plus d'une centaine de millions d'années. Sur la zone de transposition (zone de 250 km<sup>2</sup> favorable à l'implantation des installations souterraines du centre de stockage), le Callovo-Oxfordien présente une épaisseur moyenne de 145 m et est situé entre 400 et 600 m de profondeur. Les argilites qui composent cette couche sont principalement composées de minéraux argileux, mais également de quartz et de carbonates qui confèrent aux argilites une certaine résistance mécanique. Cette couche géologique est étudiée pour le stockage en profondeur en raison notamment de sa très faible perméabilité et de ses fortes capacités de rétention chimique des éléments. Ces propriétés permettent de retarder et de limiter la migration des radionucléides présents dans les déchets.



- 
- 1 Vue aérienne du Laboratoire
  - 2 Brise-roche hydraulique
  - 3 Dossier 2005
- 

Tous ces éléments conduisent à piéger l'essentiel de la radioactivité au sein du stockage ou à son voisinage immédiat. Seuls certains radionucléides, très mobiles et à vie longue, pourront migrer jusqu'aux limites de la couche d'argile, de manière très étalée dans le temps (plusieurs centaines de milliers d'années). Les différentes voies potentielles de transfert de ces radionucléides mobiles jusqu'à l'homme ont été étudiées. Leur impact radiologique sera inférieur à celui de la radioactivité naturelle.

### **L'endommagement de la roche avec le creusement des ouvrages**

Le creusement des puits est réalisé à l'aide d'explosifs tandis que celui des galeries du Laboratoire souterrain est effectué à l'aide d'un brise-roche hydraulique, machine qui agit à la manière d'un marteau piqueur de grande taille. Il permet de vérifier, mètre après mètre, que les couches géologiques traversées sont bien régulières et n'ont pas été altérées par des phénomènes naturels, comme des séismes ou des glaciations. Des capteurs placés dans des forages de plusieurs mètres de longueur mesurent en continu, pendant et/ou après le creusement des ouvrages dans la couche du Callovo-Oxfordien, les déformations et les fissures qui apparaissent à leur proximité. Ces informations permettent d'obtenir une cartographie de l'endommagement de la roche au pourtour immédiat des ouvrages. Cet endommagement a pour conséquence d'augmenter localement la perméabilité de la roche. Pour interrompre les éventuelles circulations d'eau

dans ces zones de roche endommagée, des tests ont démontré l'efficacité d'un bouchon réalisé avec de l'argile gonflante (bentonite).

D'autres expérimentations ont aussi révélé une caractéristique particulière que possède la roche argileuse, celle de s'autocolmater progressivement grâce au gonflement d'une partie des minéraux argileux qu'elle contient. Les zones endommagées par le creusement sont suivies régulièrement pour connaître leur évolution dans le temps et en fonction de l'orientation des galeries.

### **Le comportement de la roche suite à un échauffement**

Les déchets radioactifs de haute activité dégagent de la chaleur qui diminue au fil du temps avec la décroissance radioactive. Leur mise en place dans le stockage entraînera une élévation de température dans la roche argileuse. Un principe de conception du stockage est de ne pas dépasser 100°C dans le Callovo-Oxfordien afin de préserver ses propriétés de confinement favorables. Pour comprendre le comportement hydromécanique de la roche argileuse soumise à une élévation de température et notamment évaluer l'absence d'effet sur les propriétés de confinement, des sondes chauffantes, ainsi que des capteurs à leur pourtour, ont été placés dans le Laboratoire souterrain. Aucun endommagement n'a été observé.

## 2006-2015 - 2<sup>E</sup> ÉTAPE

# CONCEVOIR LE STOCKAGE

EN 2006, LE PARLEMENT ENTÉRINE LE CHOIX DU STOCKAGE PROFOND ET MISSIONNE L'ANDRA POUR CONCEVOIR UN CENTRE DE STOCKAGE ENTRE LA MEUSE ET LA HAUTE-MARNE. LES EXPÉRIENCES MENÉES À PARTIR DE 2006 ONT DONC UNE PORTÉE DÉSORMAIS PLUS INDUSTRIELLE ET POUR OBJECTIF DE CONCEVOIR UN STOCKAGE SÛR À LONG TERME.

### **CONNAISSANCES SUR LE MILIEU GÉOLOGIQUE**

En complément des connaissances acquises sur le milieu grâce aux relevés cartographiques, aux forages et aux campagnes sismiques conduits pour le dossier 2005, l'Andra conduit en 2007/2008 puis en 2010, de nouvelles campagnes de reconnaissances géologiques depuis la surface à l'échelle de la zone de transposition. Ces campagnes sont menées afin de définir la zone d'implantation des installations souterraines de Cigéo. Cette zone, la ZIRA (zone d'intérêt pour une recherche approfondie) a ainsi été reconnue grâce à de la sismique 3D.

### **Caractérisation de la roche : les expérimentations menées avant 2006 continuent**

Si le « dossier 2005 » a démontré la faisabilité de principe d'un stockage, les expériences menées sur la caractérisation de la roche continuent. Il s'agit notamment de consolider les connaissances sur des temps d'observation longs. Les études d'interaction entre la roche et les matériaux du stockage se développent.

### **Étude des interactions matériaux roche argileuse**

Différents matériaux seront utilisés dans le stockage : verre et acier pour les colis de déchets de haute activité, et béton pour les colis de déchets de moyenne activité à vie longue. Des expérimentations sont mises en place pour étudier le comportement de ces matériaux en condition de stockage.

#### **■ La corrosion des aciers**

L'acier des conteneurs HA et du chemisage (tube d'acier introduit dans l'alvéole) des alvéoles HA seront exposés à des environnements physico-chimiques évolutifs dans le temps : initialement à un environnement chaud et humide contenant de l'oxygène, et à long terme à un milieu anoxique (absence d'hydrogène) saturé en eau et à la température naturelle du Callovo-Oxfordien.

Pour mesurer les vitesses de corrosion et évaluer les processus de corrosion, l'Andra procède à une série d'expérimentations au Laboratoire souterrain, nommées MCO (Matériaux-Corrosion).



- 1 Alvéole HA
- 2 Alvéole HA instrumentée
- 3 Relevés géologiques
- 4 Essai de scellement

### ■ L'interaction roche-béton

Les bétons seront largement utilisés dans le stockage, plus particulièrement pour le revêtement/soutènement des galeries et les conteneurs de stockage des déchets MA-VL.

Les interactions entre le béton et la roche argileuse font l'objet des essais MHL (interaction de la roche et des matériaux argileux du stockage). Leur objectif est d'évaluer la durabilité des bétons au contact de l'argile (évolution des caractéristiques chimiques et physiques), et corrélativement, les effets des bétons (fluide cimentaire alcalin) sur la roche argileuse.

### ■ La migration de l'hydrogène

Les colis de déchets et les matériaux introduits dans les ouvrages de stockage seront à l'origine d'une production de gaz (principalement de l'hydrogène, gaz non radioactif) due à la corrosion des matériaux métalliques en l'absence d'hydrogène et à la radiolyse des matières organiques et de l'eau.

L'évaluation de l'effet des gaz sur les ouvrages du stockage nécessite une bonne compréhension des mécanismes de leur transfert dans tous les matériaux et plus particulièrement dans les argilites du Callovo-Oxfordien.

Pour cela d'Andra procède à une série d'essais dans le Laboratoire souterrain dans le cadre de l'expérimentation PGZ (Perturbation induite par les gaz). L'objectif de ces essais est notamment de caractériser les propriétés de transfert des gaz dans la roche argileuse.

### Essais technologiques

#### ■ Creusement / soutènement

La première étape de la construction des ouvrages souterrains du stockage géologique est le creusement des descendries, puits et galeries. L'Andra teste plusieurs méthodes de creusement dans le Laboratoire souterrain :

- **Le brise-roche hydraulique** : conçu comme un marteau piqueur. Il permet de creuser des galeries d'un diamètre maximal de 5 m.
- **La machine à attaque ponctuelle** : cette machine excave la roche à l'aide d'une fraise munie de picots. Lorsqu'elle entre en rotation, la fraise rogne la roche.
- **Le tunnelier** : à l'instar de la machine à attaque ponctuelle, l'outil de coupe est en forme de fraise. Monté sur un bras articulé, la fraise est capable de balayer tout le front de taille sur plus de 7 m de diamètre.

Après creusement, la roche autour d'une galerie a tendance à converger, c'est-à-dire à se déformer. Il est donc nécessaire de mettre en place un soutènement afin de maintenir la galerie ouverte. Dans le Laboratoire souterrain, l'Andra a testé plusieurs types de soutènement :

- A l'aide de béton projeté ou coulé en place :

- *Le soutènement souple* : composé de cales compressibles en béton, ce soutènement accompagne la convergence de la roche.

- *Le soutènement rigide* : composé de béton coulé ou de béton projeté, ce soutènement a pour but de bloquer la convergence de la roche.

- A l'aide de voussoirs :

Le soutènement est composé d'arcs préfabriqués en béton armé disposés en anneaux successifs et mis en place au fur et à mesure du creusement de la galerie.

## ■ Alvéole HA

Les alvéoles HA, qui accueilleront les colis de déchets de haute activité sont :

- des tunnels borgnes (fermés à une extrémité)
- légèrement en pente
- de diamètre d'environ 70 cm
- d'une longueur d'environ 80 à 100 m

Avec les expérimentations ALC (Alvéole HA) dans le Laboratoire souterrain, l'Andra procède à des essais de creusement d'alvéoles HA et de mise en place du chemisage et étudie le comportement thermo-hydrromécanique des composants de l'alvéole après mise en place d'une sonde chauffante dans le chemisage.



## Surveillance (capteurs, base de données)

Pour surveiller le bon fonctionnement du stockage et détecter d'éventuels dysfonctionnements, ce dernier sera instrumenté. Le monitoring du stockage sera intégré dès la conception du stockage et prendra en compte le retour d'expérience du Laboratoire souterrain.

Le Laboratoire souterrain est instrumenté avec des milliers de capteurs et ce depuis le début de sa construction. Ils ont permis d'acquérir de multiples mesures et de suivre les différentes expérimentations. Les capteurs font également l'objet de travaux de recherche et développement.

L'expérimentation ORS « Observation du Revêtement et du Soutènement » répond aux besoins associés à l'observation-surveillance de sections de galeries. Pour cette expérimentation, des capteurs ont été placés dans le béton et d'autres dans la roche. L'objectif est notamment de qualifier les capteurs mis en place, de tester in situ des nouveaux capteurs et/ou systèmes de transmission des données, et d'évaluer la durabilité et les dérives des différentes technologies de capteurs utilisées.



## Scellement

Le creusement d'une galerie endommage la roche en créant une zone fissurée à son pourtour. Dans cette zone endommagée, les propriétés de la roche sont susceptibles d'être modifiées. Pour éviter que les réseaux de fissures créés ne favorisent une circulation rapide de l'eau et n'altèrent les capacités de confinement de la roche,

des scellements à base d'argile gonflante seront mis en place dans les descendries, puits et galeries du stockage.

L'expérimentation NSC (Noyau et scellement en vraie grandeur), menée dans le Laboratoire souterrain, évalue la performance hydraulique des scellements.



### UN OUTIL INDUSTRIEL FONCTIONNEL

Si le Laboratoire souterrain est un outil de recherche exceptionnel, il constitue également une installation industrielle souterraine que l'Andra exploite depuis plusieurs années. Elle a pour cela mis en œuvre des techniques et développé des compétences qui sont aujourd'hui rares en France, en raison de la fermeture quasi-totale des mines.

Ainsi, l'exploitation du Laboratoire requiert par exemple de gérer les effectifs présents dans les galeries souterraines. Afin de contrôler les activités souterraines, le Laboratoire est doté d'un poste de commande centralisé, comme ce sera le cas dans Cigéo, s'il est autorisé. Ce poste de commande permet la maintenance des installations : chauffage / climatisation, éclairage, détection de gaz, détection incendie, etc. Autre point : un poste de secours implanté directement sur le site du Laboratoire permet de réduire les délais d'intervention des pompiers. C'est également une manière de renforcer l'expérience de l'Andra en matière d'opération en milieu souterrain en vue de la création de Cigéo.

- 1 Essai de scellement
- 2 Poste de commande centralisé
- 3 Essai de creusement des alvéoles HA

# OPE

## ESSAIS ET DÉMONSTRATEURS TECHNOLOGIQUES SIMULATION NUMÉRIQUE

### DES OUTILS INNOVANTS

#### Les sciences de l'environnement : l'OPE et l'écothèque

##### ■ L'observatoire pérenne de l'environnement

L'observatoire pérenne de l'environnement (OPE) a été créé en 2009 afin d'établir un état de référence de l'environnement autour de Cigéo, d'en assurer le suivi après l'installation de Cigéo (s'il est autorisé) durant sa période d'exploitation séculaire, d'identifier les évolutions et d'en retracer les origines.

L'OPE s'inscrit donc bien au-delà des obligations réglementaires de surveillance de l'environnement imposées aux installations industrielles ; de par sa durée envisagée, 100 ans, il est aussi un outil de recherche en environnement exceptionnel reposant sur un réseau durable de mesures diversifiées.

**Couvrant un territoire de 900 km<sup>2</sup>, incluant une zone restreinte d'environ 230 km<sup>2</sup> au pourtour immédiat de Cigéo, l'OPE doit ainsi permettre :**

- D'établir sur 10 ans un état des lieux de l'environnement du stockage, aussi bien physique et chimique, que biologique et radiologique ; avant toute construction d'installations de Cigéo.
- De conserver la mémoire de cet environnement, grâce à l'écothèque.

- De contribuer au plan de surveillance environnemental du futur centre de stockage.
- De comprendre les interactions entre les différents milieux environnementaux et de suivre leur évolution afin d'évaluer précisément l'impact du stockage sur le long terme.
- De définir l'origine des évolutions observées.

L'acquisition et l'exploitation des données environnementales sont assurées en collaboration et partenariat avec différentes parties prenantes parmi lesquelles : des institutionnels locaux (chambres d'agriculture, Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement, Office National des Forêts, Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage...), les collectivités locales, les communes et les exploitants, les associations (fédérations de pêche et de chasse...), des bureaux d'étude, des laboratoires de recherche appartenant à différents organismes publics (INRA,...).

Outil de recherche scientifique, depuis 2011, l'OPE est labellisé SOERE (Système d'Observation et d'Expérimentation au long terme pour la Recherche en Environnement) par l'Alliance nationale de recherche pour l'environnement (AllEnvi) qui sélectionne les projets contribuant à la cohérence des recherches environnementales au niveau national.



**De nombreux outils et moyens d'observation et d'expérimentation sont mis en place sur la zone OPE, afin de disposer de données couvrant tous les compartiments de l'environnement :**

- Un site expérimental forestier équipé d'une tour à flux et de 3 stations de suivi biogéochimique.
- Un site expérimental agricole (prairie, culture).
- Une station atmosphérique.
- 16 stations de suivi des eaux et du milieu aquatique (dont 5 instrumentées).
- Des images satellites et aériennes.
- Des réseaux d'observation et d'inventaire pour la faune, la flore, la forêt, les sols, les productions agricoles et l'eau. Ces dispositifs permettent de générer plus de 85 000 données par an.

### ■ L'écothèque

En 2013, l'Andra a construit une écothèque, véritable bibliothèque de l'environnement, dans le cadre de l'OPE. Elle permet de garantir la traçabilité et l'intégrité des échantillons pendant une période d'au moins cent ans.

Il est prévu de conserver une grande variété d'échantillons provenant de différents écosystèmes (forêt, prairie, culture, milieu aquatique, chaîne agro-alimentaire).

La conservation des échantillons est garantie à très long terme par le choix du mode de conservation mais aussi par le choix des équipements. Il s'agit notamment de la cryogénie, avec l'utilisation de cuves cryogéniques, qui permettront de conserver les échantillons dans la phase gazeuse de l'azote liquide, très longtemps et sans altérer leur intégrité et leur composition. L'objectif est de pouvoir disposer de séries longues d'échantillons parfaitement préservés.

L'Ecothèque s'inscrit dans la lignée des banques d'échantillons environnementaux les plus développées. Elle a notamment une capacité maximum d'archivage d'échantillons unique au monde.

### Les essais et démonstrateurs technologiques

Parallèlement aux études scientifiques, l'Andra mène des études techniques qui concernent notamment les équipements susceptibles d'être mis en œuvre dans le futur centre de stockage profond.

1, 2 Ecothèque  
3 Pylône de la station atmosphérique de Houdelaincourt



Ces études définissent les solutions techniques qui seront utilisées pour la construction, l'exploitation et la fermeture du stockage : colis de déchets, équipements de conditionnement, conteneurs et alvéoles de stockage, procédés de transfert, de manutention des colis et de fermeture du stockage, capteurs...

Afin de tester ces différentes solutions, l'Andra réalise des maquettes, des prototypes et des essais technologiques non seulement dans le Laboratoire souterrain mais, mais aussi en surface.

Par exemple, dans le cadre du projet européen DOPAS, l'Andra a réalisé un essai de scellement en galerie horizontale tel qu'il est actuellement conçu pour Cigéo, l'essai FSS (pour Full Scale Seal). En complément d'un essai dans le Laboratoire souterrain (dont les galeries sont plus petites que celles prévues dans Cigéo), FSS a permis de vérifier en grandeur réelle la faisabilité du remplissage par un mélange de billes et de poudre de bentonite.



---

Démonstrateur de mise en place de briques de bentonite

---

## La simulation numérique

Pour concevoir et évaluer la sûreté d'un centre de stockage, il faut être en mesure de prévoir son évolution et celle de ses différents composants (milieu géologique, ouvrages de stockage, colis...) dans le temps. Dans le cas du stockage profond, cela renvoie à de grandes échelles de temps (plusieurs centaines de milliers d'années) et/ou d'espace (jusqu'à plusieurs centaines de mètres), en comparaison avec les durées et dimensions d'activités humaines plus classiques. Associée à l'acquisition de connaissances, la simulation numérique est le moyen privilégié pour représenter l'évolution du stockage et du milieu géologique environnant sur de telles échelles et les nombreux phénomènes physiques mis en jeu.

L'Andra a mis en œuvre un plan de développement d'outils numériques (méthodes, codes et machines) pour répondre aux besoins de la simulation. Si une partie des travaux de simulation est confiée à des organismes experts extérieurs, l'Agence a développé, depuis plus de douze ans, ses propres compétences en simulation numérique. Cette maîtrise des outils de calcul est nécessaire pour garantir l'indépendance de l'Agence dans un de ses cœurs de métiers qui est l'évaluation de la sûreté à long terme. Les capacités des outils existants ont donc été renforcées et de nouveaux outils ont été développés par l'Andra (plate-forme Cassandra) ou en collaboration avec d'autres organismes (partenariat de recherche avec Inria, participation à des programmes de recherche nationaux). Pour résoudre certains problèmes particulièrement complexes, l'Agence fait par ailleurs appel aux capacités de calcul de GENCI (Grand équipement national de calcul intensif).

# LE LABORATOIRE SOUTERRAIN SUR SON TERRITOIRE

## ■ L'impact socio-économique

Le centre de l'Andra en Meuse/Haute-Marne emploie 158 personnes et génère sur son site plus de 300 emplois (salariés Andra et prestataires) qui concourent aux activités des différentes installations : le Laboratoire souterrain, l'Espace technologique, la carothèque, les stations de mesure de l'Observatoire pérenne de l'environnement et l'Ecothèque.



Par ailleurs, l'Andra mène une politique volontariste visant le développement des relations avec le tissu économique local et favorable aux emplois indirects régionaux.

Elle favorise par exemple les achats locaux (achats réalisés sur les départements d'implantation des centres de l'Andra : Meuse, Haute-Marne, Aube et Manche). Depuis plusieurs années, l'Andra organise avec l'association Energic ST 52/55 (regroupe-

ment d'entreprises dans le domaine des énergies et du BTP) une rencontre annuelle avec les PME locales afin de leur permettre de se familiariser avec ses exigences et ses procédures d'achat, ainsi que de se préparer à ses marchés futurs.

En 2014, les achats locaux représentaient plus de 14 millions d'euros passés à 321 entreprises différentes, dont 6,6 millions d'euros et 160 entreprises pour la Meuse et la Haute-Marne.

Ces emplois directs et indirects, présents sur le territoire, entretiennent également des emplois induits via les consommations courantes des salariés sur leur lieu de vie. Selon une enquête réalisée en 2010 auprès des salariés de l'Andra, 52 % des personnes résidaient à moins de 20 kilomètres du Centre et 97 % à moins de 45 kilomètres. De plus, 77 % résidaient de manière permanente en Lorraine ou Champagne-Ardenne, 51% étant propriétaires de leur logement et 57 % ayant des enfants scolarisés dans le primaire.

En avril 2013, l'Insee a publié [une étude intitulée « Le Laboratoire de Bure-Saudron : des emplois jusqu'à 50 km à la ronde »](#) qui souligne que :

**« Le Laboratoire de recherche de Bure-Saudron génère une activité économique dans de nombreux secteurs de l'économie locale (...) S'appuyant sur un tissu productif spécialisé dans l'industrie manufacturière, l'effet d'entraînement peut être estimé à 370 équivalents temps pleins en 2011 ».**

## ■ L'accompagnement économique

Deux groupements d'intérêt public (GIP) ont été créés en Meuse et en Haute-Marne pour gérer les équipements de nature à favoriser et à faciliter l'installation et l'exploitation du Laboratoire ou de Cigéo et pour mener au niveau départemental des actions d'aménagement du territoire et de développement économique. Ils ont également pour mission de soutenir les actions de formation et celles en faveur du développement de la valorisation et de la diffusion des connaissances scientifiques et technologiques. Ils sont actuellement dotés de 30 M€ par an et par département.

Par ailleurs, EDF, le CEA et Areva mènent une politique active en faveur du développement économique local. Cela comprend notamment :

- La création d'installations : plate-forme logistique de pièces de rechange EDF à Velaines, bâtiments d'archives EDF à Bure et d'Areva à Houdelaincourt, projet Syndièse du CEA en Haute-Marne.



- L'appui aux entreprises locales pour spécialiser leur savoir-faire et leur permettre de développer leur activité auprès des exploitants nucléaires.

---

1 Hôtel restaurant  
Le Bindeuil  
et archives d'EDF  
2 Journées portes  
ouvertes

---

## ■ Un centre ouvert aux visites

En 2014, le centre de Meuse/Haute-Marne a accueilli son 100 000<sup>e</sup> visiteur. Pour informer et présenter le projet Cigéo, les espaces d'informations sont ouverts au public tous les jours et des visites guidées ont lieu chaque week-end. Enfin trois samedi par an, l'opération « Galeries Ouvertes » permet de visiter le Laboratoire souterrain.



Par ailleurs, de nombreuses délégations étrangères visitent chaque année les installations de l'Andra en Meuse/Haute-Marne (homologues, politiques, presse...).

## ■ Des partenariats avec des instances de recherche locales

**L'Université de Lorraine** : pour développer les recherches en géosciences, en sciences de l'environnement, en sciences de l'ingénieur et en sciences humaines et sociales ; ce partenariat inclut une participation de l'Andra à des actions d'enseignement.

**L'UTT (Université de Technologie de Troyes)** : avec un double objectif d'enseignement et de recherche dans les domaines de l'instrumentation et des capteurs, de l'écologie et du développement durable, ainsi que du diagnostic, du contrôle et de la fiabilité et sûreté de fonctionnement.

[www.andra.fr](http://www.andra.fr)  
[www.cigeo.com](http://www.cigeo.com)  
[www.flickr.com/photos/andra\\_france/](http://www.flickr.com/photos/andra_france/)  
[@Andra\\_France](#) / [@Presse\\_Andra](#)

CONTACT PRESSE :  
ANNABELLE QUÉNET 01 46 11 83 01

---

Décembre 2015