

# Le projet Cigéo

Le centre industriel de stockage géologique Cigéo est conçu pour permettre le stockage des déchets français les plus radioactifs dans une couche d'argilite du Callovo-Oxfordien (remontant à 160 millions d'années) située dans le sous-sol de la commune de Bure (une couche étudiée grâce au Laboratoire souterrain de recherche de Meuse/Haute-Marne). Ces déchets radioactifs proviennent essentiellement des centrales nucléaires et du retraitement de leurs combustibles usés.

Par **Thibaud LABALETTE\***

La loi de programme du 28 juin 2006 confie à l'Andra la poursuite des études et des recherches en vue de choisir un site et de concevoir un centre de stockage, de telle sorte que la demande d'autorisation concernant ce centre puisse être instruite en 2015 et que sa mise en exploitation intervienne en 2025 (sous réserve de son autorisation).

En 2012, ce projet est entré dans sa phase de préparation industrielle. Le groupement Gaiya (Technip/Ingérop) a été retenu par l'Andra pour assurer la maîtrise d'œuvre système du projet. Les études visent à fournir les données techniques nécessaires pour préparer le débat public prévu en 2013 et présenter la demande de création de Cigéo en 2015.

L'installation souterraine est conçue de façon modulaire pour permettre la construction progressive des alvéoles de stockage et la séparation des déchets en fonction de leurs caractéristiques. Après une centaine d'années d'exploitation, son extension devrait être de l'ordre de 15 km<sup>2</sup>.

Des liaisons surface-fond sont nécessaires pour acheminer le personnel, les colis de stockage, les matériels et matériaux pour les travaux ainsi que les utilités (dont la ventilation). Les transferts liés aux travaux sont réalisés au moyen de puits verticaux. Pour donner de la flexibilité au choix du site, l'Andra a étudié la possibilité de réaliser une descenderie pour le transfert des colis (voir la figure 1 de la page suivante).

---

## LE PROJET DE STOCKAGE

Les installations de surface du stockage comprennent notamment des installations nucléaires (dans lesquelles les colis de déchets seront réceptionnés, contrôlés et préparés avant leur mise en stockage), des ateliers industriels (pour le soutien des travaux de creusement et la maintenance), des bâtiments administratifs, une ou plusieurs zones de dépôt des déblais (les verses), dont 40 % environ seront réutilisés pour la fermeture du centre de stockage. Leur emprise est d'une superficie d'environ 300 hectares.

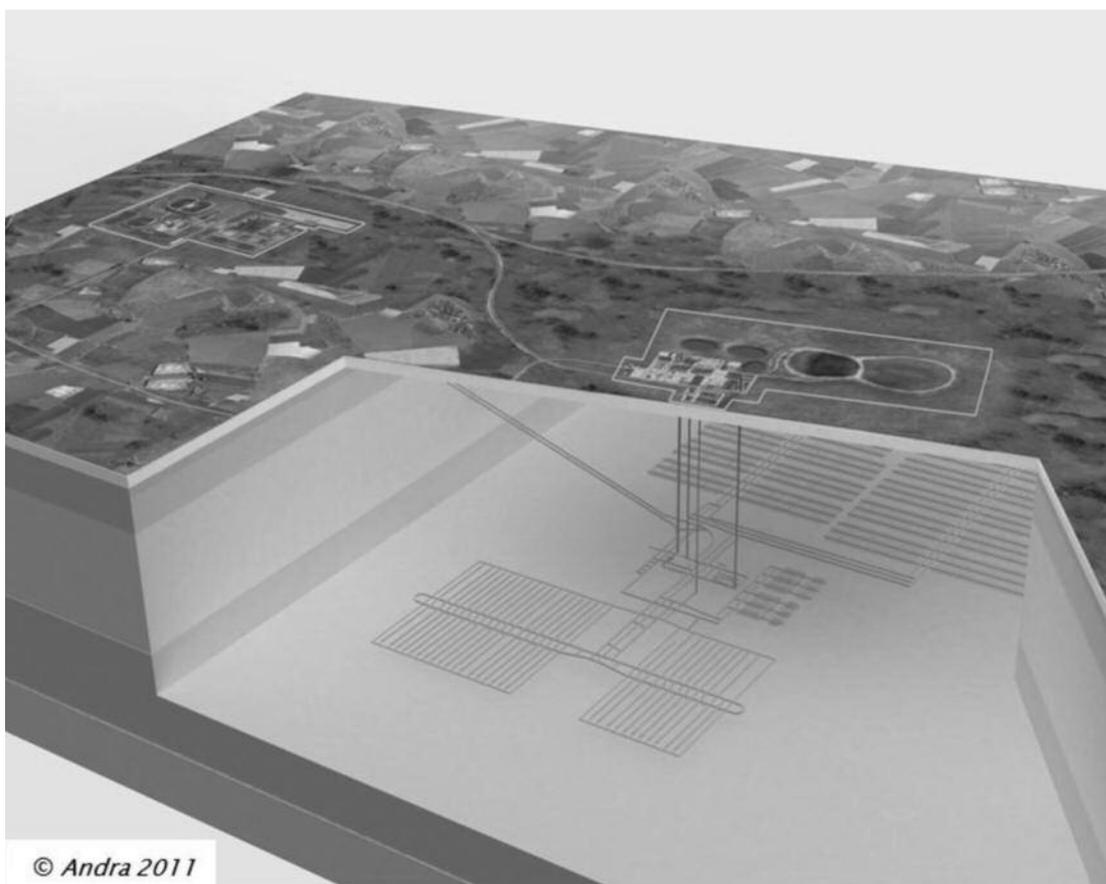
---

## L'IMPLANTATION DE CIGÉO

Les études et recherches conduites par l'Andra jusqu'en 2005 ont montré la faisabilité du stockage dans la couche d'argilite du Callovo-Oxfordien. Une zone de 250 km<sup>2</sup> a été définie autour du Laboratoire, dans laquelle les résultats obtenus sur cette couche argileuse peuvent être transposés.

---

\* Directeur des programmes - Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra).



© Andra 2011

Figure 1 : Schéma de principe du stockage (sur la base des options 2009).

L'Andra a proposé fin 2009 une zone restreinte, d'environ 30 km<sup>2</sup>, pour étudier l'implantation de l'installation souterraine du stockage. La qualité géologique est un critère déterminant pour le choix d'un site. L'Andra a également mis en œuvre une démarche de dialogue avec les acteurs locaux pour identifier les critères liés à l'aménagement du territoire et à l'insertion locale à prendre en compte pour implanter Cigéo.

En 2010, le gouvernement a validé la zone proposée par l'Andra après avis de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) et de la Commission nationale d'évaluation et après consultation du Comité local d'information et de suivi du Laboratoire souterrain. Les résultats de la campagne de reconnaissance approfondie (sismique 3D) réalisée ensuite sur cette zone confirment l'absence de faille, même mineure, affectant la couche géologique du Callovo-Oxfordien.

Les départements de la Meuse et de la Haute-Marne ont exprimé la volonté d'être durablement partenaires pour l'accueil du stockage. Lors du Comité de Haut Niveau du 27 février 2012 présidé par le ministre chargé de l'Énergie, il a été demandé à l'Andra d'étudier l'implantation de l'entrée de la descendrière du stockage dans la zone interdépartementale contiguë à la Meuse, côté Haute-Marne. Plusieurs scénarios sont actuellement étudiés en vue de l'implantation des installations de surface (voir la figure 2 de la page suivante). Le choix du site sera validé en 2013.

Les modalités d'insertion des installations dans leur environnement sont examinées par l'Andra en prenant en compte les attentes locales : gestion des eaux de surface et des déblais excavés, rejets, insertion paysagère, proposition d'esquisses architecturales, gestion du chantier,... Les aménagements et les équipements à développer pour permettre la construction et l'exploitation de Cigéo (infrastructures de transport, localisation du terminal ferroviaire, alimentation électrique et en eau, logements,...) sont étudiés dans le cadre d'un schéma interdépartemental de développement du territoire élaboré sous l'égide du préfet de la Meuse (qui est le préfet coordonnateur du projet) en lien avec les acteurs du territoire.

Pour l'accompagner et la conseiller dans sa mission d'information et de dialogue avec les différentes parties prenantes, l'Andra s'est dotée d'un comité d'expertise et de suivi de la démarche d'information et de consultation, qui est rattaché au Conseil scientifique de l'Agence.

## LES ENJEUX INDUSTRIELS ET ÉCONOMIQUES

En tant qu'exploitant nucléaire, l'Andra est responsable de la sûreté de Cigéo. L'Agence assume donc une responsabilité particulière en matière de choix de conception et de leur mise en œuvre, qui sont engageants sur le long terme.

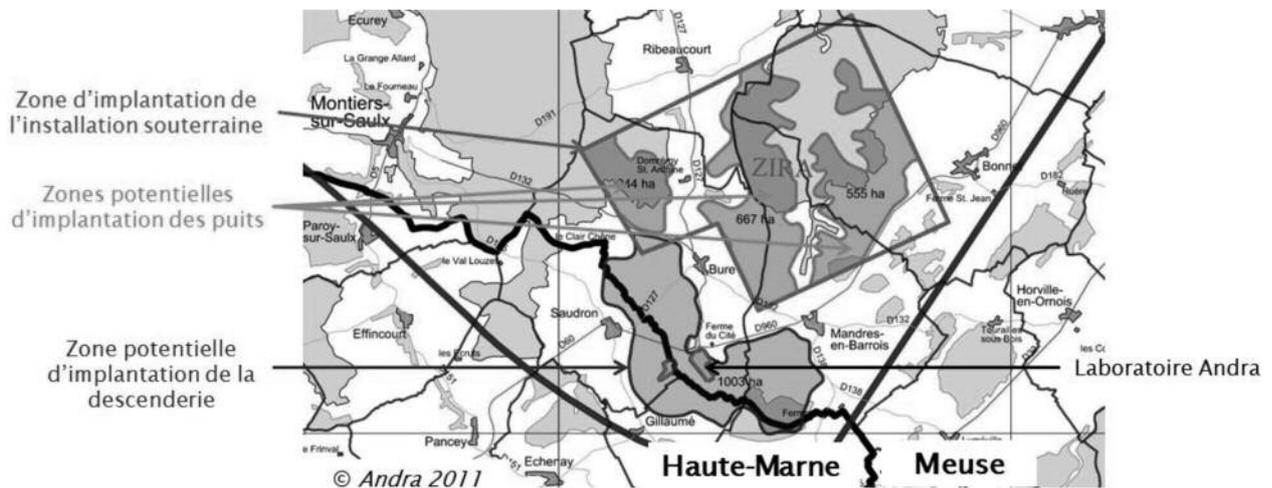


Figure 2 : Scénarios étudiés pour l'implantation de Cigéo.

Le montage industriel retenu par l'Andra pour la phase études comprend un maître d'œuvre système, architecte industriel, pour la phase esquisse (2012), qui sera accompagné de plusieurs maîtrises d'œuvre sous-systèmes, à partir de 2013, pour la réalisation des études d'avant-projet.

Dans la logique de déroulement du projet, les phases contractuelles d'études sont articulées avec les jalons réglementaires. Le calendrier prévisionnel du débat public est cohérent avec la planification des études industrielles, l'esquisse permettant de laisser des options ouvertes à la concertation. Les recommandations issues du débat seront prises en compte dans l'avant-projet.

L'organisation du projet s'appuie sur deux référentiels :  
 – a) la loi du 12 juillet 1985 relative aux rapports entre la maîtrise d'ouvrage publique et la maîtrise d'œuvre privée, dite loi MOP, dont les dispositions sont applicables à la réalisation de bâtiments, d'infrastructures et d'équipements industriels,  
 – b) la recommandation générale RG Aéro.000 40 utilisée par l'Andra pour structurer et piloter le projet. L'organisation mise en place par l'Andra vise à maîtriser les performances techniques du projet, les délais et les risques, à optimiser les coûts, en respectant les exigences de sûreté, de sécurité et de réversibilité, tout en prenant en compte les enjeux liés à la propriété intellectuelle des développements technologiques et à l'insertion locale du projet. Des revues de projet par des experts externes seront organisées lors du franchissement des principaux jalons des études industrielles du projet Cigéo.

Un comité industriel *ad hoc* a été mis en place par l'Andra en 2011. Il émet des avis et des recommandations au conseil d'administration de l'Agence sur toutes les questions relevant de l'activité et des projets industriels de l'Andra (dont notamment le projet Cigéo) que le conseil lui soumet.

Cigéo sera une installation nucléaire atypique, construite et exploitée durant une période dépassant

les cent ans. Cette longue durée conduit à développer les ouvrages de stockage par tranches successives d'exploitation, dans une logique de flexibilité. La définition du programme de la première tranche d'exploitation et celle du schéma directeur de développement des tranches suivantes nécessitent que soit planifiée la livraison des différents colis de déchets en étroite collaboration avec les producteurs de ces déchets (Areva, le CEA et EDF).

Les caractéristiques des premiers colis livrés déterminent les fonctionnalités des ateliers nucléaires de surface à mettre en exploitation sur le site de stockage en 2025 et les besoins industriels sur les sites d'entreposage actuels (La Hague, Marcoule, Cadarache, principalement), à prévoir en cohérence avec Cigéo. Le transport des colis de déchets depuis les sites d'entreposage jusqu'à Cigéo est placé sous la responsabilité des producteurs de ces déchets.

Une convention de coopération organise les modalités de l'interface entre l'Andra, qui est maître d'ouvrage et responsable du stockage, et les producteurs des déchets, qui sont à la fois les bénéficiaires et les financeurs de ce stockage, dans le respect des responsabilités de chacun. Cette convention permet également au projet Cigéo de bénéficier du retour d'expérience d'Areva, du CEA et d'EDF. La procédure d'évaluation du coût de Cigéo est définie par la loi du 28 juin 2006 :

- a) l'Andra propose au ministre chargé de l'Énergie une évaluation du coût du stockage,
- b) le ministre recueille les observations des producteurs de déchets et l'avis de l'ASN sur la proposition de l'Andra,
- c) le ministre arrête l'évaluation du coût et la rend publique.

Les exploitants nucléaires prennent notamment en compte cette évaluation pour déterminer les charges de gestion de leurs déchets radioactifs (voir l'article 20 de la loi du 28 juin 2006).

La référence actuelle pour l'évaluation du coût du stockage a été initiée en 2002 sur la base d'hypothèses techniques (inventaire, options de conception) et des

conditions économiques de l'époque. Elle avait conduit à estimer en 2005 un coût brut du stockage (dépenses non actualisées) compris entre 13,5 et 16,5 milliards d'euros aux conditions économiques de l'époque, soit de l'ordre de 1 % du coût de production de l'électricité. Cette évaluation inclut les coûts de construction, d'exploitation, de fermeture et les taxes répartis sur plus de cent ans. Ce chiffrage a été établi sur la base d'un inventaire de déchets correspondant à l'ensemble de la production du parc électronucléaire de la France sur quarante ans.

L'Etat a engagé le processus de mise à jour de l'évaluation du coût du stockage en vue d'arrêter une nouvelle évaluation de ce coût. L'Andra proposera un nouveau chiffrage fin 2013, qui sera fondé sur les études d'esquisse et sur l'inventaire de déchets actualisé fourni par les producteurs de déchets, et qui prendra en compte les recommandations des évaluateurs et les éventuelles modifications qui seraient apportées au projet suite au débat public.

La loi du 28 juin 2006 institue un fonds « recherche » qui a pour ressource le produit de la taxe « recherche », et un fonds « construction/exploitation », avec pour ressources les contributions des exploitants d'installations nucléaires de base (définies par des conventions).

---

## LES ENJEUX LIÉS À LA SÛRETÉ ET À LA SÉCURITÉ

Conformément au guide de sûreté établi par l'ASN, « après la fermeture de l'installation de stockage, la protection de la santé des personnes et de l'environnement ne doit pas dépendre d'une surveillance et d'un contrôle institutionnel qui ne peuvent pas être maintenus de façon certaine au-delà d'une période limitée ». Cela implique une compréhension de l'évolution du stockage permettant de rendre celui-ci le plus robuste possible aux événements internes (défaillances de composants) et externes (intrusions d'origine humaine, événements naturels) susceptibles d'intervenir sur des échelles de temps très longues.

En se projetant jusqu'à la fermeture définitive du centre de stockage, les solutions techniques étudiées fournissent un cadre aux simulations et aux analyses de sûreté à long terme du stockage. L'Andra met également en œuvre, dès à présent, un programme d'études et d'essais portant sur les futurs scellements qui seront mis en place lors de la fermeture des ouvrages du stockage.

Si, dans son principe, la sûreté de l'exploitation du centre s'apparente à celle des installations nucléaires existantes, la partie souterraine du centre présente des caractéristiques atypiques qui ne permettent pas de se limiter à une simple transposition de ses pratiques : les volumes des installations souterraines accueillant des activités nucléaires sont sans commu-

ne mesure avec des installations de surface ; de plus, l'environnement souterrain limite l'accessibilité. La gestion de la co-activité entre les travaux souterrains et l'exploitation nucléaire doit séparer au maximum les chantiers. En matière de gestion du risque incendie, aucun référentiel existant ne peut s'appliquer en l'état compte tenu des spécificités du projet.

Le processus d'instruction de la demande d'autorisation de création de Cigéo est défini par la loi du 28 juin 2006. Par dérogation aux règles applicables aux autres installations nucléaires de base, la demande d'autorisation donne lieu à un rapport de la Commission nationale d'évaluation, à un avis de l'ASN, au recueil de l'avis des collectivités territoriales et à une évaluation par l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Une loi fixera ensuite les conditions de réversibilité du stockage.

Depuis 1996, l'ASN, l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) et le groupe permanent d'experts pour les déchets évaluent régulièrement les travaux de l'Andra au plan de la sûreté. Suite à l'instruction du Dossier 2009, des points de rendez-vous sur les enjeux de sûreté identifiés sont programmés d'ici à 2015.

---

## LES ENJEUX LIÉS À LA RÉVERSIBILITÉ DU STOCKAGE

La loi du 28 juin 2006 indique que la réversibilité du stockage devra être assurée, à titre de précaution, pendant une durée minimale qui ne peut être inférieure à cent ans, mais sans définir les conditions de cette réversibilité. Ces conditions seront fixées par une nouvelle loi, qui devra avoir été votée pour que l'autorisation de création du centre de stockage puisse être délivrée par décret en Conseil d'Etat pris après enquête publique.

Les nombreux échanges déjà organisés avec les parties prenantes font apparaître plusieurs motivations possibles pour la demande de réversibilité, telles que la possibilité de contrôler le déroulement du processus de stockage, la préservation de la possibilité de mettre en œuvre d'autres modes de gestion, la conservation d'une possibilité d'intervention en cas d'évolution anormale, la possibilité de récupérer des colis dans le cas où les déchets qu'ils contiennent deviendraient valorisables et, enfin, le souci de ne pas abandonner le site.

Pour répondre à ces différentes attentes, l'Andra propose une approche de la réversibilité reposant sur des dispositions techniques destinées à faciliter le retrait éventuel des colis et sur un processus décisionnel permettant de piloter le processus de stockage.

Pour faciliter les échanges avec les parties prenantes en France et à l'étranger, l'Andra a proposé de définir une

échelle associée à la réversibilité. Cette échelle illustre le caractère progressif du processus de stockage et permet de définir un jalonnement décisionnel possible associé au franchissement des différents niveaux définis dans ladite échelle. Celle-ci montre également que le caractère « passif » de la sûreté du stockage augmente au fur et à mesure de l'avancement du processus de stockage. Ces travaux s'inscrivent dans le cadre du projet *Reversibility and Retrievalability* mis en place par l'Agence pour l'Energie Nucléaire (AEN, de l'OCDE), dont les résultats ont été présentés lors d'une conférence internationale (qui s'est tenue, à Reims, du 14 au 17 décembre 2010).

### LA R&D

L'entrée du projet Cigéo dans une phase industrielle ne remet pas en cause la nécessité pour l'Andra de maintenir une R&D de haut niveau. En effet, des actions de R&D restent nécessaires pour préparer la demande d'autorisation de la création de Cigéo, puis sa mise en service. L'autorisation d'exploiter le Laboratoire a ainsi été prolongée jusqu'en 2030. À

plus long terme, la poursuite des actions de R&D de l'Andra permettra d'optimiser les nouvelles tranches de construction de Cigéo ainsi que les dispositifs de surveillance et de fermeture qui seront mis en œuvre. La R&D sur les déchets, leur conditionnement et leur stockage participera tant à la sûreté et à la compétitivité économique de Cigéo, en proposant des optimisations au fur et à mesure de l'exploitation du centre, qu'à sa réversibilité, en ouvrant sur des évolutions possibles. Pour ce faire, l'Andra continuera à s'appuyer sur des moyens et sur une structuration des activités de recherche qui soient cohérents avec les orientations nationales et internationales en la matière.

Les actions de recherche de l'Andra sont coordonnées avec celles des autres organismes de R&D, notamment dans le cadre du Comité de suivi des recherches, menées sur l'aval du cycle du combustible nucléaire. En parallèle, l'Agence participe à des exercices de prospective dans le domaine du nucléaire ou dans le cadre des alliances (Allenvi et Ancre) qui lui permettent de positionner ses activités scientifiques dans la perspective plus générale de la stratégie nationale de recherche et d'innovation. Enfin, la plateforme européenne *Implementing geological disposal – Technical platform* (IGD-TP) donne, au travers de son agenda

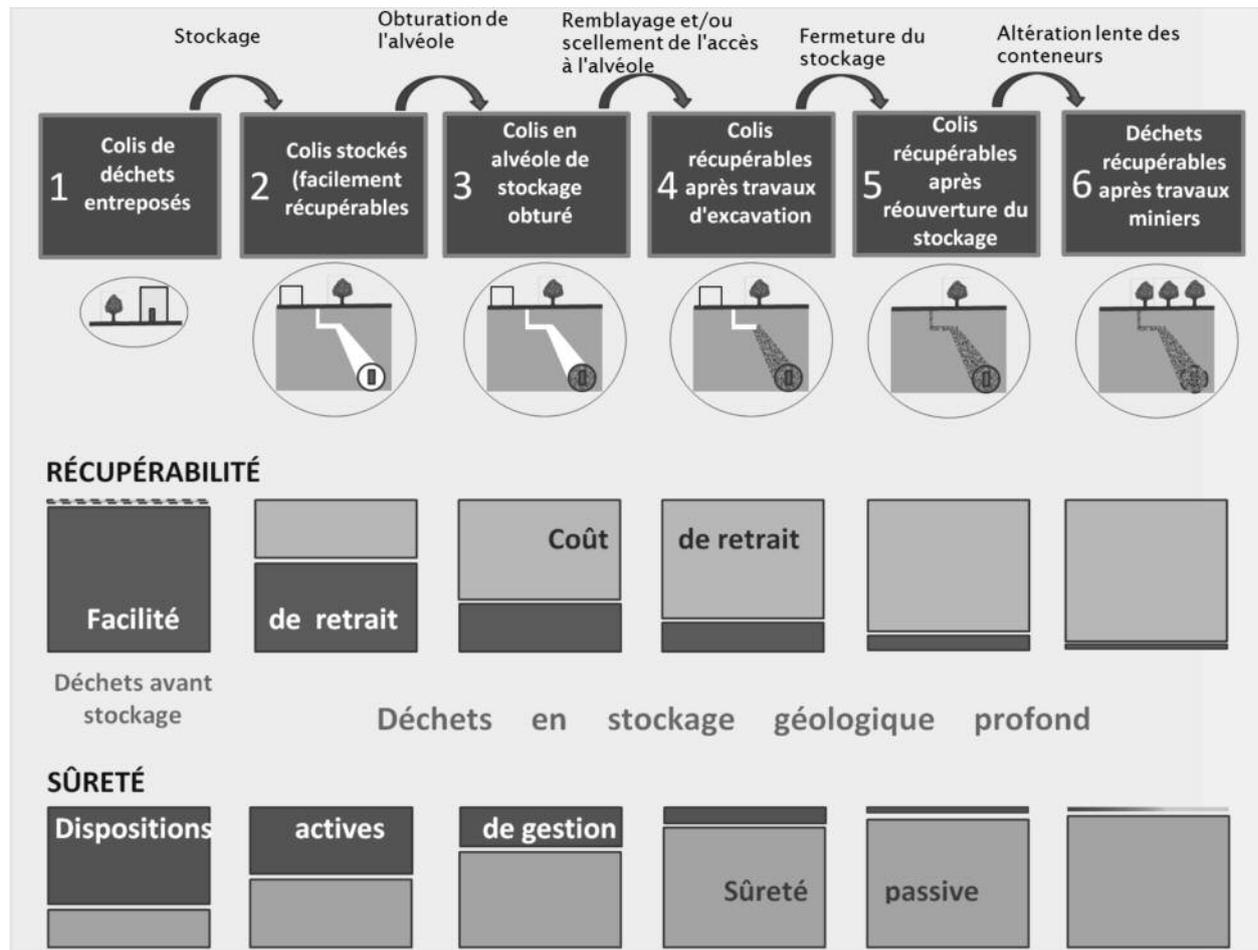


Figure 3 : Evolution de la facilité de retrait et de la passivité de l'installation en fonction du niveau dans l'échelle AEN.

stratégique des recherches, une feuille de route partagée par les homologues de l'Andra et les parties prenantes pour les quinze prochaines années.

Le conseil scientifique de l'Andra oriente le positionnement de l'Agence dans son environnement de recherche national et international, puis il en valide les choix stratégiques.

L'Andra est évaluée en 2012 par l'Agence d'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur (AERES). Il s'agit notamment de mesurer la capacité de l'Andra et de ses équipes à diriger et à orienter les études scientifiques et techniques destinées à répondre aux missions que l'Etat lui confie.

---

## CONCLUSION

Ces nouveaux développements du projet Cigéo interviennent dans un contexte international marqué par la catastrophe de Fukushima, mais aussi par la publication de la directive 2011/70/EURATOM du Conseil de l'Europe, du 19 juillet 2011, établissant un cadre communautaire pour la gestion responsable et sûre du combustible usé et des déchets radioactifs, et par celle du rapport de la *Blue Ribbon Commission* américaine, qui retiennent le stockage en couche géologique profonde comme solution de référence pour les déchets les plus radioactifs, tout en soulignant la nécessité de retenir des démarches flexibles et adaptables pour le processus de mise en place de telles installations.

Au niveau international, la démarche française est considérée comme exemplaire, tant au plan politique que technique. Comme la France, de nombreux pays ont engagé des recherches sur le stockage géologique : c'est le cas par exemple aux États-Unis, en Finlande,

en Suède, au Canada, en Chine, en Belgique, en Suisse, en Allemagne, au Royaume-Uni ou encore au Japon. Les concepts et les milieux géologiques choisis varient en fonction des pays. Le stockage du WIPP aux États-Unis accueille depuis une dizaine d'années les déchets de moyenne activité à vie longue issus des activités de défense américaine. La Finlande prévoit de mettre en service son stockage de combustibles usés à l'horizon 2020. La demande d'autorisation de création du stockage suédois est en cours d'instruction.

Pour être un succès, le projet Cigéo doit répondre à des enjeux sociétaux, à des enjeux de sûreté et à des enjeux industriels. L'Andra est le garant d'un juste équilibre entre ces différentes préoccupations. La gouvernance externe du projet permet d'impliquer les différents acteurs et parties prenantes liés à ces enjeux sous le contrôle de l'Etat et des évaluateurs. De plus, l'Andra est dotée de moyens de conseil et d'évaluation interne qui contribuent à assurer la qualité de ses travaux.

Le débat public sur le projet Cigéo pourra notamment contribuer à échanger sur la maîtrise des risques, la réversibilité, l'insertion locale du projet, la surveillance de l'environnement et de la santé. Il permettra de donner un éclairage sur la gestion des déchets radioactifs existants et ceux à produire (30 % des déchets de haute activité et 60 % des déchets de moyenne activité à vie longue devant être stockés en profondeur sont déjà produits). La flexibilité du projet (le creusement des galeries souterraines se fait au fur et à mesure des besoins) et son adaptabilité à l'évolution du système énergétique français seront présentées lors du débat. Cela permettra une articulation avec le débat sur la transition énergétique. L'Andra prendra en compte les recommandations issues du débat public pour élaborer le dossier de demande d'autorisation de Cigéo qui sera remis en 2015.