PROJET CIGÉO

CENTRE INDUSTRIEL DE STOCKAGE RÉVERSIBLE PROFOND DE DÉCHETS RADIOACTIFS EN MEUSE/HAUTE-MARNE

DÉBAT PUBLIC • LE DOSSIER DU MAÎTRE D'OUVRAGE

VERSION DU 24 JANVIER 2013

ANDRA
La maîtrise des déchets radioactifs

ÉDITORIAL

Marie-Claude DUPUIS
Directrice générale de l'Andra

François-Michel GONNOT
Président du conseil d'administration de l'Andra

ANDRA
La maîtrise des déchets radioactifs

La France a été l'un des premiers pays à prendre conscience de la nécessité de mettre en place une politique responsable et volontariste de gestion des déchets radioactifs. Avec la loi de 1991, le Parlement a ainsi inscrit la politique française dans une perspective de recherche de solutions pérennes et sûres pour ces déchets, avec l'objectif de ne pas léguer aux générations futures la charge des déchets produits par les activités dont nous bénéficions au quotidien.

Ces déchets sont en effet produits chaque année sur notre territoire, principalement par la production d'énergie nucléaire mais aussi par la Défense nationale, l'industrie, le secteur de la santé ou la recherche. La grande majorité d'entre eux bénéficie de solutions déjà opérationnelles : 90 % du volume total des déchets radioactifs produits chaque année en France sont aujourd'hui stockés dans les centres de l'Andra.

Mais les déchets les plus radioactifs et à vie longue - certains déchets resteront dangereux plus de 100 000 ans - ne peuvent être stockés en surface ou à faible profondeur, car on ne peut garantir que l'on saura maintenir des protections adaptées sur de telles échelles de temps.

C'est pourquoi le Parlement a retenu en 2006 la mise en œuvre d'un stockage profond, comme seule solution capable d'assurer la sûreté à long terme des déchets radioactifs tout en limitant les charges pesant sur les générations futures. La France a d'ailleurs été confortée dans ce choix par une directive du Conseil de l'Union européenne en 2011. De nombreux pays ont également engagé des recherches sur le stockage profond. En Suède et en Finlande, les demandes d'autorisation de création sont en cours d'instruction.

La loi du 28 juin 2006 donne à l'Andra la mission de concevoir et d'implanter le stockage qui accueillera ces déchets. Après plusieurs années de travail, le projet Cigéo (Centre industriel de stockage géologique) est aujourd'hui suffisamment avancé pour être présenté dans un débat public. Le projet n'est pas encore complètement finalisé, ce qui permettra de prendre en compte les retours du débat public dans la finalisation de la conception.

Le débat public organisé en 2013 par la Commission nationale du débat public constitue une étape indispensable avant le dépôt de la demande d'autorisation par l'Andra en 2015. Cette demande fera ensuite l'objet d'un processus d'évaluation sur plusieurs années, pendant lequel le projet sera examiné par la Commission nationale d'évaluation, l'Autorité de sûreté nucléaire, les collectivités territoriales et le Parlement. Son autorisation ne pourra intervenir qu'après une nouvelle loi fixant les conditions de la réversibilité du stockage et une enquête publique locale.

Ce débat public permettra à l'Andra de présenter ses propositions pour répondre à l'exigence formulée par la loi de 2006 d'un stockage réversible pendant au moins cent ans. L'Andra propose des dispositions de réversibilité qui ne compromettent pas la sûreté du stockage et qui sont réalistes sur le plan industriel. Elles permettront, jusqu'à sa fermeture définitive, de revenir sur les décisions prises, si la société le souhaite, de modifier le planning de fermeture progressif du stockage et de retirer des colis si besoin.

Ce débat sera aussi un moment important d'échange avec les citoyens, qu'ils habitent en Meuse, en Haute-Marne ou partout en France. En effet, avec ce débat public, nous souhaitons apporter les réponses à toutes les questions que les citoyens se posent légitimement sur cette installation mais aussi transmettre notre conviction : le stockage profond que nous proposons est la meilleure solution pour assumer, dans le respect des territoires qui acceptent de l'accueillir, la responsabilité qui incombe à la société française de mettre définitivement en sécurité ses déchets radioactifs.

Le projet Cigéo, que l'Andra présente au débat aujourd'hui, est le fruit d'un investissement sans faille d'hommes et de femmes, qui œuvrent de manière responsable, chacun dans leur domaine d'expertise, pour développer dans le respect du principe de précaution les solutions les plus sûres, pour les générations actuelles et futures.

Marie-Claude DUPUIS

François-Michel GONNOT

PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE L'ANDRA

L'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs est chargée de trouver et mettre en œuvre des solutions de gestions sûres pour l'ensemble des déchets radioactifs français afin de protéger les générations présentes et futures du risque que présentent ces déchets. Indépendante des producteurs de déchets radioactifs, l'Andra est placée sous la tutelle des ministres chargés respectivement de l'énergie, de la recherche et de l'environnement.

Le rôle de l'Andra a été défini par deux lois successives : la loi du 30 décembre 1991 qui a créé l'Agence en tant qu'établissement public industriel et commercial et lui a notamment confié les recherches sur le stockage profond des déchets radioactifs de haute activité à vie longue et la loi du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs qui définit son cadre d'action en lui confiant notamment les missions suivantes :

- MISSION DE CONCEPTION, DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET DE DÉVELOPPEMENT TECHNOLOGIQUE :
  - concevoir et mettre en oeuvre des solutions de gestion pérennes pour les déchets de haute activité (HA), de moyenne activité à vie longue (MA-VL) et de faible activité à vie longue (FA-VL) qui sont entreposés de manière provisoire.
- MISSIONS INDUSTRIELLES :
  - prendre en charge les déchets radioactifs issus du secteur nucléaire, de l'industrie non électronucléaire, de la Défense nationale, de la recherche et du secteur de la santé ;
  - exploiter et surveiller des centres de stockage de déchets radioactifs de façon sûre pour l'homme et l'environnement.
- MISSIONS DE SERVICE PUBLIC ET D'INFORMATION :
  - collecter les objets radioactifs auprès des particuliers et des collectivités locales ;
  - assainir et remettre en état les sites pollués par la radioactivité ;
  - réaliser et publier tous les trois ans l'Inventaire national des matières et déchets radioactifs en France ;
  - fournir une information claire et vérifiable sur la gestion des déchets radioactifs ;
  - favoriser les rencontres et susciter le dialogue avec toutes les parties prenantes.
- MISSIONS DE VALORISATION DES SAVOIR-FAIRE EN FRANCE ET À L'INTERNATIONAL :
  - développer les collaborations scientifiques aux niveaux national et international ;
  - valoriser l'ensemble des offres de service de l'Agence en France et à l'international ;
  - diffuser le plus largement possible la culture scientifique et technique.

CHIFFRES CLÉS (au 31/12/2012)

570 salariés

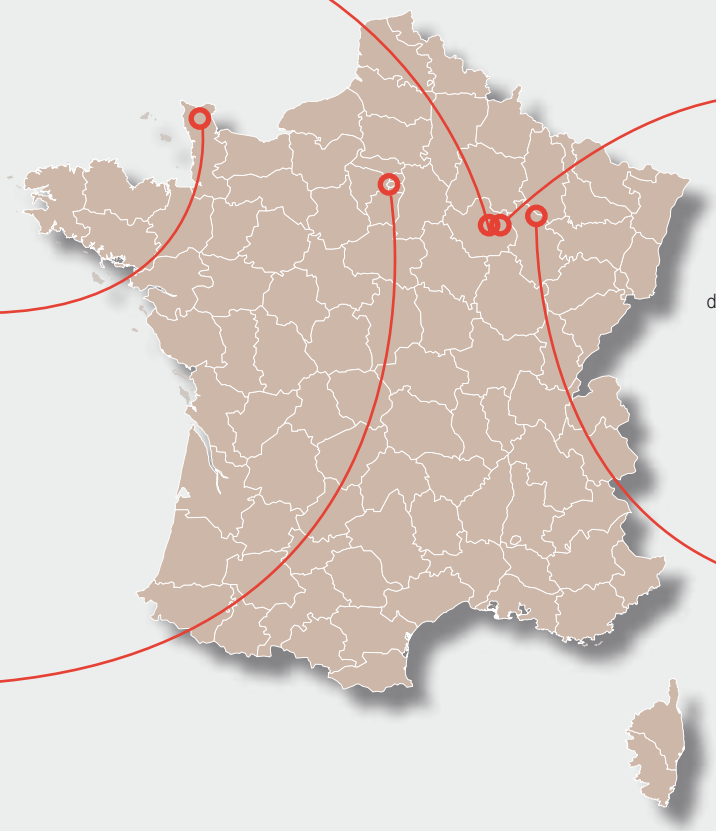
4 sites d'implantation dont :

- **Trois centres de stockage :**
  2 dans l'Aube : le Cires et le CSA,
  1 dans la Manche (CSM)
- **Un centre en Meuse/Haute-Marne (CMHM) comprenant :**
  - un laboratoire souterrain
  - un espace technologique
  - un Observatoire pérenne de l'environnement
  - une écothèque

Centre de stockage de l'Aube

Centre de stockage de la Manche

Siège social



Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage dans l'Aube

Centre de Meuse/Haute-Marne

L'Agence est implantée sur quatre sites : le siège social à Chatenay-Malabry, le Centre de stockage de la Manche, les Centres industriels de l'Andra dans l'Aube et le Centre de Meuse / Haute-Marne.

SOMMAIRE

1 LES DÉCHETS RADIOACTIFS

1.1. // D'OÙ VIENNENT LES DÉCHETS RADIOACTIFS ? ..... page 08

1.2.// QUE SONT LES DÉCHETS RADIOACTIFS ..... page 11

1.3. // COMMENT SONT GÉRÉS LES DÉCHETS RADIOACTIFS ? ..... page 12

1.4. // QUELS DÉCHETS SONT DESTINÉS À CIGÉO ? ..... page 12

1.5. // LES VOLUMES DE DÉCHETS PRÉVUS DANS CIGÉO ..... page 15

1.6. // D'AUTRES DÉCHETS POURRAIENT-ILS ÊTRE STOCKÉS DANS CIGÉO ? ..... page 16

1.7. // OÙ SONT LES DÉCHETS HA ET MA -VL EN ATTENDANT DE POUVOIR ÊTRE STOCKÉS ? ..... page 17

2 POURQUOI UN STOCKAGE PROFOND ?

2.1. // PLUSIEURS SOLUTIONS À L'ÉTUDE PENDANT 15 ANS ..... page 20

2.2. // LES RÉSULTATS DES RECHERCHES ET LEUR ÉVALUATION ..... page 20

2.3. // LE DÉBAT DE 2005/2006 ..... page 21

2.4. // LA LOI DU 28 JUIN 2006 : LE CHOIX DU STOCKAGE ..... page 22

2.5. // LOI DU 28 JUIN 2006 : AUTRES AXES DE RECHERCHE COMPLÉMENTAIRES AU STOCKAGE PROFOND ..... page 23

2.6. // LA SITUATION DANS LES AUTRES PAYS ..... page 23

3 POURQUOI LA MEUSE/HAUTE-MARNE POUR IMPLANTER CIGÉO ?

3.1. // LE CHOIX DE LA MEUSE/HAUTE-MARNE POUR IMPLANTER UN LABORATOIRE SOUTERRAIN ..... page 28

3.2. // LE MILIEU GÉOLOGIQUE DE MEUSE/HAUTE-MARNE ..... page 29

3.3. // L'ARGILE DU CALLOVO-OXFORDIEN ..... page 30

3.4. // L'IMPLANTATION DES INSTALLATIONS DE CIGÉO ... page 31

4 COMMENT FONCTIONNERA CIGÉO ?

4.1. // LES INSTALLATIONS DE CIGÉO ..... page 38

4.2. // LA CONSTRUCTION DE CIGÉO ..... page 44

4.3. // LE TRANSPORT DES COLIS DE DÉCHETS ..... page 44

4.4. // L'EXPLOITATION DE CIGÉO ..... page 48

4.5. // LA FERMETURE DE CIGÉO ..... page 49

5 LA SÛRETÉ DE CIGÉO

5.1. // LA SÛRETÉ DU STOCKAGE PENDANT SON EXPLOITATION ..... page 54

5.2. // LA SÛRETÉ DU STOCKAGE APRÈS SA FERMETURE ..... page 56

5.3. // LE CONTRÔLE DE LA SÛRETÉ DE CIGÉO ..... page 57

5.4. // L'IMPACT RADIOLOGIQUE DE CIGÉO ..... page 58

5.5. // LA SURVEILLANCE DU STOCKAGE ET DE SON ENVIRONNEMENT ..... page 60

5.6. // CONSERVER ET TRANSMETTRE LA MÉMOIRE DU STOCKAGE ..... page 61

6 LES ÉTUDES SUR LE STOCKAGE PROFOND

6.1. // LES OUTILS DE L'ANDRA ..... page 64

6.2. // LES CHAMPS ET LES OBJECTIFS DE L'ÉTUDE SCIENTIFIQUE ..... page 66

6.3. // LES FINALITÉS DES RECHERCHES..... page 66

6.4. // COMMENT SONT ÉVALUÉES LES RECHERCHES DE L'ANDRA ? ..... page 69

7 GOUVERNANCE ET RÉVERSIBILITÉ

7.1. // LA GOUVERNANCE DU PROJET ..... page 72

7.2. // RÉVERSIBILITÉ : LES PROPOSITIONS DE L'ANDRA ..... page 74

8 LE PROJET ET SON TERRITOIRE D'ACCUEIL

8.1. // LE SCHÉMA INTERDÉPARTEMENTAL DE DÉVELOPPEMENT DU TERRITOIRE ..... page 80

8.2. // LES BESOINS DE CIGÉO ..... page 80

8.3. // LES EMPLOIS ..... page 83

8.4. // L'ACCOMPAGNEMENT ÉCONOMIQUE DU PROJET AUJOURD'HUI ..... page 84

8.5. // L'ANDRA EN MEUSE/HAUTE-MARNE AUJOURD'HUI ..... page 85

9 LES GRANDES ÉTAPES DU PROJET

9.1. // LE FINANCEMENT DU PROJET ET SON COÛT PRÉVISIONNEL ..... page 88

9.2. // LE CALENDRIER DU PROJET CIGÉO ..... page 90

ANNEXE 1
LA RADIOACTIVITÉ

ANNEXE 1.1. // LA DÉCROISSANCE RADIOACTIVE ..... page 93

ANNEXE 1.2. // LA MESURE DE LA RADIOACTIVITÉ ET DE SES EFFETS ..... page 94

ANNEXE 1.3. // LES RISQUES LIÉS À LA RADIOACTIVITÉ ..... page 94

ANNEXE 1.4. // LES UTILISATIONS DE LA RADIOACTIVITÉ ..... page 95

ANNEXE 2
LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

ANNEXE 2.1. // LE CADRE LÉGAL ..... page 97

ANNEXE 2.2. // LES GRANDS PRINCIPES DE LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS ..... page 97

ANNEXE 2.3. // LES FILIÈRES DE STOCKAGE DES DÉCHETS RADIOACTIFS ..... page 97

LES DÉCHETS RADIOACTIFS

1

INTRODUCTION

Depuis la découverte de la radioactivité il y a plus d'un siècle, de nombreuses activités utilisent ses propriétés et produisent des déchets radioactifs qui nécessitent une prise en charge particulière afin de protéger l'homme et l'environnement du risque qu'ils présentent.

Depuis de nombreuses années, la France a fait le choix du stockage définitif comme solution de gestion à long terme pour ces déchets. Aujourd'hui, 90 % du volume des déchets produits chaque année disposent d'une solution de stockage opérationnelle.

Ce système industriel reste à compléter pour certains déchets, notamment ceux de haute activité (HA) et de moyenne activité à vie longue (MA-VL), qui sont produits principalement par le secteur électronucléaire.

1.1.
D'OÙ VIENNENT LES DÉCHETS RADIOACTIFS ? ..... page 08

1.2.
QUE SONT LES DÉCHETS RADIOACTIFS ..... page 11

1.3.
COMMENT SONT GÉRÉS LES DÉCHETS RADIOACTIFS ? ..... page 12

1.4.
QUELS DÉCHETS SONT DESTINÉS À CIGÉO ? ..... page 12

1.5.
LES VOLUMES DE DÉCHETS PRÉVUS DANS CIGÉO ..... page 15

1.6.
D'AUTRES DÉCHETS POURRAIENT-ILS ÊTRE STOCKÉS DANS CIGÉO ? ..... page 16

1.7.
OÙ SONT LES DÉCHETS HA ET MA-VL EN ATTENDANT DE POUVOIR ÊTRE STOCKÉS ? ..... page 17

Masse moyenne du colis : 492 kg, dont environ 400 kg de déchets vitrifiés
Nombre de colis à stocker (estimation max) : 38 350

1.1.
D'où viennent les déchets radioactifs ?

Depuis plusieurs dizaines d'années, de nombreuses activités utilisent les propriétés de la radioactivité, qu'elle soit d'origine naturelle ou artificielle.

Comme toute activité humaine, ces utilisations produisent des déchets, dont certains sont radioactifs.

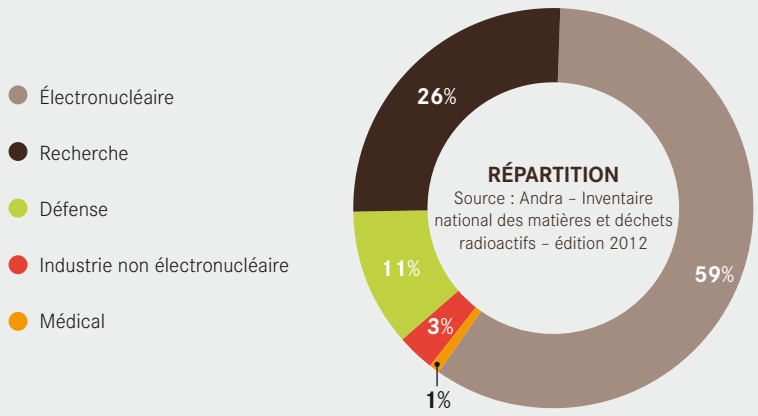
La grande majorité de ces déchets a l'apparence de déchets classiques : outils, vêtements, ferrailles, plastiques, gravats... Cependant, leur radioactivité peut présenter un risque pour l'homme et l'environnement.

La radioactivité est utilisée principalement dans **cinq secteurs économiques :**

- **L'INDUSTRIE ÉLECTRONUCLÉAIRE :** centrales nucléaires et usines de fabrication et de traitement des combustibles utilisés pour faire fonctionner ces centrales (extraction et traitement du minerai d'uranium, fabrication des combustibles, traitement des combustibles usés...).
- **LA DÉFENSE NATIONALE :** activités liées à la force de dissuasion, à la propulsion nucléaire de certains navires ou sous-marins et recherche associée.
- **L'INDUSTRIE CLASSIQUE :** extraction de terres rares, fabrication de sources radioactives ou autres applications diverses (contrôle des soudures, stérilisation du matériel médical, stérilisation et conservation de produits alimentaires ...).
- **LA RECHERCHE :** principalement la recherche menée dans le domaine du nucléaire par le CEA, et dans une moindre part, dans divers domaines : physique des particules, agronomie, chimie, biologie...
- **LE DOMAINE MÉDICAL :** recherche médicale, diagnostic et traitement.

Ces nombreuses utilisations produisent chaque année en France l'équivalent de **2 kg** de déchets radioactifs par habitant.

RÉPARTITION PAR SECTEUR ÉCONOMIQUE DES DÉCHETS RADIOACTIFS EXISTANTS



Centre nucléaire de production d'électricité de Chooz.

1.2.
Que sont les déchets radioactifs ?

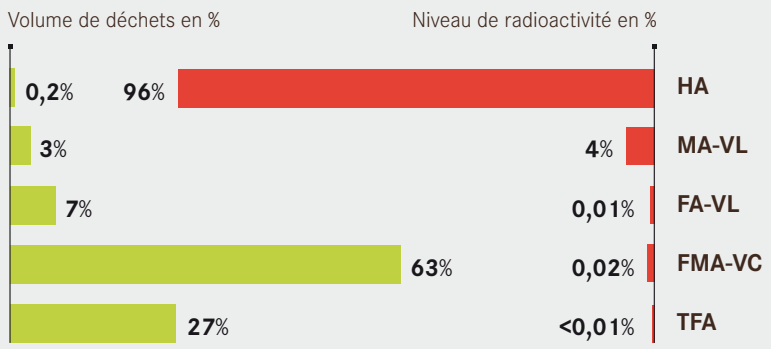
Les déchets radioactifs sont des **substances radioactives pour lesquelles aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée.**

Ils contiennent des atomes radioactifs (radionucléides) tels que le césium, l'uranium, l'iode, le cobalt, le radium , le tritium... En fonction de la quantité et de la nature de ces radionucléides, les déchets sont plus ou moins radioactifs, pendant plus ou moins longtemps.

Fin 2010, il existait en France environ 1 320 000 m³ de déchets radioactifs.

RÉPARTITION DU VOLUME ET DU NIVEAU DE RADIOACTIVITÉ DES DÉCHETS RADIOACTIFS

(Source : Andra – Inventaire national des matières et déchets radioactifs – édition 2012)



Débris métalliques issus des structures entourant les combustibles usés (coques et embouts) qui constituent des déchets MA-VL.

LA CLASSIFICATION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

En France, les déchets radioactifs sont classés en **cinq catégories :**

- **Les déchets de très faible activité** (TFA)
- **Les déchets de faible et moyenne activité à vie courte** (FMA-VC)
- **Les déchets de faible activité à vie longue** (FA-VL)
- **Les déchets de moyenne activité à vie longue** (MA-VL)
- **Les déchets de haute activité** (HA)

Cette classification repose sur de nombreux critères et notamment :

- **le niveau de radioactivité des déchets,** exprimé en becquerel (Bq) par gramme. Également appelé activité, ce niveau de radioactivité peut être très faible, faible, moyen ou haut ;
- **la durée de vie des déchets** qui dépend de la période radioactive propre à chaque radionucléide qu'ils contiennent. Par simplification, les déchets dont la radioactivité provient principalement de radionucléides à vie courte (période ≤ 31 ans) sont appelés déchets à vie courte, et inversement les déchets contenant une quantité importante de radionucléides à vie longue (période > 31 ans) sont appelés déchets à vie longue.

Le becquerel

Le becquerel est l'unité qui permet de mesurer le niveau de radioactivité, c'est-à-dire le nombre de désintégrations d'atomes par seconde. C'est une unité très petite. 1 Bq = 1 désintégration d'un atome par seconde.

La période radioactive

On appelle période radioactive le temps au bout duquel une quantité d'un même radionucléide est divisée par deux : 8 jours pour l'iode 131, 13 ans pour le tritium, 31 ans pour le césium 137, 1 600 ans pour le radium 226, 5 700 ans pour le carbone 14... Par exemple, sur un échantillon de 1 gramme de césium 137, il n'en restera que 0,5 gramme au bout de 31 ans. Cet échantillon sera donc deux fois moins radioactif. Au bout de 10 périodes (310 ans), sa radioactivité aura été divisée par 1 000 (il n'en restera que 1 milligramme).

1.3.
Comment sont gérés les déchets radioactifs ?

La loi française interdit le stockage en France de déchets radioactifs étrangers. Aucun déchet étranger n'est donc prévu dans Cigéo. Les déchets HA et MA-VL qui y sont destinés sont principalement issus des installations nucléaires françaises et du traitement de combustibles nucléaires français.

La politique nationale de gestion des déchets radioactifs a été **définie en France par le Parlement.** Elle a pour objectifs la réduction des volumes de déchets produits, à la source ou par le traitement, le développement de solutions de conditionnement sûres et durables et la recherche de solutions de gestion à long terme.

Comme de nombreux pays, la France a fait le choix de mettre en place une gestion à long terme pour tous les déchets radioactifs. Elle repose sur, l**e stockage définitif qui permet d'isoler les déchets tant qu'ils sont dangereux** afin que la radioactivité qui se retrouve au contact de l'homme et l'environnement ne présente pas de risque pour la santé.

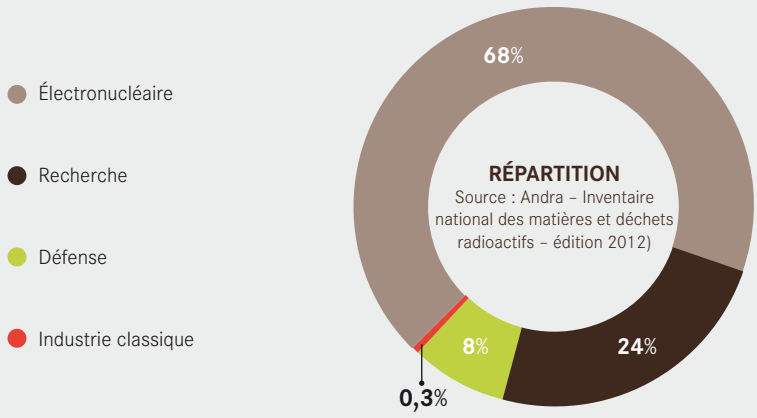
Dans les années 1950-1960, les déchets radioactifs de faible activité étaient gérés par immersion pour profiter de la dilution apportée par le milieu marin. Le premier centre de stockage français de déchets radioactifs a été ouvert dans le département de la Manche en 1969. Son exploitation s'est terminée en 1994. L'Andra en assure désormais la surveillance. **Aujourd'hui, les 2 centres de stockage exploités par l'Andra dans le département de l'Aube permettent de stocker plus de 90 % du volume de déchets radioactifs produits chaque année en France :** ceux ayant une très faible activité ou une durée de vie courte.

Pour compléter ce système industriel, **l'Andra est chargée d'étudier la conception de centres de stockage adaptés pour les déchets ayant une forte radioactivité ou une durée de vie longue.** En attendant, les déchets concernés sont entreposés provisoirement dans des installations spécifiques.

1.4.
Quels déchets sont destinés à Cigéo ?

Cigéo est conçu pour stocker les **déchets dont le niveau de radioactivité et la durée de vie ne permettent pas de les stocker, de manière sûre à long terme, en surface ou dans le centre de stockage à faible profondeur également étudié par l'Andra.**

ORIGINE DES DÉCHETS MA-VL DÉJÀ PRODUITS



Les déchets de **haute activité (HA)** et de **moyenne activité à vie longue (MA-VL)** proviennent principalement du secteur de l'industrie électronucléaire et des activités de recherche associées, ainsi que dans une moindre part, des activités liées à la Défense nationale.

LES DÉCHETS DE MOYENNE ACTIVITÉ À VIE LONGUE (MA-VL)

Les déchets MA-VL sont variés :

- **Résidus issus du traitement des combustibles nucléaires usés** (utilisés pour la production d'électricité ou pour la propulsion de sous-marins et de navires de la Marine nationale) et de la fabrication de certains combustibles (combustibles mixtes composés d'uranium et de plutonium, dits « MOX »).

- **Composants** (hors combustible) ayant séjourné dans les réacteurs nucléaires.
- **Déchets technologiques** issus de la maintenance des installations nucléaires, de laboratoires, d'installations liées à la Défense nationale, du démantèlement...

Plusieurs modes de conditionnement sont mis en œuvre suivant la nature des déchets (vitrification, cimentation, bitumage). Le conditionnement des déchets consiste à les solidifier et à les immobiliser sous une forme non dispersable et à les placer dans un conteneur qui en facilite la manutention et l'entreposage.

Les déchets MA-VL ont un niveau de radioactivité qui se situe généralement entre un million et un milliard de becquerels par gramme. Ils contiennent des quantités importantes de radionucléides à vie longue.

Certains de ces déchets émettent des gaz radioactifs en faible quantité : tritium, carbone 14 et krypton 85 principalement. Par ailleurs, certains déchets contiennent des matières organiques (polymères, cellulose...) qui produisent, par radiolyse, des gaz tels que l'hydrogène.

Les déchets MA-VL déjà produits fin 2010 représentent :
- **3 % du volume total** des déchets radioactifs,
- **~ 4 % de la radioactivité totale** des déchets radioactifs.

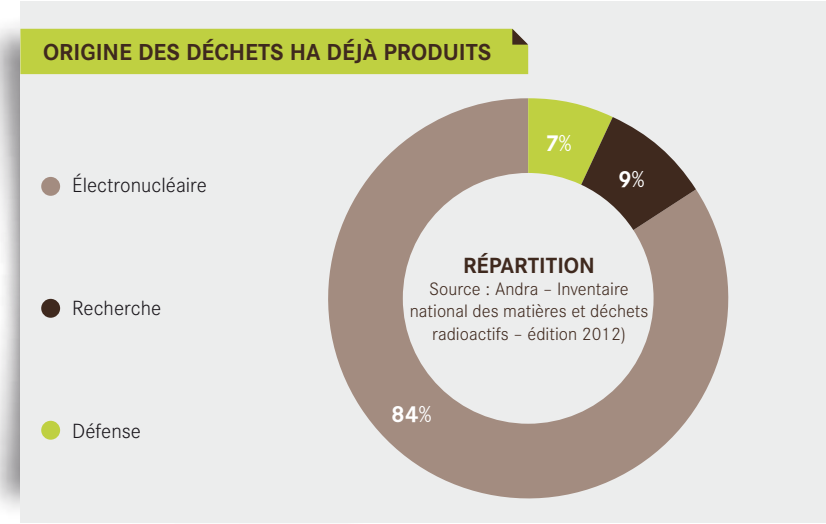
LES DÉCHETS DE HAUTE ACTIVITÉ (HA)

Les déchets de haute activité (HA) correspondent principalement aux **résidus hautement radioactifs issus du traitement des combustibles usés** (principalement ceux utilisés pour la production d'électricité et dans une très faible part ceux liés aux activités de la Défense nationale).

Leur niveau de radioactivité est de plusieurs milliards à plusieurs dizaines de milliards de becquerels par gramme. Ils contiennent différents radionucléides, à vie courte ou à vie longue, dont certains ont des durées de vie très longues comme le chlore 36 (période de 300 000 ans) ou l'iode 129 (période de 16 millions d'années). En raison de la présence de certains produits de fission (notamment le strontium 90 et le césium 137) et de certains actinides (essentiellement l'américium 241), **ces déchets dégagent de la chaleur**.

Les résidus de haute activité issus du traitement sont entreposés dans des cuves avant d'être calcinés sous forme de poudre puis incorporés a une pâte de verre en fusion dont la capacité de confinement est élevée et durable. Ils sont ensuite coulés dans un colis en inox. Un colis de déchets HA contient environ 400 kg de verre pour environ 70 kg de déchets.

Les déchets HA déjà produits fin 2010 représentent :
- **0,2 % du volume total** des déchets radioactifs,
- **~ 96 % de la radioactivité totale** des déchets radioactifs.



Colis de déchets HA vitrifiés.

LES COMBUSTIBLES USÉS DANS CIGÉO ?

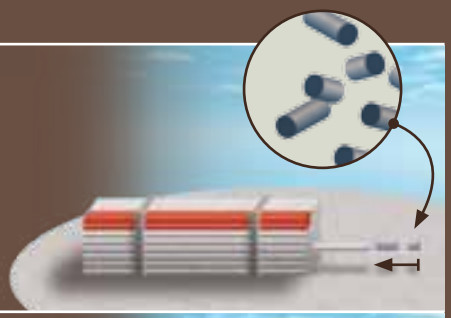
En France, les combustibles usés issus de la production électronucléaire ne sont pas considérés comme des déchets mais comme des matières pouvant être valorisées. A ce titre, ils ne sont pas destinés à être stockés. Seuls les combustibles usés du réacteur à eau lourde de Brennilis (environ 17m³), qui représentent un potentiel de valorisation insuffisant, sont destinés à être stockés dans Cigéo.

LES COMBUSTIBLES NUCLÉAIRES ET LEUR TRAITEMENT

Les centrales nucléaires fonctionnent grâce à des combustibles composés, pour la plupart, d'uranium. Après quelques années au cœur des réacteurs, ces combustibles deviennent moins performants et sont retirés du réacteur. La France a fait le choix de traiter ces combustibles, dits usés, afin de récupérer les matières radioactives qu'ils contiennent et qui peuvent être réutilisées.

1 FABRICATION DU COMBUSTIBLE

À l'état naturel, l'uranium contient un mélange d'uranium 238 et d'uranium 235. Il est traité pour augmenter sa teneur en uranium 235, fissile, avant d'être mis sous forme de pastilles pour servir de combustible.

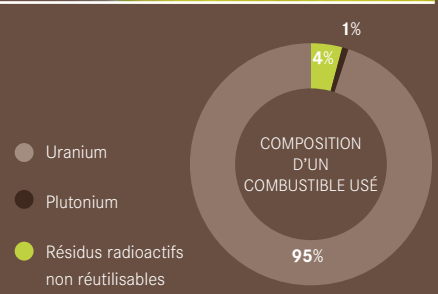


2 UTILISATION EN RÉACTEUR

Une fois placés dans le réacteur, les combustibles nucléaires produisent de l'énergie par fission pendant 3 ou 4 ans au terme desquels ils sont moins performants. Ils sont alors retirés des réacteurs puis placés plusieurs mois dans une piscine de refroidissement, près du réacteur, afin de faire baisser leur température.

3 TRAITEMENT DES COMBUSTIBLES USÉS

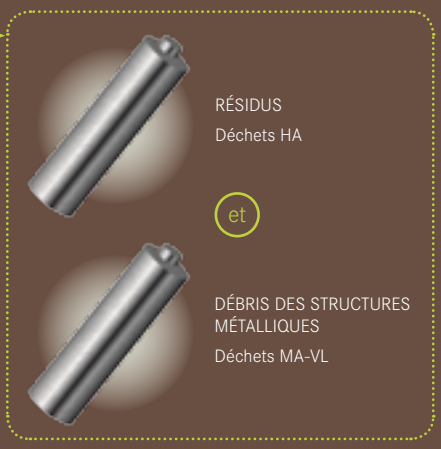
Les combustibles usés sont traités à l'usine Areva NC de La Hague. Les structures métalliques entourant ces combustibles sont cisaillées en petits tronçons. Ils sont dissous dans une solution chimique afin de séparer les matières radioactives réutilisables (uranium et plutonium) des résidus hautement radioactifs non réutilisables.



4 RECYCLAGE

La totalité du plutonium et une partie de l'uranium récupéré servent à la fabrication de nouveaux combustibles (MOX). Le reste de l'uranium récupéré est conservé dans l'attente d'une future utilisation.

Après leur utilisation dans des centrales d'EDF, les combustibles MOX usés sont entreposés en vue d'un recyclage dans les réacteurs du futur.



1.5.
Les volumes de déchets prévus dans Cigéo

30 %
des déchets HA
et **60 %**
des déchets MA-VL
destinés à Cigéo sont déjà produits.

Les déchets HA et MA-VL sont produits depuis plusieurs dizaines d'années, dès les premiers pas de l'industrie électronucléaire. Ils vont continuer à être produits, jusqu'à la fin de vie du parc électronucléaire.

L'inventaire final de Cigéo dépendra des évolutions de la politique énergétique.

Cigéo est conçu en premier lieu pour les **déchets HA et MA-VL déjà produits.** Dans une logique industrielle, Cigéo est également conçu pour pouvoir stocker les **déchets qui seront produits dans les années à venir.** Pour établir ces prévisions, il est pris comme hypothèse une poursuite de l'exploitation des installations actuelles avec une durée de fonctionnement de cinquante ans. Cette hypothèse ne préjuge pas de la décision des autorités publiques d'autoriser ou non un allongement de la durée d'exploitation des réacteurs. Les **déchets qui seront produits par les installations nucléaires en cours de construction** sont également pris en compte (EPR de Flamanville, réacteur expérimental Jules Horowitz, installation de recherche ITER).

Les déchets produits par un éventuel futur parc de réacteurs ne sont pas pris en compte.

Les volumes de déchets HA et MA-VL qui pourraient être stockés dans Cigéo sont ainsi estimés à :

- environ **10 000 m³ pour les déchets HA** (soit environ 60 000 colis) ;
- environ **70 000 m³ pour les déchets MA-VL** (soit environ 180 000 colis).

Ces volumes correspondent aux déchets conditionnés par leur producteur. Les colis de déchets seront ensuite placés dans un conteneur de stockage. Les volumes de déchets ainsi conditionnés en colis de stockage seront de l'ordre de 30 000 m³ pour les déchets HA et de l'ordre de 350 000 m³ pour les déchets MA-VL.

LES AUTRES DÉCHETS PRIS EN COMPTE

Par précaution, **des volumes supplémentaires de déchets sont prévus en réserve dans Cigéo**.

Ces volumes potentiels correspondent :

- aux **déchets qui seraient produits par l'exploitation et le démantèlement d'un deuxième réacteur EPR,** prévu par la programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité pour la période 2009-2020 (environ 200 m³ de déchets HA et 500 m³ de déchets MA-VL)
- **aux déchets qui le cas échéant ne pourraient pas être stockés dans le stockage à faible profondeur** aujourd'hui à l'étude par l'Andra pour les déchets FA-VL (réserve d'environ 20 % du volume de déchets MA-VL à stocker).

ÉVOLUTION PRÉVISIONNELLE DES VOLUMES DES DÉCHETS HA ET MA-VL JUSQU'À LA FIN DE VIE DU PARC ÉLECTRONUCLÉAIRE

	2010	2020	2030	Fin de l'exploitation des installations*
Déchets HA	2 700 m³	4 000 m³	5 300 m³	10 000 m³
Déchets MA-VL	40 000 m³	45 000 m³	49 000 m³	70 000 m³

Y compris démantèlement

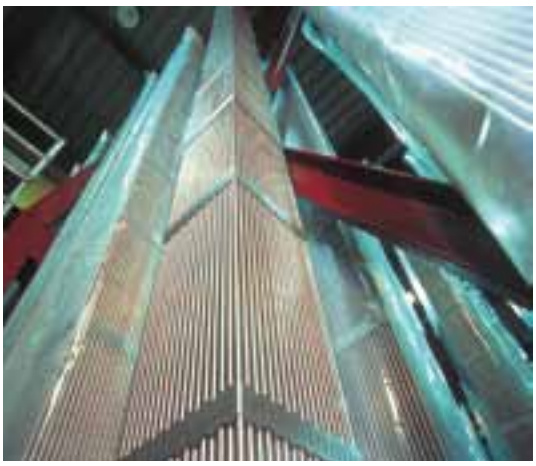
1.6.
D'autres déchets pourraient-ils être stockés dans Cigéo ?

L'inventaire des déchets destinés à Cigéo est fondé sur la politique énergétique actuelle. Cigéo est **conçu pour être flexible afin notamment de pouvoir s'adapter à d'éventuels changements de la politique énergétique** et à ses conséquences sur la nature et les volumes de déchets qui seraient alors produits.

Par exemple, une diminution de la production d'électricité d'origine nucléaire entraînerait une baisse du volume des déchets à stocker. A l'inverse, une augmentation de la durée de vie des centrales nucléaires augmenterait le volume des déchets à stocker.

Autre exemple, en cas de non renouvellement de la production électronucléaire, qui entraînerait un arrêt du traitement des combustibles usés, la nature des déchets à stocker serait différente. Dans ce cas, l'ensemble des combustibles usés seraient considérés comme des déchets. Selon les études menées en 2005, cela représenterait environ 57 000 assemblages de combustibles usés (environ 90 000 m^3 une fois les combustibles conditionnés).

L'inventaire autorisé de Cigéo sera fixé par le décret d'autorisation de création du Centre. Toute évolution notable de cet inventaire devra faire l'objet d'un nouveau processus d'autorisation, comprenant notamment une enquête publique et un nouveau décret d'autorisation.



Assemblages de combustible.

SAURAIT-ON STOCKER LES COMBUSTIBLES USÉS S'ILS ÉTAIENT FINALEMENT CONSIDÉRÉS COMME DES DÉCHETS ?

Pour tenir compte de toutes les orientations possibles, le stockage profond des combustibles usés avait été étudié par l'Andra dans le cadre de la loi de 1991 et sa faisabilité de principe avait alors été démontrée. L'étude a montré un impact radiologique à très long terme plus élevé que pour les déchets issus du traitement des combustibles usés mais restant très inférieur à l'impact de la radioactivité naturelle.

L'Andra continue, notamment en lien avec le CEA, à mener des études sur le stockage direct de combustibles usés conformément au Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs, qui lui demande de vérifier par précaution que les concepts de stockage retenus pour Cigéo restent compatibles avec l'hypothèse du stockage direct de combustibles usés si ceux-ci étaient un jour considérés comme des déchets. Dans une telle hypothèse, le stockage des combustibles usés qui, comme pour l'essentiel des déchets HA, doivent refroidir plusieurs dizaines d'années, n'interviendrait pas avant l'horizon 2070/2080.

L'Andra a proposé en 2012 un programme d'études complémentaires sur les options techniques qui seraient à mettre en oeuvre pour leur stockage éventuel.

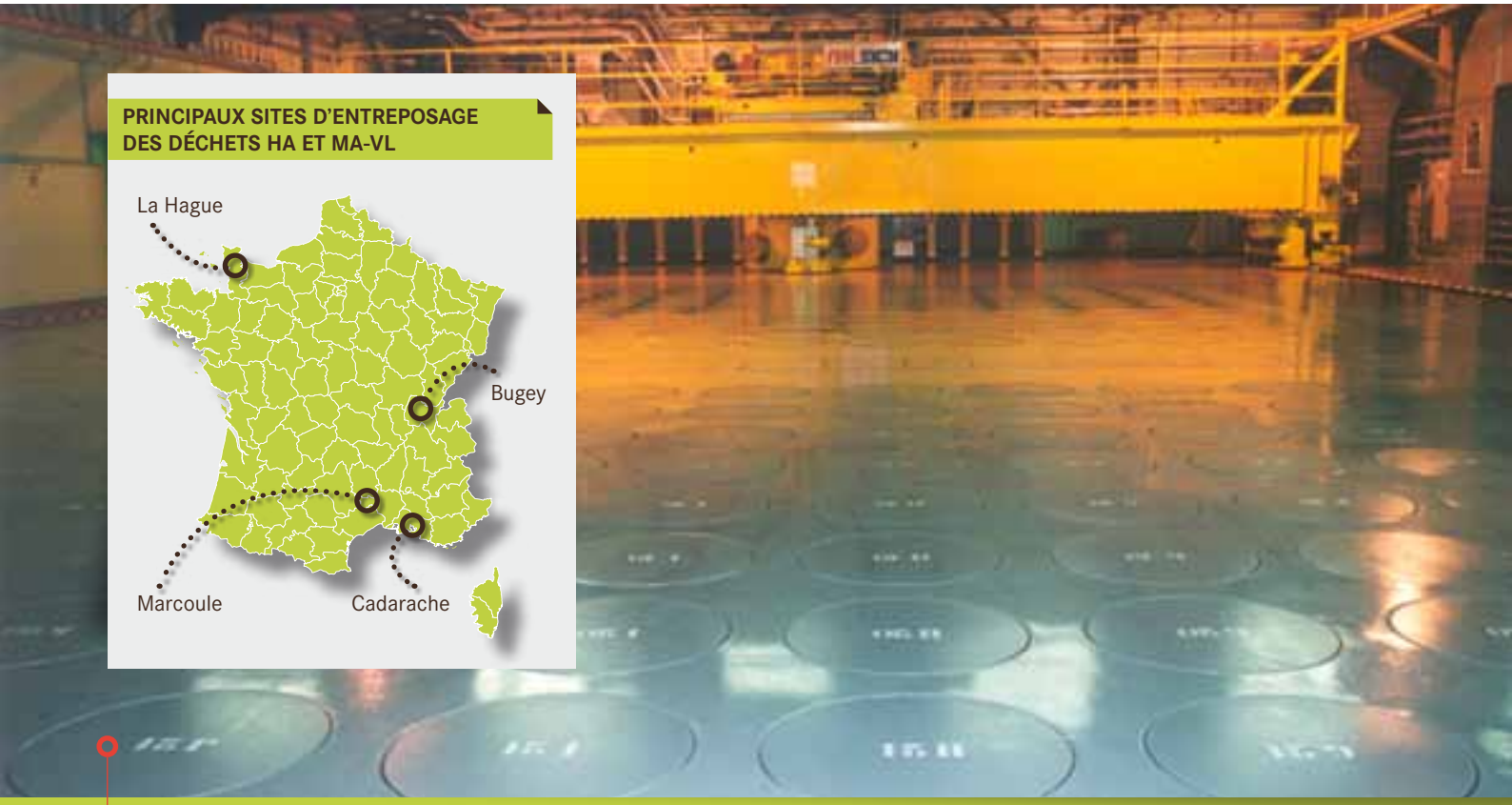
1.7.
Où sont les déchets HA et MA-VL en attendant de pouvoir être stockés ?

Dans l'attente de la mise en service de Cigéo, les colis de déchets HA et MA-VL déjà produits sont provisoirement entreposés à sec dans des bâtiments sur leur site de production, principalement à La Hague (Manche), Marcoule (Gard) et Cadarache (Bouches-du-Rhone). Une installation d'entreposage pour certains déchets issus de l'exploitation et du démantèlement des réacteurs est en cours de construction sur le site de Bugey (Ain).

Plus de 40 000 m³ de déchets HA et MA-VL sont déjà produits et entreposés sur ces différents sites.

Si Cigéo est autorisé, les colis de déchets seront transférés vers le centre de stockage au fur et à mesure de son exploitation. Certains déchets, notamment les déchets HA qui dégagent de la chaleur, devront tout de même rester entreposés plusieurs dizaines d'années dans ces entrepôts pour permettre leur refroidissement avant de pouvoir être stockés définitivement.

Si Cigéo n'est pas autorisé, de nouvelles capacités d'entreposage seront nécessaires pour accueillir les déchets HA et MA-VL futurs et remplacer les entrepôts dont la durée de vie arriverait à son terme.



Hall d'entreposage de colis de déchets HA sur le site de l'usine Areva NC à La Hague (Manche).

POURQUOI UN STOCKAGE PROFOND ?

2

INTRODUCTION La question des déchets radioactifs a été abordée dès les années 1950 et le début de la production d'origine nucléaire. Plusieurs voies de gestion sont alors imaginées.

C'est au cours des années 1960 et 1970 que le stockage commence à être considérée comme une possibilité de gestion au sein de la communauté scientifique internationale et notamment le stockage profond pour les déchets de haute activité et à vie longue.

Dans les années 1980, des investigations sont prévues pour rechercher des sites susceptibles d'accueillir des laboratoires souterrains. Mais les discussions restent limitées aux experts techniques et scientifiques et l'opinion publique s'oppose aux projets. Le Parlement se saisit alors de la question des déchets radioactifs et vote en 1991 une première loi qui définit un programme de recherche pour les déchets de haute activité et à vie longue. Après 15 ans de recherche, leur évaluation et un débat public, une seconde loi est votée en 2006. Elle retient le stockage profond comme solution de gestion à long terme de ces déchets afin de limiter la charge de leur gestion sur les générations futures.

2.1.
PLUSIEURS SOLUTIONS À L'ÉTUDE PENDANT 15 ANS ..... page 20

2.2.
LES RÉSULTATS DES RECHERCHES ET LEUR ÉVALUATION ..... page 20

2.3.
LE DÉBAT DE 2005/2006 ..... page 21

2.4.
LA LOI DU 28 JUIN 2006 : LE CHOIX DU STOCKAGE ..... page 22

2.5.
LOI DU 28 JUIN 2006 : AUTRES AXES DE RECHERCHE COMPLÉMENTAIRES AU STOCKAGE PROFOND ..... page 23

2.6.
LA SITUATION DANS LES AUTRES PAYS ..... page 23

V. Un décret détermine, en tant que de besoin, les conditions et modalités d'application du présent article, notamment dans le respect des normes comptables applicables, les modalités d'évaluation des charges mentionnées au I et de calcul des provisions prévues au II, ainsi que les informations que les exploitants sont tenus de rendre publiques et les règles de publicité y afférentes.

Article 6-I de la loi n° 2006-739

Article L. 542-1-2

I. Un plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs dresse le bilan des modes de gestion existants des matières et des déchets radioactifs, recense les besoins prévisibles d'installations d'entreposage ou de stockage, précise les capacités nécessaires pour ces installations et les durées d'entreposage et, pour les déchets radioactifs qui ne font pas encore l'objet d'un mode de gestion définitif, détermine les objectifs à atteindre.

Conformément aux orientations définies aux articles 3 et 4 de la loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et des déchets radioactifs, le plan national organise la mise en œuvre des recherches et études sur la gestion des matières et des déchets radioactifs en fixant des échéances pour la mise en œuvre de nouveaux modes de gestion, la création d'installations ou la modification des installations existantes de nature à répondre aux besoins et aux objectifs définis au premier alinéa.

Il comporte, en annexe, une synthèse des réalisations et des recherches conduites dans les pays étrangers.

II. Le plan national et le décret qui en établit les prescriptions respectent les orientations suivantes :

1° La réduction de la quantité et de la nocivité des déchets radioactifs ...st recherchée notamment par le traitement des combustibles usés ...t et le conditionnement des déchets radioactifs ;

...dioactives en attente de traitement et les déchets ...es en attente d'un stockage sont entreposés dans ...pécialement aménagées à cet usage ;

...es déchets radioactifs ultimes ne pouvant pour ... nucléaire ou de radioprotection être stockés ...e profondeur font l'objet d'un stockage en ...onde.

...et mis à jour tous les trois ans par le ...mis au Parlement, qui en saisit pour ...e d'évaluation des choix scientifiques et

...tés administratives, notamment les ...le L. 1333-4 du code de la santé ... avec les prescriptions du décret

...006-739

... code de l'environnement est ...e 2006.

...739

... à vie longue produits

...39

... en provenance ... traitement de ...anger.

...écembre 1999

... Le montant de ces ... » et de « diffusion ...ation d'un coefficient ... Conseil d'Etat après ... à l'article L. 542-11 ...nt » et de « diffusion ...encement, en fonction ...vant pas être stockés

...teur	
...	« Diffusion technologique »
	[0,6-1]
	[0,6-1]
	[0,6-1]
	[0,6-1]

...tion et jusqu'à

...nts pour 2007 ...pagnement »

...isées dans le

6 Article L. 1333-10 du code de la santé publique

Le chef d'une entreprise utilisant des matériaux contenant des radionucléides naturels non utilisés pour leurs propriétés radioactives, fissiles ou fertiles met en œuvre des mesures de surveillance de l'exposition, lorsque celle-ci est de nature à porter atteinte à la santé des personnes, ainsi que les mesures nécessaires pour assurer leur protection.

L'obligation de surveillance incombe également aux propriétaires ou exploitants de lieux ouverts au public ou de certaines catégories d'immeubles bâtis situés dans les zones géographiques où l'exposition aux rayonnements naturels est susceptible de porter atteinte à la santé. Les zones géographiques concernées sont définies par arrêté des ministres chargés de la santé, du travail, de la construction et de l'écologie, pris après avis de l'Autorité de sûreté nucléaire.

Lorsque le niveau d'activité du radon et de ses descendants atteint le seuil fixé en application du dernier alinéa, les propriétaires, ou à défaut les exploitants, des immeubles concernés sont tenus de mettre en œuvre les mesures nécessaires pour réduire l'exposition et assurer la santé des personnes.

Les conditions d'application des deux précédents alinéas, en particulier les catégories d'immeubles concernées par l'obligation de surveillance, les niveaux maximaux d'activité et les mesures nécessaires pour réduire l'exposition et assurer la santé des personnes, sont définies par décret en Conseil d'Etat.

7 Article L. 1333-4 du code de la santé publique :

Les activités mentionnées à l'article L. 1333-1 sont soumises à un régime d'autorisation ou de déclaration, selon les caractéristiques et les utilisations des sources mentionnées audit article. La demande d'autorisation ou la déclaration comporte la mention de la personne responsable de l'activité. L'Autorité de sûreté nucléaire accorde les autorisations et reçoit les déclarations.

Toutefois, certaines de ces activités peuvent être exemptées de l'obligation de déclaration ou d'autorisation préalable lorsque la radioactivité des sources d'exposition est inférieure à des seuils fixés par voie réglementaire.

Tiennent lieu de l'autorisation prévue au premier alinéa l'autorisation délivrée en application de l'article L. 557-4 du code minier ou des articles L. 511-1 à L. 517-2 du code de l'environnement et les autorisations délivrées aux installations nucléaires de base en application des dispositions de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire. Les installations ou activités concernées ne sont pas soumises aux dispositions prévues au 3° de l'article L. 1336-5.

Les dispositions de l'alinéa précédent ne s'appliquent pas aux activités réalisées à la médecine, à la biologie humaine ou à la recherche médicale, biomédicale et vétérinaire.

8 Article L. 541-45 du code de l'environnement :

Les agents verbalisateurs ont libre accès aux installations de gestion des déchets, aux

...res et déchets
...actifs
...rogramme du 28 juin 2006

...solidé par l'Andra en date du 20 septembre 2011

ANDRA

2.1.
Plusieurs solutions à l'étude pendant 15 ans

Le Parlement s'est activement saisi de la question de la gestion des déchets radioactifs dès 1991. **Une première loi sur la gestion des déchets radioactifs, dite « loi Bataille »,** du nom de son rapporteur, a fixé les grandes orientations des recherches à mener sur la gestion des déchets à haute activité et à vie longue.

Loi « Bataille » du 30 décembre 1991 : première loi sur la gestion des déchets radioactifs

Trois axes ont été retenus :

1 / LA SÉPARATION ET LA TRANSMUTATION DES RADIONUCLÉIDES À VIE LONGUE PRÉSENTS DANS LES DÉCHETS

Étudiée par le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), l'objectif de cette technique est de réduire la quantité et la nocivité des déchets radioactifs. Le principe consiste dans une première étape à séparer les différents radionucléides contenus dans les déchets les uns des autres. Une deuxième étape vise ensuite à transformer, par une série de réactions nucléaires, ceux à vie longue en radionucléides à vie plus courte.

2 / L'ENTREPOSAGE DE LONGUE DURÉE

Les recherches, également menées par le CEA, avaient pour objectif d'étudier des concepts d'installations d'entreposage, en surface ou à faible profondeur, conçues pour des durées longues (de l'ordre de 300 ans).

3 / LE STOCKAGE PROFOND

Cet axe de recherche a été confié à l'Andra qui a été chargée d'identifier des sites géologiques favorables à l'implantation d'un centre de stockage profond et d'en étudier la sûreté et la faisabilité.

La loi avait prévu **quinze années de recherche** afin que chaque axe puisse faire l'objet d'une proposition étayée scientifiquement et techniquement. **Un nouveau rendez-vous avec le Parlement avait été fixé à l'horizon 2006.**

2.2.
Les résultats des recherches et leur évaluation

En 2005, l'Andra et le CEA ont remis à l'État les résultats des recherches menées sur les trois axes.

1 / LA SÉPARATION/TRANSMUTATION

Les résultats du CEA ont montré que **la séparation/transmutation ne supprime pas la nécessité d'un stockage profond** car elle ne serait applicable qu'à certains radionucléides contenus dans les déchets, ceux de la famille de l'uranium, appelés actinides mineurs (américium, curium, neptunium). Par ailleurs, les installations nucléaires nécessaires à la mise en œuvre d'une telle technique produiraient des déchets qui nécessiteraient aussi d'être stockés en profondeur pour des raisons de sûreté.

2 / L'ENTREPOSAGE DE LONGUE DUREE

Le CEA a conclu que les concepts d'installations étudiés présentaient une robustesse particulières aux aléas externes, techniques ou sociétaux, mais **nécessitaient une surveillance et un contrôle pendant toute leur durée de vie pour garantir la possibilité de récupérer les colis de déchets entreposés.** En effet, quels que soient les concepts, il reste indispensable de reprendre les colis de déchets lorsque les entrepôts ont atteint leur fin de vie, éventuellement de les reconditionner, et de construire de nouveaux entrepôts.

Après analyse de ces résultats, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a estimé que **l'entreposage de longue**

durée ne constituait pas une solution définitive car il supposait de maintenir un contrôle de la part de la société et la reprise des déchets par les générations futures, ce qui semble difficile à garantir sur des périodes de plusieurs centaines d'années.

3 / LE STOCKAGE PROFOND

En s'appuyant sur l'ensemble des recherches, réalisées notamment lors des campagnes de reconnaissance géologique et dans son Laboratoire souterrain, **l'Andra a montré que la couche d'argile sur le site étudié en Meuse/Haute-Marne présente toutes les caractéristiques favorables pour accueillir un stockage profond de déchets radioactifs, sûr à long terme.** Ces résultats, ainsi que les orientations techniques pour la conception et le fonctionnement du futur stockage ont été **évalués par la Commission nationale d'évaluation (CNE) mise en place par le Parlement et l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN).** À la demande du Gouvernement, les travaux de l'Andra ont également fait l'objet d'une revue par un groupe international d'experts. **Ces évaluations ont confirmé les résultats de l'Andra** sur la faisabilité et la sûreté d'un stockage profond sur le site étudié en Meuse/Haute-Marne.

Avis de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) du 1er février 2006 sur les recherches menées dans le cadre de la loi du 30 décembre 1991.

« L'ASN considère que la faisabilité technologique de la séparation et de la transmutation n'est pas acquise à ce jour. Même en cas de mise en œuvre d'une telle solution, l'élimination des déchets radioactifs de haute activité et à vie longue ne sera pas totale. Une autre solution de référence est nécessaire ».

« L'ASN considère que l'entreposage de longue durée ne peut pas constituer une solution définitive pour la gestion des déchets radioactifs de haute activité à vie longue ».

« Le dossier 2005 argile, remis par l'ANDRA à ses ministres de tutelle, en juin 2005, a été instruit par l'IRSN et a fait l'objet d'un avis du groupe permanent d'experts en charge des déchets radioactifs dans la séance du 12 au 13 décembre 2005. Ces examens mettent en évidence que des résultats majeurs relatifs à la faisabilité et à la sûreté d'un stockage ont été acquis sur le site de Bure. L'ASN considère que le stockage en formation géologique profonde est une solution de gestion définitive qui apparaît incontournable ».

2.3.
Le débat public de 2005/2006

Les résultats des recherches menées dans le cadre de la loi de 1991 ont également fait l'objet d'un débat public national sur la politique de gestion des déchets radioactifs qui s'est ouvert à la fin de l'année 2005. Organisé par la Commission nationale du débat public (CNDP) à la demande des ministères en charge de l'environnement et de l'industrie, ce débat a réuni 3 000 participants lors de 13 réunions publiques pour échanger sur les différentes voies de gestion étudiées.

Le débat public s'est terminé début 2006.

Le *Compte-rendu* du débat public a fait émerger deux options, l'entreposage et le stockage et un choix éthique : *« faire confiance à la société ou à la géologie ».* L'une des options retient le stockage géologique comme solution en tenant compte de l'exigence de réversibilité ; la seconde option consiste à mettre en place un « double programme d'essais *in situ* », l'un à Bure pour le stockage géologique, l'autre sur un site à déterminer pour l'entreposage de longue durée et à renvoyer la décision autour de 2020.

2.4.
La loi du 28 juin 2006 : le choix du stockage

Sur la base des résultats des 15 années de recherche, de leur examen par les différents évaluateurs et du débat public de 2005/2006, le Gouvernement a préparé un projet de loi, comme prévu par la loi de 1991.

Avec la loi du 28 juin 2006, **le Parlement entérine le choix du stockage profond réversible pour la gestion à long terme des déchets HA et MA-VL** et fixe des échéances pour sa mise en œuvre. Cette décision répond à l'objectif de mettre en sécurité définitivement les déchets radioactifs pour **limiter les charges qui seront supportées par les générations futures.**

L'Andra a été chargée de poursuivre les études et recherches afin de concevoir et d'implanter un centre de stockage profond de telle sorte que sa demande d'autorisation puisse être instruite en 2015. Sous réserve de son autorisation, la loi prévoit sa **mise en service en 2025.** Le Parlement a également demandé que ce stockage soit **réversible** pour une durée d'au moins 100 ans. Les conditions de cette réversibilité seront définies par une future loi qui devra être votée avant que le stockage puisse être autorisé.

Un nouveau débat public est prévu avant le dépôt de la demande d'autorisation du stockage.

La loi du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs :

« L'entreposage de matières ou de déchets radioactifs est l'opération consistant à placer des substances à titre temporaire dans une installation spécialement aménagée en surface ou en faible profondeur à cet effet, dans l'attente de les récupérer ».

« Le stockage de déchets radioactifs est l'opération consistant à placer ces substances dans une installation spécialement aménagée pour les conserver de façon potentiellement définitive ».

« Après entreposage, les déchets radioactifs ultimes ne pouvant pour des raisons de sûreté nucléaire ou de radioprotection être stockés en surface ou en faible profondeur font l'objet d'un stockage en couche géologique profonde ».

Concernant le stockage profond :

« Les études et recherches correspondantes sont conduites en vue de choisir un site et de concevoir un centre de stockage de sorte que, au vu des résultats des études conduites, la demande de son autorisation prévue à l'article L. 542-10-1 du code de l'environnement puisse être instruite en 2015 et, sous réserve de cette autorisation, le centre mis en exploitation en 2025. »

UN PROCESSUS D'AUTORISATION SPÉCIFIQUE

La loi du 28 juin 2006 a fixé une procédure spécifique pour instruire la demande d'autorisation de création de Cigéo.

Le dossier de demande d'autorisation déposé par l'Andra en 2015 fera l'objet d'un avis de la Commission nationale d'évaluation, de l'Autorité de sûreté nucléaire, des collectivités territoriales et d'une évaluation par l'l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) avant qu'une loi soit votée, pour fixer les conditions de réversibilité. Après cette loi, l'Andra devra compléter son dossier pour justifier la conformité à la loi. L'évaluation par l'ASN se poursuivra, une enquête publique aura lieu, avant que le décret d'autorisation puisse être signé. L'ensemble du processus prendra au moins trois ans.

Le décret d'autorisation du stockage fixera l'inventaire des déchets destinés au stockage dans Cigéo et définira les jalons d'évaluations et de points d'arrêt permettant d'accompagner le développement progressif de l'installation conformément à la logique de réversibilité.

2.5.
Loi du 28 juin 2006 : autres axes de recherche complémentaires au stockage profond

La loi de 2006 décide également de **poursuivre les études sur la séparation/transmutation** qui doivent être conduites **en lien avec celles menées sur les futures générations de réacteurs** nucléaires et sur les réacteurs pilotés par accélérateur dédiés à la transmutation des déchets. Fin 2012, le CEA a remis au Gouvernement un dossier sur les perspectives industrielles de cette technique (dossier consultable sur www.debatpublic-cigeo.org).

Concernant l'entreposage, les études et recherches sont réorientées vers des études appliquées visant à vers l'extension d'installations existantes ou la création de nouvelles installations. Les résultats obtenus ont d'ailleurs été pris en compte dans l'extension de l'entreposage de déchets de HA en cours de construction par Areva à l'usine de La Hague. **La loi charge l'Andra de piloter ces études sur l'entreposage et d'en assurer la coordination avec celles sur le stockage profond dans une optique de complémentarité.** Fin 2012, l'Andra a réalisé un bilan des études et recherches sur l'entreposage (dossier consultable sur www.debatpublic-cigeo.org).

2.6.
La situation dans les autres pays

Les pays utilisant l'énergie électronucléaire **retiennent tous le stockage profond pour une gestion définitive** et sûre à long terme de leurs déchets les plus radioactifs.

De nombreux pays ont engagé des recherches sur le stockage géologique. Outre la France, c'est le cas par exemple des États-Unis, de la Finlande, de la Suède, du Canada, de la Chine, de la Belgique, de la Suisse, de l'Allemagne, du Royaume-Uni ou encore du Japon. Les concepts et les milieux géologiques choisis varient en fonction des pays. Le WIPP (Waste isolation pilot plant) aux Etats-Unis stocke depuis une dizaine d'années, à 700 m de profondeur, les déchets MA-VL issus des activités de défense américaines. Les demandes d'autorisation de création des stockages suédois et finlandais, en milieu granitique, sont en cours d'instruction.

Toujours aux Etats-unis, le projet de stockage profond de Yucca mountain a été interrompu en 2010. Cette même année, une commission a été créée (Blue Ribbon Commission) afin d'examiner toutes les alternatives permettant de gérer les combustibles usés et les déchets radioactifs de haute activité. Cette commission a conclu qu'il était nécessaire de reprendre les études pour la conception d'un stockage profond.

L'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) indique que *« la sûreté du stockage géologique est largement acceptée dans la communauté technique et de nombreux pays ont maintenant décidé d'aller de l'avant avec cette option » (The long term storage of radioactiive waste : safety and sustainability - A position Paper of International Experts, AIEA 2003).*

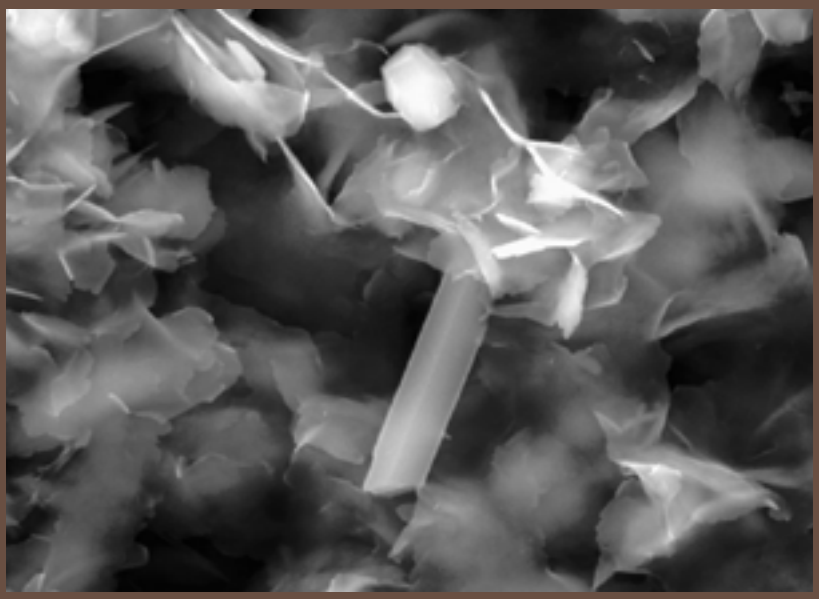
En 2011, la directive européenne 2011/70/EURATOM du 19 juillet établissant un cadre communautaire pour la gestion responsable et sûre du combustible usé et des déchets radioactifs rappelle que le stockage géologique constitue actuellement la solution la plus sûre et la plus durable en tant qu'étape finale de la gestion des déchets de haute activité.

LE PRINCIPE DU STOCKAGE PROFOND

La dangerosité des déchets radioactifs diminue au fil du temps du fait de la décroissance naturelle de la radioactivité qu'ils contiennent. Le principe du stockage profond consiste à confiner ces déchets et à les isoler de l'homme et de l'environnement sur de très longues échelles de temps.

1 / LES COLIS DE DÉCHETS

La sûreté du stockage profond s'appuie dans un premier temps sur les matériaux utilisé pour conditionner les déchets. Ces matériaux sont choisis pour leur robustesse et leur capacité à limiter ou ralentir le relâchement des radionucléides contenus dans les déchets. Il s'agit par exemple d'acier, utilisé pour la fabrication des conteneurs de stockage dans lesquels sont placés les déchets les plus radioactifs (déchets HA), qui reste étanche pendant plusieurs centaines d'années. Ces déchets sont également incorporés dans un verre qui se dissout très lentement retardant ainsi le relâchement des radionucléides qui s'étale sur plusieurs centaines de milliers d'années. Le béton, utilisé pour les déchets MA-VL, contribue également ralentir la migration des radionucléides.



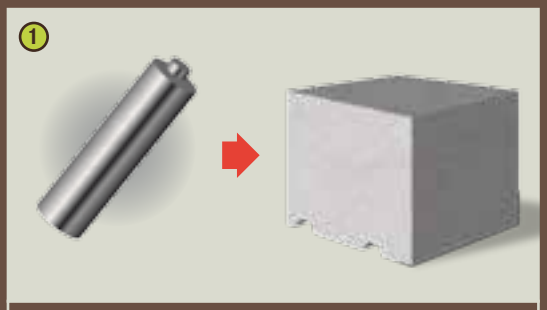
Argile vue au microscope électronique à balayage.

2 / LA ROCHE ARGILEUSE : UNE ROCHE IMPERMÉABLE

Lorsque des radionucléides seront relâchés par les colis de déchets, la roche argileuse prendra le relais comme barrière naturelle imperméable. La grande majorité des radionucléides relâchés n'atteindront jamais la surface. Certains, comme ceux de la famille de l'uranium, sont en effet très peu mobiles dans l'argile et ne parcourront que quelques mètres en plusieurs centaines de milliers d'années. D'autres auront perdu leur radioactivité, du fait de la décroissance naturelle de la radioactivité.

Seuls quelques radionucléides mobiles et dont la durée de vie est longue (essentiellement l'iode 129 et le chlore 36) pourront migrer jusqu'aux limites de la couche d'argile qu'ils atteindront après plusieurs dizaines de milliers d'années, puis potentiellement atteindre ensuite la surface en quantités extrêmement faibles, après plus de 100 000 ans. Ainsi, grâce à l'épaisseur de la couche d'argile, plus de 130 mètres, le déplacement de ces radionucléides est étalé sur une durée supérieure à la centaine de milliers d'années, ce qui rend leur impact potentiel sur l'homme et l'environnement largement inférieur à celui de la radioactivité naturellement présente dans l'environnement.

La profondeur du stockage, sa conception et son implantation dans une roche argileuse imperméable et dans un environnement géologique stable permettent de mettre les déchets à l'abri des activités humaines et des événements naturels de surface (comme l'érosion) et d'isoler les déchets HA et MA-VL de l'homme sur de très longues échelles de temps. Une fois l'installation refermée, celle-ci ne nécessite plus d'actions humaines. Ainsi, la charge de la gestion de ces déchets n'est pas reportée sur les générations futures.



Les déchets radioactifs sont d'abord conditionnés dans des colis conçus pour confiner les substances qu'ils contiennent.

Ces colis seront ensuite placés dans des ouvrages souterrains qui formeront une seconde protection pendant l'exploitation du stockage.

Au fil du temps, les colis et les ouvrages se dégraderont petit à petit au contact de l'eau contenue dans la roche, permettant à certains radionucléides de se dissoudre dans cette eau.

C'est là que l'argile, roche imperméable, prend le relais pour retenir ces radionucléides et freiner leur déplacement. Le stockage permet ainsi de garantir leur confinement sur de très longues échelles de temps.

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 (plus d'une centaine de milliers d'années). Cet étalement atténuera fortement leur concentration.

Les différentes voies potentielles de transfert de ces radionucléides jusqu'à l'homme ont été étudiées. Leur impact radiologique sera inférieur à celui de la radioactivité naturelle.

POURQUOI LA MEUSE/ HAUTE-MARNE POUR IMPLANTER CIGÉO ?

3

INTRODUCTION

Si Cigéo est autorisé, son implantation est prévue dans l'Est de la France, à la limite des départements de la Meuse et de la Haute-Marne, où les recherches menées depuis les années 1990 ont permis d'identifier un site dont la géologie est favorable à l'implantation d'un stockage profond. Pendant plusieurs années, un travail a été effectué, en collaboration avec les acteurs locaux, pour identifier les zones où seraient localisées les installations de Cigéo. Pour cela, de nombreux critères ont été pris en compte : scientifiques, industriels, environnementaux, socio-économiques.

3.1.
LE CHOIX DE LA MEUSE/HAUTE-MARNE POUR IMPLANTER UN LABORATOIRE SOUTERRAIN ..... page 28

3.2.
LE MILIEU GÉOLOGIQUE DE MEUSE/HAUTE-MARNE ..... page 29

3.3.
L'ARGILE DU CALLOVO-OXFORDIEN ..... page 30

3.4.
L'IMPLANTATION DES INSTALLATIONS DE CIGÉO ..... page 31

3.1.
Le choix de la Meuse/Haute-Marne pour implanter un laboratoire souterrain

La loi du 30 décembre 1991 prévoyait la création de laboratoires souterrains pour étudier des formations géologiques profondes potentiellement favorables au stockage. **Fin 1992, une mission de concertation a été lancée pour identifier des sites où pourraient être implantés ces laboratoires.**

Au terme de cette mission, **quatre sites ayant manifesté leur intérêt ont été retenus** sur la base de critères géologiques : trois concernant une couche argileuse (dans le Gard, la Meuse et la Haute-Marne), un concernant un massif granitique (dans la Vienne). L'Andra a été autorisée par le Gouvernement à y mener des **investigations géologiques après consultation des collectivités** locales (communes à proximité et Conseils généraux) qui se sont prononcées en faveur du projet. **En 1996, l'Andra a déposé trois demandes de création de laboratoires souterrains.**

2000 :
début de construction d'un laboratoire souterrain
sur le site étudié en Meuse/Haute-Marne

L'ensemble des résultats a montré que **la géologie des sites de la Meuse et de la Haute-Marne, désormais fusionnés en une seule zone en raison de la continuité de la couche argileuse étudiée, était particulièrement favorable.** Le site étudié dans la **Vienne n'a pas abouti à un consensus scientifique** sur la possibilité d'y réaliser un stockage sûr. Concernant **le Gard, le site présentait une difficulté scientifique** liée à son évolution géodynamique à long terme. Une forte opposition locale a conduit à l'abandon du projet.

En 1998, le Gouvernement a décidé la construction d'un laboratoire souterrain en Meuse/Haute-Marne et la poursuite des études pour trouver un site dans une roche granitique, différent de celui étudié dans la Vienne. Les travaux de construction du Laboratoire souterrain ont débuté en 2000 sur la commune de Bure en parallèle des reconnaissances géologiques que l'Andra a continué de mener localement.

Au cours de cette même année, la recherche d'un site dans une roche granitique a été abandonnée, la mission de concertation n'ayant pas abouti. L'Andra a toutefois poursuivi ses études et recherches sur le milieu granitique jusqu'en 2005 en se fondant notamment sur les travaux menés dans des laboratoires souterrains installés dans d'autres pays (Suède et Canada en particulier).

Les puits du Laboratoire souterrain ont atteint en 2004 la couche de roche argileuse sur laquelle vont se concentrer les études. Depuis, les scientifiques ont mené de nombreuses expérimentations pour étudier la roche et son comportement.

Plate-forme de forage.

3.2.
Le milieu géologique de Meuse/Haute-Marne

Depuis 1994, l'Andra a mené de nombreux travaux géologiques sur le site de Meuse/Haute-Marne qui ont permis de très bien connaître l'environnement géologique du site et les propriétés de la roche argileuse.

Le site se situe dans la partie Est du Bassin de Paris qui constitue un **domaine géologiquement simple,** avec une succession de couches de calcaires, de marnes et de roches argileuses qui se sont déposées dans d'anciens océans. Les couches de terrain ont une géométrie simple et régulière. **Il n'existe pas de ressource naturelle exceptionnelle à l'aplomb de la zone étudiée** pour le stockage profond. En particulier, un forage effectué à 2 000 mètres de profondeur a confirmé l'absence de ressource géothermique exceptionnelle à l'aplomb de la zone. Dans son rapport n°4 de juin 2010, la Commission nationale d'évaluation aboutit aux mêmes conclusions : *« le Trias dans la région de Bure ne représente pas une ressource géothermique potentielle attractive dans les conditions technologiques et économiques actuelles ».*

Le bassin de Paris est de plus une zone géologique très stable caractérisée par une très faible sismicité.

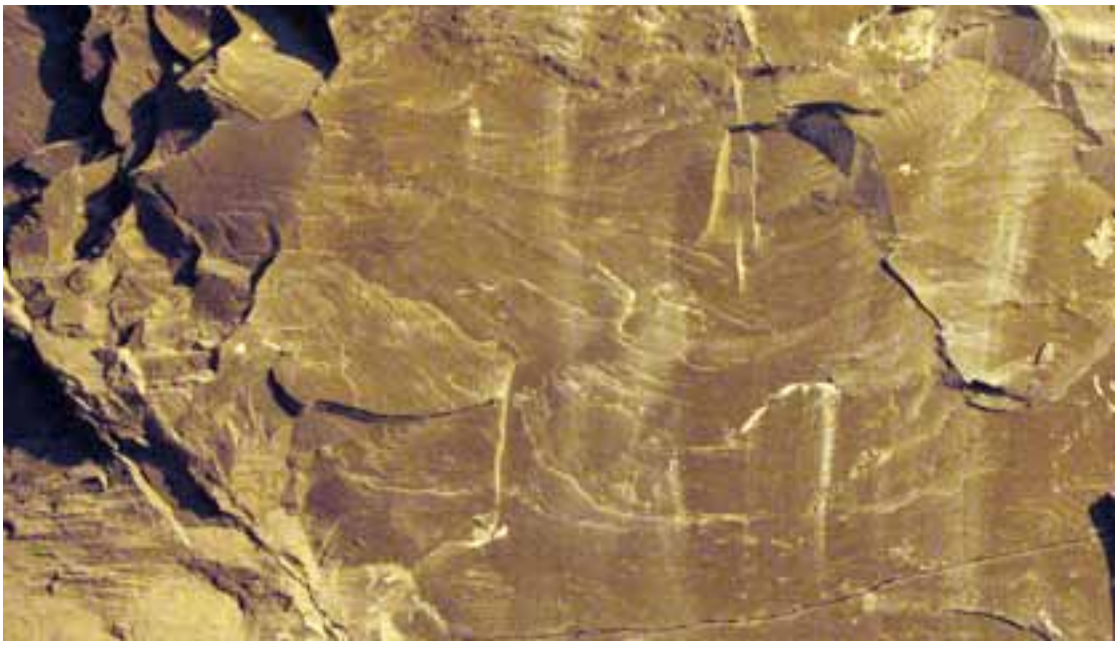
3.3.
L'argile du Callovo-Oxfordien

La couche argileuse étudiée par l'Andra en Meuse/Haute-Marne s'est déposée il y a environ 160 millions d'années. Elle est homogène sur une grande surface et son **épaisseur est importante** (plus de 130 mètres). **Aucune faille** affectant cette couche n'a été mise en évidence sur la zone étudiée. Les seules failles connues sont situées hors de cette zone (faille de la Marne, failles de Poissons/Roche-Betaincourt, fossé de Gondrecourt).

Cette roche argileuse possède des **propriétés qui permettent le confinement à long terme** des radionucléides contenus dans les déchets :

- Sa **très faible perméabilité** limite les circulations d'eau à travers la couche et s'oppose au transport des radionucléides par l'eau en mouvement (convection). La migration des éléments chimiques solubles se fait très lentement par diffusion (déplacement des éléments dans l'eau).
- Les compositions chimiques de la roche et de l'eau qu'elle contient **limitent la mise en solution de nombreux radionucléides,** comme ceux de la famille de l'uranium (les actinides) empêchant ainsi leur déplacement dans la roche.
- Outre sa perméabilité très faible, **les capacités de confinement tiennent à la nature argileuse de la roche,** qui est constituée d'empilements de feuillets entre lesquels les radionucléides peuvent se fixer.

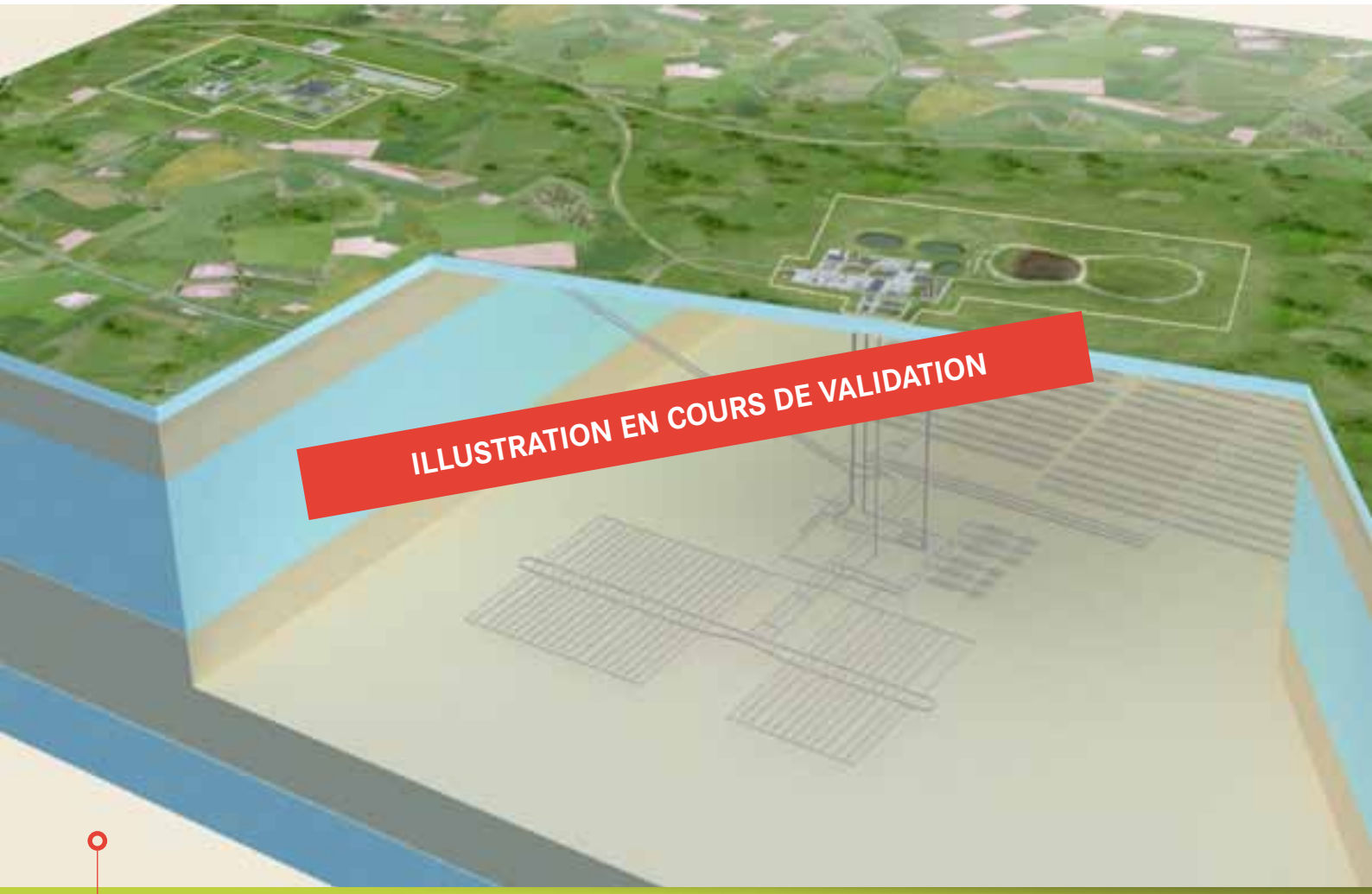
Les couches géologiques situées au-dessus et en dessous de la couche d'argile sont également peu perméables. Du fait de ces faibles perméabilités, les écoulements d'eau y sont très lents.



L'argile du Callovo-Oxfordien étudiée en Meuse/Haute-Marne.

3.4.
L'implantation des installations de Cigéo

S'il est autorisé, Cigéo sera composé d'une installation souterraine dans laquelle seront stockés les colis de déchets radioactifs. Pendant toute la durée d'exploitation du Centre, deux sites distincts seront opérationnels en surface pour réceptionner et préparer les colis de déchets avant leur transfert dans l'installation souterraine (installations de la zone descenderies) et assurer la logistique des travaux souterrains (installations de la zone puits).



Vue générale des installations de Cigéo - schéma de principe.

L'INSTALLATION SOUTERRAINE

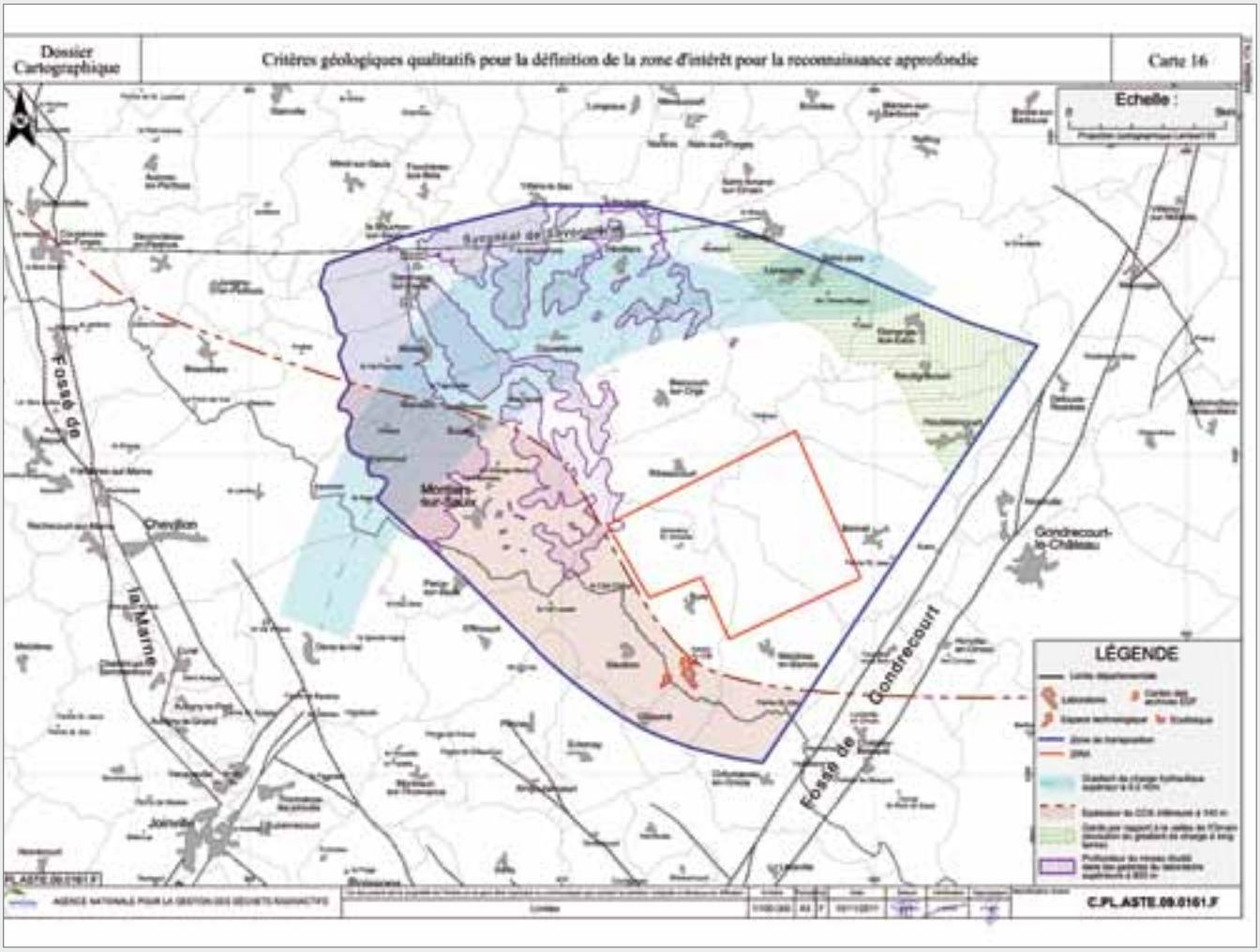
Pour étudier l'implantation de l'installation souterraine, l'Andra a proposé en 2009 au Gouvernement une **zone souterraine de 30 km²** (dénommée ZIRA : zone d'intérêt pour la reconnaissance approfondie), située au sein de la zone de 250 km² définie en 2005 dans laquelle les résultats du Laboratoire souterrain peuvent être transposés.

Sur le plan technique, les **critères pris en compte sont liés à la sûreté et à la géologie** (épaisseur de la couche, profondeur...). Des **critères liés à l'aménagement du territoire et à l'insertion locale** ont également été pris en compte (compatibilité avec une implantation de la descenderie dans la zone limitrophe Meuse/Haute-Marne et avec une implantation potentielle des puits d'accès dans une zone boisée, éviter une implantation sous les zones urbanisées des villages...).

La zone proposée par l'Andra, située à quelques kilomètres du Laboratoire souterrain, a été **validée par le Gouvernement,** après avis de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), de la Commission nationale d'évaluation (CNE) et après consultation des élus et du Comité local d'information et de suivi du Laboratoire (Clis).

L'Andra a ensuite conduit une nouvelle campagne de reconnaissance géologique dont les résultats ont confirmé que la couche d'argile située dans cette zone présente les caractéristiques favorables à l'implantation d'un stockage profond.

Si Cigéo est autorisé, l'installation souterraine sera implantée dans cette zone.

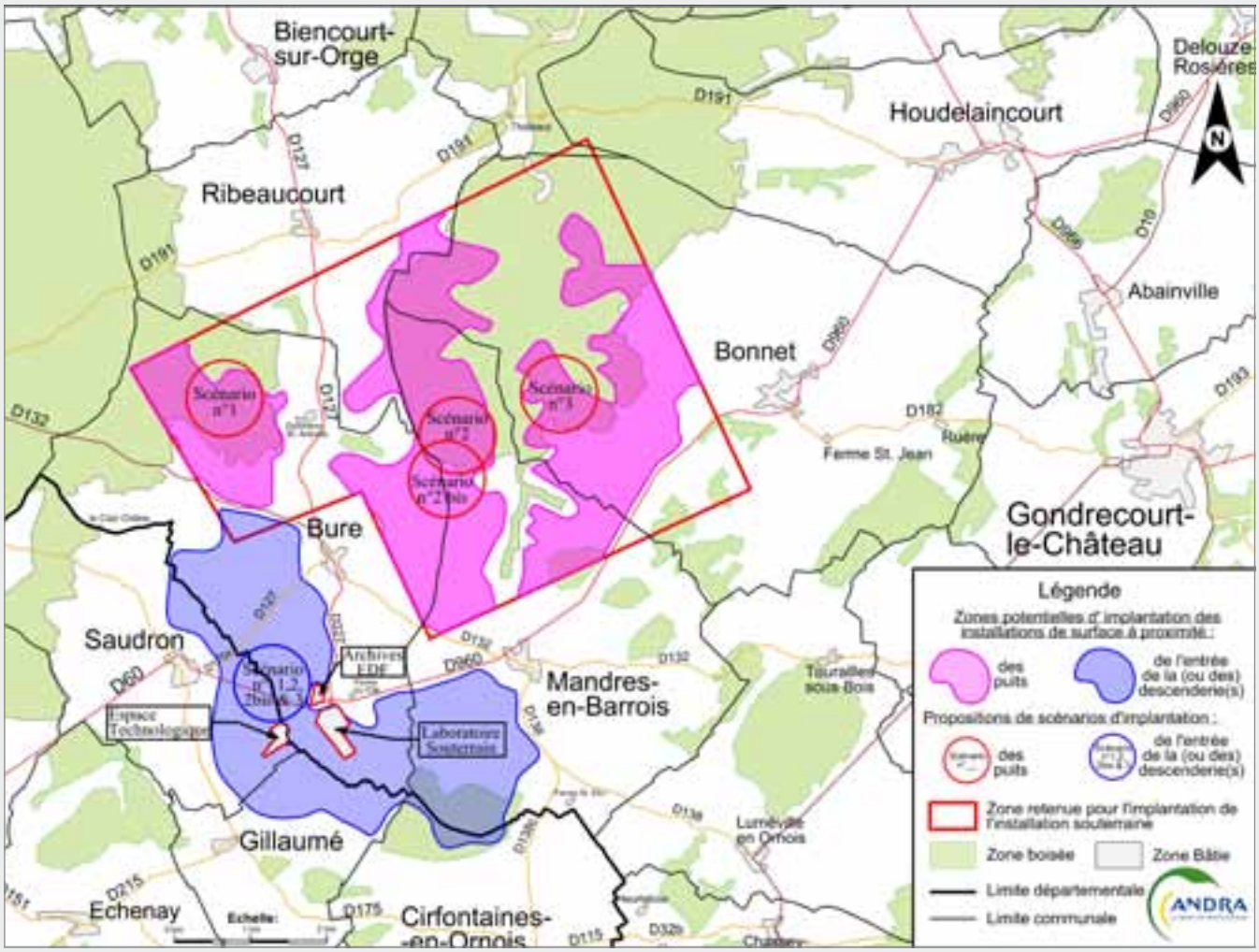


LES INSTALLATIONS DE SURFACE

Plusieurs zones ont été identifiées par l'Andra pour étudier l'implantation des installations de surface de Cigéo. Ces zones prennent notamment en compte les contraintes liées aux zones inondables, aux zones urbanisées, aux zones naturelles protégées, aux zones de survol aérien...

Les élus locaux ont demandé à l'Andra **d'étudier l'implantation des descenderies d'accès au stockage dans une zone interdépartementale,** côté Haute-Marne, contigüe à la Meuse. Cette zone se situe autour du Laboratoire souterrain, sur l'axe de la route départementale. Par ailleurs, cette zone peut être desservie par une voie ferrée si cette option est retenue (le tracé de l'ancienne ligne entre Gondrecourt-le-Château et Joinville passe à proximité).

Plusieurs scénarios d'implantations ont été étudiés pour les installations de la zone puits, en privilégiant une implantation dans une zone boisée pour limiter la consommation de terres agricoles. Un premier scénario consiste à implanter les installations dans la forêt de Montiers-sur-Saulx. Sur le plan technique, cette implantation est excentrée par rapport à la ZIRA, ce qui est contraignant pour le déploiement ultérieur de l'installation souterraine. Les scénarios 2 et 3 sont implantés en partie centrale de la ZIRA, dans la forêt de la vallée de l'Ormançon (une implantation en limite de forêt a également été examinée pour le scénario 2). Ces scénarios sont plus favorables pour le déploiement de l'installation souterraine, le scénario 3 nécessitant toutefois d'allonger la longueur des descenderies.



Vue générale des installations de Cigéo - schéma de principe.

Vue générale de la zone de surface dédiée au travaux souterrains - schéma de principe.

COMMENT FONCTIONNERA CIGÉO ?

4

INTRODUCTION

Cigéo sera composé d'installations de surface, où seront notamment réceptionnés, contrôlés et préparés les colis de déchets, d'une installation souterraine dans laquelle seront stockés les déchets, et d'infrastructures de liaison qui relieront l'installation souterraine à la surface. Le stockage sera exploité pendant plus de 100 ans et construit de manière progressive au fur et à mesure des besoins. Pour garantir son rôle et assurer le confinement des déchets sur de très longues périodes de temps sans nécessiter d'actions humaines, les ouvrages de Cigéo devront ensuite être refermés. Cette fermeture se fera de manière progressive.

4.1.
LES INSTALLATIONS DE CIGÉO ..... page 38

4.2.
LA CONSTRUCTION DE CIGÉO ..... page 44

4.3.
LE TRANSPORT DES COLIS DE DÉCHETS ..... page 44

4.4.
L'EXPLOITATION DE CIGÉO ..... page 48

4.5.
LA FERMETURE DE CIGÉO ..... page 49

4.1.
Les installations de Cigéo

Cigéo sera une installation nucléaire de base composée d'installations de surface, réparties sur deux sites, de puits et de descenderies et d'une installation souterraine.

Le projet Cigéo est entré dans une phase de conception industrielle, qui s'appuie sur les résultats de la R&D menée depuis 20 ans et son évaluation. En 2012, plusieurs options techniques ont été étudiées par l'Andra avec sa maîtrise d'œuvre, le groupement Gaiya (Technip/Ingérop). Cette esquisse industrielle fait l'objet en 2013 d'une revue d'experts et d'une évaluation par l'Autorité de sûreté nucléaire et par la Commission nationale d'évaluation.

Les recommandations issues de ces évaluations, les pistes d'optimisation identifiées par l'Andra ainsi que les modifications éventuelles du projet suite au débat public seront prises en compte dans la phase suivante d'études, avant le dépôt de la demande d'autorisation de création.

La description technique dans le présent dossier se fonde sur les options techniques privilégiées par l'Andra à ce stade des études.

1 ZONE SUPPORT AUX TRAVAUX SOUTERRAINS

Cette zone, située à l'aplomb de l'installation souterraine servira notamment de support au creusement et à la construction des ouvrages souterrains. Les déblais issus du creusement de ces ouvrages seront stockés sur cette zone.

2 ZONE DE RECEPTION ET DE PREPARATION DES COLIS

Cette zone, distante de quelques kilomètres de la zone dédiée aux travaux, sera composée de bâtiments qui permettront la réception des colis de déchets, leur contrôle et leur préparation avant leur transfert vers l'installation souterraine.

3 DESCENDERIES

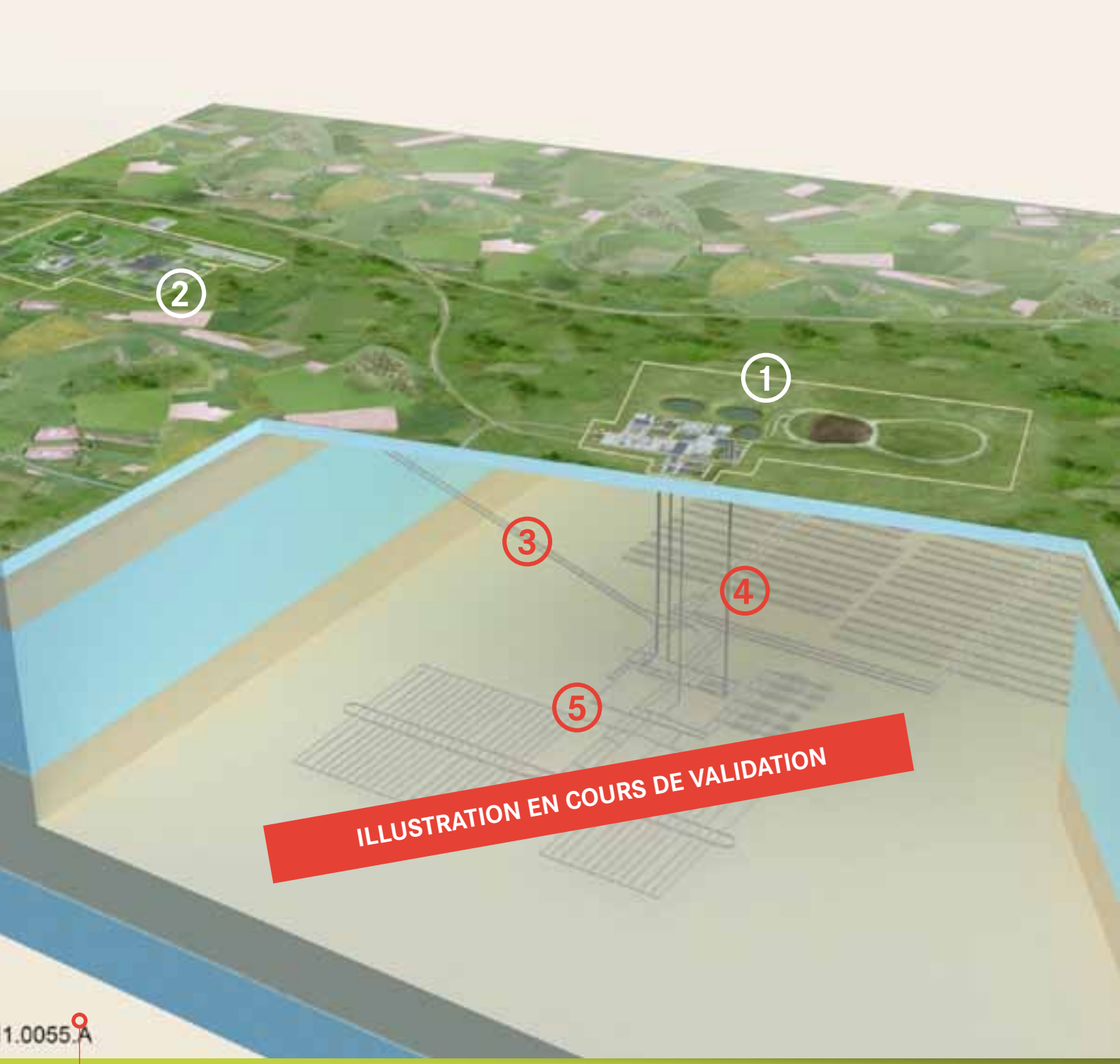
Une première descenderie permettra le transfert des colis de déchets vers l'installation souterraine. Une seconde descenderie servira d'accès technique.

4 PUITS

Cinq puits verticaux relieront l'installation souterraine à la zone dédiée aux travaux souterrains pour permettre le transfert du personnel, des matériels et des engins, la remontée des déblais et la ventilation des ouvrages souterrains.

5 INSTALLATION SOUTERRAINE

L'installation souterraine de Cigéo se développera au fur et à mesure de l'exploitation en fonction des besoins et sera composée de différentes zones.



Vue générale des installations de Cigéo - schéma de principe.

L'INSTALLATION SOUTERRAINE

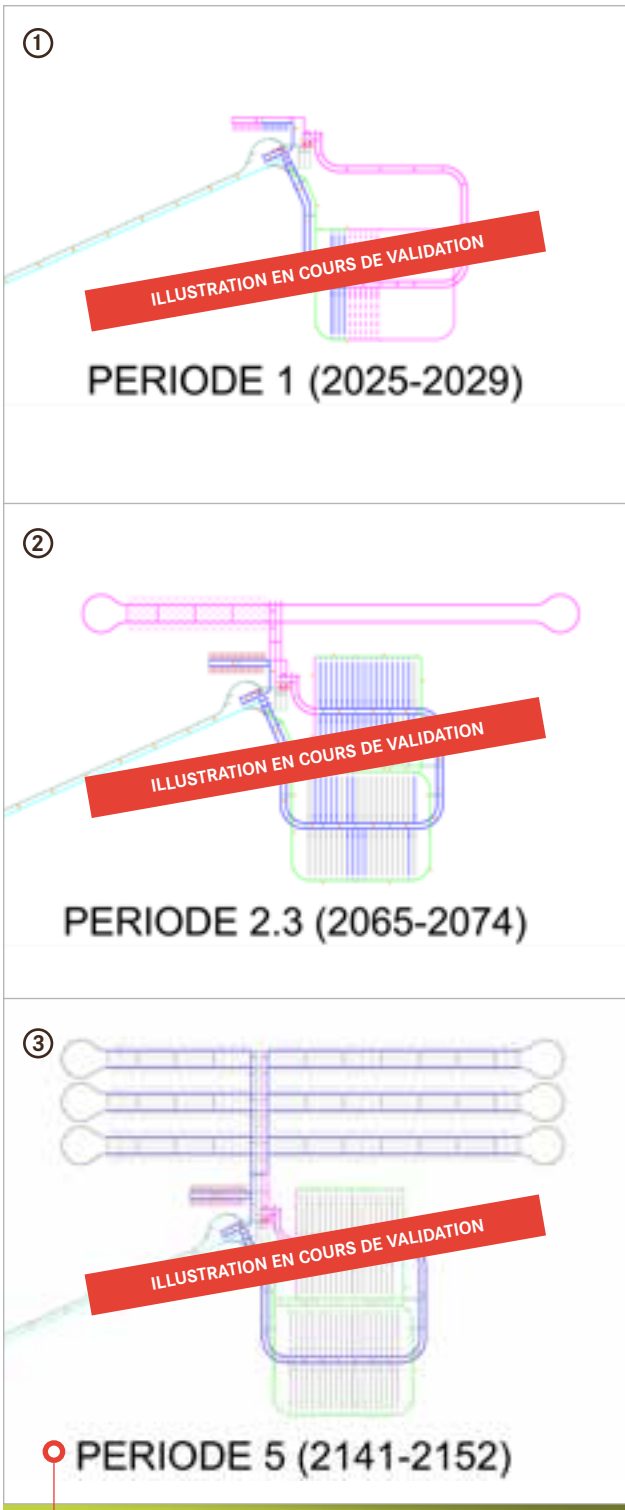
Située à environ 500 mètres de profondeur, l'installation souterraine de Cigéo se développera au fur et à mesure de l'exploitation. Elle se composera de zones de stockage pour les déchets HA et de zones de stockage pour les déchets MA-VL, de galeries de liaison et d'installations techniques. **Au terme de la centaine d'années d'exploitation, cette installation représentera une surface d'environ 15 km².**

Les déchets seront stockés, au moyen de dispositifs robotisés, dans des tunnels horizontaux appelés alvéoles, creusés au cœur de la couche d'argile. Les déchets HA seront stockés dans des alvéoles d'une centaine de mètres de longueur et d'environ 70 cm de diamètre revêtus d'un chemisage métallique. Les déchets MA-VL seront stockés dans des alvéoles de stockage horizontales de quelques centaines de mètres de longueur et d'une dizaine de mètres de diamètre.

Les **zones de stockage** seront conçues de **façon modulaire** pour permettre la **construction progressive** des tunnels dans lesquels seront stockés les déchets.

Schéma de principe d'une alvéole de stockage de déchets MA-VL.

Schéma de principe d'une alvéole de stockage de déchets HA.



L'installation souterraine sera construite au fur et à mesure de l'exploitation du Centre, en fonction des besoins.

LES INFRASTRUCTURES DE LIAISON

Deux types d'infrastructures serviront à relier les installations de surface de Cigéo à l'installation souterraine. Les **puits verticaux** seront utilisés pour le transfert du personnel, des engins de chantier, des matériaux et la ventilation des ouvrages souterrains.

Le transfert des colis de déchets se fera par une rampe d'accès appelée **descenderie,** au moyen d'un funiculaire.

Transfert par funiculaire dans une descenderie.

Entrée d'un puits.

LES INSTALLATIONS DE SURFACE

Les installations de surface de Cigéo seront réparties sur **deux sites** (zone descenderies et zone puits) distants de quelques kilomètres.

Les installations liées aux descenderies seront insérées dans la zone déjà aménagée autour du Laboratoire souterrain (Espace technologique, Ecothèque, bâtiment d'archives d'EDF). La topographie du site est utilisée pour l'insertion paysagère des installations.

Les déblais issus de la zone descenderies devront être transportés jusqu'à la zone puits où seront implantées les verses à déblais. La possibilité d'utiliser un convoyeur est étudiée pour réduire les flux de transports entre les 2 sites.

Les installations de surface seront équipées d'équipements de secours et de sécurité (caserne de pompiers, poste de garde…).

Les installations de la première zone de surface serviront notamment à la **réception et à la préparation des colis de déchets** avant leur transfert dans l'installation souterraine par une descenderie. D'une surface d'environ **200 hectares,** cette zone sera composée :

- D'un secteur nucléaire regroupant les installations nécessaires à la réception et au contrôle des colis, à leur conditionnement en colis de stockage et à leur regroupement avant leur transfert vers les alvéoles de stockage.
- D'un espace pour implanter un futur terminal ferroviaire si ce mode de transport jusqu'à Cigéo est retenu.
- Des équipements nécessaires au fonctionnement des installations : postes électriques, bassins permettant la récupération et le traitement des eaux de pluie, station d'épuration...
- D'une zone dédiée aux travaux de chantier et à la maintenance des installations.
- De bâtiments d'accueil pour les visiteurs.
- De zones de vie pour les travailleurs : restaurant, bureaux, etc.

Vue générale de la zone de surface servant à la réception et à la préparation des colis de déchets radioactifs - schéma de principe

Les installations de la deuxième zone de surface seront situées à environ 5 km de la première zone et serviront essentiellement **aux travaux de creusement et de construction des ouvrages souterrains.** D'une surface d'environ **110 hectares (hors verses à déblais),** cette zone sera située à la verticale de l'installation souterraine et composée :

- D'un secteur dédié aux travaux souterrains.
- D'un secteur nucléaire qui regroupera, les ateliers de maintenances et les différents puits permettant le transfert du personnel et la ventilation de l'installation souterraine.
- Des équipements nécessaires au fonctionnement des installations : postes électriques, bassins permettant la récupération et le traitement des eaux de pluie, station d'epuration...

Les déblais issus du creusement de l'installation souterraine seront stockés à proximité de cette zone et feront l'objet d'un traitement paysager. Ces verses à déblais seront réalisées progressivement, sur une emprise estimée à terme de l'ordre de 130 hectares.

Vue générale de la zone support aux travaux de construction et de creusement des ouvrages souterrains - schéma de principe.

4.2.
La construction de Cigéo

Le stockage sera construit de manière très progressive. Les premiers ouvrages à réaliser seront les installations nécessaires aux travaux souterrains et au démarrage de l'exploitation.

Après la mise en service du stockage, la construction de l'installation souterraine se fera au fur et à mesure des besoins, par tranches successives. Les zones en construction seront physiquement séparées des zones en exploitation. Cette séparation sera également réalisée pour les circuits de ventilation : les galeries de transfert des colis disposeront d'une alimentation en air frais indépendante de celle des galeries de travaux.

Les déblais de roche excavés lors du creusement de l'installation souterraine représenteront un volume de l'ordre de 10 millions de mètres cubes produits sur plus de 100 ans.

Les verses à déblais feront l'objet de dispositions particulières pour protéger l'environnement et pour permettre la réutilisation future d'une partie des déblais pour la fermeture de Cigéo (environ 40 % des déblais seront réutilisés pour remblayer les ouvrages souterrains).

A titre de comparaison, le volume de déblais générés par le creusement de grands tunnels est du même ordre de grandeur mais pour des chantiers réalisés sur une dizaine d'annees (environ 7 millions de mètres cubes pour le tunnel sous la Manche, environ 15 millions de mètres cubes pour le futur tunnel de base de la liaison ferroviaire Lyon-Turin).

4.3.
Le transport des colis de déchets

La réglementation relative au transport de substances radioactives est élaborée au niveau international par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA). En France, l'Autorité de sûreté nucléaire est responsable du contrôle de la sûreté des transports de substances radioactives pour les usages civils. Le Haut Fonctionnaire de défense et de sécurité du ministère en charge de l'écologie, du développement durable et de l'énergie est responsable de la sécurité des transports sensibles (protection physique).

Le transport de substances radioactives est assuré par des sociétés spécialisées et agréées. L'expéditeur réalise la caractérisation complète des colis à transporter. Cela permet au transporteur de définir le type d'emballage à utiliser et de spécifier les conditions du transport.

Les déchets sont transportés dans des emballages conçus pour être étanches et le rester même en cas d'accident (collision, incendie, immersion...). Ils sont composés de plusieurs types de matériaux qui permettent de réduire les niveaux d'irradiation pour les rendre inférieurs aux limites fixées par la réglementation. Celle-ci établit que la quantité de rayonnements reçus par une personne qui resterait à 2 mètres du véhicule pendant une heure n'excède pas la limite de 0,1 milliSievert, quel que soit le type de déchets transporté. A l'issue des opérations de chargement, l'expéditeur vérifie la conformité de l'emballage à la réglementation.

En France, on estime à environ 11 000 par an le nombre total de transports nécessaires au cycle du combustible pour l'activité des centrales nucléaires d'EDF, dont environ 200 pour transférer les combustibles usés déchargés des réacteurs français jusqu'à l'usine Areva NC de La Hague. Ces derniers s'effectuent principalement par voie ferrée jusqu'au terminal ferroviaire de Valognes, situé à 40 km de l'usine, puis par la route.

Le transport entre les sites de production des déchets et Cigéo

Concernant Cigéo, Areva, le CEA et EDF prévoient aujourd'hui de livrer de l'ordre de 700 à 900 emballages par an à l'horizon 2030-2040. Le transport par voie ferroviaire est privilégié. Dans ce cas, cela représenterait au maximum une centaine de trains par an (avec une dizaine de wagons par train), soit de l'ordre de deux trains par semaine en pic, avec une moyenne de deux trains par mois sur la durée d'exploitation. Pour les colis de déchets provenant du site CEA de Valduc (Côte d'or), dont les flux sont limités, le CEA prévoit un transport par voie routière. Cigéo est dimensionné sur cette base pour assurer la mise en stockage des colis au fur et à mesure.

Itinéraire de transport étudié entre Marcoule et Cigéo.

Les modalités d'acheminement des colis jusqu'à Cigéo sont étudiées par Areva, le CEA et EDF. Le réseau ferré national permet d'acheminer les convois jusqu'à proximité de Cigéo. Des itinéraires sont étudiés depuis la Normandie (La Hague) et la vallée du Rhône (Cadarache, Marcoule, Bugey).

Scénarios d'itinéraire étudiés entre le terminal ferroviaire de Valognes et Cigéo.

Les scénarios étudiés pour la desserte locale de Cigéo

L'arrivée et le déchargement des trains s'effectueront dans un terminal ferroviaire spécifique. Celui-ci peut être implanté soit sur une voie ferroviaire existante, ce qui nécessite une rupture de charge et un transport final jusqu'à Cigéo par voie routière, soit sur le site même des installations de surface de Cigéo, ce qui implique un prolongement du réseau ferré actuel.

Plusieurs scénarios ont été étudiés et ont fait l'objet d'échanges dans le cadre de l'élaboration du schéma interdépartemental de développement du territoire. Lors du prochain Comité de Haut Niveau, il sera proposé d'approfondir trois scénarios. Le premier scénario consiste à réaliser une desserte ferroviaire directe de Cigéo depuis le réseau ferré existant dans la vallée de l'Ornain, ce qui évite une rupture de charge. Les aménagements sur le réseau existant (renforcement de la voie existante…) relèvent de la maîtrise d'ouvrage de Réseau Ferré de France (RFF) qui gère ces infrastructures. Le tronçon de raccordement à créer jusqu'à Cigéo (d'environ 15 kilomètres) serait réalisé sous la maîtrise d'ouvrage de l'Andra. Le second scénario consiste à implanter le terminal ferroviaire sur le réseau ferré existant dans la vallée de l'Ornain. Le troisième scénario consiste à implanter le terminal ferroviaire sur le réseau existant dans la vallée de la Marne. Dans ces deux derniers scénarios, les colis sont transportés par la route depuis le terminal ferroviaire jusqu'à Cigéo.

Scénarios schématisés de desserte ferroviaire locale.

L'option d'une desserte ferroviaire directe de Cigéo

Sur le plan technique, le raccordement depuis le réseau ferroviaire existant dans la vallée de l'Ornain est plus favorable qu'une desserte ferroviaire depuis la vallée de la Marne. Différentes options de raccordement à la voie ferrée existante ont été examinées entre Gondrecourt-le-Château et Houdelaincourt. Le raccordement depuis Gondrecourt-le-Château pourrait permettre de réutiliser une partie des emprises de l'ancienne voie ferrée.

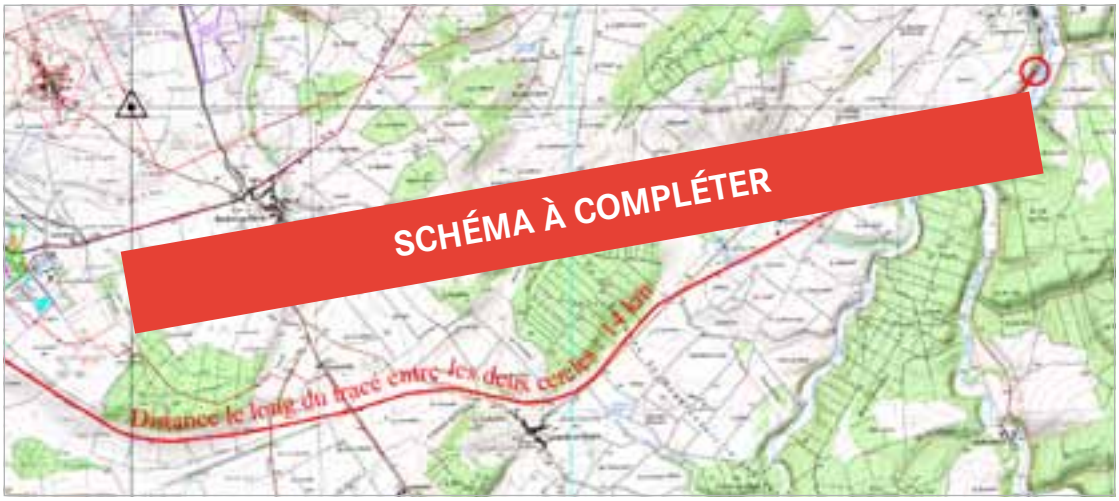


Schéma de raccordement ferroviaire entre Gondrecourt-le-Château et Cigéo).

Emballage de transport dans lesquels seront placés les colis de déchets HA. Ces emballages seront contrôlés avant d'être expédiés.

4.4.
L'exploitation de Cigéo

PRODUCTION DES COLIS DE DÉCHETS SUR LES SITES DES PRODUCTEURS

Les **déchets sont conditionnés et les colis sont produits sous la responsabilité des producteurs.** La qualité des colis est vérifiée par les producteurs lors du conditionnement, ainsi qu'avant leur expédition vers Cigéo. Les installations des producteurs sont soumises au **contrôle des autorités de sûreté compétentes** (Autorité de sûreté nucléaire ou Autorité de sûreté nucléaire défense). L'Andra mène également des missions de surveillance pour **vérifier la maîtrise de la qualité des colis** par les producteurs.

Cigéo sera exploité pendant
plus de 100 ans.

L'ACCEPTATION DES COLIS DE DÉCHETS DANS CIGÉO

Un colis ne pourra être accepté qu'après un processus permettant de s'assurer du respect des critères techniques définis par l'Andra pour la sûreté du stockage et approuvés par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Les producteurs devront ainsi soumettre à l'Andra une **demande d'acceptation** dans laquelle ils apporteront la démonstration que **les colis de déchets respectent ces critères techniques.** Après accord de l'Andra, les colis pourront ensuite être expédiés vers Cigéo.

LE STOCKAGE DES COLIS DE DÉCHETS

A leur réception sur le site, les colis seront accueillis dans des bâtiments où ils seront **retirés des emballages de transport et contrôlés** (non-contamination, débit de dose…). Ces bâtiments serviront également à gérer les flux de colis avant leur transfert dans les l'installation souterraine. **Ces installations ne sont pas prévues pour se substituer aux entrepôts des producteurs,** notamment pour assurer la décroissance thermique des déchets avant leur mise en stockage. Les colis de déchets seront placés dans des **conteneurs de stockage.** Certains colis de déchets livrés par les producteurs pourraient être directement prêts pour le stockage. Les colis de stockage seront placés dans une **hotte** qui assurera une protection contre les rayonnements. La hotte sera chargée sur un funiculaire qui descendra les colis de stockage jusqu'aux alvéoles, à la vitesse d'un homme à pied. La mise en place des colis de stockage dans les alvéoles pourra être commandée à distance. La hotte de transfert commencera par s'appareiller à la porte de l'alvéole de manière à assurer une étanchéité lors de son ouverture. Celle-ci ne pourra être ouverte qu'une fois cette opération effectuée. Dès lors, le dispositif de manutention prendra en charge le colis pour le placer dans l'alvéole. Après mise en place du colis, la porte de l'alvéole sera refermée. **La radioprotection sera assurée pendant toutes ces opérations.**

UNE ZONE PILOTE POUR LES DÉCHETS HA

Les déchets HA se caractérisent par leur concentration de la radioactivité, qui leur confère un caractère fortement irradiant et qui entraîne un dégagement de chaleur important en comparaison des déchets MA-VL.

Les conditions de leur stockage sont testées au Laboratoire souterrain grâce à des expériences à l'échelle 1 : creusement d'alvéoles, chargement thermique… Leur manutention a été étudiée jusqu'à réaliser des prototypes, également à échelle 1, avec des colis factices mais incluant les protections vis-à-vis du rayonnement. Ces prototypes sont d'ores et déjà présentés au public à l'Espace technologique de Saudron. Ces résultats alimenteront la démonstration de sûreté qui sera présentée dans le cadre de la demande d'autorisation de création de Cigéo en 2015.

Le stockage de premiers colis de déchets HA sera réalisé à partir de 2025 dans une zone « pilote ». Le volume des déchets qui y seront stockés représentera 5 % du total des déchets HA. Cette zone pilote sera observée pendant une cinquantaine d'années avant de commencer à stocker les 95 % restants.

4.5.
La fermeture de Cigéo

Pour garantir le confinement des déchets sur de très longues périodes de temps sans nécessiter d'actions humaines, **les ouvrages souterrains de Cigéo devront être refermés.**

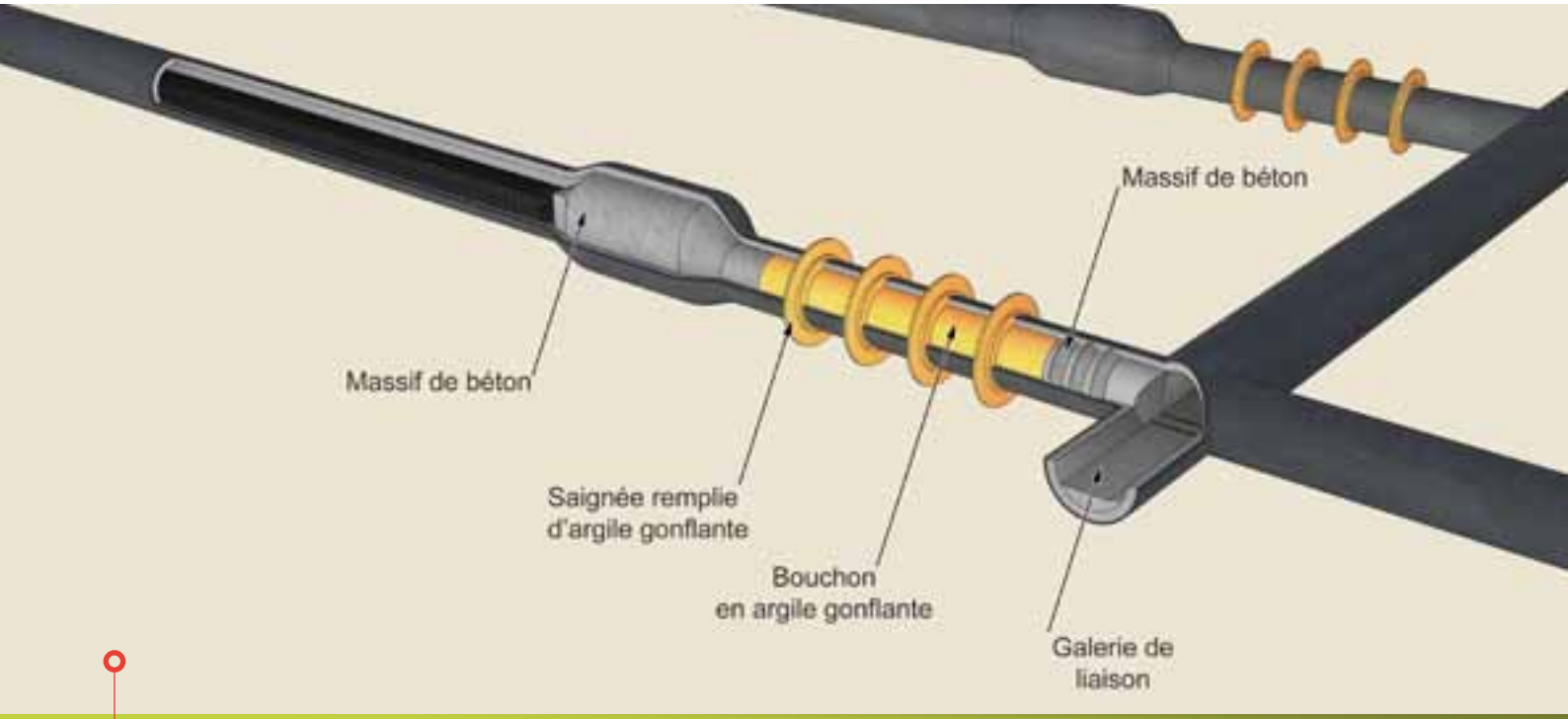
La fermeture du stockage se fera de manière **progressive,** selon un processus décisionnel qui devrait être défini dans la future loi fixant les conditions de réversibilité du stockage.

L'installation souterraine sera refermée zone par zone :

- obturation des alvéoles de stockage ;
- construction de scellements (ouvrage en argile gonflante destiné à donner une bonne imperméabilité aux galeries remblayées) et remblaiement des galeries d'accès aux alvéoles puis des galeries principales ;
- remblaiement et scellement des puits et des descenderies.

Le remblaiement des ouvrages se fera grâce aux déblais argileux excavés au moment du creusement du stockage et conservés en surface. Les scellements seront constitués d'argile gonflante et de béton afin de limiter les circulations d'eau à long terme dans les galeries et les liaisons surface-fond.

En parallèle de la fermeture de l'installation souterraine, les installations de surface seront démantelées.



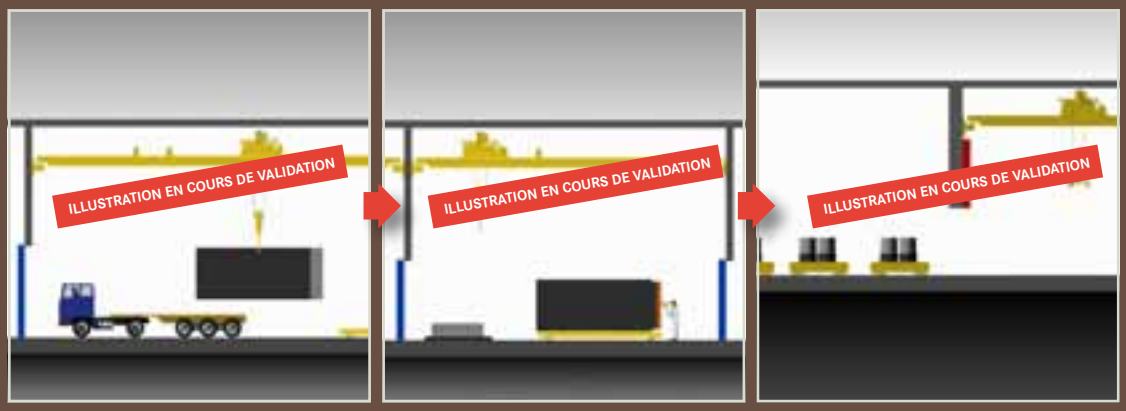
Principe du fermeture d'une alvéole de stockage.

ITINÉRAIRE DES DÉCHETS HA ET MA-VL, DE LEUR ARRIVÉE JUSQU'À LEUR STOCKAGE

1

RÉCEPTION DES COLIS

À leur réception, les colis de déchets seront accueillis dans des bâtiments où ils seront contrôlés une première fois et déchargés des emballages dans lesquels ils auront été transportés.



2

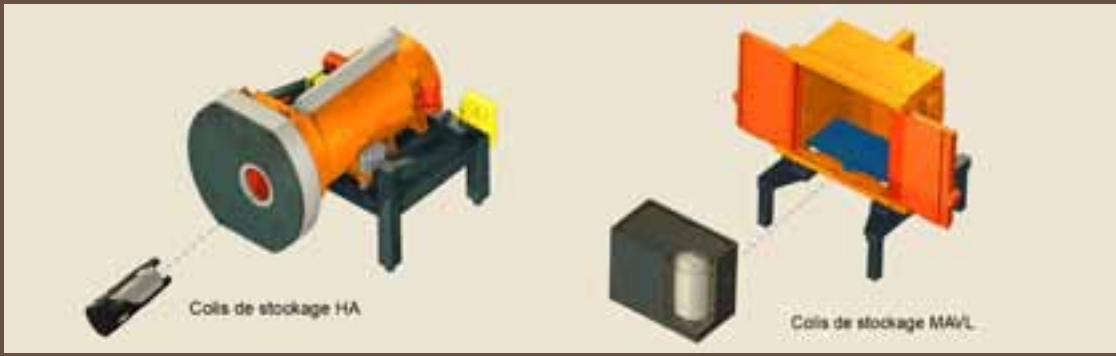
CONTRÔLE ET PRÉPARATION DES COLIS

Ils feront l'objet d'un second contrôle avant d'être placés, si besoin dans des conteneurs de stockage.

3

MISE EN PLACE DANS DES HOTTES DE TRANSFERT

Pour permette leur transfert au fond, les colis de stockage seront placés dans une hotte qui assurera une protection contre les rayonnements.



4

TRANSFERT DES COLIS VERS L'INSTALLATION SOUTERRAINE

La hotte sera placée sur un funiculaire qui acheminera les colis de stockage jusqu'à l'installation souterraine par une rampe d'accès (descenderie).

5

STOCKAGE DES COLIS DE DÉCHETS

Les déchets seront stockés dans les alvéoles de stockage au moyen de dispositifs robotisés.

LA SÛRETÉ DE CIGÉO

5

INTRODUCTION Les déchets radioactifs contiennent des substances dangereuses qui peuvent irradier une personne à proximité ou contaminer l'homme et l'environnement si elles sont dispersées. L'objectif fondamental de Cigéo est de protéger l'homme et l'environnement de ces déchets sur de très longues échelles de temps.

Cigéo est conçu pour être sûr pendant sa construction, son exploitation et après sa fermeture. Cela repose sur de nombreuses dispositions qui permettent d'éviter la dispersion incontrôlée de radioactivité afin que la quantité de radioactivité qui se retrouve au contact des travailleurs et des populations riveraines soit très faible et ne présente pas de risque pour la santé. Après la fermeture du stockage, la sûreté doit être assurée de manière passive et ne nécessiter aucune action humaine. Néanmoins une surveillance sera maintenue après la fermeture du stockage et des actions seront menées pour conserver et transmettre sa mémoire.

5.1.
LA SÛRETÉ DU STOCKAGE PENDANT SON EXPLOITATION ..... page 54

5.2.
LA SÛRETÉ DU STOCKAGE APRÈS SA FERMETURE ..... page 56

5.3.
LE CONTRÔLE DE LA SÛRETÉ DE CIGÉO ..... page 57

5.4.
L'IMPACT RADIOLOGIQUE DE CIGÉO ..... page 58

5.5.
LA SURVEILLANCE DU STOCKAGE ET DE SON ENVIRONNEMENT ..... page 60

5.6.
CONSERVER ET TRANSMETTRE LA MÉMOIRE DU STOCKAGE ..... page 61

5.1.
La sûreté du stockage pendant son exploitation

Pendant l'exploitation du Centre, le confinement des déchets est assuré par les colis et les ouvrages de stockage. Pour garantir la sûreté du Centre pendant toute sa durée d'exploitation, **l'Andra a identifié, dès la conception de l'installation, toutes les sources potentielles de dangers qui pourraient engendrer un impact radiologique** pour les personnes et pour l'environnement. Le concept de « défense en profondeur » s'applique à Cigéo comme aux autres installations nucléaires :

- Pour chaque risque identifié, l'Andra prévoit les dispositions de conception et d'exploitation qui permettent de le **supprimer si possible, de le prévenir et de réduire sa probabilité.**
- Des **moyens de contrôle et de surveillance** seront mis en place pour détecter tout dysfonctionnement et ramener l'installation dans ses conditions normales de fonctionnement.
- Malgré ces dispositions, **l'Andra suppose que des situations accidentelles puissent** se produire et prévoit des dispositions supplémentaires pour les maîtriser afin d'en minimiser l'impact.

LA COACTIVITE AU SEIN DU STOCKAGE

Une caractéristique de Cigéo est que les travaux de creusement souterrain dureront tout le long de la vie du Centre, en même temps que l'exploitation de l'installation nucléaire. Il s'agit de deux types d'activités très différentes. Aussi l'Andra a soigneusement étudié **la séparation des activités de chantier et des activités nucléaires :** elles se feront dans des **zones séparées,** avec des accès distincts et des circuits de ventilation séparés. Le chantier de creusement est un chantier classique, avec les dispositions de gestion propres aux travaux souterrains. La partie nucléaire de l'installation fait l'objet de mesures adaptées aux risques particuliers qu'elle comporte et présentés ci-après.

LES RISQUES PRIS EN COMPTE POUR L'INSTALLLATION NUCLEAIRE

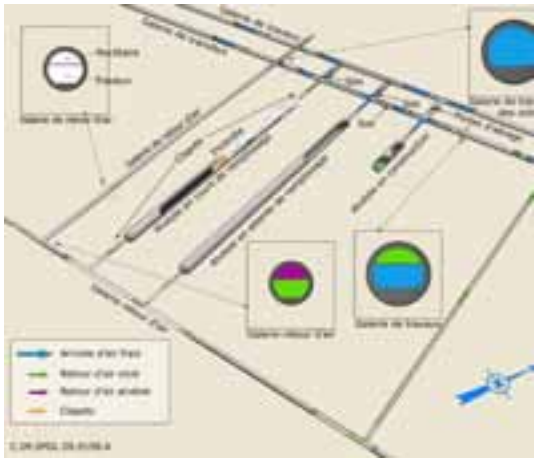
L'ensemble des risques, externes ou internes, naturels ou industriels, est pris en compte : séisme, inondation, conditions climatiques extrêmes (vent, neige, pluie, foudre…), chute d'avion, environnement industriel (voies de circulation, présence d'autres installations présentant des risques…), malveillance, manutention, incendie, explosion … Ces risques sont caractérisés et les installations sont dimensionnées pour y résister suivant les règles définies par l'Autorité de sûreté nucléaire.

1 / RISQUES NATURELS

Dès la phase de choix du site d'implantation, les risques naturels ont été évalués afin de retenir un site présentant des caractéristiques favorables, c'est-à-dire où les risques sont suffisamment faibles pour ne pas affecter la sûreté de Cigéo (sismicité naturelle faible, hors des zones inondables …). Les normes de sûreté imposent de dimensionner les installations de Cigéo (de surface et souterraine) pour résister à des séismes cinq fois plus puissants que tous les séismes envisageables sur le site.

2 / RISQUE D'INCENDIE

Une première mesure de prévention consiste à limiter la quantité de produits combustibles ou inflammables dans les équipements de manutention du stockage. Contrairement au cas des tunnels routiers où les véhicules constituent des sources de combustibles importantes, il n'y aura ainsi pas de véhicule à moteur thermique en zone



Gestion de la ventilation en situation d'incendie.

nucléaire de Cigéo. Des dispositifs de détection d'incendie et des systèmes automatiques de lutte contre l'incendie seront répartis dans les installations pour détecter, localiser et éteindre rapidement tout départ de feu.

Malgré toutes ces dispositions, une situation d'incendie est quand même considérée par prudence. Des systèmes de compartimentage et de ventilation sont prévus pour limiter la propagation du feu et ses conséquences. L'architecture souterraine permettra aux secours d'intervenir dans des galeries à l'abri des fumées et facilitera l'évacuation du personnel. Dans les alvéoles de stockage, la filtration permettra de limiter la dispersion dans l'environnement de substances qui pourraient avoir été relâchées lors d'un incendie.

Comment maîtrise t-on le risque de dispersion de la radioactivité ?

La principale fonction de Cigéo est de confiner la radioactivité contenue dans les déchets : ce confinement doit être assuré pendant toute la période d'exploitation, en situation normale comme accidentelle. Pour cela, les colis constituent la première barrière qui retient les particules radioactives. Dans la descenderie et les galeries de transfert, ces colis sont placés dans une hotte qui constitue une deuxième enveloppe qui protège les colis en cas d'agression (chute, incendie...). Dans les alvéoles de stockage MA-VL, des filtres de très haute efficacité garantissent que, même en cas de rupture d'un colis, la dispersion des particules radioactive reste limitée à l'alvéole et ne rejoint pas l'environnement.

3 / RISQUE D'EXPLOSION

Certains déchets MA-VL, notamment ceux contenant des composés organiques, dégagent de l'hydrogène. Cet hydrogène non radioactif présent dans les molécules des composés organiques est libéré, sous l'effet des radiations. Au-delà d'une certaine quantité, l'hydrogène présente un risque d'explosion en présence d'oxygène. Pour maîtriser ce risque, l'Andra fixe une limite stricte aux quantités d'hydrogène émise par chaque colis, qui fera l'objet de contrôles.

Pour éviter l'accumulation d'hydrogène, les installations souterraines et de surface seront ventilées pendant leur exploitation, comme le sont les installations d'entreposage dans lesquelles se trouvent actuellement ces déchets. Compte tenu de sa contribution à la sûreté de l'installation, la ventilation fait l'objet de mesures de fiabilisation pour réduire le risque de panne. De plus, des dispositifs de surveillance seront mis en place pour détecter toute anomalie sur le fonctionnement de la ventilation. Des situations de perte de la ventilation ont été envisagées. Les analyses de l'Andra montrent que dans ce cas, on disposera alors de plus d'une dizaine de jours pour la rétablir, ce qui permettra de mettre en place les dispositions nécessaires.

Les conséquences d'une explosion au sein d'une alvéole de stockage ont néanmoins été évaluées. Les résultats montrent que les colis ne seraient que faiblement endommagés, ce qui ne compromettrait pas le confinement des substances qu'ils contiennent.

4 / RISQUE DE PANNE ÉLECTRIQUE

En cas de panne électrique, Cigéo sera équipé, comme toutes les installations nucléaires, d'équipements de secours électriques, notamment de groupes électrogènes, redondants et diversifiés. Ces équipements font l'objet de tests très réguliers, afin d'assurer plusieurs niveaux de secours pour alimenter les équipements sensibles (ventilation nucléaire, pompes d'alimentation du réseau incendie, systèmes de surveillance radiologique...).

5 / RISQUES LIÉS A LA MANUTENTION DES COLIS

L'installation est conçue pour minimiser les risques d'accident lors des opérations de transfert : par exemple, les vitesses de circulation des véhicules et des engins de manutention seront très faibles (10 km/h environ pour les transferts en descenderie et en galeries, moins de 1 km/h pour les opérations de mise en place ou de retrait éventuel des colis dans les alvéoles de stockage). Les hauteurs de manutention des colis sont limitées (inférieures aux essais de chute réalisés). De même, les engins de transports sont dimensionnés pour résister à une collision et munis de plusieurs systèmes de sécurité redondants.

L'analyse des risques prévoit également les dispositions à prendre pour remettre l'installation en état de fonctionner suite à un blocage d'un équipement ou une chute de colis : ce type de situation ne doit pas compromettre la sécurité de l'installation de stockage ni la poursuite de l'exploitation.

Démonstrateur de conteneur de stockage MA-VL après un essai de chute.

6 / RISQUE DE CRITICITÉ

La criticité correspond au déclenchement non contrôlé de fissions au sein de matières fissiles ; telles que l'uranium 235 ou le plutonium. Un tel risque ne peut survenir qu'en présence d'une concentration suffisante de matière fissile.

Dans le stockage profond, les déchets contiennent des quantités faibles de matières fissiles, Le risque de criticité est cependant systématiquement évalué par précaution, et il est vérifié que la géométrie des colis et leur disposition dans le stockage excluent tout risque de criticité.

7 / RISQUE D'IRRADIATION

La conception de l'installation prend en compte la réglementation applicable pour les travailleurs et le principe « ALARA » qui vise à limiter autant que possible leur exposition aux radiations. L'exposition aux postes de travail sera bien en deçà des seuils réglementaires. Ceci est notamment obtenu par la séparation physique des zones en construction et des zones en exploitation nucléaire, par la mise en place de protections radiologiques et par l'étude des possibilités d'automatisation des opérations de transfert des colis.

Contrôle radiologique du personnel en sortie de zone contrôlée.

LE PRINCIPE ALARA (AS LOW AS REASONABLY ACHIEVABLE)

Ce principe international de radioprotection, qui signifie en français « aussi bas que raisonnablement possible », consiste à ne pas se contenter de respecter les limites réglementaires et à maintenir l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu de l'état des techniques, des facteurs économiques et sociaux.

5.2.
La sûreté du stockage après sa fermeture

L'objectif fondamental de Cigéo est de protéger l'homme et l'environnement des déchets radioactifs sur de très longues échelles de temps. **La sûreté à long terme du stockage doit être assurée de manière passive, sans dépendre d'actions humaines. Cela repose notamment sur le choix du milieu géologique et sur la conception du stockage.**

LA CONCEPTION DU STOCKAGE

La première fonction du stockage consiste à **isoler les déchets des activités en surface.** Le stockage sera situé à environ 500 mètres de profondeur. Cela le préserve des conséquences de phénomènes tels que l'érosion ou les glaciations qui n'affecteront qu'une épaisseur de terrain inférieure

à 200 mètres à l'échelle de centaines de milliers d'années.

La seconde fonction du stockage consiste à **confiner les substances radioactives** et à **maîtriser les voies de transfert qui peuvent conduire à long terme les radionucléides jusqu'à l'homme et l'environnement.** Ces processus se dérouleront sur de très longues échelles de temps pendant lesquelles la dangerosité des déchets diminue par décroissance radioactive.

L'organisation de l'installation souterraine et la conception de certains composants du stockage tels que les colis et les scellements contribuent au confinement de la radioactivité et à limiter les écoulements d'eau dans le stockage après sa fermeture.

A long terme, le confinement repose sur les **caractéristiques très favorables de la couche d'argile dans laquelle le stockage sera implanté.** La conception du stockage vise donc à limiter les perturbations provoquées par sa réalisation. Cela conduit par exemple à privilégier des méthodes de construction limitant l'endommagement de la roche, à limiter les vides résiduels dans le stockage (remblaiement des galeries), les perturbations chimiques liées aux matériaux du stockage ou encore à l'élévation de température pour maintenir les propriétés de la roche.

L'ÉVALUATION DE LA SÛRETÉ À LONG TERME DU STOCKAGE

Le guide de sûreté établi par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) définit la méthodologie à mettre en œuvre pour évaluer la sûreté après fermeture. Il prévoit une démarche itérative d'évaluation, qui accompagnera toutes les phases de développement du stockage jusqu'à sa fermeture.

Les évaluations de sûreté ont montré que l'impact à très long terme du stockage resterait largement inférieur à celui de la radioactivité naturelle. Pour garantir que le stockage reste sûr quoi qu'il arrive, **tous les phénomènes qui pourraient dégrader ses performances et remettre en cause sa sûreté sont pris en compte** (séisme, érosion, intrusion…) et leurs conséquences sont évaluées.

L'installation souterraine de Cigéo est par exemple conçue pour résister aux éventuels séismes qui pourraient intervenir sur le très long terme. Les études ont permis de définir quel serait le plus fort séisme géologiquement possible sur d'aussi grandes échelles de temps. Les études ont montré que Cigéo résisterait à des séismes de cette amplitude.

Toutes les incertitudes identifiées sur des composants du stockage jouant un rôle pour la sûreté ont également été prises en compte afin de vérifier que l'impact du stockage ne présente pas de risque pour la santé en cas d'erreur ou de défaillance dans sa conception : par exemple si la roche argileuse était 10 fois plus perméable que les valeurs prudentes retenues à partir des observations scientifiques, si le verre dans lequel sont incorporés les déchets HA se dissolvait en milliers d'années au lieu de centaines de milliers d'années, si les scellements mis en place pour refermer le stockage étaient défaillants…

Des études ont également été menées pour vérifier qu'en cas d'intrusion dans le stockage (par forage par exemple), la capacité de confinement du stockage resterait suffisamment préservée pour que son impact reste inférieur aux normes réglementaires. »

5.3. Le contrôle de la sûreté de Cigéo

En tant qu'exploitant, l'Andra est responsable de la sûreté de Cigéo. Les objectifs de sûreté constituent des exigences prioritaires sur les autres enjeux du projet.

Du fait de la nature des déchets qu'il accueillera, Cigéo sera une **installation nucléaire de base** (INB). Conformément à la réglementation des INB, l'Andra évalue continuellement la performance de la sûreté des installations et ce dès la conception. De nouvelles dispositions peuvent être prises à tout moment en fonction des résultats de ces évaluations, de changements de normes ou d'avancées technologiques.

L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) et ses appuis techniques l'IRSN et le groupe permanent d'experts pour les déchets évaluent régulièrement les travaux de l'Andra au plan de la sûreté depuis 1996.

Cigéo doit répondre aux règles de sûreté définies par l'ASN. Le dossier de demande d'autorisation de création que déposera l'Andra en 2015 fera l'objet d'une **instruction détaillée de l'ASN** et de ses appuis techniques. **La création du stockage ne pourra être autorisée que si l'Andra démontre sa sûreté et la maîtrise de tous les risques.** La mise en service de Cigéo sera également soumise à l'autorisation de l'ASN.

Des réexamens de sûreté seront ensuite réalisés périodiquement (tous les 10 ans au moins), pendant toute la durée d'exploitation de Cigéo.

En phase de construction puis d'exploitation, Cigéo sera soumis au contrôle de l'ASN comme toutes les installations nucléaires. L'ASN effectue régulièrement des inspections (plusieurs par an, dont certaines inopinées) sur les installations de l'Andra et peut imposer des prescriptions supplémentaires si elle considère qu'un risque n'est pas maîtrisé correctement, voire mettre à l'arrêt l'installation.

5.4.
L'impact radiologique de Cigéo

PENDANT L'EXPLOITATION DU CENTRE

Cigéo sera à l'origine de très faibles quantités de rejets pendant son exploitation car les déchets reçus sur Cigéo ne contiendront pas de liquides et peu de radionucléides gazeux.

La quasi-totalité des rejets de Cigéo proviendra des émanations de gaz radioactifs (carbone 14, tritium, krypton 85…) de certains colis de déchets MA-VL. Ces gaz seront canalisés, mesurés et strictement contrôlés avant d'être dispersés et dilués dans l'air. Ces rejets et leurs limites devront faire l'objet d'une autorisation par l'Autorité de sûreté nucléaire et seront strictement contrôlés durant toute l'exploitation.

Une première évaluation, sur des hypothèses pessimistes, indique que **l'impact des rejets serait de l'ordre de 0,01 milliSievert par an (mSv/an) à proximité du Centre,** soit très largement inférieur à la norme réglementaire (1 mSv/an) et à l'impact de la radioactivité naturelle (2,4 mSv/an en moyenne en France).

Les effluents liquides susceptibles d'être contaminés par de la radioactivité seront récupérés grâce à un réseau particulier. Une fois récupérés, ces effluents seront analysés pour contrôler leur niveau de radioactivité. En cas de contamination, ils seront traités et gérés comme déchets radioactifs.

APRÈS LA FERMETURE DU STOCKAGE

L'impact à long terme du stockage est évalué, aussi bien en fonctionnement normal qu'en situation dégradée, afin de s'assurer que celui-ci sera aussi faible que possible. Les études ont montré que le **stockage n'aura pas d'impact avant 100 000 ans et que celui-ci sera de**

l'ordre de 0,01 milliSievert en évolution normale. En **situation dégradée** (intrusion humaine, défaut d'un composant du stockage...) les études montrent que l'impact du stockage resterait **inférieur à 0,25 milliSievert.**

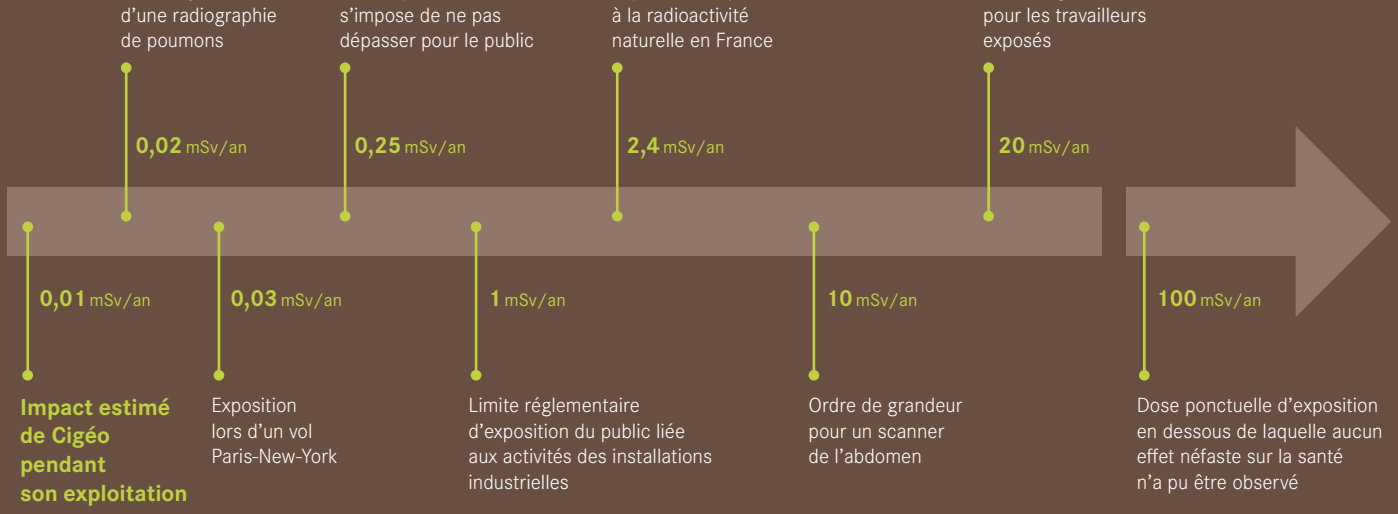
Cette évaluation s'appuie sur les travaux de recherche menés sur les phénomènes qui se produisent au sein du stockage, qu'ils soient thermiques, chimiques, mécaniques, hydrauliques, radiologiques ou biologiques. Ces travaux permettent également d'identifier les principales incertitudes et de définir différents scénarios pour évaluer, de manière pessimiste, l'impact des différentes situations envisageables.

Cette méthodologie est réalisée dans un cadre précis, fixé par des référentiels de sûreté au niveau international par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), par l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE et au niveau national par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Le guide de sûreté établi par l'ASN définit la méthodologie à mettre en œuvre pour évaluer la sûreté après fermeture. Il prévoit une démarche itérative d'évaluation, qui accompagnera toutes les phases de développement du stockage jusqu'à sa fermeture.

Dosimètre permettant de mesurer la radioactivité autour des centres de stockage.

EXEMPLES DE DOSES D'EXPOSITION À LA RADIOACTIVITÉ

Les normes européennes et françaises de radioprotection imposent aux industries une exposition limitée du public à 1 milliSievert par an et par personne du fait de leurs rejets dans l'environnement. Pour les travailleurs, la limite fixée par la loi est de 20 milliSieverts par an.



5.5.
La surveillance du stockage et de son environnement

L'Andra prévoit un **ensemble de dispositifs de contrôle, d'observation et de surveillance du stockage et de son environnement,** pendant toute la durée d'exploitation et après la fermeture du Centre.

LE CONTRÔLE DES COLIS AVANT LEUR STOCKAGE

Un **ensemble de contrôles** est et sera mis en œuvre sur les colis, préalablement à leur stockage, sur les sites des producteurs avant leur livraison, puis sur Cigéo :

- Des contrôles, effectués sous la responsabilité des producteurs, dans le cadre du processus de production des déchets et de la demande formulée auprès de l'Andra pour la prise en charge des déchets dans Cigéo ;
- Des contrôles effectués sous la responsabilité de l'Andra pour vérifier la conformité des colis aux déclarations des producteurs et au référentiel de sûreté de Cigéo ;
- Des contrôles de second niveau par sondages effectués également sous la responsabilité de l'Andra dans le cadre de la surveillance de la maîtrise de la qualité des colis.

LA SURVEILLANCE DU STOCKAGE

Un programme de surveillance de l'installation sera mis en œuvre dès la construction de Cigéo et pendant toute son exploitation afin de contrôler tous les paramètres importants pour la sûreté du stockage (vitesse des engins, concentration en hydrogène, performance des filtres THE, air de la ventilation...).

En plus de la surveillance au sens strict, les paramètres qui influent sur l'évolution du stockage à moyen et à long terme feront l'objet d'un suivi : température de l'air ambiant, évolution du diamètre des ouvrages (convergence des tunnels), tenue des bétons, corrosion des aciers...

Un suivi individualisé de colis témoins sera mis en place dans des locaux dédiés, permettant d'accéder facilement à chaque colis témoin et de l'expertiser périodiquement.

Des ouvrages témoins représentatifs des différents composants du stockage (scellements, alvéoles...) et spécifiquement dédiés à l'observation et à la surveillance seront également réalisés dès la première tranche de construction de Cigéo. Ces ouvrages témoins seront fortement instrumentés pour suivre de manière détaillée leur comportement et leur évolution dans le temps.

Plusieurs dizaines de milliers de capteurs seront ainsi placés dans Cigéo.

Les moyens d'auscultation prévus s'appuient sur les capteurs existants et déjà utilisés dans l'industrie nucléaire et le génie civil sur lesquels on dispose d'un retour d'expérience important (plusieurs dizaines d'années sur les réacteurs nucléaires, les barrages...), et sur le développement de moyens innovants qui font l'objet de programmes de R&D.

Les alvéoles témoins MA-VL

Les alvéoles MA-VL seront construites au fur et à mesure de l'exploitation de Cigéo. Les premières alvéoles seront **fortement instrumentées** pour permettre leur observation détaillée. De plus, l'Andra propose de fermer l'une de ces **alvéoles témoin** quelques années après la mise en place des colis de déchets pour y poursuivre les observations dans une configuration fermée. La décision de procéder à la fermeture des alvéoles MA-VL pourra ainsi bénéficier du **bilan de ces observations.**

LA SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT

Dès 2007, l'Andra a mis en place un Observatoire pérenne de l'environnement (OPE). L'OPE a pour objectif de faire un **état initial de l'environnement actuel du futur stockage,** pendant 10 ans, puis de **suivre son évolution pendant la construction de Cigéo et toute sa durée d'exploitation.** Il permettra notamment de vérifier le très faible impact de Cigéo sur l'environnement.

Le territoire étudié par l'OPE couvre une surface de 900 km², autour de la zone où pourrait être implanté Cigéo. Au sein de cette zone, des études plus détaillées sont menées sur un secteur de référence d'environ 240 km².

Le système d'étude mis en place repose sur plusieurs centaines de points d'observation complétés par des données et des images satellites et aériennes, des parcelles d'expérimentation et des stations de suivi en continu (stations en forêt, stations agricoles, station atmosphérique et stations de suivi des eaux).

Chaque année, plus de 2 000 points de suivi sont réalisés pour la faune et la flore, une centaine pour les productions agricoles et la qualité physico-chimique et

biologique des sols, plus d'une tonne d'échantillons sont prélevés et analysés, et plus de 85 000 données sont recueillies selon des protocoles répondant aux meilleures pratiques en vigueur.

Pour assurer la traçabilité et la pérennité des données recueillies par l'OPE, l'Andra construit une **écothèque** qui sera mise en service en 2013. Elle permettra de **conserver des échantillons** provenant de matrices issues de la chaîne alimentaire agricole locale (lait, fromage, maïs, légume, fruit...), des écosystèmes forestiers (feuille, champignon, bois, gibier...) et aquatiques (eau, poisson...). La durée d'exploitation de l'écothèque sera d'au moins 100 ans pour surveiller les évolutions environnementales pendant l'exploitation de Cigéo. Les travaux scientifiques associés sont réalisés dans le cadre de partenariats nationaux et internationaux au sein d'un système d'observation labellisé.

LA SURVEILLANCE DE LA SANTÉ

Les populations locales ont plusieurs fois exprimé leur souhait de voir une surveillance de la santé autour du stockage. Un groupe d'experts a été mis en place pour proposer des modalités techniques pour assurer cette surveillance. L'Andra a saisi ses ministères de tutelle pour que la gouvernance et l'organisation d'un tel dispositif soient précisées.

5.6.
Conserver et transmettre la mémoire du stockage

Afin **d'informer les générations futures de l'existence de Cigéo** et de ce qu'il contient, des dispositifs existent déjà pour conserver et transmettre la mémoire du stockage, après sa fermeture. Cela permettra notamment d'écarter le risque d'intrusion accidentelle. Il s'agit de dispositions d'archivage institutionnel, complétées par des possibilités sociales de transmission des connaissances entre les générations.

L'Andra a d'ores et déjà mis en place de telles dispositions sur le Centre de stockage de la Manche. Une mémoire détaillée, imprimée sur papier permanent et comprenant la documentation technique utile pour surveiller et comprendre le fonctionnement du centre de stockage, est conservée en plusieurs endroits. En outre, un document de synthèse retraçant les connaissances les plus importantes du Centre est conçu pour être diffusé largement (collectivités locales, notaires, riverains, Etat ...).

Sur Cigéo, un centre de la mémoire perdurera sur le site. Il pourra accueillir le public et comprendra notamment les archives du Centre. La surveillance du site contribuera également au maintien de la mémoire du stockage, aussi longtemps que les générations futures décideront de la poursuivre.

De manière générale, le maintien de la mémoire doit aussi impliquer les acteurs locaux. Au-delà de la réflexion sur les dispositifs à mettre en place, cette implication se poursuivra dans le temps pour faire vivre cette mémoire. **Chaque génération aura ainsi la responsabilité de contribuer à transmettre cette mémoire aux générations suivantes.**

LES ÉTUDES SUR LE STOCKAGE PROFOND

6

INTRODUCTION Pour mener ses recherches sur le stockage profond, l'Andra mobilise la communauté scientifique dans de nombreuses disciplines (sciences de la Terre et de l'environnement, chimie, science des matériaux, mathématiques appliquées, sciences humaines et sociales...) au travers de partenariats avec des organismes de recherche et des établissements universitaires français. L'Andra est également fortement impliquée dans des coopérations internationales, notamment avec ses homologues étrangers, au travers de collaborations ou d'instances internationales.

Les recherches menées depuis plus de vingt ans ont ainsi permis de montrer la faisabilité et la sûreté du stockage profond. Elles permettent aujourd'hui de préparer la construction et l'exploitation de Cigéo, sa fermeture et sa surveillance.

6.1.
LES OUTILS DE L'ANDRA
.....page 64

6.2.
LES CHAMPS ET LES OBJECTIFS DE L'ÉTUDE SCIENTIFIQUE
.....page 66

6.3.
LES FINALITÉS DES RECHERCHES
.....page 66

6.4.
COMMENT SONT ÉVALUÉES LES RECHERCHES DE L'ANDRA ?
.....page 69

6.1.
Les outils de l'Andra

En complément des grands équipements de recherche auxquels elle a accès au travers de ses partenariats, l'Andra a développé en propre **trois outils de R&D** pour répondre aux besoins spécifiques de Cigéo.

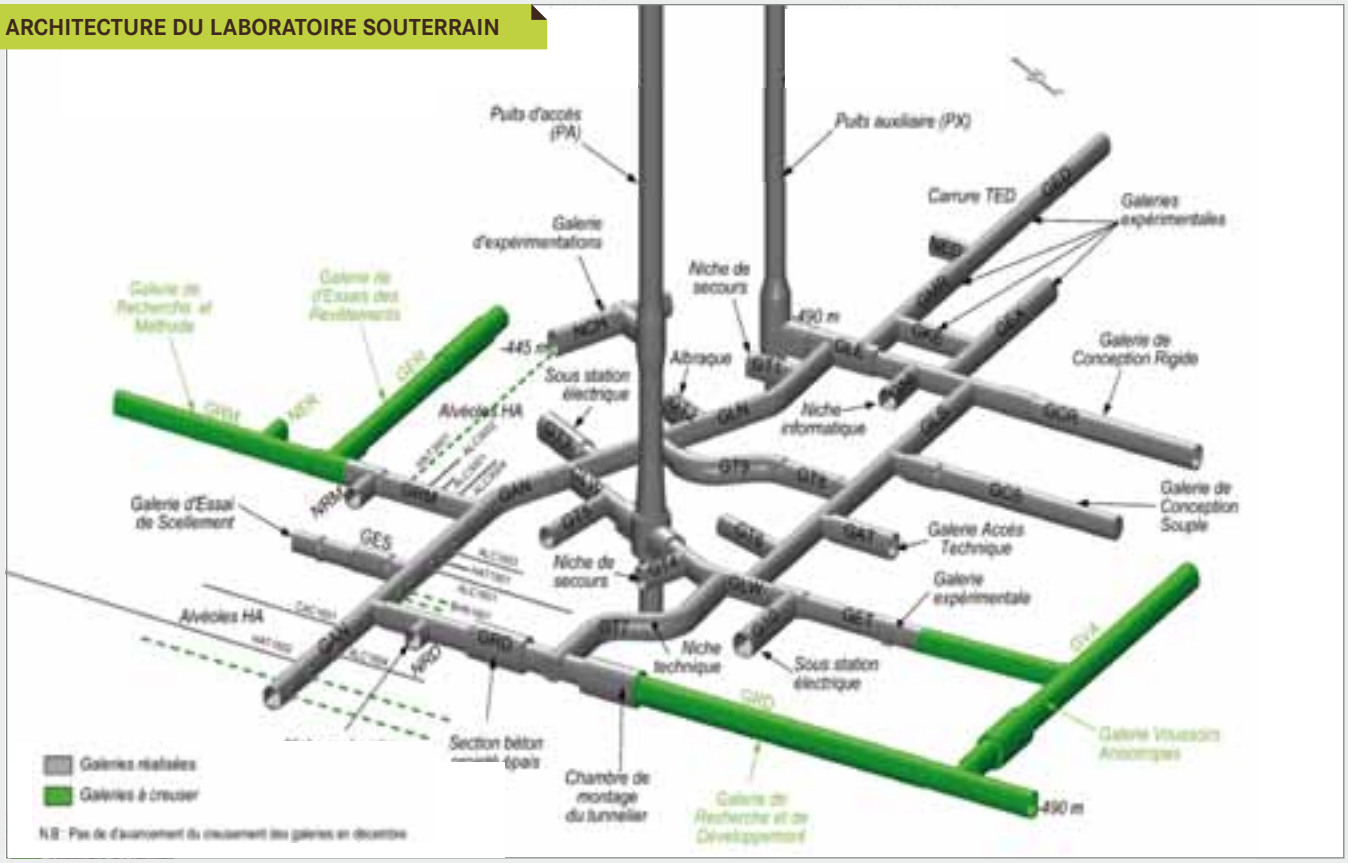
LE LABORATOIRE SOUTERRAIN

Creusé directement à environ 500 mètres de profondeur dans la formation argileuse, le Laboratoire souterrain, créé en 2000, permet de mener à bien les études et les essais nécessaires au projet Cigéo. Il permet notamment de **caractériser in situ les propriétés** thermo-hydro-mécaniques et chimiques de l'argile, de **déterminer les interactions entre le milieu géologique et les matériaux** qui seront introduits lors du stockage, de **mettre au point des méthodes de construction** des ouvrages et de suivre leur comportement sur la durée, ou encore, de **tester des méthodes d'observation et de surveillance.**

Autorisé jusqu'en 2030, le Laboratoire souterrain accompagnera Cigéo au moins jusqu'à sa phase de démarrage (2025-2030) et pourra contribuer à la formation du personnel de Cigéo.

Depuis sa création, **plus de 40 expérimentations** ont été mises en place dans les galeries souterraines, près de **3 000 points de mesures** (capteurs de pression, déformation, débit, température, etc.) y ont été installés et **plus de 40 000 échantillons de roches** ont été prélevés.

ARCHITECTURE DU LABORATOIRE SOUTERRAIN



LES MOYENS DE SIMULATION ET DE CALCULS NUMÉRIQUES

Ces outils permettent de représenter des **phénomènes complexes sur des échelles de temps et d'espace** qui ne sont pas accessibles aux expérimentations en laboratoire. Les méthodes numériques constituent ainsi un moyen privilégié pour répondre aux questionnements scientifiques requis par le stockage et permettre en particulier l'évaluation de sa sûreté sur le long terme.

Les études sont également menées afin d'analyser les incertitudes et les prendre en compte dans la conception du stockage.

L'OBSERVATOIRE PÉRENNE DE L'ENVIRONNEMENT (OPE)

Ce dispositif inédit s'inscrit dans un grand nombre de **réseaux scientifiques nationaux ou internationaux.** Il a été labellisé **« Système d'observation et d'expérimentation au long terme pour la recherche en environnement »** par l'Alliance nationale de recherche pour l'environnement (Allenvi).

Tour à flux implantée dans le cadre de l'OPE.

LA R&D DE L'ANDRA EN QUELQUES CHIFFRES

- **15 forages** réalisés depuis la surface entre 2007 et 2008
- plus de **1 200 mètres de galeries** creusés au Laboratoire souterrain
- plus de **10 organismes** ou **établissements universitaires** partenaires
- **8 groupements de laboratoires**
- plus de **70 laboratoires académiques** associés
- participation à **12 programmes européens** depuis 2006
- **membre du groupe exécutif de la plate-forme européenne sur les stockages géologiques « IGD-TP »** (Implementing Geological Disposal of Radioactive Waste Technology Platform)
- **28 thèses soutenues** depuis 2006
- **50 à 70 publications scientifiques internationales** par an depuis 10 ans
- une **vingtaine de brevets** déposés depuis 5 ans
- **5 colloques internationaux organisés** entre 2002 et 2012 « Clays in Natural & Engineered Barriers for Radioactive Waste Confinement »

6.2.
Les champs et les objectifs de l'étude scientifique

En 2025, l'Andra disposera de

plus de 20 ans de retour d'expérience

au Laboratoire souterrain.

Les études scientifiques conduites depuis plus de 20 années sur le projet Cigéo reposent sur des approches et des disciplines complémentaires. Elles visent d'abord à acquérir des données fondamentales destinées à construire un socle robuste pour le développement du projet. On retiendra notamment :

- le contenu détaillé (chimique et radiologique) des colis de déchets;
- les paramètres fondamentaux concernant les radionucléides (solubilité par exemple) et les matériaux du stockage pour ensuite en évaluer le comportement en conditions de stockage;
- les propriétés du milieu géologique (comme la perméabilité, la composition des eaux contenues dans les pores ou la conductivité thermique) acquises à différentes échelles (du centimètre a la dizaine de mètres) pour vérifier sa capacité à accueillir un stockage et à limiter les transferts de la radioactivité;
- les processus de transfert des éléments dans les matériaux, le milieu géologique ou la biosphère tels que la diffusion et la convection pour déterminer de quelle façon, en quelle quantité et sur quelles échelles de temps et d'espace se déplacent les éléments dans le milieu géologique ;
- la dynamique des phénomènes géologiques comme l'érosion ou les circulations hydrogéologiques dans les couches du bassin de Paris pour s'assurer de la stabilité du stockage sur de longues échelles de temps.

Ces résultats ont été acquis par l'Andra et ses partenaires scientifiques, dans le cadre de programmes nationaux et internationaux, ils ont été soumis à l'analyse par les pairs, publiés dans des revues scientifiques, présentés dans des colloques et ont fait l'objet de thèses. La R&D contribue ainsi à fixer les orientations du développement de Cigéo et à accompagner son exploitation. Elle permet de définir une géométrie optimale (taille, orientation...) pour les ouvrages de stockage, de les dimensionner et de vérifier que leur construction n'altère pas les propriétés de confinement du milieu géologique.

6.3.
Les finalités des recherches

1 / IMPLANTER CIGÉO

La caractérisation du milieu géologique reposant sur des études régionales, des forages, des mesures géophysiques et des observations en Laboratoire souterrain a permis de disposer d'une connaissance détaillée (géométrie, structuration, stabilité, homogénéité, continuité...) des formations. C'est sur celle-ci que repose le choix progressif de l'implantation de Cigéo, le déploiement de ses installations et par la suite l'accompagnement de son exploitation.

2 / DÉFINIR LES MODALITÉS DE STOCKAGE DES DÉCHETS

Les recherches reposent sur une connaissance détaillée des colis de déchets et contribuent à identifier les modalités de stockage (colisages, matériaux utilisés,

répartition des colis dans les alvéoles…) qui permettent de maîtriser au mieux l'évolution des déchets, d'exploiter en toute sécurité le stockage et de limiter sur le long terme le relâchement des radionucléides.

3 / DÉTERMINER LE COMPORTEMENT DU STOCKAGE AU COURS DE SON EXPLOITATION ET APRÈS SA FERMETURE

L'identification et la quantification des processus thermiques (échauffement de la roche par les colis de déchets), mécaniques (endommagement et convergence du massif rocheux), hydrauliques (mouvements des fluides) et chimiques (altération des matériaux et interactions avec les déchets) qui se dérouleront depuis l'ouverture du stockage jusqu'au million d'années sont indispensables à la conception de Cigéo et à l'analyse de sa sûreté. Ces processus ont été reproduits au travers d'expériences, observés en Laboratoire souterrain et simulés pour évaluer leur évolution sur le long terme.

4 / DIMENSIONNER LES OUVRAGES POUR ASSURER LA SÛRETÉ EN EXPLOITATION ET PRÉSERVER LE MILIEU GÉOLOGIQUE

La connaissance du comportement des composants du stockage obtenue dans le cadre d'expérimentations et d'essais technologiques est un élément indispensable au dimensionnement des colis et les ouvrages de stockage. On peut ainsi sélectionner les meilleures formulations de matériaux (acier, bétons, argiles), définir les modalités de leur mise en place ainsi que les caractéristiques des ouvrages réalisés (épaisseur, densité…).

5 / TESTER LES SOLUTIONS INDUSTRIELLES

Sur la base des connaissances acquises au travers des recherches décrites plus haut, des essais technologiques peuvent être mis en œuvre pour tester les solutions industrielles qui pourraient être utilisées pour construire, exploiter et fermer le stockage (essais de réalisation de conteneurs et d'alvéoles de stockage, tests de manutention des colis, de moyens de surveillance et de fermeture du stockage…).

Expérimentation sur les scellements menée dans une galerie du Laboratoire souterrain.

Le creusement et le soutènement

Les 1 200 mètres de galeries creuses au Laboratoire souterrain permettent de tester différentes méthodes de réalisation pour les galeries du stockage et de suivre l'évolution des ouvrages dans le temps.

L'exploitation

Les conséquences des conditions d'exploitation et notamment de la ventilation au cours des différentes phases de la vie du stockage ont été étudiées en Laboratoire souterrain permettant ainsi d'observer les réactions de la roche dans différentes conditions représentatives du futur stockage. Des prototypes de conteneurs de stockage et d'engins de manutention ont également été réalisés. Ils permettent de tester a l'échelle 1 des procédés qui pourraient être utilises pour mettre en place les colis dans les alvéoles de stockage, et les récupérer le cas échéant.

La fermeture

Les scellements participent à la sureté après fermeture de Cigéo, en contribuant à s'opposer à la circulation de l'eau dans le stockage. L'Andra a mis en place un programme d'essais important pour vérifier leur faisabilité en vue de la demande d'autorisation de création de Cigéo. Un essai industriel en vraie grandeur est en cours de réalisation. Il vise à tester, à l'échelle de Cigéo, la construction d'un noyau à base d'argile gonflante avec ses massifs de confinement en béton. Cet essai est réalisé dans le cadre d'une coopération européenne initiée par la plate-forme technologique IGD-TP. Plusieurs essais sont également en cours au Laboratoire souterrain (tests de compression ou d'interruption de la zone endommagée, réalisation d'un noyau de scellement à l'échelle ½, qui sera ensuite resaturé…). Ces essais préparent la réalisation de démonstrateurs de scellement dans Cigéo, qui seront mis en œuvre dès la première tranche de Cigeo

5 / ASSURER LE SUIVI DE L'EXPLOITATION ET FOURNIR LES ÉLÉMENTS POUR LA RÉVERSIBILITÉ

Une stratégie d'ensemble englobant le contrôle des colis, l'observation et la surveillance des ouvrages et de l'environnement est développée dans le cadre du projet Cigéo. Elle permettra de contrôler le bon fonctionnement de l'installation et d'acquérir un retour d'expérience qui sera exploité pour la conception des tranches suivantes de l'installation ainsi que pour les réexamens périodiques de sûreté et des conditions de réversibilité de Cigéo. Plus spécifiquement, assurer la gestion réversible du stockage sur une période de l'ordre de la centaine d'années impose de mettre en œuvre des moyens d'observation et de surveillance adaptes. Les résultats des études scientifiques permettent notamment d'identifier les évolutions à surveiller, d'assurer la redondance, la complémentarité et la robustesse du système de mesures, de mettre à disposition des capteurs discrets, robustes dans le temps et autonomes. En parallèle et dans le souci d'accompagner les travaux techniques sur la réversibilité, des recherches sont menées en sciences humaines et sociales sur la thématique de la transmission intergénérationnelle et de l'appréhension des longues échelles de temps et de la mémoire.

L'entrée du projet Cigéo dans une phase de conception industrielle ne réduit pas la nécessité pour l'Andra de maintenir une R&D de haut niveau. Il s'agit notamment d'apporter les éléments scientifiques et techniques en support à la demande d'autorisation de création puis aux réexamens réguliers dont le stockage fera l'objet. Plus généralement, la poursuite de la R&D sur les déchets radioactifs, leur conditionnement et leur stockage participera à la sûreté et à la réversibilité de Cigéo et permettra de proposer des optimisations technico-économiques au fur et à mesure de son exploitation.

Expérimentations scientifiques menées dans les galeries du Laboratoire souterrain.

6.4.
Comment sont évaluées les recherches de l'Andra ?

Les activités de R&D de l'Andra sont régulièrement évaluées par différentes instances :

- La Commission nationale d'évaluation (CNE). Le rapport annuel de la CNE est transmis au Gouvernement et au Parlement (Office parlementaire des choix scientifiques et technologiques) et est rendu public ;
- L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) qui s'appuie sur l'expertise scientifique et technique de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) et sur des Groupes Permanents d'experts ;
- Le Conseil scientifique de l'Andra. Il évalue la stratégie scientifique de l'Agence et l'activité des services. Il est consulté sur les programmes de recherche et de développement conduits par l'Agence et en évalue les résultats. Le Comité d'orientation et de suivi du Laboratoire souterrain, rattaché au Conseil scientifique, est plus particulièrement chargé de l'évaluation des expérimentations réalisées au Laboratoire souterrain.

L'Agence d'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur (AERES) affirme que l'Andra est ***« le leader internationalement reconnu du stockage en milieu argileux souterrain »*** et peut se prévaloir d'une *« maîtrise technique exceptionnelle »*, et ce grâce aux outils de recherche spécifiques que l'Agence a développés (Rapport d'évaluation de l'Agence nationale de gestion des déchets radioactifs - sept 2012).

Les grands dossiers scientifiques et techniques que l'Andra remet dans le cadre de la loi font l'objet, à la demande de l'Etat, de revues internationales sous l'égide de l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN/OCDE).

L'Andra a également été évaluée en 2012 par l'Agence d'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur (AERES).

Enfin, des expertises sont régulièrement commandées par le Comité local d'information et de suivi du Laboratoire souterrain sur les grands dossiers de l'Andra ou sur des sujets plus ciblés.

RAPPORT D'ÉVALUATION N°6 DE LA COMMISSION NATIONALE D'ÉVALUATION NOVEMBRE 2012

- *Les verres et l'argile d'une couche géologique profonde sont des barrières efficaces de confinement des produits de fission et des actinides pour des centaines de milliers d'années. Cette durée suffit à abaisser leur nocivité à un niveau tel qu'elle ne pose plus de problème pour les populations vivant au-dessus du stockage ;*
- *le site géologique de Meuse/Haute-Marne a été retenu pour des études poussées, parce qu'une couche d'argile, de plus de 130 m d'épaisseur et à 500 m de profondeur, a révélé d'excellentes qualités de confinement : stabilité depuis 100 millions d'années au moins, circulation de l'eau très lente, capacité de rétention élevée des éléments ;*
- *la conception de l'ouvrage à implanter - puits, galeries, alvéoles, ventilation, scellements - et la mise au point des méthodes et procédures nécessaires à sa sûreté, en exploitation et après sa fermeture définitive, sont en cours d'étude. Elles sont assez avancées pour engager la phase industrielle conformément à la loi. C'est un travail de réalisation concrète, avec toutes les étapes de développement, d'innovation et d'ingénierie nécessaires. Il doit être suivi avec soin. L'examen en 2015 de la demande de création du stockage constituera un jalon important de ce suivi.*

GOUVERNANCE ET RÉVERSIBILITÉ

7

INTRODUCTION

Cigéo est conçu pour être réversible pendant au moins 100 ans. Pour répondre à cette exigence du Parlement, l'Andra a pris des dispositions techniques réalistes sur le plan industriel et qui, sans jamais remettre en cause la sûreté du stockage, permettent non seulement de récupérer les colis stockés mais également de rendre Cigéo flexible pour s'adapter à des évolutions.

Face aux enjeux de sûreté, sociétaux et industriels auxquels Cigéo doit répondre, de nombreux acteurs (évaluateurs, élus, représentants de la société civile, producteurs...) sont d'ores et déjà impliqués dans la gouvernance du projet. L'Andra propose, dans le prolongement du processus par étape initié par la loi de 1991, de continuer à planifier des rendez-vous réguliers avec ces acteurs après la mise en service de Cigéo.

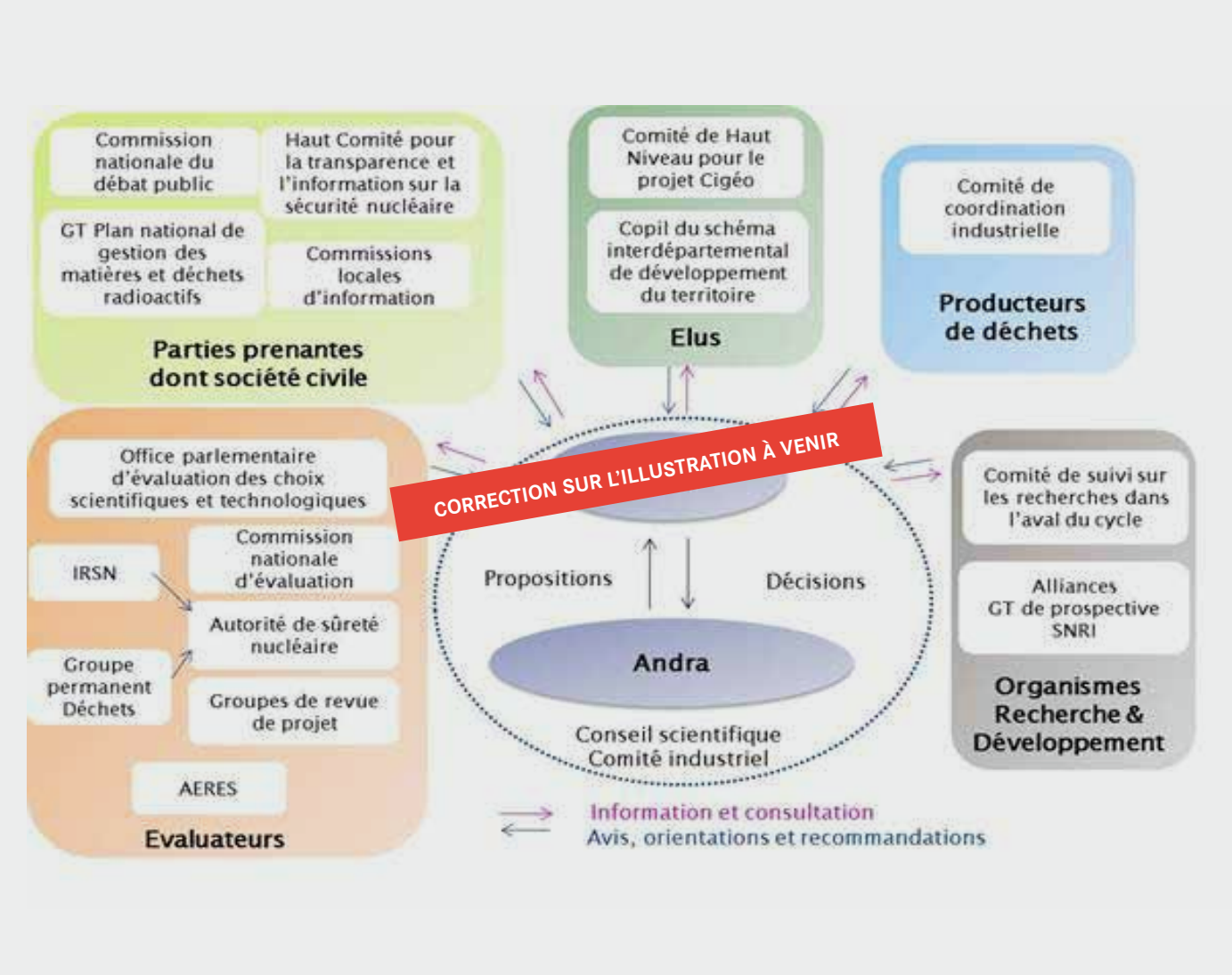
7.1.
LA GOUVERNANCE DU PROJET
.....page 72

7.2.
RÉVERSIBILITÉ :
LES PROPOSITIONS DE L'ANDRA
.....page 74

ADOC

7.1.
La gouvernance de Cigéo

Le projet Cigéo doit répondre à de nombreux enjeux sociétaux, de sûreté, industriels et sociétaux. La gouvernance du projet permet d'impliquer les différents acteurs et parties prenantes liés à ces enjeux et de recueillir leurs points de vue et leurs attentes, sous le contrôle de l'Etat et des évaluateurs. L'Andra propose que ce processus, mis en place depuis le début du projet en 1991, soit prolongé pendant toute la durée de vie de Cigéo.



Gouvernance actuelle du projet Cigéo.

RÉPONDRE AUX ENJEUX SOCIÉTAUX

Au niveau local, l'Andra informe régulièrement les élus et les acteurs socio-économiques de l'avancement du projet et recueille leurs attentes. C'est ainsi que la zone proposée en 2009 pour implanter l'installation souterraine de Cigéo a pris en compte des critères d'aménagement du territoire et d'insertion locale exprimés localement.

Le Comité local d'information et de suivi (Clis) du Laboratoire de Bure est chargé d'une mission générale de suivi, d'information et de concertation en matière de recherche sur la gestion des déchets radioactifs et en particulier sur le stockage profond. Les échanges avec les commissions mises en place par le Clis (réversibilité, environnement – santé, localisation d'un stockage éventuel, communication) permettent d'identifier des attentes locales, dont l'Andra examine ensuite les possibilités d'intégration dans le projet.

Au niveau national, le Comité de Haut Niveau, présidé par le ministre chargé de l'énergie, a un rôle de suivi et d'impulsion des actions d'accompagnement et de développement économique autour du Laboratoire et à l'avenir de Cigéo. Il suit l'élaboration du schéma interdépartemental de développement du territoire, sous l'égide du préfet de la Meuse, préfet coordinateur de projet.

La loi du 28 juin 2006 confie au Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire l'organisation périodique de concertations et de débats concernant la gestion durable des matières et des déchets radioactifs. Dans la perspective du débat public, la ministre chargée de l'énergie a ainsi demandé au Haut Comité d'élaborer un rapport faisant un état des lieux sur l'inventaire des déchets radioactifs pris en compte par le projet Cigéo et le processus décisionnel ayant conduit à la définition du projet.

Le Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs est établi et mis à jour tous les trois ans par un groupe de travail pluraliste. Coprésidé par le ministère chargé de l'énergie et l'Autorité de sûreté nucléaire, ce dernier est notamment composé de représentants des producteurs de déchets, de l'Andra, d'associations de protection de l'environnement, d'élus, d'administrations et des évaluateurs. Le Plan recense les besoins prévisibles d'installations d'entreposage ou de stockage, en précise les capacités nécessaires et détermine les objectifs à atteindre pour les déchets radioactifs qui ne font pas encore l'objet d'un mode de gestion définitif.

RÉPONDRE AUX ENJEUX DE SCIENTIFIQUES ET DE SÛRETÉ

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

L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) et ses appuis techniques, 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 depuis 1996. De plus, l'ASN établit les prescriptions qui s'imposent à Cigéo et effectue des inspections régulières.

La Commission nationale d'évaluation (CNE) a été mise en place par la loi de 1991. Elle est chargée d'évaluer chaque année l'état d'avancement des recherches et des études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs. Son rapport annuel fait également état des recherches effectuées à l'étranger. Ce rapport est transmis au Parlement et rendu public.

L'Agence d'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur a évalué l'Andra en 2012.

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 dans l'aval du cycle.

RÉPONDRE AUX ENJEUX INDUSTRIELS

La loi du 28 juin 2006 confie à l'Andra la mission de concevoir le centre de stockage de sorte que la demande de son autorisation puisse être instruite en 2015. Au plan technique, l'Andra doit articuler en permanence les actions de R&D, de sûreté et d'ingénierie pour aboutir à des choix techniques qui répondent au mieux à l'ensemble des besoins. Pour réaliser les études industrielles, l'Andra s'appuie sur des maîtres d'œuvre spécialisés (installations nucléaires, souterrain…). Le Conseil scientifique et le Comité industriel, rattachés au Conseil d'administration de l'Andra, ont une mission de conseil. Des revues de projet, organisées sous l'égide du ministère chargé de l'énergie, sont régulièrement organisées pour faire évaluer le projet par des experts industriels externes.

Areva, le CEA et EDF sont responsables des caractéristiques des colis de déchets qu'ils livrent à l'Andra et de leur transport jusqu'au centre de stockage. Ils ont également en charge le financement des études

et recherches, de la construction, de l'exploitation et de la fermeture de Cigéo. Une convention de coopération avec l'Andra permet, dans le respect des responsabilités de chacun, de faire bénéficier le projet de leur retour d'expérience d'exploitants d'installations nucléaires.

Le Comité de coordination industrielle pour les déchets radioactifs formule des avis et des recommandations sur l'organisation, le développement et l'optimisation des filières de gestion des déchets radioactifs. Il réunit les représentants du ministère chargé de l'énergie, de l'Andra et des producteurs de déchets.

GOUVERNANCE ET RÉVERSIBILITÉ

Le Comité d'expertise et de suivi de la démarche d'information et de consultation, rattaché au Conseil scientifique de l'Andra, appelle l'attention sur l'articulation entre gouvernance et réversibilité : *« La mise en œuvre de la réversibilité, qui désigne une modalité particulière de prise de décision, implique des structures de gouvernance originales. Celles-ci doivent d'une part faciliter l'intégration des progrès techniques et scientifiques dans la conception et la conduite du stockage et d'autre part favoriser l'adaptation aux évolutions de la demande sociétale. »*

7.2.
Réversibilité : les propositions de l'Andra

Afin de répondre à une demande sociétale forte, le Parlement a demandé en 2006 que le stockage soit réversible pendant au moins 100 ans. Les conditions de réversibilité seront fixées par une nouvelle loi qui sera votée avant l'autorisation de création de Cigéo.

Qu'attend-on d'un stockage réversible ?

- Un stockage sûr
- Une installation qui permette de pouvoir récupérer les colis de déchets
- Un processus qui permet de revenir sur les décisions prises aujourd'hui : quels déchets va-t-on stocker ? quand va-t-on commencer à stocker chaque type de déchet ? quand va-t-on fermer le stockage ?

Les propositions de l'Andra visent à répondre aux attentes liées à la réversibilité qui ont été identifiées dans le cadre d'une large démarche de dialogue depuis 2006. Cette démarche a été conduite à l'échelle locale (commission réversibilité du Clis, rencontres avec le public et des acteurs locaux), nationale (colloques scientifiques, échanges avec les évaluateurs, rencontres avec des associations) et internationale (projet international sous l'égide de l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE, conférence internationale de Reims en décembre 2010).

1 / DES CONCEPTS TECHNIQUES QUI PERMETTENT LA RÉCUPÉRATION DES COLIS DE DÉCHETS EN TOUTE SÛRETÉ

Les engins conçus pour placer les colis de déchets dans les alvéoles de stockage sont également conçus pour permettre leur retrait éventuel. Pour faciliter ce retrait, les colis sont dotés d'interfaces de manutention spécifiques (par exemple des patins en céramique assurent le glissement des colis HA dans l'alvéole). Des espaces sont conservés autour des colis après leur mise en place dans l'alvéole. Les colis et les alvéoles de stockage sont conçus sur la base des meilleures pratiques industrielles pour leur conférer durabilité et robustesse. Les dispositifs de surveillance

Un retrait des colis de déchets est-il nécessaire en cas d'accident ?

En cas d'accident, l'installation sera mise en sécurité par la pose rapide d'équipements provisoires (ventilation, barrière de confinement…) et non par une opération de retrait de colis. Une fois la mise en sécurité réalisée, l'exploitant examinera les dispositions à mettre en œuvre pour reprendre l'exploitation normale. Le maintien en stockage de colis, même endommagés, ou leur retrait éventuel pourra alors être décidé sans caractère d'urgence.

des alvéoles de stockage fourniront les informations nécessaires sur les conditions techniques d'une opération de retrait.

L'Andra a déjà réalisé des prototypes d'engins de manutention des colis. Des tests de retrait à l'échelle 1 ont été effectués dans des maquettes qui ont permis de simuler des situations où l'alvéole serait déformée. Des essais de retrait seront également réalisés dans Cigéo avant son autorisation de mise en service. Des tests continueront à être effectués pendant l'exploitation de Cigéo.

S'il était décidé de retirer un grand nombre de colis du stockage, des installations spécifiques seraient alors à construire en surface pour les gérer (pour leur entreposage, leur ré-expédition, leur traitement…).

Toute opération notable de retrait de colis de déchets devra faire l'objet d'une autorisation spécifique.

2 / UNE INSTALLATION DE STOCKAGE ADAPTABLE

Cigéo est conçu pour pouvoir faire évoluer l'architecture de l'installation souterraine au cours de l'exploitation. Celle-ci sera construite par tranches successives qui pourront prendre en compte :

- les éventuelles évolutions de l'inventaire des déchets à stocker en lien par exemple avec l'évolution de la politique énergétique de la France,
- les évolutions scientifiques et techniques,
- le retour d'expérience apporté notamment par la surveillance du stockage.

Toute évolution notable de l'inventaire sera soumise à une nouvelle autorisation et fera l'objet d'une nouvelle enquête publique.

Essai de mise en place et de retrait de colis de stockage de déchets MA-VL.

Essai de retrait d'un colis HA dans une alvéole fortement déformée.

3 / UNE FERMETURE PROGRESSIVE

Le stockage profond des déchets radioactifs est une installation destinée à être fermée définitivement pour limiter les charges supportées par les générations futures. La fermeture du stockage sera réalisée de manière progressive, depuis la fermeture des alvéoles jusqu'au scellement des puits et des descenderies. Chaque étape de fermeture ajoute des dispositifs supplémentaires de sûreté « passive » et réduit la nécessité d'actions humaines pour contrôler la sûreté.

La directive européenne du 19 juillet 2011 définit le stockage comme « le dépôt de combustible usé ou de déchets radioactifs dans une installation sans intention de retrait ultérieur ».

L'échelle de récupérabilité publiée par l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE montre la progression de la sûreté passive du stockage au fur et à mesure des étapes de fermeture. Elle montre aussi que la récupération des colis de déchets sera de plus en plus complexe avec le franchissement de ces étapes, qui constitueront les décisions les plus marquantes au cours de l'exploitation de Cigéo.

Un planning de référence des étapes de fermeture sera fixé dans le cadre de l'autorisation de création de Cigéo. Il donnera une visibilité à l'ensemble des acteurs sur le calendrier de décision. Ce planning pourra être modifié au cours de l'exploitation, la conception de Cigéo permettant de temporiser chaque étape de fermeture.

Chaque étape de fermeture du stockage devra faire l'objet d'une autorisation spécifique. La première étape de fermeture n'interviendra pas avant 2040.

4 / DES POINTS DE RENDEZ-VOUS RÉGULIERS APRÈS LA MISE EN SERVICE

L'Andra propose de poursuivre le processus par étape initié par la loi de 1991 en organisant des rendez-vous réguliers avec l'ensemble des acteurs pour préparer les décisions concernant les perspectives de développement et de fermeture du stockage et réexaminer les conditions de réversibilité.

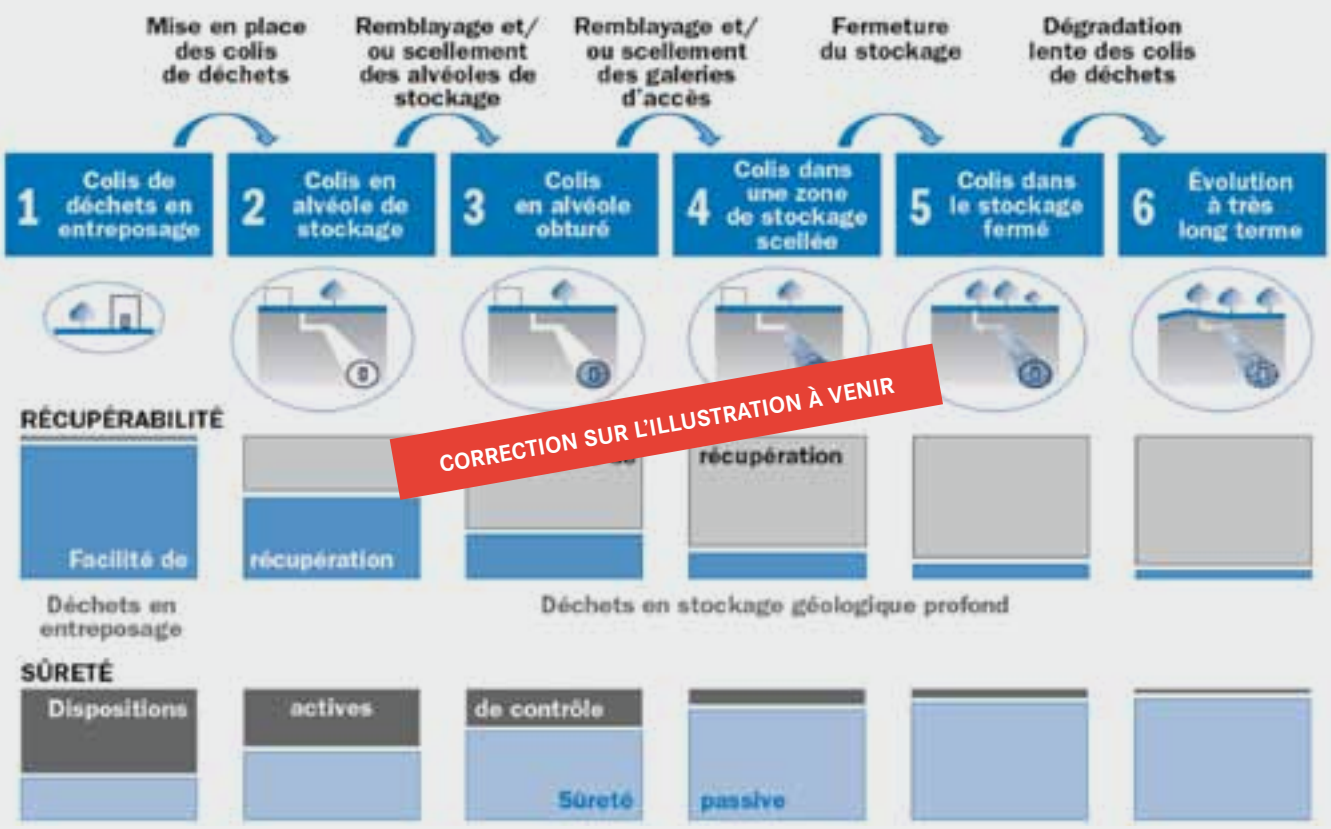
Au cours de ces rendez-vous, qui pourraient avoir lieu tous les 10 ans, un bilan sera fait sur l'exploitation du stockage. Il prendra en compte les réexamens périodiques de sûreté, les enseignements tirés de l'observation du stockage et de son environnement, les résultats économiques et sociaux. Les évolutions des connaissances scientifiques et techniques ainsi que les orientations du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs seront également présentées.

L'Andra propose que le premier de ces rendez-vous se tienne 5 ans après la mise en service du Centre.

UN STOCKAGE RÉVERSIBLE, C'EST LA POSSIBILITÉ **DE REVENIR SUR LES DÉCISIONS PRISES, DE MODIFIER LE PLANNING DE FERMETURE** DU STOCKAGE JUSQU'À SA FERMETURE DÉFINITIVE ET DE **RETIRER DES COLIS SI BESOIN.**

UN PARTAGE ÉQUILIBRÉ DU FINANCEMENT DE LA RÉVERSIBILITÉ ENTRE LES GÉNÉRATIONS

Les générations actuelles doivent financer les moyens nécessaires à la mise en sécurité définitive de leurs déchets radioactifs (construction, exploitation et fermeture de Cigéo). Le coût des dispositions techniques prises pour favoriser la réversibilité est intégré. Les générations actuelles offrent ainsi aux générations suivantes des possibilités d'action sur le processus de stockage. Si les générations suivantes décidaient de modifier ce processus, notamment de retirer des colis, elles auraient à en supporter la charge.



CORRECTION SUR L'ILLUSTRATION À VENIR

Dans le cadre du projet international « Reversibility and Retrievability » mené de 2007 à 2011, l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE (AEN) a établi des définitions et des éléments de méthode en matière de réversibilité.

L'échelle internationale de récupérabilité issue de ce projet AEN offre un cadre pertinent pour caractériser les étapes du processus qui mène à la fermeture du stockage.

LE NIVEAU 1 de l'échelle concerne l'entreposage des colis de déchets.

AU NIVEAU 2, les déchets auront été transportés du lieu d'entreposage vers le site de stockage puis ils auront été transférés dans les ouvrages souterrains, ce qui peut nécessiter de les conditionner dans des conteneurs de stockage.

AU NIVEAU 3, des barrières supplémentaires sont installées au niveau des alvéoles de stockage afin de les obturer. Ces barrières assurent un découplage phénoménologique entre les alvéoles et les galeries d'accès. Généralement des remblais sont utilisés pour s'opposer aux déformations de la roche et/ou des scellements sont utilisés pour limiter la circulation d'eau et de gaz.

AU NIVEAU 4, les galeries sont remblayées et/ou scellées, ce qui peut correspondre à la fermeture de la zone de stockage dans laquelle se situe la galerie, voire à la fermeture de toute l'installation souterraine.

AU NIVEAU 5, le stockage est fermé. L'accès depuis la surface est scellé et les installations de surface sont démantelées.

LE NIVEAU 6 désigne l'état final du stockage. Même si l'intégrité des colis de déchets ne peut plus être garantie, les déchets sont toujours confinés à l'intérieur de l'installation. La sûreté ne dépend plus d'une maintenance ou d'un suivi. Les mesures visant à garantir la conservation des connaissances et de la mémoire du site peuvent continuer.

Évolution de la facilité de retrait et de la passivité de l'installation en fonction du niveau dans l'échelle internationale de récupérabilité.

LE PROJET ET SON TERRITOIRE D'ACCUEIL

8

INTRODUCTION

Cigéo est un projet industriel structurant pour le territoire. Il sera construit et exploité sur plus de 100 ans, entrainera la création d'emplois et nécessitera la création d'infrastructures pour assurer son alimentation en eau ou en électricité ainsi que sa desserte. L'implantation de Cigéo nécessite de préparer le territoire d'accueil. Pour cela, la préfecture de la Meuse a été chargée par le Gouvernement de coordonner l'élaboration d'un schéma interdépartemental de développement du territoire sur les deux départements. L'Andra et les producteurs de déchets contribuent également à la préparation de ce schéma qui sera présenté lors du débat public.

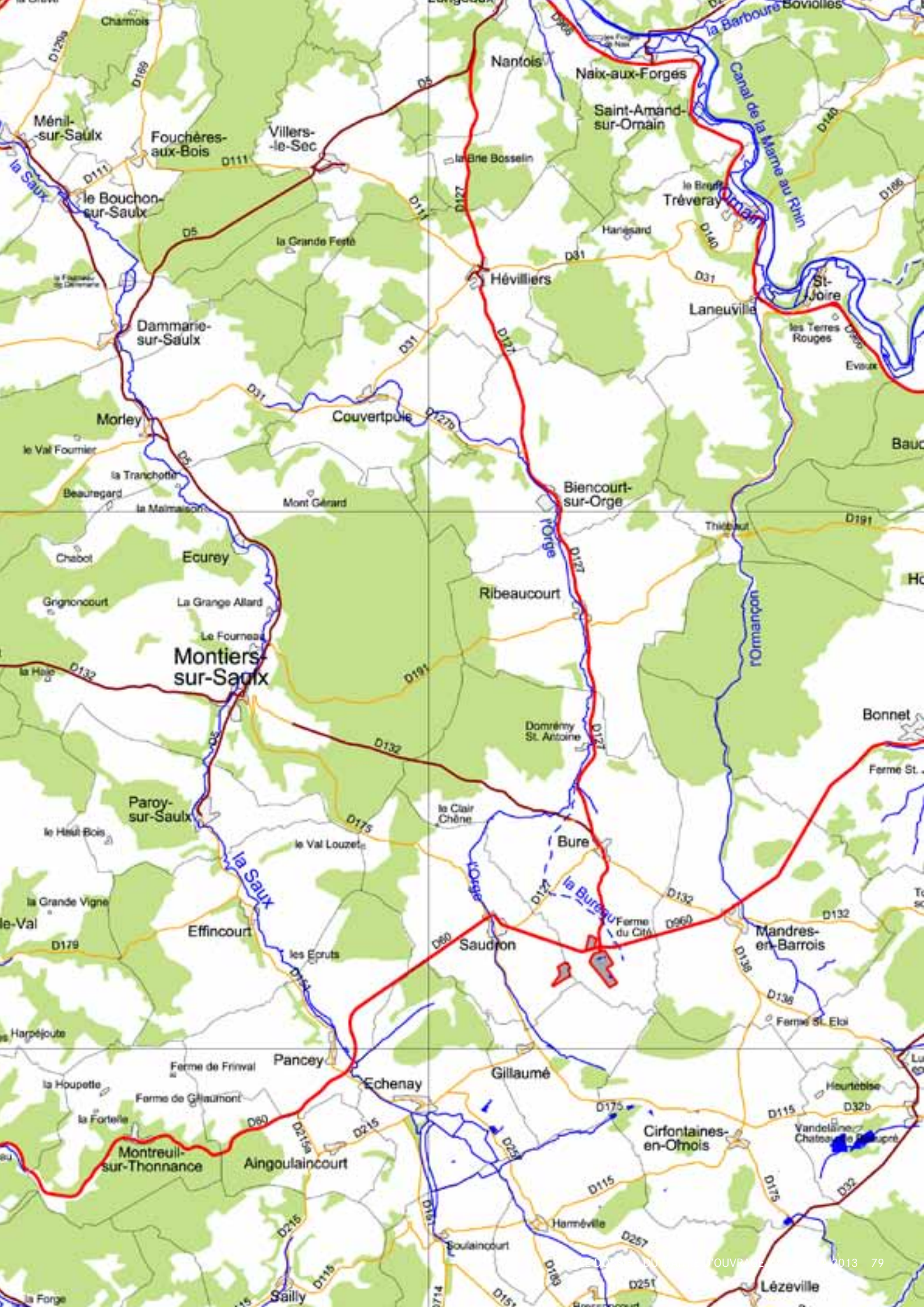
8.1.
LE SCHÉMA INTERDÉPARTEMENTAL DE DÉVELOPPEMENT DU TERRITOIRE
.....page 80

8.2.
LES BESOINS DE CIGÉO
.....page 80

8.3.
LES EMPLOIS
.....page 83

8.4.
L'ACCOMPAGNEMENT ÉCONOMIQUE DU PROJET AUJOURD'HUI
.....page 84

8.5.
L'ANDRA EN MEUSE/HAUTE-MARNE AUJOURD'HUI
.....page 85


Charmois
Nantois
Naix-aux-Forges
la Barboure
Boviolles
Canal de la Marne au Rhin
Saint-Amand-sur-Ornain
Ménil-sur-Saulx
Fouchères-aux-Bois
Villers-le-Sec
la Saux
le Bouchon-sur-Saulx
la Grande Festé
Trévéray
Hévilliers
St-Joire
Laneuville
Dammarie-sur-Saulx
Morley
Couvertpuis
le Val Fournier
la Tranchotte
Beauregard
la Maimaison
Mont Gérard
Biencourt-sur-Orge
l'Orge
Thiébaut
Chabot
Ecurey
Ribeaucourt
l'Ormançon
Grignoncourt
La Grange Allard
Le Fourneau
Montiers-sur-Saulx
la Haie
Domrémy St. Antoine
Bonnet
Paroy-sur-Saulx
le Clair Chêne
le Haut Bois
le Val Louzet
Bure
la Burbeau
la Grande Vigne
Effincourt
Saudron
Ferme du Cité
Mandres-en-Barrois
les Ecruts
Ferme St. Eloi
Harpéjoute
Pancey
Ferme de Frinval
Gillaumé
la Houpette
Echenay
Ferme de Gillaumont
Heurtebise
la Fortelle
Cirfontaines-en-Ornois
Montreuil-sur-Thonnance
Aingoulaincourt
Harméville
Soulaincourt
Sailly
Lézeville
la Forge

8.1.
Le schéma interdépartemental de développement du territoire

L'implantation de Cigéo nécessite la préparation du territoire d'accueil. Outre l'aménagement des infrastructures (transport, eau, électricité, réseau numérique…), un cadre stratégique doit être mis en place concernant l'emploi, le développement économique et l'attractivité pour l'accueil de nouveaux ménages.

Le Gouvernement a demandé l'élaboration d'un schéma de développement du territoire à l'échelle des deux départements de Meuse et de Haute-Marne. Ce schéma est élaboré sous l'égide du préfet de la Meuse, préfet coordinateur, en concertation avec les acteurs locaux (collectivités, chambres consulaires…). L'Andra et les entreprises de la filière nucléaire contribuent également à son élaboration.

À ce stade, le projet de schéma identifie les enjeux dans chacun des domaines ainsi que des scénarios. Il aura ensuite vocation à être complété avec les opérations à mettre en œuvre et leur agenda, qui seront définies en concertation avec les acteurs du développement territorial. Il permettra ainsi de dynamiser l'impact économique lié à la réalisation de Cigéo et ses retombées pour le territoire ainsi que de coordonner l'action des différents acteurs concernés.

Indépendamment de la réflexion sur l'accueil sur le territoire de centaines d'emplois pérennes, une réflexion est menée pour accueillir les travailleurs en déplacement. L'hébergement en structures provisoires à proximité du chantier, en gîtes ou en logements meublés est proposé parmi les services pouvant être mis à leur disposition. Le schéma permettra de coordonner les acteurs du logement pour mettre à disposition une offre locative adaptée aux besoins.

Une plate-forme d'accès à l'emploi est proposée pour coordonner les offres et les besoins d'emplois ainsi que les formations. Ce dispositif est organisé avec les services publics de l'emploi des deux départements (Pôles emploi, chambres de commerce et d'industrie, branches professionnelles). L'Andra et les opérateurs industriels participent à cette démarche visant à accompagner le marché de l'emploi avec leurs fiches métiers et offres d'emplois

8.2.
Les besoins de Cigéo

LES BESOINS EN MATÉRIAUX ET EN INFRASTRUCTURES

Cigéo nécessitera la création d'infrastructures pour assurer son alimentation en eau ou en électricité ainsi que sa desserte.

Besoins en eau

Une fois le Centre mis en service en 2025, les besoins en eau sont estimés de l'ordre de 100 m^3 par jour (équivalent de la consommation moyenne de 700 habitants). Pendant la phase initiale du chantier (2019-2025), les

besoins seront plus importants, de l'ordre de 500 m³ par jour (équivalent de la consommation moyenne d'une ville de 3 500 habitants). Cela couvre les besoins liés aux travailleurs (restauration, équipements sanitaires...) et les besoins liés au fonctionnement du Centre (fabrication du béton, réserves en cas d'incendie...). L'ensemble des eaux du site sera récupéré, contrôlé et fera l'objet d'une gestion adaptée. L'un des objectifs de la conception est de limiter les rejets liquides. Pour cela, l'Andra envisage de réutiliser au maximum les eaux usées du site, après traitement si nécessaire.

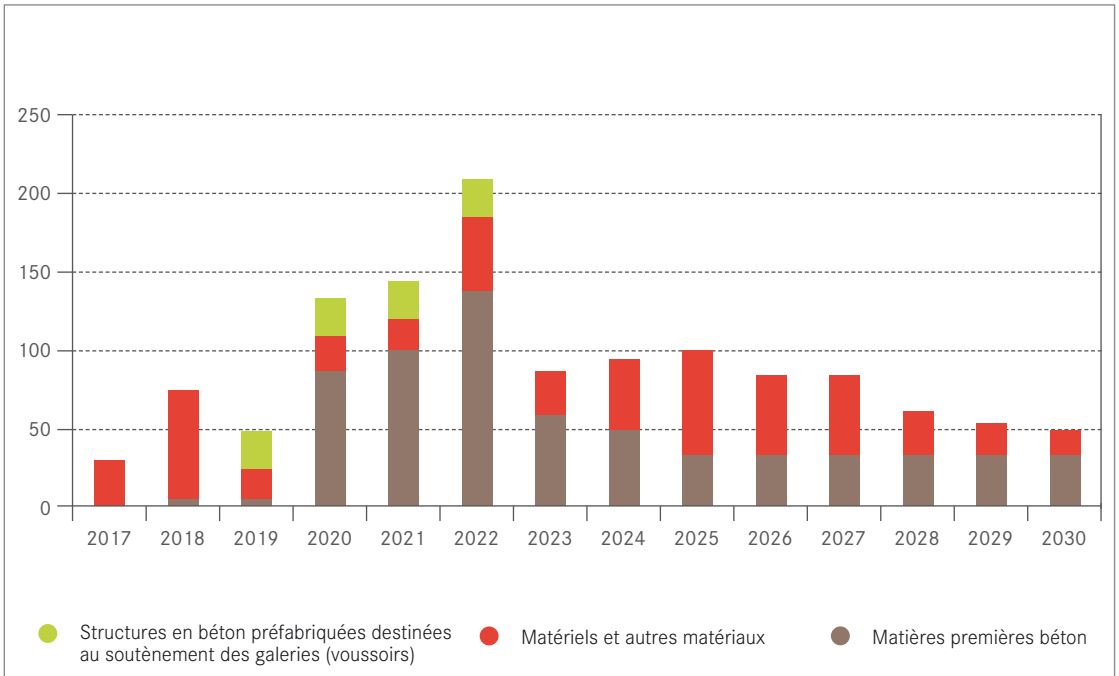
Besoins en électricité

Les besoins en électricité de Cigéo sont estimés à environ 90 Mégawatts. RTE étudie le raccordement du projet en tenant compte des besoins de l'Andra. RTE sera le maître d'ouvrage du poste électrique de raccordement au réseau 400 kiloVolts.

Desserte

Il sera nécessaire d'acheminer sur le site des matériaux pour permettre la construction des ouvrages (granulats, ciment...). La possibilité de réaliser une partie de ces transports par voie ferroviaire ou fluviale est étudiée. Des itinéraires possibles pour les transports exceptionnels ont été étudiés dans le cadre du schéma interdépartemental de développement du territoire. Concernant les déplacements de personnel, le « plan de déplacement d'entreprise » de l'Andra visera à développer les possibilités de covoiturage et les transports collectifs. Par ailleurs, des aménagements spécifiques devront être réalisés pour la desserte des 2 sites d'implantation en surface de Cigéo (desserte de la zone puits, déviation de la route départementale à proximité de la zone descenderies...).

ESTIMATION PRÉLIMINAIRE DU NOMBRE DE TRANSPORTS NÉCESSAIRES À L'APPROVISIONNEMENT DE CIGÉO EN MATÉRIAUX PENDANT LA PHASE DE CONSTRUCTION INITIALE DU CENTRE ET LE DÉBUT DE SON EXPLOITATION (EN CAMIONS PAR JOUR) :



50 camions correspondent à 10/15 wagons ou 2/3 barges de type « Freyssinet ».

PÉRIODE DES TRAVAUX PRÉPARATOIRES (2016-2018)
ET DE LA CONSTRUCTION INITIALE DE CIGÉO AVANT SA MISE EN SERVICE :

Besoins en eau	Environ 500 m^3/jour
Besoins en électricité	Environ 90 MW
Besoins en matériaux	
Ciment	~ 90 000 tonnes/an
Sable	~ 250 000 tonnes/an
Agrégats	~ 300 000 tonnes/an
Déchets ménagers	Environ 350 tonnes/an
Déchets industriels	Environ 2 800 tonnes/an

PÉRIODE D'ACHÈVEMENT DE LA CONSTRUCTION DE LA PREMIÈRE TRANCHE
ET SON EXPLOITATION (2025-2030) :

Besoins en eau	Environ 100 m^3/jour
Besoins en électricité	Environ 90 MW
Besoins en matériaux	
Ciment	~ 20 000 tonnes/an
Sable	~ 55 000 tonnes/an
Agrégats	~ 70 000 tonnes/an
Déchets ménagers	Environ 200 tonnes/an
Déchets industriels	Environ 1 000 tonnes/an

8.3.
Les emplois

Emplois directs générés par Cigéo (hors Laboratoire souterrain) :

1 300 à 2 300

emplois entre 2019 et 2025

600 à 1 000

emplois pendant les 100 ans d'exploitation

Cigéo est un projet industriel structurant pour le territoire qui sera construit et exploité sur plus de 100 ans.

Selon les estimations de l'Andra, entre 1 300 et 2 300 personnes travailleront à la construction des premières installations de Cigéo sur la période 2019-2025, en plus des activités liées au Laboratoire souterrain (335 personnes actuellement). En phase d'exploitation, entre 600 et 1 000 personnes travailleront de manière pérenne sur le site pour exploiter Cigéo et poursuivre en parallèle sa construction. Ces estimations préliminaires pour la construction et l'exploitation seront consolidées dans la suite des études.

En plus de ces emplois directs implantés sur le site, l'activité générée entretiendra des emplois indirects, notamment auprès de fournisseurs ou prestataires de Lorraine et de Champagne-Ardenne et des emplois induits, répondant aux consommations courantes des salariés de Cigéo sur leur lieu de vie (achats, investissement en logement, etc.). Cigeo contribuera au développement de l'activité des entreprises locales et, grâce à la garantie d'une activité sur plus d'un siècle, certaines entreprises feront très vraisemblablement la démarche de s'implanter localement, créant à leur tour une activité nouvelle sur le territoire.

Exemples de métiers illustrant les besoins de Cigéo :

- Ingénieurs de travaux souterrains, génie civil, géotechniciens, spécialistes ventilation…
- Conducteurs de travaux, chefs de chantier, foreurs, conducteurs d'engin, ouvriers qualifiés (mécaniciens, soudeurs, électriciens…).
- Ingénieurs sécurité.
- Techniciens de laboratoire.
- Acheteurs, personnel administratif, magasiniers, approvisionneurs, qualiticiens, logisticiens.
- Agents de gardiennage, agents d'entretien.

Tous métiers confondus, le niveau de qualification concerne environ 50% d'ouvriers, 20% d'agents de maîtrise, de techniciens ou d'employés, et 30% de cadres.

8.4.
L'accompagnement économique du projet aujourd'hui

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 de connaissances scientifiques et technologiques. Ils ont été dotés de 30 M€ par département en 2012.

Par ailleurs, EDF, le CEA et Areva mènent une politique active en faveur du développement économique local. Cela comprend notamment la création d'installations (plateforme 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, des actions en faveur de la maîtrise de la demande d'énergie et de réduction des émissions de CO_2 par les bâtiments.

Archives EDF implantées sur la commune de Bure dans la Meuse.

8.5.
L'Andra en Meuse/Haute-Marne aujourd'hui

Le Centre de l'Andra en Meuse/Haute-Marne génère sur son site plus de 300 emplois directs (salariés Andra et prestataires) qui concourent aux activités des différentes installations : le Laboratoire souterrain, l'Espace technologique, la carothèque, les stations de mesures de l'Observatoire pérenne de l'environnement et l'Ecothèque (mise en service en 2013).

Par ailleurs, l'Andra mène une politique volontariste visant le développement des relations avec le tissu économique local et favorable aux emplois indirects régionaux. Depuis 4 ans, cette politique est rythmée par la manifestation annuelle « Devenez prestataire de l'Andra » qui est destinée aux PME locales. Ces rencontres permettent aux entreprises de se familiariser avec les exigences et les procédures de l'Andra et de se préparer aux marchés futurs. L'association Energic ST 52/55, qui fédère des entreprises de l'énergie et du BTP, contribue également à valoriser les compétences et entretient une relation partenariale avec l'Andra. Cette politique conjointe s'avère payante. En 2011, les deux régions ont émis 10% du montant total des facturations (HT) liées au projet Cigéo. Cela représente une collaboration avec plus de 250 établissements locaux (publics ou privés), implantés pour 60% d'entre eux en Lorraine et 40% en Champagne-Ardenne. Les départements de Meuse et de Haute-Marne regroupent chacun 30% du total des établissements concernés.

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 km du Centre et 97% à moins de 45 km. 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.

Espace technologique de l'Andra implanté sur la commune de Saudron, en Haute-Marne.

FINANCEMENT, COÛT ET CALENDRIER

9

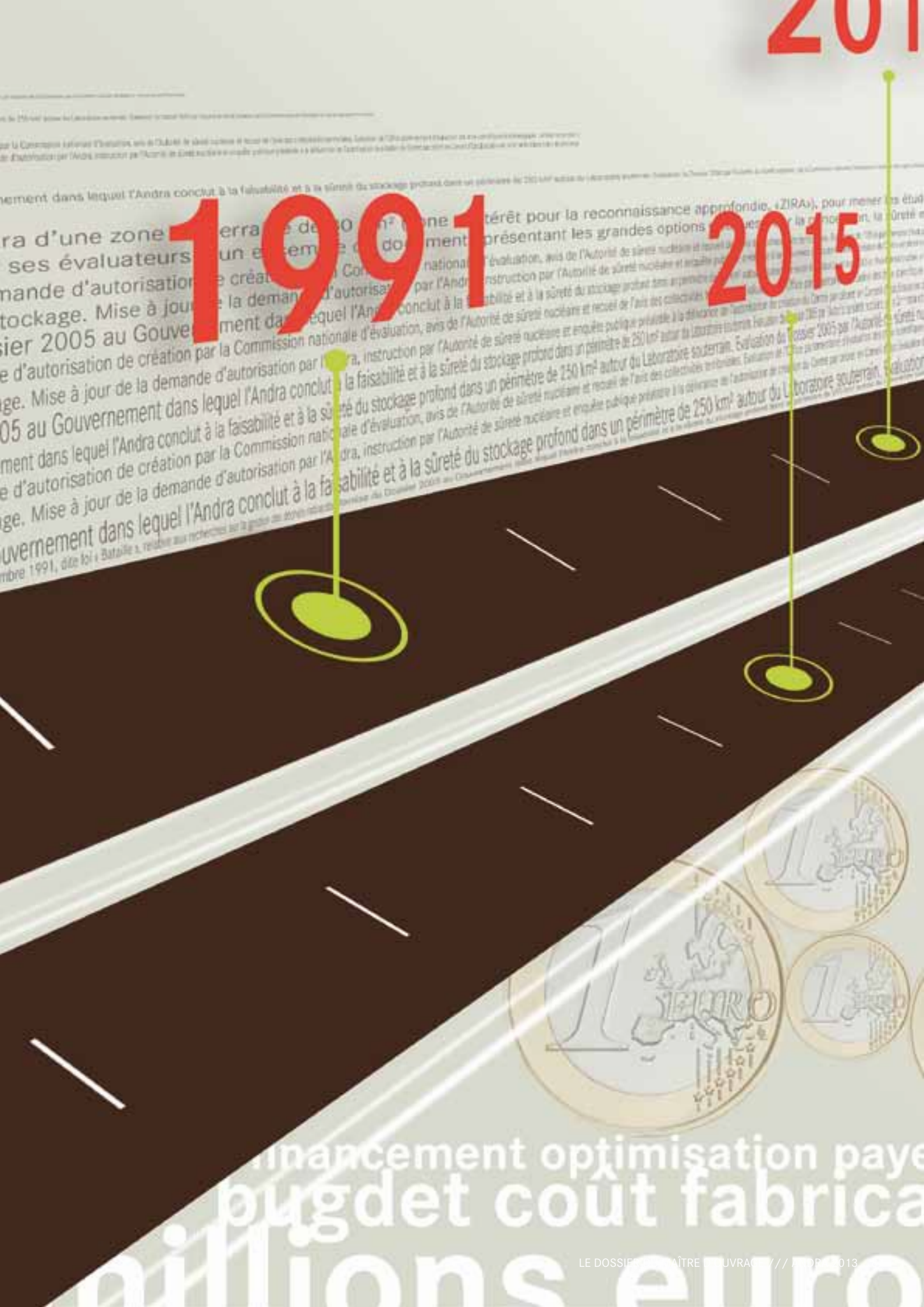
INTRODUCTION

L'histoire du stockage profond en France couvre une période de plus de 30 ans et va continuer sur plusieurs décennies avec, s'il est autorisé, la mise en service de Cigéo qui concrétise ces trente ans de recherche. Depuis le début des années 1990, cette histoire est jalonnée de nombreux rendez-vous scientifiques et politiques qui vont continuer pendant toute la vie du stockage.

Afin de ne pas reporter sur les générations futures le coût de la gestion des déchets radioactifs destinés à Cigéo, des dispositions sont mises en place pour évaluer régulièrement le coût du stockage et ainsi garantir dès aujourd'hui son financement.

9.1.
LE FINANCEMENT DU PROJET ET SON COÛT PRÉVISIONNEL ..... page 88

9.2.
LE CALENDRIER DU PROJET CIGÉO ..... page 90


1991
2015
financement optimisation paye
budget coût fabrica
millions euro

9.1.
Le financement du projet et son coût prévisionnel

La loi du 28 juin 2006 a mis en place un cadre spécifique pour le financement du projet Cigéo avec la création de deux fonds spécifiques au sein de l'Andra destinés à financer les études et recherches ainsi que la construction, l'exploitation et la fermeture de Cigéo. L'ensemble de ces dépenses sera financé intégralement par les producteurs de déchets. L'Andra est chargée d'estimer tous les coûts du stockage sur plus de 100 ans. Les producteurs de déchets prennent en compte ces dépenses futures sous forme de provisions calculées sur la base d'un coût de référence arrêté par le ministre chargé de l'énergie, comme le prévoit la loi du 28 juin 2006.

LE FINANCEMENT DU PROJET

Les études et recherches menées pour Cigéo sont financées par une "taxe recherche" instaurée par la loi du 28 juin 2006 sur les installations nucléaires. Sur la période 2010-2012, la taxe s'élevait à environ 118 millions d'euros par an, collectés auprès des trois principaux producteurs de déchets : EDF, le CEA et Areva.

Le financement de la construction, de l'exploitation et de la fermeture de Cigéo sera assuré par les producteurs de déchets, au travers de conventions avec l'Andra. La clé de répartition sera liée notamment à l'inventaire de déchets de chaque producteur. Elle est aujourd'hui de 78 % pour EDF, 17 % pour le CEA et 5 % pour Areva.

Les producteurs doivent prévoir les ressources nécessaires à la construction et à l'exploitation de Cigéo sur toute sa durée. Cela se traduit par l'enregistrement de provisions dans leurs comptes et par la sécurisation de ces ressources au travers de placements (« actifs dédiés »), sous le contrôle de l'Etat.

Pour un nouveau réacteur nucléaire sur l'ensemble de sa durée de fonctionnement, le coût du stockage des déchets radioactifs est de l'ordre de

1 à 2 %

du coût total de la production d'électricité.

LE PROCESSUS D'ÉVALUATION DU COÛT DU STOCKAGE

Conformément à la loi du 28 juin 2006, le ministre chargé de l'énergie arrête et publie l'évaluation du coût du stockage, sur la base de l'évaluation proposée par l'Andra et après avoir recueilli les observations des producteurs de déchets et l'avis de l'Autorité de sûreté nucléaire. L'ensemble du processus de chiffrage, qui aboutit à l'arrêt et à la publication des coûts du stockage par l'Etat, nécessite de l'ordre de 3 à 5 ans de travail.

La dernière évaluation du coût du stockage arrêtée par le ministère en charge de l'énergie date de 2005. Le rapport du groupe de travail relatif au « Coût d'un stockage souterrain de déchets radioactifs de haute activité et à vie longue » (juillet 2005) est public. Il précise qu'il semble utile de pouvoir actualiser régulièrement le référentiel de chiffrage, de manière à prendre en compte progressivement les résultats des travaux de recherche menés par l'Andra.

Un groupe de travail a été mis en place en 2009 par la Direction générale de l'énergie et du climat avec l'Andra, EDF, le CEA, Areva et l'Autorité de sûreté nucléaire pour préparer cette nouvelle évaluation. Le ministère chargé de l'énergie souhaite arrêter une nouvelle évaluation fin 2013. Un état d'avancement pourra être fait lors du débat public.

L'ÉVALUATION DES COÛTS DE CIGÉO

Le coût de la construction de la première tranche de Cigéo

La première tranche de Cigéo couvre la réalisation des installations nécessaires à la mise en service du Centre et au démarrage de son exploitation. L'estimation de son coût sera progressivement affinée et servira à définir le coût objectif pour la réalisation de cette première phase d'investissement.

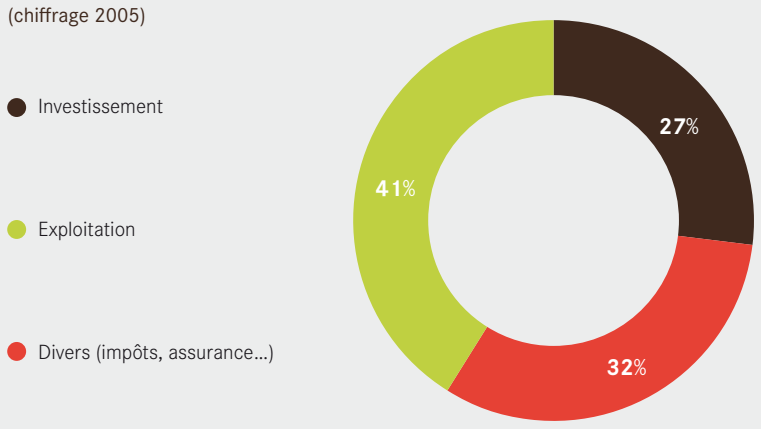
L'évaluation des coûts jusqu'à la fermeture de Cigéo

L'Etat demande à l'Andra d'estimer dès à présent tous les coûts du stockage sur plus de 100 ans. Cela couvre notamment : les études, la construction (génie civil,

équipements...), l'exploitation (personnel, maintenance, électricité...), les impôts et les taxes, les assurances, les aléas de chantier... Les risques et les optimisations possibles doivent également être évalués. Cette évaluation doit être régulièrement mise à jour pour prendre en compte l'avancement des études menées par l'Andra.

RÉPARTITION DU COÛT DU STOCKAGE PAR NATURE DE DÉPENSES

(chiffrage 2005)



Dans le cadre du groupe de travail Etat-Andra-Producteurs 2004-2005, les coûts de construction, d'exploitation et de fermeture du stockage avaient été estimés entre 13,5 et 16,5 milliards d'euros répartis sur plus de 100 ans. Cette évaluation couvrait notamment le stockage de tous les déchets HA et MAVL produits par les réacteurs nucléaires français pendant 40 ans.

A l'intérieur de cette fourchette, les producteurs ont retenu un coût de référence de 14,1 milliards d'euros (conditions économiques janvier 2003) correspondant à une prise en compte prudente des aléas de réalisation et des risques et opportunités. En tenant compte de l'inflation, cette estimation s'établit à environ 16,5 milliards d'euros aux conditions économiques de 2012. Ce montant est utilisé par les producteurs de déchets pour calculer les charges futures et les provisions pour stockage des déchets HA et MA-VL.

Le montant provisionné a vocation à être dépensé sur une période de temps longue (une centaine d'années), il fait donc l'objet d'une actualisation afin de ramener la valeur des dépenses futures à leur valeur actuelle. Il est placé dans des fonds dédiés. Ces placements sont sécurisés afin que leur rendement permette de couvrir les dépenses au moment où elles auront lieu.

Au titre de la loi du 28 juin 2006, les producteurs transmettent à l'autorité administrative, tous les trois ans, un rapport décrivant l'évaluation des charges de long terme, les méthodes appliquées pour le calcul des provisions afférentes à ces charges et les choix retenus en ce qui concerne la composition et la gestion des actifs dédiés à la couverture des provisions.

En outre, le montant estimé des coûts du stockage dépend de la quantité de déchets qu'il est prévu d'y stocker. L'augmentation de l'inventaire de déchets HA et MA-VL, induite par une hypothèse d'accroissement au-delà de 40 ans de la durée d'exploitation du parc de réacteurs EDF, est donc de nature à réévaluer à la hausse le coût du stockage.

Dans le cadre du groupe de travail mis en place par l'Etat en 2009, l'Andra a réalisé un chiffrage sur la base des options de conception et de sûreté du stockage proposées à cette date. En accord avec l'Etat et les producteurs, il a été convenu d'étudier certaines options techniques qui permettraient d'optimiser le stockage comme par exemple la réduction du nombre d'alvéoles de stockage de déchets HA en augmentant leur longueur. Pour chacune de ces pistes d'optimisation, il est nécessaire d'en vérifier la faisabilité (le cas échéant avec des essais au Laboratoire souterrain) et la sûreté.

Différentes pistes d'optimisation sont encore à l'étude par l'Andra ou conjointement avec les producteurs en ce qui concerne les chroniques d'expédition des colis. L'évolution du coût des matières premières et de l'inventaire des déchets doit également être prise en compte.

Un travail important est également réalisé par l'Andra sur les outils et les méthodes de chiffrage pour apporter le maximum de robustesse à l'estimation du coût du stockage et prendre en compte l'ensemble du retour d'expérience disponible sur les installations nucléaires existantes et sur d'autres installations industrielles ou ouvrages souterrains de grande envergure. L'Andra participe aux réflexions menées à l'international sur ce sujet.

La Cour des comptes a réalisé une analyse des enjeux associés à ces différents points dans son rapport public thématique portant sur « Les coûts de la filière électronucléaire » (janvier 2012).

L'Andra finalisera un nouveau chiffrage en 2013. Ce chiffrage prendra notamment en compte les études menées depuis 2009, les recommandations de la revue de projet, de l'Autorité de sûreté nucléaire et de la Commission nationale d'évaluation sur les études d'esquisse réalisées en 2012 par l'Andra avec son maître d'œuvre, le groupement Gaiya (Technip/Ingérop) ainsi que les pistes d'optimisation qui seront approfondies d'ici la demande d'autorisation de création de Cigéo.

9.2.
Le calendrier du projet Cigéo

HISTORIQUE DU PROJET

1991

Vote de la loi n° 91-1381 du 30 décembre 1991, dite loi « Bataille », relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs.

1994-1996

Campagnes de reconnaissances géologiques sur 4 sites validés par le Gouvernement.

1998

Le site de Meuse/Haute-Marne est retenu par le Gouvernement pour l'implantation d'un laboratoire souterrain.

CALENDRIER PRÉVISIONNEL DU PROCESSUS D'AUTORISATION DE CIGÉO

2014-2015

Préparation de la demande d'autorisation de création de Cigéo.

2015

Dépôt par l'Andra de la demande d'autorisation de création de Cigéo.

SOUS RÉSERVE D'AUTORISATION, CALENDRIER PRÉVISIONNEL DU DÉMARRAGE DE L'EXPLOITATION DE CIGÉO

2019

Début des travaux de construction des installations de Cigéo (hors travaux préparatoires).

2025

Mise en service de Cigéo par l'Andra, sous réserve de l'autorisation de l'Autorité de sûreté nucléaire.

2005/2006

Débat public, organisé par la Commission nationale du débat public, sur les options générales en matière de gestion des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue.

2006

Débat au Parlement sur les axes de gestion à long terme des déchets radioactifs puis vote de la loi de programme n° 2006-739 du 28 juin 2006 qui retient le stockage profond comme solution pour la gestion à long terme pour les déchets HA et MA-VL.

2007

Mise en place de l'Observatoire pérenne de l'environnement afin de décrire l'environnement du futur stockage avant sa construction et de suivre son évolution pendant toute la durée d'exploitation du Centre.

2005

Remise du Dossier 2005 au Gouvernement dans lequel l'Andra conclut à la faisabilité et à la sûreté du stockage profond dans un périmètre de 250 km² autour du Laboratoire souterrain. Evaluation du Dossier 2005 par l'Autorité de sûreté nucléaire, par la Commission nationale d'évaluation et revue par des experts internationaux.

2009-2010

Proposition par l'Andra d'une zone souterraine de 30 km² (zone d'intérêt pour la reconnaissance approfondie, «ZIRA»), pour mener les études pour l'implantation des installations souterraines. Validation de la ZIRA par le Gouvernement après avis de l'Autorité de sûreté nucléaire, de la Commission nationale d'évaluation et consultation des élus et du Comité local d'information et de suivi du Laboratoire de l'Andra.

Remise par l'Andra à ses évaluateurs d'un ensemble de documents présentant les grandes options retenues pour la conception, la sûreté et la réversibilité du stockage.

2011

Lancement de la conception industrielle de Cigéo et de la préparation du schéma interdépartemental de développement du territoire. Après enquête publique, autorisation de poursuivre l'exploitation du Laboratoire souterrain jusqu'en 2030.

2013

Débat public sur le projet Cigéo, organisé par la Commission nationale du débat public.

2015-2018

Evaluation de la demande d'autorisation de création par la Commission nationale d'évaluation, avis de l'Autorité de sûreté nucléaire et recueil de l'avis des collectivités territoriales. Evaluation de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Loi fixant les conditions de réversibilité du stockage. Mise à jour de la demande d'autorisation par l'Andra, instruction par l'Autorité de sûreté nucléaire et enquête publique préalable à la délivrance de l'autorisation de création du Centre par décret en Conseil d'Etat.

2025-2030

Phase de démarrage de l'installation.

2030 et au-delà

Développement progressif de Cigéo avec des réexamens périodiques de sûreté (tous les 10 ans).

LA RADIOACTIVITÉ

ANNEXE 1

ANNEXE 1.1.
LA DÉCROISSANCE RADIOACTIVE
.....page 93

ANNEXE 1.2.
LA MESURE DE LA RADIOACTIVITÉ ET DE SES EFFETS
.....page 94

ANNEXE 1.3.
LES RISQUES LIÉS À LA RADIOACTIVITÉ
.....page 94

ANNEXE 1.4.
LES UTILISATIONS DE LA RADIOACTIVITÉ
.....page 95

INTRODUCTION

La radioactivité est un phénomène naturel qui prend naissance au cœur de certains atomes instables, les radionucléides. Ces radionucléides présentent un surplus d'énergie qui les conduit à se désintégrer en un autre atome. En se désintégrant, les radionucléides émettent des rayonnements invisibles mais susceptibles d'avoir un effet nocif sur la santé : on parle de rayonnements ionisants.

Il existe plusieurs types de rayonnements ionisants de nature et d'intensité différentes :

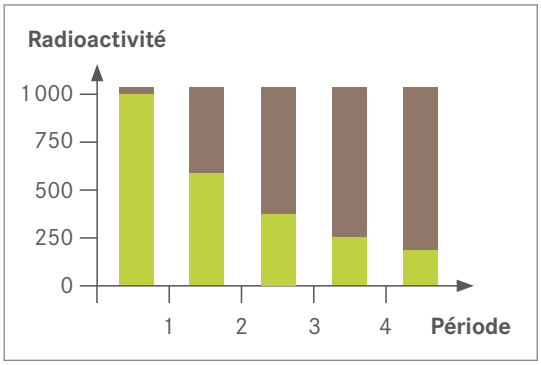
- le rayonnement alpha, dont la portée dans l'air est de quelques centimètres seulement et qu'une feuille de papier peut arrêter,
- le rayonnement bêta, dont la portée dans l'air est de quelques mètres et qu'une feuille d'aluminium peut arrêter,
- le rayonnement gamma, bien plus pénétrant que les autres types de rayonnements. Il accompagne souvent un rayonnement alpha ou bêta. En fonction de son énergie, le rayonnement gamma peut parcourir plusieurs centaines de mètres dans l'air et une importante épaisseur de plomb ou de béton est nécessaire pour l'arrêter.

Annexe 1.1.

La décroissance radioactive

La radioactivité est un phénomène qui diminue spontanément avec le temps, selon le principe de la décroissance radioactive, au fur et à mesure que les atomes radioactifs se désintègrent pour devenir des atomes stables.

Chaque radionucléide se désintègre au bout d'une durée qui lui est propre. Celle-ci est définie par ce que l'on appelle la période radioactive. Elle correspond au temps au bout duquel la moitié de la quantité d'un même radionucléide aura naturellement disparu par désintégration. Le niveau de radioactivité d'un échantillon d'un même radionucléide est donc divisé par deux. Au bout de 10 périodes, le niveau de radioactivité est divisé par 1 000.



Au bout de 10 périodes radioactives, seul un atome radioactif sur 1 000 subsiste

EXEMPLES DE PÉRIODES RADIOACTIVES DE CERTAINS RADIONUCLÉIDES

Radionucléide	Période	Emission
Iode 131	8 jours	Bêta
Tritium	12 ans	Bêta
Césium 137	30 ans	Bêta
Carbone 14	5 700 ans	Bêta
Plutonium 239	24 000 ans	Alpha
Chlore 36	300 000 ans	Bêta
Iode 129	16 millions d'années	Bêta
Uranium 235	700 millions d'années	Alpha
Uranium 238	4,5 milliards d'années	Alpha

Annexe 1.2.

La mesure de la radioactivité et de ses effets

La radioactivité se mesure, même en très faible quantité. Les appareils de détection mesurent couramment des activités un million de fois inférieures aux niveaux qui pourraient avoir des effets nocifs sur la santé.

Pour quantifier la radioactivité et ses effets sur les organismes vivants on utilise principalement deux unités :

- Le becquerel (Bq), qui permet de mesurer le niveau de radioactivité (appelé activité) c'est-à-dire le nombre de désintégrations par seconde : 1 Bq = 1 désintégration par seconde. Cette unité de mesure est souvent trop petite pour exprimer les niveaux de radioactivité utilisés dans l'industrie par exemple. C'est pourquoi on emploie plutôt ses multiples pour exprimer la radioactivité de la matière :
  - -1 kilobecquerel (kBq) = 1 000 Bq,
  - -1 Mégabecquerel (MBq) = 1 million de Bq,
  - -1 Gigabecquerel (GBq) = 1 milliard de Bq,
  - -1 Térabecquerel (TBq) = 1 000 milliards de Bq.
- Le sievert (Sv), qui permet d'évaluer les effets biologiques des rayonnements sur un organisme vivant exposé à la radioactivité. Ces effets varient notamment en fonction de la nature des rayons et des organes irradiés. L'unité la plus fréquemment employée est le millisievert (mSv), qui correspond à un millième de sievert. Par exemple, l'organisme reçoit 0,3 mSv lors d'une radiographie pulmonaire.

Annexe 1.3.

Les risques liés à la radioactivité

Les effets des rayonnements ionisants sur l'organisme varient en fonction des doses reçues et des modalités d'exposition. L'exposition à la radioactivité peut être externe, en cas d'irradiation (exposition aux rayonnements) ou de contamination par contact, ou interne, s'il s'agit d'une contamination par inhalation ou ingestion de radionucléides. Elle peut être chronique (par exemple avec la radioactivité naturelle) ou ponctuelle (un examen médical par exemple).

Les fortes expositions à la radioactivité produisent la destruction de cellules. Les dommages sont importants et leur gravité augmente avec la dose. A partir de 5 000 mSv (5 Sv), la dose est mortelle.

Pour des expositions faibles (inférieures à 100 mSv), les effets (cancers, effets génétiques) correspondent à des transformations de cellules plutôt qu'à leur destruction et peuvent apparaître des années après l'exposition qui en a été la cause. De plus, ils ne se produisent pas systématiquement et sont appelés pour cela « probabilistes ». A ce niveau de dose, c'est la probabilité d'apparition d'un cancer, non sa gravité, qui augmente avec la dose. Quand un cancer se manifeste, au bout de plusieurs années, il est impossible d'en déterminer la cause avec certitude. Aussi les conséquences d'une exposition à de faibles doses de radioactivité font encore l'objet de débat dans la communauté scientifique.

Aussi, par précaution, on considère qu'il existe un risque et qu'il est proportionnel à la dose reçue.

L'usage de la radioactivité dans différents secteurs a ainsi amené les autorités à proposer des normes légales d'exposition, tant pour la population que pour les salariés exposés. Pour les populations, la dose ajoutée par les applications industrielles ne doit pas dépasser 1 mSv/an. C'est par exemple la dose reçue en effectuant trois radios du poumon, ou encore 16 allers-retours Paris-New-York en avion. Pour les métiers utilisant la radioactivité (industrie nucléaire, radiologie, médecine...), la dose maximale légale est de 20 mSv/an en moyenne sur 5 années consécutives.

Annexe 1.4.

Les utilisations de la radioactivité

La radioactivité a été découverte par Henri Becquerel en 1896. Dans les années 1930, l'homme découvre comment recréer artificiellement ce phénomène. Depuis, les propriétés de la radioactivité sont utilisées dans de nombreux secteurs :

L'INDUSTRIE ÉLECTRONUCLÉAIRE

Centrales nucléaires et usines de fabrication et de traitement des combustibles utilisés pour faire fonctionner ces centrales (extraction et traitement du minerai d'uranium, fabrication des combustibles, traitement des combustibles une fois usés...).

LA DÉFENSE NATIONALE

Activités liées à la force de dissuasion, à la propulsion nucléaire de certains navires ou sous-marins et recherche associée.

LA RECHERCHE

Laboratoires de recherche dans différents domaines : nucléaire civil, physique des particules, agronomie, chimie, biologie, géologie, archéologie...

L'INDUSTRIE CLASSIQUE (non électronucléaire)

Extraction de terres rares, fabrication de sources radioactives ou autres applications diverses (contrôle des soudures, stérilisation du matériel médical, stérilisation et conservation de produits alimentaires...).

LE DOMAINE MÉDICAL

Recherche médicale, diagnostic et traitement.

LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS EN FRANCE

2 ANNEXE

INTRODUCTION

Depuis près de trente ans, la gestion des déchets radioactifs constitue un enjeu industriel et environnemental de premier ordre. Deux faits : la multiplication des applications liées à la radioactivité et l'augmentation du nombre de producteurs. L'Etat français a créé, dès le début des années 90, une agence chargée de la gestion de l'ensemble de ces déchets : l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra).

Comme la plupart des pays confrontés à la problématique des déchets radioactifs, la France a fait le choix de les stocker dans des centres industriels spécialement conçus pour ce type de déchets afin de les isoler de l'homme et de l'environnement tant qu'ils présentent des risques.

Certains déchets bénéficient déjà de centres de stockage. Pour les autres, la conception de centres adaptés fait actuellement l'objet d'études

ANNEXE 2.1.
LE CADRE LÉGAL
.....page 97

ANNEXE 2.3.
LES GRANDS PRINCIPES DE LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS
.....page 97

ANNEXE 2.4.
LES FILIÈRES DE STOCKAGE DES DÉCHETS RADIOACTIFS
.....page 97

Annexe 2.1.
Le cadre légal

La loi de programme du 28 juin 2006 définit le cadre de la politique nationale pour la gestion durable des matières et déchets radioactifs, son organisation et son financement, avec pour objectif la protection de la santé des personnes, de la sécurité et de l'environnement.

Certaines dispositions de la loi sont reprises dans le Code de l'environnement (articles L.542-1 à 14 et L.594-1 à 13).

La recherche et la mise en œuvre des moyens nécessaires à la mise en sécurité définitive des déchets radioactifs sont entreprises afin de prévenir ou de limiter les charges qui seront supportées par les générations futures. Le stockage de déchets radioactifs en provenance de l'étranger est interdit. Un Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR) dresse le bilan des modes de gestion existants des matières et des déchets radioactifs, recense les besoins et détermine les objectifs à atteindre pour les déchets radioactifs qui ne font pas encore l'objet d'un mode de gestion définitif. Ce Plan national est public. Il est mis à jour tous les trois ans par le Gouvernement et transmis au Parlement. Le Plan national 2013-2015 a été transmis au Parlement fin 2012.

Annexe 2.2.
Les grands principes de la gestion des déchets radioactifs

Les déchets radioactifs sont des substances radioactives pour lesquelles aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée. La réduction de leur quantité et de leur nocivité est recherchée notamment par le traitement et le conditionnement. Les objectifs sont de réduire le volume des déchets produits, d'obtenir une forme physico-chimique la plus inerte possible vis-à-vis du stockage, en exploitation et à long terme, et de renforcer le confinement des déchets au sein des colis.

La dangerosité des déchets radioactifs diminue au fil du temps du fait de la décroissance naturelle de la radioactivité qu'ils contiennent. En fonction des déchets, cette décroissance peut prendre de quelques jours jusqu'à plusieurs centaines de milliers d'années. Le principe du stockage consiste à isoler les déchets afin que la radioactivité qui se retrouve au contact de l'homme ne présente pas de risque pour la santé.

Annexe 2.3.
Les filières de stockage des déchets radioactifs

Plusieurs solutions de stockage sont opérationnelles ou en projet pour prendre en charge l'ensemble des déchets radioactifs français. Ces filières de stockage sont adaptées au niveau de radioactivité et à la durée de vie des déchets radioactifs à prendre en charge. La cohérence du dispositif de gestion des déchets radioactifs doit être recherchée, de même que son optimisation technique et économique. Les centres de stockage, peu nombreux et aux capacités limitées, doivent être gérés comme des ressources rares.

TITRE DE L'ENCADRÉ

1

CONDITIONNEMENT

Après avoir été triés selon leurs caractéristiques, les déchets sont traités (compactage, incinération, solidification, etc.) puis conditionnés par le producteur dans des colis conçus pour empêcher la dispersion de la radioactivité qu'ils contiennent.

Colis de déchets TFA compactés.

Vitrification de déchets HA.

2

ENTREPOSAGE

Avant d'être stockés, ou en attendant la création d'un centre adapté, les déchets sont provisoirement entreposés dans des bâtiments dédiés, le plus souvent sur les sites où ils sont produits

Entreposage de déchets HA.

Entreposage de déchets MA-VL.

3

STOCKAGE

Après avoir vérifié leur conformité, les colis de déchets sont stockés par l'Andra dans des centres adaptés à leur dangerosité et à l'évolution de cette dangerosité dans le temps.

Le rôle de ces centres est d'isoler les déchets radioactifs aussi longtemps qu'ils présentent un risque pour l'homme et l'environnement.

Le stockage industriel repose sur une succession de barrières, artificielles ou naturelles, garantissant l'isolement des substances contenues dans les déchets : les colis, les ouvrages de stockage et le milieu géologique qui constitue une barrière naturelle efficace sur de très longues périodes.

Stockage de déchets de très faible activité.

Stockage de déchets de faible et moyenne activité.

LES STOCKAGES DE SURFACE

Il existe déjà en France trois centres de stockage de surface, exploités et surveillés par l'Andra dans le département de la Manche et de l'Aube. Ils permettent de stocker plus de 90 % du volume des déchets radioactifs produits chaque année : ceux ayant une très faible activité (TFA) ou une durée de vie courte (FMA-VC). Il est à noter que certains déchets radioactifs ont également fait par le passé l'objet d'autres modes de gestion (immersion, stockage sur les anciens sites miniers, stockages « historiques » sous la forme de buttes, remblais ou lagunes à proximité d'installations nucléaires ou d'usines).

Premier centre français de stockage de déchets radioactifs, le Centre de stockage de la Manche (CSM) a été ouvert en 1969. A l'issue de 25 ans d'exploitation, le Centre a permis le stockage de 527 225 m^3 de déchets. Il a été fermé et recouvert de plusieurs couches de matériaux destinés à protéger les ouvrages, notamment contre les eaux de pluie. Depuis sa fermeture, le Centre fait l'objet d'une surveillance régulière de la part de l'Andra, pour vérifier son évolution et contrôler son impact sur l'environnement. L'Andra mène également les travaux nécessaires pour assurer la pérennité de la couverture du Centre. Cette surveillance s'effectuera pendant au moins 300 ans.

Vue aérienne du Centre de stockage de la Manche

Bénéficiant de toute l'expertise acquise au Centre de stockage de la Manche, le Centre de stockage de l'Andra, dans l'Aube, accueille depuis 1992 les déchets FMA-VC produits en France. Il s'étend sur 95 hectares dont 30 sont réservés au stockage. Les déchets sont stockés en surface dans des ouvrages en béton armé. Une fois remplis, les ouvrages sont fermés par une dalle de béton dont l'étanchéité est assurée par un revêtement imperméable.

A la fin de l'exploitation, une couverture, composée notamment d'argile, sera placée sur les ouvrages pour assurer le confinement des déchets à long terme.

Le Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage a été mis en service par l'Andra en 2003, à proximité du Centre de stockage pour les déchets FMA. Le Centre s'étend sur 45 hectares dont 28,5 hectares réservés au stockage. Une fois conditionnés, les lots de déchets sont identifiés et stockés en surface dans des alvéoles creusées à quelques mètres de profondeur dans une couche argileuse. Une fois remplies, ces alvéoles sont fermées puis recouvertes d'une couverture composée notamment d'une membrane imperméable et d'argile.

Vue aérienne du Centre de stockage de l'Aube (CSA).

Stockage d'un colis dans une alvéole du CSA.

Vue aérienne du Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cirès).

Stockage de colis TFA dans une alvéole du Cirès.

LE STOCKAGE À FAIBLE PROFONDEUR À L'ÉTUDE

L'Andra étudie plusieurs options pour le stockage à faible profondeur des déchets de faible activité à vie longue.

La recherche de site pour l'implantation d'un centre de stockage FAVL a été lancée à l'échelle nationale par l'Andra avec l'accord du Gouvernement en juin 2008. L'Andra a transmis fin 2008 au gouvernement un rapport d'analyse au plan géologique, environnemental et socio-économique de la quarantaine de communes qui ont marqué leur intérêt pour le projet.

Suite au retrait des deux communes retenues en 2009 pour réaliser des investigations, l'État a demandé à l'Andra de rouvrir les différentes options de gestion des déchets de graphite et radifères, en étudiant notamment les possibilités de gestion séparée de ces deux types de déchets.

Le Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire a constitué un groupe de travail afin de faire un retour d'expérience du processus de recherche d'un site pour les déchets FAVL. L'Andra a remis un rapport au Gouvernement fin 2012 avec des propositions pour la poursuite de la démarche, en s'appuyant notamment sur les recommandations du Haut Comité publiées fin 2011.

LE PROJET DE STOCKAGE RÉVERSIBLE EN COUCHE GÉOLOGIQUE PROFONDE CIGÉO

Projet de stockage profond décrit dans le présent dossier.

ANDRA
La maîtrise des déchets radioactifs

AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

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

N° Vert 0 805 107 907
PRIX APPEL LOCAL

www.andra.fr