

DÉBAT PUBLIC PLAN NATIONAL DE GESTION DES MATIÈRES ET DES DÉCHETS RADIOACTIFS

DU 17 AVRIL AU 25 SEPTEMBRE 2019



COMPTE-RENDU GROUPE MIROIR PNGMDR DEUXIÈME RENCONTRE - 29 AU 31 MARS 2019

Les intervenants suivants ont relu et corrigé la retranscription de leurs propos : Aurélien Louis et Anne-Cécile Rigail, Pierre-Marie Abadie, Rémi Barbier, Olivier Giraud. Bern Grambow a fourni le texte de son intervention mais n'a pas relu les réponses aux questions. Les propos des autres intervenants sont retranscrits sous notre responsabilité.

I - JOURNÉE DU SAMEDI

► Matinée

Présentation de l'inventaire des déchets

Aurélien LOUIS, Direction générale énergie-climat (DGEC), Min. de la transition écologique et solidaire
Anne-Cécile RIGAIL, Autorité de sûreté nucléaire (ASN)

Aurélien LOUIS souligne l'importance du débat public qui va se tenir, stratégique pour le Ministère de la Transition écologique et solidaire, le premier du genre, portant sur le plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs. Depuis les premières éditions du PNGMDR, le gouvernement prépare ce document en associant étroitement l'ASN (Autorité de sûreté nucléaire), autorité indépendante. Il a rappelé les missions du Ministère en matière de gestion des déchets radioactifs, dont la sécurisation du financement des charges de long terme pour les opérateurs du nucléaire.

Anne-Cécile RIGAIL, présente les missions de l'ASN : assurer au nom de l'État le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection pour protéger les personnes et l'environnement contre les risques liés aux rayonnements ionisants, rédiger des réglementations techniques, donner l'autorisation de fonctionnement à des installations nucléaires, réaliser des inspections dans les centrales, contribuer à la gestion de situations d'urgence, informer le public. Le rôle de l'ASN dans le PNGMDR est de s'assurer de la sûreté des filières de gestion des déchets.

Petit lexique

Bq	Becquerel, unité de rayonnement radioactif
CSM	centre de stockage de la Manche
IRSN	Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire
MOX	combustible nucléaire à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium
mSv	millisievert, unité de mesure de l'impact du rayonnement radioactif
REP	réacteurs à eau pressurisée
UNGG	réacteurs à l'uranium naturel graphite gaz
URT	uranium de retraitement

Catégories de déchets radioactifs (source Andra)

- Vie très courte (VTC)
- Très faible activité (TFA)
- Faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC)
- Faible activité à vie longue (FA-VL)
- Moyenne activité à vie longue (MA-VL)
- Haute activité (HA)

Présentation de l'inventaire des déchets, (exercice fait tous les 3 ans par l'Andra) :

- D'où proviennent les déchets radioactifs ? De différents domaines : électronucléaire, défense, médical, recherche, industrie non électronucléaire
- Typologie des déchets : des déchets de faible activité (TFA) jusqu'aux déchets haute activité vie longue (HA VL)
- Filières de gestion pour les déchets les moins actifs (TFA et FMA-VC) : 3 centres en France (centre de la Manche, CIREN et CSA dans l'Aube),
- Des filières à mettre en place pour les déchets les plus actifs, notamment CIGEO pour les déchets HA/MA-VL
- Volume des déchets : augmentation des déchets TFA lors du démantèlement des centrales nucléaires et gestion envisagée à long terme des déchets MOX (combustible retraité) par des réacteurs à neutrons rapides

Contexte :

- Début des activités nucléaires dans les années 50/60
- Gestion de la situation héritée (enjeux sanitaires)
 - Immersion en mer des déchets (interdiction depuis la Convention de Londres entrée en vigueur en 1975 ; la convention OSPAR, entrée en vigueur en 1998, définit les modalités de la coopération internationale pour la protection du milieu marin)

Précisions apportées par l'ASN, après la réunion, sur l'immersion des déchets :

La France a procédé à des immersions de déchets radioactifs dans l'Atlantique, en participant aux campagnes organisées par l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN, instance internationale qui appartient à l'OCDE) en 1967 et 1969. Lors de ces deux opérations, la France a ainsi immergé **14 200 tonnes** de déchets radioactifs conditionnés, d'activité totale d'environ **350 TBq**, provenant tous du site de Marcoule. Dès la mise en service du centre de stockage de la Manche en 1969, la France a renoncé à l'immersion pour la gestion de la plus grande partie des déchets radioactifs.

Ce mode de gestion a toutefois continué à être utilisé par la France, jusqu'en 1982, pour les déchets induits par les activités liées aux essais nucléaires en Polynésie française : **3 200 tonnes** de déchets radioactifs, d'une activité totale inférieure à **0,1 TBq**, ont ainsi été immergées dans les eaux territoriales françaises en Polynésie.

L'activité radioactive totale des déchets immergés dans le monde entre 1946 (1^{re} immersion par les USA) et 1993 (modification de la convention de Londres de 1972, interdisant l'immersion de déchets radioactifs) était de **85 000 TBq** à la date de leur immersion.

- Stockage historique (sur sites industriels), stockage de déchets conventionnels (« décharges ») : le PNGMDR recense ces stockages et en garde la mémoire.
- Exploitation des mines d'uranium en France (historique à gérer)

Reprendre et reconditionner les déchets (coût important)

- Caractérisation des déchets
- Faire de la recherche et développement pour récupérer et traiter ces déchets
- Évaluer les risques lors de la reprise de déchets
- Reconditionnement éventuellement compatible avec stockage Cigéo

Qu'a-t-on appris de la 1^{re} génération de gestion des déchets radioactifs ?

- Augmentation des normes de sécurité
- Augmentation des exigences de surveillance de l'environnement, notamment autour des sites
- Travailler sur la mémoire et la traçabilité des stockages

En résumé, héritage géré :

- Par l'inventaire et la connaissance de la localisation précise de ces déchets
- Par des démarches de surveillance de l'environnement autour des sites de stockage
- Par la gestion des sites pollués
- Par la RCD (reprise et reconditionnement des déchets)
- Par le réaménagement des sites d'uranium
- Par le recensement des stockages historiques
- Par la préservation de la mémoire des sites contenant des déchets radioactifs

Réflexion actuelle : Comment gérer les déchets produits actuellement pour minimiser la charge transmise aux générations futures ? Depuis 2006, inscription dans le code de l'environnement de trois grands principes de gestion des déchets :

- Toute gestion des déchets doit s'inscrire dans le respect de la protection de la santé des personnes, de la sécurité de l'environnement (comment assurer la sécurité du conditionnement et du stockage des déchets)
- Responsabilité des générations actuelles pour prévenir et limiter les charges transmises aux générations futures (trouver les concepts et les moyens de gérer les déchets)
- Responsabilité des producteurs de déchets (disposer des capacités techniques et financières pour gérer ces déchets). En cas de défaillance, l'État est responsable en ultime ressort de cette gestion des déchets.

Ces trois grands principes se traduisent par l'établissement d'une classification de ces déchets (activité radioactive et durée de vie de ces déchets) permettant d'adapter la gestion de ces déchets aux différents enjeux : déchets TFA et déchets TFMA (filiales de gestion de déchets), déchets FA VL (recherche d'un concept de stockage de ces déchets), déchets HA VL (Cigéo).

La distinction doit être faite entre entreposage (emplacement temporaire) et stockage (emplacement définitif).

La sûreté du stockage repose sur la qualité du colis, l'ouvrage de stockage, la barrière géologique, le maintien de la surveillance. Il a été décidé de choisir le projet de stockage en couche géologique profonde, à 500 m sous terre, dans de l'argile qui a des propriétés de rétention des éléments radioactifs.

Que veut-on léguer aux générations futures ?

- ne pas reproduire les erreurs de gestion du passé (prudence dans la gestion des déchets, protection de l'environnement)
- utiliser les compétences des générations actuelles dans le domaine du nucléaire pour trouver des solutions (travailler maintenant à construire ces filières de gestion des déchets)
- laisser une liberté de choix de gestion aux générations futures (réversibilité)
- anticiper le futur pour assurer la sûreté sur le très long terme (savoir gérer les incertitudes sur le futur et se poser des questions éthiques)
- transmettre le savoir, les connaissances, la technique de localisation de ces déchets

Questions/réponses

- *Sur quelle durée est basé le stock prévisionnel des déchets ?*

L'hypothèse part d'une durée de vie des réacteurs de 50 ans, et de 60 ans pour Flamanville. Cigéo doit avoir la capacité pour stocker tous les déchets HA/MA-VL

- *Les réserves financières sont étalées sur combien de temps ?*

Les charges sont calculées sur plus de 150 ans, sur toute la durée de vie du process (stockage et surveillance après stockage des déchets).

- *Va-t-on tout abandonner dans 150 ans ?*

La surveillance sera prescrite avec un enjeu de quelques centaines d'années après Cigéo, la charge étant évaluée au minimum pendant 400 ans.

- *Comment être sûr que la manière de gérer et stocker les déchets soit pertinente sur le long terme ?*

Il revient à notre génération, en l'état actuel de nos connaissances, de prendre le maximum de précautions pour gérer le traitement de ces déchets, et c'est l'une des missions de l'ASN d'y veiller. L'enjeu de réversibilité (choix de gestion pour les générations futures) est un atout important.

- *Connait-on tout sur l'héritage de ces déchets nucléaires ?*

L'inventaire fait un recensement à date, même si l'on n'a pas une connaissance exhaustive du contenu de ces déchets sur les différents sites.

- *Quid au niveau international ?*

Il est très difficile d'avoir une vision complète internationale. De nombreux pays, y compris européens, en sont à essayer de faire un inventaire, même si tous conviennent qu'il faut faire des efforts pour la gestion des déchets radioactifs, d'où la signature de la convention sur la gestion des combustibles usés et des déchets radioactifs. Tous les trois ans une présentation des progrès faits en la matière est réalisée par chaque pays.

En termes de convergences internationales, la directive Euratom de 2011 fixe un cadre communautaire pour la gestion responsable et sûre du combustible usé et des déchets radioactifs, inspirée de la réglementation française. Aujourd'hui, tous les pays européens doivent produire un plan de gestion, à l'image du PNGMDR, et un inventaire.

(projection d'un petit film du CEA : IZOS)

- *Combien de temps prendrait le retraitement de ces fûts ?*

Cette installation de défense traite moins de 10 fûts par jour sur les 60 000 à retraiter. Il est prévu que cette opération de transfert soit terminée dans les années 2040. Reprendre et conditionner des déchets nécessite beaucoup d'énergie, de temps et d'argent.

- *Est-il prévu de reprendre les fûts immergés ?*

Non. Le volume a été recensé en P.79 de la version 2018 de l'inventaire des déchets radioactifs.

Que nous-a-t-on légué et que léguerons-nous à nos enfants ?

Ce que l'on nous a légué :

- Des problèmes qu'il faut gérer aujourd'hui
- Un parc produisant la majeure partie de notre électricité

Ce qu'on léguera à nos enfants :

- Une méthode et des principes de travail, à défaut de solutions permettant de parachever ce que l'on a essayé d'engager : la gestion intégrale de tous les déchets
- Traçabilité, prudence et ambition de traiter le problème tout de suite

Les déchets radioactifs en fonction des scénarios de politique du nucléaire

Olivier GIRAUD, EDF - Yannick ROUSSELET, Greenpeace

Olivier GIRAUD (EDF) met en exergue le sujet des déchets radioactifs en relation avec la politique énergétique et le legs. Il resitue le parc nucléaire français :

- 58 réacteurs sur 19 sites produisant 380 TWh en 2017 (88% de la production d'EDF en France)
- Production d'électricité décarbonée : par Kw/h nucléaire : 12 g, éolien : 11 g, hydraulique : 24 g, gaz : 500 g, charbon : 800 g. La moyenne européenne : 300 g de CO₂ par Kw/h et moyenne française (France hexagone) 16 g.
- Production de déchets issus du combustible usé (HA VL), déchets issus de l'exploitation, déchets issus de la déconstruction future

EDF, en tant qu'exploitant des centrales nucléaires est responsable de la gestion de ses déchets. La loi lui impose de faire une évaluation et de passer une provision de tous les coûts futurs liés à ces déchets et à la déconstruction, et également d'acquérir des actifs dédiés pour financer la déconstruction et la gestion des déchets.

Les diapositives présentées sont basées sur une exploitation de 50 ans du parc REP (réacteurs à eau pressurisée pour produire l'électricité), la quantité de déchets TFA ou FMA est beaucoup plus importante que les déchets MA VL ou HA VL (2% par rapport au total des déchets). Le choix de gestion du combustible joue principalement sur les quantités de déchets de MA ou HA VL.

Filières de gestion : déchets HA issus du combustible usé (Cigéo), déchets MA VL issus du combustible et de l'exploitation (Cigéo, mais en attendant entreposage à La Hague et ICEDA (Installation de conditionnement et d'entreposage de déchets), déchets FA VL (déchets des réacteurs ancienne génération) stockage à faible profondeur, déchets FA VC et TFA (90% du volume des déchets) installations d'optimisation en amont (incinération, fusion) pour réduire les volumes puis les centres de stockage de l'Andra. Ces centres de stockage pour les déchets VC sont opérationnels et sont des solutions pérennes. Pour les déchets VL, des solutions d'entreposage existent (La Hague, ICEDA), des solutions de stockage doivent être développées (notamment Cigéo).

Bilan d'un parc REP pendant 50 ans :

- Production de l'électricité (20 000 TWh)
- Eviter 10 milliards de tonnes de CO2 par rapport à une production faite avec du gaz
- Production des déchets

Que lègue-t-on ?

- Des tonnes de CO2 évitées
- Des déchets radioactifs
- Des solutions aux déchets produits :
 - Centres de stockages sûrs et pérennes pour prendre en charge ces déchets sur la durée
 - Actifs dédiés (financements pour les gérer)

Dans l'inventaire national, les matières ne sont pas considérées comme déchets (uranium appauvri) et peuvent être valorisées (réacteurs à neutrons rapides). EDF sait valoriser l'uranium de retraitement issu du cycle de gestion du combustible. Pour valoriser les MOX et URE usés, il faut bâtir des réacteurs à neutrons rapides. EDF a provisionné et mis des actifs dédiés pour éventuellement les gérer, Cigéo doit être adaptable au stockage direct du combustible usé.

Yannick ROUSSELET (GREENPEACE), livre son ressenti sur les installations près desquelles il a toujours vécu. L'implantation de l'usine de La Hague, qui a été imposée, a dénaturé le site et pollué l'environnement. On retrouve des rejets dus à ces opérations de retraitement jusqu'aux côtes du Canada. La reprise des déchets de La Hague représenterait des investissements considérables.

Le CMS (Centre de stockage de la Manche) est totalement poreux. Il rejette en permanence des éléments radioactifs (tritium dans la nappe phréatique). Des prélèvements faits, reconnus par l'IRSN (Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire), ex OPRI (Office de protection contre les rayonnements ionisants), de crabes dans la mer étaient considérés à classer « déchets radioactifs ». Il faut aussi tenir compte de cette contamination, qui n'a pas été choisie par les riverains.

Les chiffres présentés par EDF sont justes mais leur interprétation peut prêter à caution. Par exemple utiliser le terme électricité décarbonée laisse penser qu'il n'y a pas de carbone, alors qu'il y a une production de carbone, notamment lors de l'extraction de l'uranium des mines. L'usine de La Hague utilise du fioul lourd pour son process, c'est le premier producteur de CO2 en Normandie. Tous les jours, 5 camions partent de l'usine de La Hague avec des déchets de FA ou TFA pour aller au centre de stockage dans l'Aube. L'uranium de retraitement part en train jusqu'à Pierrelatte et l'acide nitrique retraitée revient par camions à l'Usine de La Hague. Ces trafics routiers sont aussi producteurs de CO2.

Il faut préciser que sur les 9 réacteurs en cours de démantèlement, il y a des réacteurs UNGG (Uranium naturel graphite gaz) qui seront traités au siècle prochain - même si l'ASN demande que ce calendrier soit revu.

Qu'est-il fait pour les déchets MA VL bituminés ? Un programme de recherche est mené par le CEA et Orano, mais aucune solution n'est proposée pour le moment.

Sur les déchets du cycle, un groupe de travail du Haut comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire a fait des recommandations sur cette filière du nucléaire. En réalité, il n'y a que le plutonium extrait des combustibles irradiés à l'usine La Hague qui est réellement utilisé dans le MOX. 30 000 T d'URT sont stockées à Pierrelatte et non utilisées. Où sont les installations de retraitement EDF ?

Concernant le multirecyclage, sur le projet Astrid (prototype de surrégénérateur au sodium, comme à Phénix et Superphénix) le budget a été coupé, ce qui laisse penser que politiquement il a été décidé de ne pas s'orienter vers la 4^{ème} génération. Si EDF a décidé de faire une piscine centralisée, c'est bien le signe que l'URT sera classé en « déchets ». Des discussions sont en cours sur le fait de changer dès maintenant le statut de ces matières, en les classant en déchets et si un jour une solution est trouvée et qu'une filière est en mise place, elles seraient replacées dans les matières à recycler.

Dans le passé, on a envoyé en Russie beaucoup d'URT pour être reconverti et réenrichi. En faisant ce retraitement, les Russes devenaient propriétaires de la matière et plus de 80% est restée en Sibérie. En France, on n'a pas cette usine de conversion.

Réponses d'EDF :

- Concernant l'émission de carbone, les 12 g de CO₂ par Kw/h intègrent tous les paramètres. Ces chiffres ont été donnés par le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat)
- En matière de rejets de La Hague, Orano serait le mieux à même de répondre. La radioactivité en France par an est de 4,5 mSv (millisieverts) en moyenne (2,9 mSv de radioactivité naturelle, 1,6 mSv de radioactivité médicale, 0,02 mSv de radioactivité nucléaire). Ce sont des chiffres de l'IRSN. La réglementation impose que l'exposition générée par une installation soit inférieure à 1 mSv.
- Les colis bitumés sont des déchets MA VL destinés à Cigéo, un travail de caractérisation de ces bitumes et de démonstration qu'ils ne présentent pas de risque (inflammation) avait été fait mais jugé insuffisant par l'ASN. Un système de reconditionnement plus stable est étudié
- Quelle proportion du cycle est valorisée ? Dans le cycle du combustible, on traite le combustible usé. On retire du combustible usé 1% de plutonium qu'on remet dans des combustibles (URE) permettant d'économiser 10% d'uranium neuf (UNE), 95% se retrouvant en URT sont valorisables (une filière de valorisation va être relancée avec Orano et en Russie permettant d'économiser 25% d'UNE (10% lié au plutonium + 15% supplémentaire lié à l'URE)).
- Les 30 000 t d'URT ne sont pas valorisées à date, mais l'objectif d'EDF est de les valoriser, les technologies existent pour ce faire
- Les réacteurs à neutrons rapides (Phénix et Superphénix Creys-Malville) sont une technologie éprouvée. Faut-il la déployer ou non ? Cette technologie est plus chère que celle des autres réacteurs. Un travail sur le concept est en cours pour en diminuer le coût, cette technologie pourrait être utilisée en fin de siècle
- La déconstruction du REP à Chooz se fait sur 15 ans, sur Creys-Malville et Brennilis : horizon 2030-2040, pour des réacteurs à graphite-gaz les durées sont plus longues car la technologie de déconstruction est plus compliquée (déconstruire autour du cœur d'abord, le caisson cœur sera déconstruit dans un deuxième temps avec un démonstrateur, une tête de série puis les autres caissons dans une approche graduée)

Selon M. Rousselet, les chiffres présentés en mSv sont sujets à controverses, les autorisations d'exposition sont disparates selon les pays, ce qui renvoie à la question de l'acceptabilité sociale : qui décide pour nous ?

Réponse d'EDF :

Le mSv est l'unité de référence qui exprime l'impact potentiel d'un rayonnement. Elle permet de comparer clairement le niveau potentiel d'impact de la radioactivité naturelle de celui de la radioactivité liée au nucléaire : 1 mSv de radioactivité naturelle = 1 mSv de radioactivité liée à l'industrie nucléaire ou au médical

Le CSM comporte des déchets de vie courte. Ce centre devait être banalisé au bout de 300 ans et être rendu à la vie publique. Or, la Commission Castaing (au sein du Conseil supérieur de sûreté nucléaire) a prorogé à 800 ans, compte tenu des radios éléments. Une nouvelle Commission a déterminé que ce centre ne sera jamais banalisable.

Une invitation est faite pour s'approprier le rapport pluraliste (exploitants, associations) du Haut comité sur la transparence à la sûreté nucléaire, il est mentionné que moins de 1% est réutilisé. L'ensemble de l'URT est envoyé à Pierrelatte pour être stabilisé en entreposage, mais il n'est pas réutilisé. Orano n'a pas en France d'installation pour faire cette conversion, la solution consiste à les envoyer en Russie (Tomsk) et se débarrasser de plus de 80% de nos déchets, alors que l'enrichissement pourrait être à Georges Besse 2 d'Orano. En 2011, la délégation pluraliste du Haut Comité a conclu à une catastrophe sociale et environnementale des installations de Tomsk.

Si Cigéo se fait dans le meilleur des délais prévus, les déchets de très haute activité ne pourront pas descendre avant 2075-2080. Donc, on aura encore des déchets dans des puits ventilés à La Hague le siècle prochain. Qui s'occupera de ces déchets ?

Questions/réponses

- *Quelle est la différence entre la génération 4 et la génération 3 ?*

(Greenpeace) Le fait d'utiliser beaucoup plus de plutonium. Le type de réacteur fait qu'on produira plus de plutonium qu'on en consommera, c'est la surrégénération. Avec la même matière, on peut faire perdurer de l'énergie dans le temps.

(EDF). Actuellement, 0,7% de l'uranium naturel est valorisable dans la fission nucléaire (réacteurs actuels). Avec des neutrons rapides, la valorisation peut atteindre 100%, ce qui augmente la réserve d'uranium. La place du nucléaire dans le futur devra répondre aux enjeux climatiques. Aujourd'hui le nucléaire est la seule énergie à la demande, décarbonée ou très faiblement carbonée, qu'on est capable de proposer.

- *La pollution engendrée par le Centre de stockage de la Manche peut-elle être corrigée ?*

(EDF) Sur les centres de stockage, des niveaux de rejets sont calculés (en phase de conception), puis mesurés (en phase exploitation et stockage). Ces rejets sont encadrés par la réglementation et font l'objet d'une demande d'autorisation. Les calculs pour Cigéo montrent que l'on se trouvera très largement en dessous de la radioactivité naturelle. Quelle que soit l'installation, il y a toujours une petite dose de rejets. La radioactivité, à très faible niveau, fait partie de notre environnement normal et naturel. Elle est variable d'un lieu à l'autre (altitude, rayons cosmiques).

(Greenpeace) Une recommandation de l'OMS (Organisation mondiale de la santé) dit « toute dose de radioactivité supplémentaire est à éviter ». Il y a une différence entre la théorie et la pratique, le CSM seule expérience d'un centre fermé (1,6 millions de fûts) devait être rendu banalisable en 300 ans, mais il n'était pas prévu qu'il fuie. D'autres exemples peuvent être cités : Stocamine en Alsace, ASSE en Allemagne, WIPP aux Etats-Unis.

- *Le démantèlement de la centrale de Chinon n'est pas terminé, une partie a été transformée en musée ?*

(EDF) Les 3 réacteurs de Chinon à déconstruire sont des UNGG. Un démonstrateur industriel va être construit, le premier caisson sera déconstruit à Chinon. « La Boule » est en effet actuellement un musée. Les combustibles HA doivent en effet être entreposés un certain temps pour être refroidis avant d'être stockés à Cigéo (2075-2080). Quant au financement, les charges de construction, d'exploitation et de surveillance de ces entreposages sont provisionnées dans les actifs dédiés. L'acquisition d'actifs dédiés est soumise à des règles, ils permettent de payer la déconstruction et la gestion des déchets.

(Greenpeace) Le rapport de la Cour des Comptes sur ces évaluations doit sortir début juillet, il serait important qu'il soit annexé au débat public. Une réunion publique en septembre sera consacrée à l'économie des déchets.

(EDF) La DGEC a la responsabilité d'auditer les provisions passées par les producteurs des déchets. Elle a récemment audité la provision pour déconstruction du parc REP sans trouver d'écart significatif.

- *Qu'en est-il du projet de réacteur à fusion nucléaire situé à Cadarache (ITER) ?*

(EDF) La technologie des réacteurs de génération 3 est maîtrisée, par contre ITER est à l'état de recherche.

(Greenpeace) Ce projet est un gouffre financier, à quel moment pourra-t-il être développé d'une manière industrielle, avant d'avoir maîtrisé l'énergie solaire et son stockage ?

- *Que faire des déchets ?*

(Greenpeace) En tant qu'association défavorable à ce type d'énergie, on aimerait sortir du nucléaire le plus rapidement possible. Il faut traiter l'héritage en continuant de développer et d'améliorer les procédés pour les déchets FA, le Centre de Stockage de l'Aube est plus performant que le CSM de La Hague. En ce qui concerne les déchets de TA, la position de Greenpeace est d'arrêter immédiatement le retraitement, ce qui n'a pas d'incidence sur notre politique énergétique. Le retraitement est polluant et le volume de déchets augmente par rapport au fait de laisser le combustible en l'état. Le MOX coûte plus cher que le combustible classique. Le choix du retraitement industriel n'a été fait que par la France.

Greenpeace est favorable à la moins pire des solutions : l'entreposage de ces combustibles en subsurface (NUHOMS Orano) sur les sites de production, seul moyen de continuer à surveiller ces déchets, mais opposé pour l'instant à l'enfouissement considérant que les garanties présentées ne sont pas acquises pendant la période d'exploitation : dégagement d'hydrogène, risque incendie (il reste de nombreux problèmes techniques à discuter sur Cigéo), la confiance dans la géologie présentée (argile) n'est pas démontrée (pénétration d'eau). Il faut prendre le temps de faire quelque chose de réversible, d'autant que les déchets HA ne descendront pas avant 2075.

(EDF) EDF est convaincu, compte tenu des enjeux climatiques, que le nucléaire a sa place durablement et s'inscrit dans une logique de poursuite de cycle durable avec de la valorisation. Le sens donné au statut de matières et à sa valorisation est conservé.

Un centre ouvert reste sur une logique d'entreposage, il bascule sur du stockage à sa fermeture. Quant à la géologie, l'argile se fissure un peu autour de l'endroit creusé, mais cela reste limité et c'est pris en compte dans les calculs d'impact, et les rejets sont tout à fait minimales. L'argile de Cigéo est en compression et en cas de fissure, l'argile se recolmate. Les parois d'alvéoles sont robustes, compte tenu de l'exigence de réversibilité, elles ne doivent pas se déformer. L'argile est une bonne

matière pour le stockage et génère des exigences spécifiques pendant la phase d'exploitation (robustesse des alvéoles pour garantir la réversibilité), contrairement à du granit. EDF estime que Cigéo est une solution passive satisfaisante et pérenne, contrairement à une situation d'entreposage qui nécessiterait un renouvellement régulier des entreposages (avec l'exploitation, la gestion et les manutentions qui vont avec).

- *Avez-vous tenu compte de l'activité sismique ?*

(EDF) La zone de Cigéo est peu sismique. Des études ont été faites sur les failles, les tremblements de terre. Par ailleurs, un organe souterrain est peu sensible aux séismes. Une installation comme Cigéo est peu vulnérable aux séismes. L'ASN a demandé à l'ANDRA de dimensionner les organes de Cigéo jouant un rôle dans la sûreté long terme pour résister au séisme maximum possible. EDF est convaincu que Cigéo est une solution pertinente.

- *Que pense EDF d'arrêter le MOX ?*

(EDF) EDF reste dans la logique de valorisation, donc de poursuite du MOX. Un gain de volume de d'entreposage du combustible usé est réalisé et le volume de déchets générés est inférieur. Le système avec du MOX est globalement plus avantageux

- *Quelles sont les répercussions sur la santé ?*

(Greenpeace) De multiples études ont été faites sur le site de Dounreay (Ecosse) et La Hague. La santé est un sujet de controverse permanent. Le débat est entre les mains des épidémiologistes. Le sujet n'est pas clos, il reste des polémiques - notamment celles suscitées par le Pr VIEL « la santé publique atomisée ».

M. ROUSSELET ne dira pas que l'usine de La Hague a provoqué tels cas de cancers, mais il condamne tous les élus qui disent que l'usine est innocente. Le site est contaminé, les radioéléments artificiels n'ont rien à faire dans l'environnement.

(EDF) Les limites réglementaires sont calculées pour qu'il n'y ait pas d'impact sur la santé. Ayant habité près de centrales nucléaires, M. GIRAUD répond qu'il ne s'est jamais inquiété, sachant comment elles fonctionnaient.

Que nous-a-t-on légué et que léguerons-nous à nos enfants ?

Ce que l'on nous a légué :

(EDF)

- Économie avec le nucléaire par rapport au solaire ou d'autres moyens de production
- Des milliards de tonnes de CO2 évités
- Des déchets radioactifs à gérer
- Des solutions de gestion à compléter et des financements pour les mettre en œuvre

Ce qu'on lèguera à nos enfants :

(EDF)

- Des milliards de tonnes de CO2 évités
- Des déchets radioactifs à gérer
- Des solutions de gestion et des financements pour les mettre en œuvre

(GREENPEACE)

- Héritage environnemental et économique empoisonné

M. GIRAUD propose au Groupe miroir de visiter une installation EDF (ICEDA)

► Après-midi

Les enjeux autour du legs

Rémi BARBIER, Comité d'éthique de l'ANDRA

Rémi BARBIER partage quelques réflexions issues du comité éthique et société de l'Andra, composé d'une quinzaine de personnes, toutes bénévoles (universitaires, personnalités qualifiées, représentants institutionnels et représentants du personnel) qui s'efforcent de réfléchir et d'apporter une contribution à la difficile question de la gestion des déchets radioactifs. Suite au débat public de 2013 où les questions éthiques, démocratiques, sociétales s'étaient particulièrement imposées, il a été décidé de compléter cette comitologie auprès de l'opérateur de la gestion des déchets. Le Comité éthique et société a vocation à éclairer, faire progresser mais aussi évaluer la prise en compte par l'ANDRA des enjeux éthiques de la gestion des déchets nucléaires, l'implication des parties prenantes dans la gouvernance de la gestion des déchets et il a aussi une mission de conseil et d'orientation sur la recherche en sciences humaines et sociales menée au sein de l'ANDRA.

R. Barbier indique que le Comité fait ou fera certainement l'objet d'une suspicion en « acceptologie », dans un contexte où les initiatives relevant d'une volonté de démocratiser les décisions aux grands choix scientifiques et techniques font l'objet d'une vive critique de tout un mouvement social, d'universitaires, qui considèrent que ces procédures participatives ne pèsent pas réellement sur les choix. Le défi est de démontrer que le Comité sert à apporter une réelle contribution.

Comment aborder le legs ?

- Le legs matériel (matières, déchets) nous lie à de multiples générations futures et engage notre responsabilité
- Le legs institutionnel se traduira par notre capacité à mettre en place et faire fonctionner une gouvernance démocratique et éthique de la gestion des déchets radioactifs. On peut signaler à cet égard la pluralité des contributions sur les enjeux éthiques des déchets nucléaires. L'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques) s'est penchée sur ces questions de responsabilité relative à la gestion des déchets nucléaires vis-à-vis des générations futures dans les années 90, de même qu'un groupe de citoyens du département de l'Aube, engagé autour de l'évêque de Troyes.
- legs territorial : des territoires vont être marqués par l'empreinte des déchets radioactifs (lieux d'entreposage et d'enfouissement, les territoires traversés par les réseaux de transport des déchets). Cet accueil des installations sur les territoires prend un sens différent en fonction de la politique nucléaire à venir. Il existe une exigence de solidarité, qui se traduit par des mécanismes de compensation mais qui sont parfois perçus comme des « achats de conscience ».

Cette question de la responsabilité fait consensus, mais comment traduire concrètement cette responsabilité ?

- Par une dimension d'équité entre les générations se traduisant par un principe de ne pas transférer de charges financières indues aux générations futures. Le principe de pollueur/payeur doit être appliqué pour la gestion de ces déchets. L'évaluation du coût de Cigéo par exemple est de 25 Md€.

Au-delà du débat sur la pertinence de cette évaluation, l'histoire des (très) grands projets techniques montre qu'ils sont soumis à des dérives temporelles et financières : Qui en supportera la charge ?

Ce sont des points de vigilance à avoir sur cette question de l'équité intergénérationnelle.

- Par une dimension de considération ou de respect des générations futures, visant à préserver leur capacité à mener une vie digne, librement choisie et accomplie dans un monde préservé. Elle s'exprime sous la forme d'un équilibre difficile à faire entre deux exigences précises :
 - sûreté : ne pas transférer des risques excessifs ou des territoires dévastés, d'où un choix des options techniques à adopter pour la gestion des déchets (entreposage à longue durée, transmutation, enfouissement en couche géologique profonde), à articuler avec la prise en compte de la stabilité des institutions nécessaires aux différentes options techniques choisies (surveillance, compétences, moyens nécessaires, pérennité institutionnelle)
 - autonomie : maintenir la capacité des générations futures à décider elles-mêmes ce qui est juste et légitime sans être contraintes de manière excessive par les choix des générations antérieures. A cet égard, on peut introduire la différence entre les générations futures proches et lointaines : pour celles-ci, le legs de l'enfouissement ne serait pas forcément une contrainte si la mémoire s'est perdue.

L'enfouissement réversible est une forme de compromis entre la sûreté assurée à très long terme par l'enfouissement et l'autonomie maintenue pendant un certain temps par cette idée de réversibilité. Une autre forme de compromis entre sûreté et autonomie pourrait être l'instauration d'un délai pour choisir un type de solution et donc prolonger les recherches.

Cette gestion des déchets nucléaires est un legs qui engage aussi la question démocratique. La participation citoyenne aux décisions susceptibles d'affecter l'environnement est prévue par la loi. La volonté de l'ANDRA est de coconstruire la gouvernance de Cigéo, ce qui implique de réfléchir à la manière d'associer les citoyens à différents niveaux (territorial, national) à ce programme. Ce chantier est en cours de réflexion.

Les points de vigilance soulevés par le Comité ont été traduits sous forme de deux avis publiés sur le site de l'Andra. Il faut jouer le jeu de la coconstruction de cette gouvernance et ne pas se limiter à la consultation : quel type d'instances faut-il alors mettre en place et selon quelle composition ? Quelles missions et quels moyens attribuer à ces différentes instances de concertation ?

Un élément central porte sur le fait de donner aux gens la capacité à peser réellement dans la décision, et pour illustrer ce point une citation importante du philosophe américain John Dewey qui s'est intéressé à la manière de faire participer un public large à des décisions compliquées : *« Il n'est pas nécessaire que la masse dispose de la connaissance et de l'habileté nécessaires pour mener les investigations requises, ce qui est requis est qu'elle ait l'aptitude de juger la portée de la connaissance fournie par d'autres sur les préoccupations communes »*. C'est notamment à la manière de rendre effective cette « aptitude à juger » la portée des connaissances techniques qu'il faut s'atteler.

Une question porte aussi sur la mémoire et l'oubli. L'ANDRA s'engage pendant quelques siècles à maintenir une surveillance et une mémoire du stockage. Faut-il associer les populations à proximité de ces sites à l'entretien et à la transmission de cette mémoire ?

Questions/réponses

- *Comment basculer dans l'oubli, s'agit-il d'un mal nécessaire ?*

Ce sera une action progressive, le passage à l'oubli ne pourra intervenir en tout état de cause qu'à l'issue des 500 ans prévus pour la période de surveillance. L'oubli est lié au choix de l'enfouissement en couche géologique profonde, en faisant le choix de la sûreté passive, il n'est plus nécessaire d'en assurer la surveillance ou un maintien.

- *La mémoire va suivre les générations, même dans 500 ans et de plus compte tenu de l'évolution technologique en matière d'archives. On ne peut pas oublier sous couvert que ce soit un processus naturel. L'avenir de notre planète serait mis en danger à cause des décisions prises maintenant*

Il faut plutôt voir l'enfouissement comme la solution la plus robuste à l'oubli ou à la perte de capacité des sociétés humaines à géolocaliser un certain nombre de choses et à maîtriser un certain nombre de processus.

- *On doit se doter d'outils permettant de transmettre la technicité utilisée pour gérer ces déchets, ce qui ne va pas forcément de pair avec l'enfouissement, et si l'on a besoin un jour d'avoir accès à ces déchets, pour les retraiter par exemple ? Les restrictions budgétaires ne favoriseraient-elles pas l'oubli ?*

Il n'est pas sûr que le choix de l'enfouissement soit la solution guidée par la volonté de faire des économies. Il est sans doute moins coûteux pour les générations actuelles de continuer la recherche de solutions. La réversibilité peut prendre plusieurs formes : récupérer des colis pour les reconditionner, modifier le rythme et la technologie de l'enfouissement, trouver une meilleure solution, faire un autre pari sur l'avenir en gardant l'entreposage de longue durée et un peu de transmutation. Pour le Comité, la réalité de la réversibilité passe par la continuité de la recherche sur l'entreposage et la transmutation, et laisser le choix aux générations futures d'opter pour un plan B.

- *Que signifie transmutation ?*

La transmutation consiste à faire subir aux déchets un processus physico-chimique diminuant leur radiotoxicité. Ils seront dangereux moins longtemps, ce qui réduit considérablement aussi les nécessités d'enfouissement. Cette transmutation suppose que l'on dispose de centrales nucléaires de 4^{ème} génération et donc que l'on poursuive cette politique nucléaire.

- *Quid des compensations financières ?*

Pour l'accueil du laboratoire de Bure, une trentaine de millions d'euros sont reversés chaque année par les producteurs de déchets nucléaires aux deux conseils départementaux concernés. Il y aura sans doute d'autres compensations lorsque Cigéo sera implanté.

Que nous-a-t-on légué et que léguerons-nous à nos enfants ?

- Nous héritons d'une responsabilité inédite
- Nous pouvons léguer un ensemble de ressources techniques et institutionnelles à la hauteur de cette responsabilité

Le stockage géologique profond à la lumière de la question du legs

Pierre-Marie ABADIE - Andra - Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs

Pierre Marie ABADIE précise que l'Andra est une agence publique sous tutelle du Ministère de la transition écologique et solidaire. Il centre son propos autour de l'enjeu de la gestion du temps, au

cœur du pilotage du projet Cigéo et de la politique des déchets mais également au cœur des enjeux éthiques.

Panorama des déchets et enjeu du temps par rapport à ces déchets. Il est important d'avoir à l'esprit les temps mobiliser derrière les différents types de déchets et ce que cela a comme implication en termes de conservation de la mémoire et de contrôle sociétal :

- Déchets TFA VC : gestion en surface avec une surveillance de l'ordre de la trentaine d'années, comme des déchets classiques, mais Andra ira au-delà de ce temps réglementaire. Déchets FMA VC : gestion en surface, l'ordre de grandeur de la surveillance est de 300 ans (mise en œuvre d'outils robustes pour la conservation de la mémoire : servitudes, dossiers de mémoire de synthèse / mémoire détaillée => horizon de temps du contrôle sociétal).
- Déchets HA et MA VL : 100 000 à 1 million d'années (à un tel horizon, le pari du contrôle par la société ne peut être certifié)
- Déchets FA VL : dangerosité faible mais vie longue =>50 000 ans. Recherches de solutions de gestion indépendantes du contrôle par la société (concept de stockage à faible profondeur à l'étude)

Aujourd'hui, plus de 90% du volume des déchets radioactifs est pris en charge dans les centres industriels de l'Andra et pour les déchets les plus dangereux, l'Agence travaille sur le projet Cigéo => déchets HA et MA-VL représentent 3,2% en volume mais concentrent 99,8% de la radioactivité.

Cigéo : Un projet du temps long : plus de 5 générations

Mobilisation sur Cigéo : depuis 25 ans : 3 lois, 2 débats nationaux et le 3^{ème} sur le PGNMDR, études et recherche : principe, faisabilité et déclinaisons techniques.

Il y a eu un rendez-vous important en 2005-2006 lors duquel il a fallu répondre à une question : pour s'occuper des déchets, faut-il faire le choix de la géologie (sûreté passive de l'argile) ou de la société (réversibilité) ? En 2006, le choix de la géologie a été retenu.

Depuis 2006, les études de conception sont réalisées et viendra le temps des procédures d'autorisation.

Le stockage ne sera fermé qu'après une exploitation de 150 ans.

A quoi ressemblerait ce stockage, s'il est autorisé ?

Une zone d'accueil en surface des déchets qui arrivent par train. Ils descendent par une descenderie pour arriver à moins 500 m dans cette couche d'argile avec deux quartiers différents, un pour les déchets MAVL (déchets divers) et l'autre pour les HA (déchets des combustibles).

Cette installation se déploie de manière progressive :

- A l'horizon des années 2030, on construit les installations de surface, la rampe et 4 alvéoles MAVL et un petit quartier pilote HA0 (HA suffisamment froids pour descendre) avec 19 alvéoles.
- A l'horizon des années 2050, le quartier MA sera à moitié rempli et rien n'aura été ajouté sur les HA.
- A l'horizon des années 2080, le quartier MA sera à peu près plein et on commencera à construire de manière industrielle les quartiers HA.
- Vers 2140-2150, on aura terminé l'ensemble de l'infrastructure.

Quelles décisions seront à prendre par notre génération ?

Notre génération et celle de nos parents et grands-parents sont celles qui ont bénéficié et bénéficient encore aujourd'hui de la production électronucléaire. Assurer la gestion des déchets radioactifs dès aujourd'hui, cela constitue un enjeu éthique / enjeu de responsabilité de mettre en œuvre une option de gestion qui laisse néanmoins des choix ouverts aux générations suivantes

- En 2006, choix du stockage profond a été décidé par la France
- En 2019, l'avenir de la filière nucléaire est plus incertain car dans le mix énergétique le nucléaire est désormais qu'une option parmi d'autres. Or les compétences, les ressources humaines, les ressources financières, la dynamique de projet, la dynamique de site, la dynamique de territoire sont disponibles aujourd'hui mais qu'en sera-t-il dans 50 ans ?
- Néanmoins, il faut s'occuper du secteur nucléaire existant et engager une option technique raisonnable pour gérer ces déchets HA.
- La décision à prendre est celle d'engager le projet => il ne s'agit pas de donner un chèque en blanc mais de continuer dans la voie dans laquelle nous travaillons depuis plus de 25 ans. Lancer le projet c'est aussi réfléchir collectivement aux outils de suivi et de contrôle qui devront être déployés : quel contenu de la phase industrielle pilote ? Comment pilotons-nous un projet sur 150 ans => enjeux de la gouvernance

Quelles décisions restent devant nous ?

- Points de rendez-vous, jalonnement sur l'engagement du projet et adaptations nécessaires

Que lègue-t-on aux générations futures ?

- Des déchets
- Une option technique
- Ne pas les priver de leur libre arbitre et les enfermer dans des choix préétablis
- Leur donner une capacité à réévaluer, à réajuster et revenir en arrière (réversibilité)

Quelle est la part de la mémoire dans Cigéo ?

- Le concept de stockage est construit sur la sûreté passive (argile). Il est conçu pour être robuste en cas de perte de mémoire
- Dire que l'on organise l'oubli par le stockage n'est pas une vérité, raison pour laquelle il existe un « programme mémoire » pour conserver le plus longtemps possible la mémoire (outils réglementaires, dossiers de mémoire simplifiés, outils de recherche sur les sciences humaines pour conserver et transmettre des messages)
- La mémoire doit être conservée pour les sites de surface, à horizon de 300 ans
- Même si la mémoire n'est pas essentielle à la sécurité, elle l'améliore
- La sûreté n'épuise pas le rôle de la mémoire dans le projet
- La mémoire a un rôle patrimonial (conservation la mémoire de ce qu'a fait notre société)

Questions/réponses

- *Peut-on préjuger de la pérennité de l'ANDRA ?*

L'ANDRA a été créé en 1991, après un échec sur la manière dont on a essayé d'avancer sur le stockage en profondeur dans les années 80. Il y a eu un moratoire sous Michel ROCARD et deux parlementaires se sont saisis du sujet Christian BATAILLE et Claude BIRRAUX, d'où la loi de 1991 qui a pris trois dispositions principales pour traiter ce sujet :

- Créer une feuille de route dont la première étape était 15 ans de recherche sur le stockage, la séparation transmutation (réacteurs au sodium) et l'entreposage de longue durée (le stockage a été confié à l'ANDRA)
- Créer des institutions : ANDRA établissement public indépendant des producteurs (EDF, COGEMA, FRAMATOME) et du CEA. Ses missions : exploiter des sites, faire de la recherche et conduire des projets nouveaux dont principalement Cigéo
- Dotation de moyens de financement : contrats avec les producteurs pour les sites en exploitation et pour Cigéo taxes fixées par le gouvernement et payées par les producteurs. Les producteurs prennent des provisions et mettent des actifs dédiés pour assurer le démantèlement

Quelle est la pérennité de l'ANDRA ? Etant un établissement public, l'ANDRA dépend de la pérennité de l'Etat.

- *Cigéo sera accessible pendant combien d'années ?*

Le centre de stockage aurait vocation à être à côté du laboratoire existant sur site. La demande d'autorisation de création va être déposée auprès de l'ASN début 2020. Après 3 à 5 ans d'instruction, un décret sera pris et les travaux de creusement pourront commencer. Le premier colis serait déposé vers 2035, phase pilote du quartier HA0 et descente des déchets MA. Le quartier HA sera déployé vers 2080. Le processus serait terminé vers les années 2140 et le stockage serait fermé si une loi est votée dans ce sens.

- *Comment fermer les quartiers et les alvéoles ?*

Certains ont opposé fermeture, sûreté et réversibilité. La fermeture plus tard présente de nombreux avantages. Le quartier MAVL fini en 2080 pourrait être fermé ou rester ouvert plus longtemps en fonction des contraintes opérationnelles.

- *Avec quoi les galeries seront-elles comblées ? Comment sera considéré le site d'un point de vue sûreté ? Avez-vous déjà les budgets ?*

Les galeries seront comblées avec de l'argile, du tout-venant, et de la bentonite. Cigéo est une installation nucléaire de base sous surveillance et le sera après fermeture.

A-t-on les mécanismes pour avoir les budgets ? Par le dispositif pris en France de provisionnement chez les producteurs de l'ensemble du coût, par des actifs protégés, et par prélèvement sur la facture d'électricité.

- *Quel sera l'exploitant de ce site ?*

L'ANDRA est exploitant du laboratoire et demain de Cigéo. L'ANDRA rend des comptes à l'ASN. Des opérateurs industriels opèrent pour le compte de l'ANDRA (bureaux d'études, entreprises de construction). Le contrôle commande et les fonctions stratégiques restant assurées par l'ANDRA.

- *Pourquoi avoir réfléchi maintenant à l'enfouissement des déchets ?*

La réflexion dure depuis 25 ans. Notre génération est légitime pour engager le processus, elle a les moyens pour le faire. Charge à elle de veiller à laisser aux générations futures une part de libre arbitre.

- *La mémoire sera-t-elle maintenue pendant 300 ans ?*

Cette durée n'a pas été arrêtée, on essaiera de conserver la mémoire le plus longtemps possible. Les 300 ans représentent l'horizon de temps des sites de surface. Une centaine d'années représenterait l'horizon conventionnel que prend l'ASN pour s'appuyer sur le contrôle sociétal.

- *Quelle est la durée de radioactivité des déchets HA ?*

Cette durée va jusqu'à 1 million d'années, tout dépend des radionucléides.

- *S'il était décidé d'arrêter maintenant le nucléaire, la production de déchets se ferait encore pendant 40 ans ?*

On peut tabler sur 2040 pour le dernier parc nucléaire construit et 2070 pour l'EPR.

Que nous-a-t-on légué et que léguerons-nous à nos enfants ?

Ce que l'on nous a légué :

- Des déchets
- Une responsabilité de s'occuper de ces déchets

Ce qu'on lèguera à nos enfants :

- Des déchets
- Une capacité à s'ajuster aux progrès techniques, à l'innovation notamment à l'évolution progressive de la politique de l'énergie et aux questions restant encore ouvertes : retraitement ou non, quatrième génération ou non...

Quel héritage du nucléaire pour nous et nos enfants ? Comparaisons internationales sur la question du legs

Bernd GRAMBOW, chercheur et enseignant, IMT Atlantique Bretagne-Pays de la Loire

Retranscription de l'exposé fournie par Bern Grambow

Le premier réacteur nucléaire au monde, le Chicago Pile 1, est devenu critique le 2 décembre 1942. Cet évènement a marqué l'ère de l'énergie nucléaire et des armes nucléaires dans le monde. Au lendemain de la seconde guerre mondiale, de nombreux pays se sont intéressés à l'uranium.

L'héritage de ces activités : une source d'électricité avec faible impact climatique, une réduction de la dépendance énergétique des divers pays et de leurs défenses nationales qui ont permis aux États Unis, à la Russie, au Royaume Uni, à la France et à la Chine à maintenir ou renforcer leur position dans le monde.

Mais cet héritage comprend aussi de grands volumes de déchets radioactifs, des installations fermées et parfois déclassées utilisées pour fabriquer des armes nucléaires ou de l'énergie nucléaire, des sites d'extraction de minéraux radioactifs et des sites contaminés par les essais d'armes, ainsi que des sites de rejet accidentel de radioactivité (par exemple, sur les sites de Mayak / Russie, de Hanford / États-Unis, de Sellafield / Royaume-Uni, de Tchernobyl / Ukraine ou plus récemment de Fukushima Daiichi / Japon). Le combustible nucléaire utilisé dans les réacteurs s'est accumulé dans le monde entier. Le stock total de ce combustible utilisé non retraité a atteint environ 250 000 tonnes, réparties sur des centaines de sites. En outre, quelque 120 000 tonnes ont été retraitées, générant d'importants volumes de déchets hautement radioactifs.

Les coûts sont élevés. Un grand nombre de centrales nucléaires et d'autres installations en Europe devront être mises hors service au cours des prochaines décennies (coût estimé à environ 253 milliards d'euros). Le total des coûts projetés pour les déchets existants aux États-Unis dépasse 235 milliards de dollars.

La convention de l'Agence internationale de l'énergie atomique en vigueur depuis 2001 stipule que chaque pays doit prendre les mesures appropriées pour que, à tous les stades de la gestion des déchets radioactifs, les individus, la société et l'environnement soient protégés de manière adéquate contre les risques radiologiques et autres. Chaque pays ayant opté pour une stratégie de gestion à long terme de ses déchets de haute activité a opté pour une isolation en formation géologique, à savoir la conception d'un système de stockage composé de la formation de roche hôte et de barrières artificielles, afin d'isoler les déchets de haute activité de l'environnement accessible.

Voici quelques évolutions dans différents pays.

Statut du programme américain

Le programme américain de gestion l'héritage nucléaire a coûté des milliards de dollars chaque année pendant des décennies, notamment pour l'assainissement du site de Hanford dans l'État de Washington, contaminé depuis le programme Manhattan, il y a 70 ans.

Le premier site de stockage définitif des déchets, le *waste isolation pilote plant* (WIPP), situé près de Carlsbad dans le sud-est du Nouveau-Mexique, a ouvert ses portes en 1999. C'est le seul site de stockage des déchets transuraniques en exploitation au monde. Le site est situé dans un épais lit de

sel à plus de 300 mètres de profondeur. Les déchets sont constitués de matériaux contaminés par des transuraniens, principalement du plutonium, générés par les programmes de défense. En 2014, un rejet de radioactivité provenant de colis de déchets non-conformes a provoqué la fermeture du WIPP pendant plus de deux ans. Les estimations du coût de l'accident pourraient atteindre deux milliards de dollars en raison de la nécessité de décontaminer les travaux souterrains, de remplacer le système de ventilation et du retard pris dans l'élimination continue des déchets transuraniens. WIPP est à nouveau opérationnel. Cet accident nous apprend la nécessité d'une gouvernance stricte des critères de vérification de la conformité des déchets.

Il n'existe toujours aucun site de stockage définitif des déchets de haute activité, que ce soit pour le combustible nucléaire irradié provenant de réacteurs commerciaux ou pour les déchets des programmes de défense. Depuis 1993, le site de Yucca Mountain a été étudié pour la faisabilité du stockage. La formation géologique est une formation en tuf volcanique formé il y a 11 à 14 millions d'années. Le programme a souffert d'un certain nombre de facteurs, notamment législatifs et politiques : une série d'amendements à la loi sur la politique en matière de déchets nucléaires de 1982 ; un cadre réglementaire développé lentement ; un financement erratique ; des changements importants dans la politique avec des administrations changeantes ; des politiques contradictoires du Congrès et de l'exécutif et, enfin et surtout, un engagement public insuffisant dans les décisions relatives aux stratégies de stockage et d'élimination des déchets nucléaires. L'administration démocrate précédente a tenté de fermer le projet de Yucca Mountain au motif qu'elle était «impraticable», alors que certains républicains du Congrès considèrent Yucca Mountain comme la solution principale. À ce jour, le projet est toutefois suspendu.

Allemagne

Depuis 1963, l'Allemagne étudie la possibilité de stockage géologique dans une mine de sel. Un premier effort a été abandonné en 1967 en raison de l'opposition publique. Dix ans plus tard, entre 1973 et 1976, un nouveau concept d'approche intégrée entre retraitement et stockage des déchets a été proposé, de nouveau abandonné suite aux oppositions.

Depuis 1976, l'Allemagne a décidé de développer le site de Gorleben pour l'entreposage des déchets de haute activité. La géologie (500 m de profondeur dans un très grand dôme de sel), a été étudiée pour voir si on peut y stocker ces déchets de manière définitive. Gorleben est devenue en Allemagne un symbole pour la lutte contre le stockage des déchets et les travaux ont suspendus.

Au lendemain de l'accident de Fukushima, l'Allemagne a décidé d'abandonner l'énergie nucléaire. Mais cela n'a pas facilité la gestion de l'héritage du nucléaire. L'Allemagne a récemment lancé une troisième «réinitialisation» de son programme. Une nouvelle agence fédérale (BGE) a été créée pour la gestion des déchets nucléaires, incluant la recherche d'un site de stockage pour des déchets de haute activité dans des formations en argile, en sel ou en granite. Une décision finale est prévue en 2030. Cette agence est aussi responsable de l'ancienne mine de fer Konrad destinée aux déchets faiblement et moyennement radioactifs et la BGE prévoit de récupérer les déchets radioactifs de la mine Asse II.

La mine Asse est une ancienne mine de sel située en Basse-Saxe. Elle a été exploitée à partir de 1965 en tant que site de recherche pour le stockage. Entre 1967 et 1978, le stockage définitif des déchets radioactifs y a été testé et mis en pratique à grande échelle. En 2008, il est devenu évident que l'opérateur n'a pas informé suffisamment le régulateur et une loi a été voté par le législateur, exigeant de sortir la totalité des déchets. Pour le moment, aucun site n'est défini pour accueillir ses déchets à récupérer.

Le puits Konrad est une mine de fer exceptionnellement sèche étudiée pour le stockage en profondeur depuis 1975. Le 22 mai 2002, une autorisation a été accordée pour le stockage des déchets radioactifs de faible et moyenne activité en géologie profonde. La licence approuvant la décision finale a été rendue en 2007. La licence autorise le stockage de jusqu'à 303 000 m³ de

déchets radioactifs. La mise en place des alvéoles de stockage a commencé, le stockage devrait commencer en 2021.

Finlande

En Finlande, deux installations de stockage ont été creusées dans des formations granitiques, à des profondeurs de 70 à 100 m pour accueillir les déchets d'exploitation des centrales d'Olkiluoto et de Loviisa. Ces installations implantées à proximité de ces deux centrales sont en service depuis 1992 et 1997.

La Finlande a travaillé depuis 40 ans pour le stockage géologique de déchets de haute activité, notamment le stockage direct du combustible irradié sans retraitement. Entre 1982 et 1999, un processus d'identification d'un site a été réalisé dans des communes volontaires. Le site d'Onkalo a été choisi. C'est aujourd'hui probablement le projet de stockage des déchets de haute activité le plus avancé au monde. La sûreté repose sur l'utilisation de plusieurs barrières redondantes, qui garantissent tous ensemble que les déchets nucléaires ne peuvent pas être rejetés dans la nature ou devenir accessibles à l'homme. Des barrières ouvragées devraient empêcher le rejet des radionucléides dans la roche granitique pendant au moins 10 000 ans, après quoi la radioactivité des déchets aura considérablement diminué. Une barrière très importante est un conteneur en cuivre pour le combustible irradié qui devrait rester intact pendant des centaines des milliers d'années. Si des événements tectoniques rares cassent un conteneur, les autres barrières présentes sont destinées à assurer la protection de populations futures. La mise en service du site est envisagée entre 2020 et 2025.

Suède

Les premières études en vue d'un stockage géologique des déchets nucléaires dans des formations granitiques datent de 1978. Ces premières études ont été abandonnées en 1988 en raison de l'opposition publique. Les investigations ont repris entre 1992 et 2009. Des investigations ont été engagées en 2008 sur deux sites granitiques, Östhammar près de Forsmark, et Oskarshamn. Le site d'Östhammar a été retenu en 2009 pour l'accueil d'une installation de stockage. Le concept de stockage est très similaire à celui de la Finlande. La demande d'autorisation de construction d'un centre de stockage a été déposée en mars 2011 pour une mise en service entre 2020 et 2025. Le tribunal environnemental a demandé en 2017 des informations supplémentaires sur la stabilité des conteneurs en cuivre destinés au stockage.

Canada

Un programme de gestion est en place depuis 2006. De manière adaptative et progressive, on cherche des communes bénévoles intéressées par l'hébergement d'un dépôt géologique en profondeur.

La Belgique

Comme la France, la Belgique prévoit le stockage des déchets de haute activité en formation argileuse. La formation argileuse de Boom est moins épaisse et moins sèche que la formation du Callovo-Oxfordien prévue en France. Un super-conteneur de grande taille en béton est prévu pour contribuer à assurer la sûreté à long terme. Dans le béton, la vitesse de corrosion des conteneurs de déchets en acier est très faible.

Suisse

La Suisse prévoit également le stockage dans l'argile. Comme en France, l'argilite a des propriétés excellentes.

Japon

Un processus de sélection d'un site géologique sur la base de communes volontaires a été opéré entre 2002-2014 sans succès. Récemment, malgré le risque de tremblement de terre et en l'absence

de possibilité d'exporter ses déchets dans autres pays, le Japon a identifié la moitié de son territoire comme compatible avec les exigences d'un site de stockage.

Pays Bas

Le Pays bas n'a qu'une faible quantité de déchets de haute activité. Leur programme de gestion est planifié pour les 100 prochaines années. Un stockage soit en formation argileuse, soit dans le sel, est étudié.

En résumé

Tous les pays avec des réacteurs nucléaires prévoient le stockage des déchets de haute activité en formation géologique profonde. C'est la seule manière d'assurer une radioprotection à long terme. En comparant les différentes formations géologiques, chaque pays a trouvé un ou plusieurs sites adaptés. Il y a néanmoins des différences importantes :

- Le creusement des architectures de stockage dans le sel est comparativement facile et une formation de sel est par définition très sèche. Mais en cas d'arrivée d'eau depuis les formations géologiques adjacentes, des dégâts importants peuvent survenir.
- Dans le granit, le creusement est très cher mais les alvéoles et les galeries sont très stables. Le granite est par nature très fissuré et l'eau souterraine est omniprésente. La sûreté à long terme repose sur des barrières ouvragées fortes, par exemple un conteneur en cuivre entouré par une argile gonflante.
- L'avantage de la formation argileuse est la faible perméabilité pour l'écoulement des eaux souterraines et la rétention forte des radionucléides sur la surface des argiles au cas où un conteneur de stockage des déchets serait défaillant. Dans le granit, l'épaisseur de la barrière argileuse autour des déchets peut être d'un mètre. Dans la formation argileuse prévue en France, l'épaisseur est d'environ 60 m.

Le cheminement pour réaliser un site de stockage est très lent. Au cours des cinquante dernières années, plus d'une douzaine de pays ont déployé au moins 24 initiatives pour installer un site de stockage géologique. Dans seulement cinq de ces cas, un site a été choisi. Près de la moitié des initiatives ont pris fin prématurément parce que les projets n'ont pas réussi à gagner et à préserver leur acceptabilité sociale.

De telles perturbations ne sont pas inattendues dans un mégaprojet technique de très grande taille, sujet à de vifs débats qui se prolongent. Seul le programme de gestion des déchets radioactifs en Finlande a été relativement épargné par de tels problèmes. Les programmes mis en place en Suède, en France, en Suisse, en Allemagne, au Japon, au Canada et au Royaume-Uni ont tous été confrontés à des défis similaires. Dans certains cas, les programmes se «réinitialisent» assez rapidement, comme en France ; dans d'autres cas, cela dure des décennies, comme en Allemagne.

Pourquoi est-ce que cela prend tellement de temps de résoudre le problème de la gestion des déchets de très haute radioactivité? C'est en partie à cause du fait que personne ne veut de ces déchets à proximité, ce qui est parfaitement compréhensible. Peut-être aussi parce que la dangerosité de ses déchets ne va que peu diminuer pendant des milliers d'années. Mais les déchets des métaux lourds ne perdent jamais leur dangerosité et ils posent beaucoup moins de problèmes. Le résultat est que les déchets s'accumulent sur des sites qui sont stables aujourd'hui et dans lesquels il faut interdire l'accès à toutes personnes, du fait que quelques minutes de contact donnent une dose de radioactivité létale. Mais ces sites ne permettent pas d'assurer la sûreté pour les générations à venir. Est-ce juste de laisser à nos enfants la responsabilité de résoudre la question de la sûreté des déchets à long terme?

Questions/réponses

- *Trois types d'enfouissement sont possibles : sodium, granit et argile ?*

Un quatrième est utilisé aux Etats-Unis, le tuf volcanique (rocheuse un peu poreuse).

- *Pourquoi n'y a-t-il pas de consensus international sur une solution technique d'enfouissement ?*

Chaque pays s'occupe de ses propres déchets. Les pays nordiques, comme la Suède, n'ont pas d'argile mais seulement du granit, ils adaptent leur stockage en fonction de la couche géologique. L'Allemagne s'est focalisée pour l'instant sur le sel, matière sèche par définition. La Suisse, la Belgique et la France optent pour l'argile. Le Royaume-Uni n'a pas décidé.

- *N'y a-t-il pas de risque de corrosion dans le sel ?*

La corrosion des containers dans le sel est un risque plus important que dans l'argile.

- *Y a-t-il une mutualisation sur la recherche ?*

Cette mutualisation des programmes de recherche, des organisations de sûreté et des agences nationales de stockage se développe depuis 1978. La collaboration se fait dans tous les domaines : colis des déchets, sites de stockage, chimie des radionucléides, sûreté, incertitudes selon les modèles.

- *Les choix faits aujourd'hui sont-ils les bons ? Quelle responsabilité prend-on ? Toutes ces questions se posent-elles dans les autres pays ?*

Ce sont des réflexions internationales. Tout le monde est conscient qu'il n'existe aucune manière de détruire cette radioactivité, les déchets restent radioactifs et il faut s'en occuper. A un moment donné, on a pensé utiliser la transmutation des déchets, même si la radioactivité a pu être réduite dans certains domaines, en aucun cas le risque des déchets restants a été réduit. La France opte pour une solution de retraitement des déchets.

- *Concernant l'acceptation sociale, seule la Finlande a accepté l'enfouissement. Y a-t-il eu des moyens de pression ?*

En Finlande, on croit beaucoup plus à la technologie que dans les autres pays. En Allemagne, Même si le pays a choisi de sortir du nucléaire, les problèmes ne sont pas pour autant résolus. La population n'appréhende pas le risque radioactif, par manque d'information.

- *En Allemagne, où sont stockés actuellement les déchets HA ?*

Surtout sur le site de Gorleben (Basse-Saxe). Des déchets ont été transportés et retraités à La Hague. Ces déchets sont stockés en surface dans des containers sur ce site en attendant qu'ils soient restockés.

Que nous-a-t-on légué et que léguerons-nous à nos enfants ?

Ce que l'on nous a légué :

- L'énergie

Ce qu'on léguera à nos enfants :

- Les risques des déchets non traités
- L'obligation de laisser le moins d'impact possible

Le stockage géologique profond à la lumière de la question du legs

Dominique BOUTIN, France Nature Environnement

Dominique BOUTIN explique que France Nature Environnement est une fédération importante de protection de l'environnement regroupant environ 3500 associations et siégeant pratiquement toutes les commissions départementales (paysage, nature, faune sauvage) et les CLI (commissions locales d'information) implantées autour de chaque installation nucléaire de base (loi transparence sur le nucléaire de 2006) et rassemblées dans l'ANCCLI (Association nationale des comités et commissions locales d'information). Au sein de l'ANCCLI, il est chargé des questions relatives au démantèlement des installations nucléaires en France et a été retenu comme expert déchets auprès de l'ASN.

Le document réalisé par l'ANDRA « Les Essentiels 2018 » présente, en synthèse, l'inventaire national des matières et déchets radioactifs 2018 et permet d'alimenter le PNGMDR, auquel contribuent une dizaine de représentants du monde de l'écologie. A titre d'exemple, un ancien site atomique, le Fort de Vaujours exploité par Placoplatre a été reclassé dans les déchets.

Points soulevés par FNE

- En termes éthiques, les déchets appartiennent aux producteurs de déchets
- Le Ministère de l'Environnement dispose de 24 personnes pour gérer au minimum 600 000 convois en France, dont 1800 convois importants transportant des combustibles. On peut craindre :
 - Risque d'accidents
 - Détournement de matières
 - Transport effectué par des entreprises sous-traitantes
- Le secret défense industriel et commercial bloque la loi transparence sur le nucléaire et surtout sur la gestion des déchets
- Remettre en circulation des déchets TFA (inférieurs aux mesures enregistrées sur l'environnement), jusqu'à quel point est-ce acceptable ?
 - Réutilisation possible des déchets à condition qu'ils restent dans la filière. Pour l'instant, l'ASN refuse mais compte tenu des enjeux financiers, la finance pourrait l'emporter
 - Non-maîtrise possible dans le système international du devenir des déchets : à titre d'exemple, des déchets radioactifs de Tchernobyl ayant été transformés en Inde et utilisés pour faire des plaques d'ascenseur Otis aux États-Unis.
- Les rejets (tritium dans l'eau et dans l'air) ne sont pas considérés comme déchets. Une autorisation de rejeter de la pollution pose un problème fondamental à FNE
- Recensement des stériles miniers uranifères : 20 millions de m³ en France (ex site près de Vichy), les anciennes carrières COGEMA abandonnées au Congo et au Niger.
- Gestion des déchets de 2019 dans les essentiels intégrant des démantèlements futurs mais pas les éventuels EPR.
 - La question pour FNE étant de poursuivre la filière nucléaire ou non, estimer les déchets en 2090 (centrales, ITER, ACDN sur l'armement)

- Origine des déchets, selon la loi sur les déchets français. Avant 1991, AREVA acceptait le retraitement des déchets étrangers et les conservait en France. Une convention avec Monaco permettrait aux autres pays européens de faire traiter leurs déchets dans nos installations, notamment Cigéo que l'on serait tenté d'amortir. Un groupe de travail européen NTW (Nuclear Transparency Watch) réfléchit à la transparence en Europe.
- Environ 350 sites nucléaires sont recensés (centrales, usines Cadarache, La Hague...), la gestion des déchets doit être faite dans des sites déjà dédiés au nucléaire, inutiles de les transporter, notamment les 2 millions de mètres cubes de TFA. Lors du démantèlement des centrales, la caisse en béton autour du réacteur pourrait être réutilisée pour ranger les déchets TFA, le personnel compétent sur ces sites pourrait être réaffecté. Cette professionnalisation des sites peut devenir un atout pour conserver les déchets sur place : stocker ou entreposer au moins pendant le refroidissement des combustibles ? La loi de 1991 prévoyait des alternatives à l'enfouissement, notamment le stockage à sec en surface
- Aucun endroit au monde n'a montré sa capacité à l'enfouissement : WIPP (États-Unis), ASSE II (Allemagne), StocaMine (France), Formark (Suède)

Brèves conclusions :

- Le projet Cigéo ne doit pas être bâclé
- Vote du parlement sans connaître le sujet
- Arrêter de produire des déchets
- Conserver les déchets TFA sur site
- Comment garder et transmettre la mémoire ?

Questions/réponses

- *La plupart des déchets retraités à Cigéo seront des déchets HA. Le retraitement des déchets sur site coûte cher*

L'ASN préconise de tous les concentrer au même endroit, EDF prévoit un projet de piscine de combustible MOX à Belleville-sur-Loire. Disperser plusieurs piscines pose question et coûte plus cher qu'une piscine centralisée. La Hague sera saturée en 2025, mais les déchets ne devraient pas être déplacés. L'inventaire des piscines et leur remplissage n'est pas donné par EDF. Il se peut que ces piscines ne contiennent pas que des combustibles, mais des déchets FMA VL. Le démantèlement de tous les réacteurs d'ici 2050 imposera le stockage des déchets pendant 30, 40 ou 50 ans, un entreposage piscine pourra donc être envisagé.

- *Le transport des déchets pourrait être confié à des sous-traitants selon un cahier des charges précis*

Effectivement, mais il peut toujours y avoir des dérives. Tous les convois ne sont pas accompagnés par la police. Raison pour laquelle FNE préfère éviter les déplacements de déchets TFA, notamment lors des futurs démantèlements. Tous les déchets ne doivent pas être gérés de la même façon.

- *La Finlande a-t-elle toujours recours à l'enfouissement ?*

C'est le seul pays qui continue. Pour la FNE, l'enfouissement n'est pas une solution. En Suède, alors que la population était d'accord, des groupes scientifiques ont démontré qu'il ne fallait pas faire le SFR Formak. Dans le granit, le risque porte sur l'acidification et un jeu bactérien avec le fer, ainsi les déchets seront agressés très rapidement et résisteront pas des milliers d'années. Un géologue de Cigéo a préconisé un stockage en subsurface.

- *Que va-t-il se passer à La Hague après 2025 ?*

Cette question n'a pas de réponse. Une hypothèse consisterait à tout déplacer dans une autre piscine bétonnée

- *On dit qu'Orano n'aurait pas d'usine pour l'uranium de retraitement et ferait appel à un retraitement en Russie ?*

Orano a obtenu un contrat de stockage à sec aux Etats-Unis. Ils avaient de nombreux autres contrats, notamment avec la Russie. Ce sont les mouvements de plutonium qui posent problème. Les Etats-Unis ont passé un contrat avec le Japon pour rapatrier et stocker leur plutonium. Les Russes se sont offerts pour récupérer des stocks en surplus français. Ce ne sont que des hypothèses de géopolitique. L'AIEA (Agence Internationale de l'Energie Atomique) impose que chaque déchet reste dans chaque pays, mais compte tenu des guerres économiques, la guerre des déchets n'est pas transparente.

La FNE a donné son positionnement technique dans la controverse entre experts, préalable au débat public.

Que nous-a-t-on légué et que léguerons-nous à nos enfants ?

Ce que l'on nous a légué :

- Les essentiels, plus les déchets qui ne font pas partie des déchets

Ce qu'on lèguera à nos enfants :

- Legs du bazar actuel
- Ne pas en transmettre plus que ce que l'on a hérité

Travaux de groupes : premiers éléments de l'avis du Groupe miroir

Notre avis sera utile :

- S'il est pris en compte par les acteurs du PNGMDR
- Si son contenu est transparent
- S'il est accessible au plus grand nombre
- S'il est diffusé au public (communication via différents canaux)
- S'il sensibilise au travers de l'information et de l'éducation des jeunes sur les déchets nucléaires
- S'il est soutenu par la CNDP et les experts lors du débat public
- Si les choses ne sont pas déjà établies par les instances politiques
- S'il interpelle sur le sujet du legs, de la mémoire et de la transmission

A quoi doit ressembler notre avis pour avoir une utilité :

- Un document synthétique adapté en fonction du public
- Avoir des relais auprès des jeunes (kit pédagogique à destination des enseignants)
- Contenant des clés de compréhension pour tous

Quel public doit-il viser ?

- Les décideurs
- Le grand public
- Les systèmes éducatifs
- Les experts

Idées qui nous importent :

- Accessibilité de l'information pour le grand public avec des mots simples et une communication sur le sujet
- Etre informés de manière équitable
- Transparence sur le sujet
- Legs ne pourra se faire qu'en toute confiance et sans oubli volontaire
- Devoir de mémoire à transmettre aux générations futures
- Risque de santé publique dans l'avenir
- Réversibilité : se laisser la possibilité de réfléchir à d'autres alternatives à l'enfouissement géologique profond en fonction de l'avancée des technologies
- Conséquences sur l'environnement et la santé de la population
- Traçabilité des déchets dans le temps
- Respect des règles d'enfouissement afin de protéger les générations futures

Forme que doit prendre l'avis pour avoir un meilleur impact :

- Avis attrayant (teaser, bande dessinée...)

Une participante du groupe exprime qu'elle s'est sentie orientée par les différentes présentations des experts. Elle estime que la place de l'Homme n'est pas suffisamment prise en compte dans la préservation de l'humanité, dans les réflexions menées sur la gestion des déchets radioactifs. L'impact sur la santé et sur la nature n'a pas été évoqué.

La troisième rencontre du Groupe miroir aura lieu les 17, 18 et 19 mai 2019.