



UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS
DE L'ADOUR - 5 étudiants (*Simon
DARRACQ, Wing Ki SIT, Bruno LATRE,
Ohana LAURET, Lolita SEGUY*)

Nous sommes un groupe de 5 étudiants,
tous inscrits en Master à l'Université de
Pau et des Pays de l'Adour.

Toutefois, nous venons de formations et
de parcours diversifiés - Master Droit des
Transitions Énergétiques et
Environnementales, Master Transition
Environnementale, Société et Territoire,
Master ASSET (Sciences Sociales
Appliquées aux Transitions
Énergétiques et Environnementales) et
Master Mathematics, Modeling and
Applications to Energy and environment
– ce qui nous permet une appréhension
large du sujet proposé par la
Commission Nationale du Débat public.

Cette contribution reflète uniquement les
opinions et les recherches des auteurs, et
n'engage en aucun cas les encadrants ou
l'institution à laquelle ils sont affiliés.

Contact :
Encadrant du groupe : Camille Drouiller
(camille.drouiller@univ-pau.fr)
Enseignants :
Nelly Leblond, Lise Desvallées, Sylvie
Clarimont, Camille Drouiller et Brice Auvet
Membre de l'UMR Transitions Énergétiques

Le point de vue du Groupe 3

Nous formons un groupe de cinq étudiants libres, sans statut et obligation, et sommes amenés à proposer notre aide bénévolement. La diversité des formations dont nous sommes issus nous semble être un atout afin de mieux comprendre les enjeux et les tensions autour du débat proposé. Nos engagements communs sont de préparer au mieux l'avenir et d'identifier des potentiels problèmes en lien avec la réversibilité et les travaux sur les alternatives à l'enfouissement profond.

Nous étudions ce sujet depuis septembre 2025, accompagnés de plusieurs experts venant de différents domaines (juridique, scientifique, recherche, etc.), qui nous apportent leurs conseils et nous guident tout au long de notre travail. Chaque semaine, nous nous réunissons le mardi matin pour échanger avec divers intervenants, dont des professionnels d'EDF, de l'ANDRA, d'ORANO, ainsi que des membres du Front Associatif. Ces échanges nous permettent de poser des questions sur nos travaux, de partager nos réflexions et d'approfondir nos connaissances sur la gestion des déchets radioactifs. Des universitaires participent également à ces rencontres, nous offrant leur expertise pour enrichir nos recherches.

Notre groupe s'est donc penché sur le sujet de la réversibilité et des alternatives à l'enfouissement profond, car c'était celui qui nous attirait le plus par sa complexité et son lien avec les générations futures, sujet qui nous touche d'autant plus par notre jeune âge. L'enfouissement profond est la solution adoptée par la majorité des États au niveau international, et paraît à l'heure actuelle être la meilleure mais il est nécessaire de garder à l'esprit les risques qu'elle présente et continuer à chercher des alternatives ou résoudre les problèmes identifiés. Ainsi, nous estimons que la discussion sur des réacteurs à neutrons rapides devrait être relancée pour contrôler la quantité des déchets.

Par la réflexion qui va suivre, nous souhaitons alerter sur le fait que la condition de réversibilité n'est pas une fin en soi, tout comme l'enfouissement profond. Des recherches doivent continuer à être menées.



Le consensus international sur l'enfouissement géologique profond et l'entreposage à long terme

Le **stockage géologique profond (SGP)** est généralement considéré par les communautés internationales comme une solution pour le stockage définitif et permanent du combustible nucléaire usé et des déchets radioactifs de haute activité (HA) (NEA, 2020 ; **International Atomic Energy Agency**, 2023). La **Finlande** est à l'avant-garde du développement du SGP : la construction est sur le point d'être achevée et le début de l'enfouissement des déchets est prévu pour 2026.

Certains pays ont déjà sélectionné un site (par exemple le **Canada**, la **France**, la **Russie**), et d'autres sont en cours de sélection (la **Lituanie** prévoit d'avoir un site approuvé d'ici 2057 ; la **Suisse** d'ici 2029, ainsi que l'**Angleterre** et le pays de **Galles**, la **Corée**) ou en phase d'études préliminaires (par exemple l'**Australie**).

En France, le choix du site a été effectué en 1998 pour créer un laboratoire souterrain, et le projet Cigéo a été présenté en 2012. En 2023, la demande d'autorisation de création a été déposée. La construction initiale et la phase industrielle pilote sont attendues vers 2027, avec une exploitation qui doit débuter entre 2035 et 2040.

Certains pays ont choisi l'**entreposage à long terme**, parfois avec la possibilité d'un SGP mais sans plan clair ni calendrier, parfois sans perspective de SGP. Par exemple, les **Pays-Bas** prévoient un plan d'entreposage en surface à long terme pendant au moins 100 ans, avec un SGP envisagé vers 2130 ; en **Écosse**, le choix a été fait d'une politique d'entreposage à long terme des déchets de haute activité dans des installations de faible profondeur ; en **Italie**, l'entreposage des déchets de moyenne activité, de haute activité et du combustible nucléaire usé pendant une période pouvant aller jusqu'à 50 ans (éventuellement prolongeable jusqu'à 100 ans) est prévu ; l'**Iran** a lancé la sélection d'un site pour l'entreposage en surface en 2001 ; enfin, le **Pakistan** a choisi le SGP à long terme possible, mais sans calendrier défini.

Les acteurs majeurs du nucléaire et ses enjeux liés à ses déchets

L'histoire du nucléaire remonte à moins de deux siècles et s'est considérablement développée depuis. D'abord militairement, puis progressivement vers le nucléaire civil dans les années 1950. Malgré son importance, les risques associés ont poussé certaines nations à s'en détourner notamment après l'accident de Fukushima qui a entraîné le renforcement

international des normes de sûreté. C'est aussi une énergie coûteuse (développement, investissements et gestion) qui, en dehors de l'Europe, l'Asie et l'Amérique du Nord, est peu accessible. Aujourd'hui, les trois premiers producteurs sont les États-Unis (29,3% de la production mondiale 2024) suivis par la France et la Chine. Une telle production induit des responsabilités de gestion des risques et des déchets radioactifs dont la classification va jouer un rôle important dans leur traitement. Celle-ci est fixée par l'AIEA en fonction du niveau d'activité et de la période de décroissance radioactive. Les **États-Unis** se fondent sur leur origine (civile ou militaire) et ne prennent pas en compte leurs réels risques. Sans solutions claires pour les déchets HA et MA-VL, ils les entreposent dans les centrales et tendent à la fermeture progressive de leurs réacteurs. Pour la **Chine** le nucléaire est vecteur de souveraineté énergétique et assure une diminution de leur empreinte carbone. Ils prévoient une expansion qui créerait des déchets en masse et recherchent donc des solutions de recyclage et réutilisation. Dans la province de Gansu une usine de retraitement transforme les résidus en matière combustible (MOX) pour nourrir les réacteurs REP et RNR. Un stockage géologique pour déchets définitifs hautement radioactifs est aussi prévu d'ici 2050. La **France** relance aussi cette filière avec de nouveaux réacteurs de type EPR2 en attente d'autorisation. Ils seraient moins risqués, permettraient un retraitement des déchets en multi ou mono recyclage, produiraient moins de déchets HA et MA-VL mais augmenteraient leur temps de stockage de 20 ans ou plus. Cela devrait engendrer des modifications du projet Cigéo notamment en retardant sa date de fermeture.

Au-delà de cette compréhension des puissances nucléaires, la question centrale reste celle de l'héritage transgénérationnel. L'alerte sur la gestion des déchets doit se traduire par des garanties et des actions concrètes pour l'avenir mais le concept de réversibilité nous paraît impératif. Il constitue l'unique levier qui permettrait de revenir sur les décisions prises en raison d'éventuelles évolutions techniques.

La réversibilité du stockage nucléaire : l'exception française des « 100 ans »

La réversibilité représente la possibilité pour les sociétés futures de récupérer les colis de déchets avant la fermeture définitive du site. Si cette durée est garantie pendant au moins 100 ans en France, il faut souligner que ce n'est en aucun cas un standard international, mais un choix politique inscrit dans la loi du 25 juillet 2016. Pour nous, cette réversibilité ne signifie pas que l'installation reste ouverte, mais plutôt que la fermeture ne doit surtout pas intervenir avant ces 100 ans de décision possible.

Ce choix se fonde sur trois justifications : le compromis politique, la réflexion technique et la demande sociétale. Il doit permettre aux générations futures d'ingénieurs et de citoyens de réévaluer la stratégie et de bénéficier du progrès technique. L'idée est d'assurer un contrôle intergénérationnel sans décision

brusque, mais cela nous interroge sur la réalité de ce choix si aucune alternative n'est trouvée.

Cela nous amène à soulever **deux points de vigilance** majeurs pour notre analyse : nous alertons la CNDP sur le risque que ces 100 ans de réversibilité à la française servent d'argument à l'obtention de l'acceptabilité sociale. Elle doit être accompagnée d'une **transparence totale et d'une capacité de contrôle** pendant la durée de la phase d'exploitation.

La France apparaît ainsi comme le seul pays au monde à avoir inscrit cette durée dans la loi. En Suède ou en Finlande, il n'y a pas de durée imposée (méthode KBS-3), au Canada elle est estimée élevée sans durée fixe, et aux États-Unis elle dépend simplement du scellement. Cette absence de norme internationale montre que la durée française est un pari spécifique. **Cela pose une question de fond : cette réversibilité est-elle une réelle opportunité technique ou une simple gestion de l'acceptabilité sociale ?**

Réversibilité ou récupérabilité, ne pas confondre

L'amalgame est souvent fait entre ces deux termes. Pourtant, l'article L. 542-10-1 du Code de l'environnement est clair à ce sujet : « la réversibilité est la capacité, pour les générations successives, soit de poursuivre la construction puis l'exploitation des tranches successives d'un stockage, soit de réévaluer les choix définis antérieurement et de faire évoluer les solutions de gestion ». Cela est garanti par la loi pour 100 ans. Mais s'agissant de la récupérabilité, qui est ce qui nous intéresse en premier lieu dans l'optique de l'émergence de techniques novatrices pour le traitement des déchets, la loi indique : « L'exploitation du centre débute par une phase industrielle pilote [...] Tous les colis de déchets doivent rester aisément récupérables durant cette phase. » Pour l'ANDRA (DPC/DIR/17-0007), cette phase pilote est comprise entre 2025 et 2035. Donc, après 2035, il sera très difficile de récupérer un quelconque colis de déchets radioactifs et ceci bien avant la fermeture définitive du site.

De plus, les déchets hautement radioactifs à vie longue sont confinés dans du verre à l'intérieur des conteneurs en acier. Cette solution de vitrification a été choisie dans l'optique de l'enfouissement car c'était la meilleure solution en termes de stabilité. Néanmoins, on est désormais prisonniers de cette solution, car il n'est plus possible d'aller chercher les matières radioactives contenues dans ces déchets. (Débat public-webinaire du 09/12/25). On ne peut donc pas « dé-vitrifier » et extraire les éléments radioactifs pour les transmuter si des techniques nouvelles voient le jour dans l'avenir.

En outre, il semblerait que la durabilité de la matrice vitrifiée soit questionnée (Guo, X., Gin, S., Lei, P. *et al.* Self-accelerated corrosion of nuclear waste forms at material interfaces. *Nat. Mater.* (2020)) et que, à la suite d'un incident au C.E.A en 2017, les scientifiques se posent des questions sur les effets de l'ionisation radioactive au sein de la matrice vitrifiée (IRSN.Repères n°37-page 9). La récupérabilité et la stabilité dans le temps des conteneurs de déchets qui seront enfouis dans CIGEO sont donc toute relatives.

Dans quelles conditions les générations futures pourraient-elles revenir sur cette décision de l'enfouissement profond et pour combien de temps ?

En tant que jeune génération, nous nous soucions de savoir ce que signifie l'expression "génération future". En effet, il convient de pouvoir savoir si ce sont nos enfants qui sont visés ou bien s'il s'agit de générations à venir plus tardivement. Dès lors, sans une définition précise de cette génération future, il est difficile d'imaginer dans quelles conditions ces dernières pourraient revenir sur cette décision de l'enfouissement profond.

La principale interrogation réside dans le fait qu'en 2150, lorsque la réversibilité ne sera plus possible, existe-t-il une technique d'urgence pour désenfouir les déchets en cas de problème majeur et de risque pour l'humanité ?

Si un conteneur doit être sorti, où ira-t-il et comment sera-t-il géré ? Rien n'est prévu techniquement et financièrement pour envisager une remontée vers la surface, surtout si elle doit être effectuée rapidement par suite d'une situation accidentelle.

Dès lors, face au projet, il reste des imprécisions, notamment car ces déchets resteront dangereux pendant des milliers d'années et qu'il va falloir les contrôler en permanence. De plus, la question de la réversibilité n'est pas résolue, tout comme des questions techniques (stabilité de la roche, risque d'incendie et d'inondation, signalisation du site...).

Des failles persistent et sont nombreuses. D'abord, la faiblesse géologique qui s'explique par le fait que des travaux de forage près du projet CIGEO ou des perturbations sismiques sont susceptibles de déstabiliser cette couche argileuse. Les risques d'incendie, d'infiltrations et de dispersion de la radioactivité ne sont pas exclus. Également, la présence simultanée d'hydrogène et de colis inflammables dans les alvéoles censées abriter les déchets HA-VL ne peut pas assurer une sécurité fiable à ce projet. Enfin, la présence d'eau dans la couche d'argile peut entraîner la corrosion des emballages et conduirait à des fuites d'éléments radioactifs, parmi lesquels des éléments gazeux qui remonteraient à la surface.

Revenons sur la décision de l'enfouissement profond. Une fois les conteneurs enfouis les uns derrière les autres, les galeries creusées dans l'argile seront définitivement scellées par un mélange bétonneux, de sorte qu'elles ne soient plus jamais accessibles.

Dans d'autres pays, les conteneurs sont en général stockés dans des galeries accessibles à tout moment, ce qui permet d'opérer un travail de surveillance continue et d'intervenir en cas de besoin. Aucune installation de surface n'est prévue pour recevoir les conteneurs que l'exploitant devrait éventuellement remonter.

Le stockage doit être réversible durant sa phase de remplissage (au moins un siècle) afin qu'une autre solution puisse être envisagée par les générations futures, par exemple en cas de rupture technologique. Les déchets stockés doivent ainsi pouvoir être récupérés sans risque pendant au moins 100 ans après le début de la phase de remplissage.

Ainsi, la dangerosité de l'enfouissement pour les sols, les risques de dégradation de la biodiversité et les risques pour l'humanité ne sont pas assez clairs pour pouvoir complètement approuver le projet CIGEO.

Solutions complémentaires à l'enfouissement

Le Baromètre 2025 de l'ASNR intitulé "La perception des risques par les Français" a mis en exergue que la production de déchets radioactifs reste, de loin, le principal argument en défaveur de l'industrie nucléaire, devant largement le risque accidentel, qui arrive en deuxième position.

Dès lors, pour améliorer l'acceptabilité du nucléaire au sein de la population, il apparaît primordial de relancer une filière de production d'électricité d'origine nucléaire moins génératrice de déchets de fission, soutenue par les pouvoirs publics, ainsi que toute recherche permettant de faire émerger de nouvelles technologies, permettant de réduire de manière drastique la radioactivité des déchets produits par les centrales nucléaires existantes.

La production d'électricité grâce aux centrales EPR est la moins carbonée mais elle laisse derrière elle de nombreux déchets radioactifs. Le rapport d'étape du C.E.D.A en date du 14 janvier 2025 indique qu'aucune solution alternative à l'enfouissement n'est actuellement mature.

Dans ce contexte, relancer une filière française de réacteurs à neutrons rapides, capable de produire de l'électricité en générant moins de déchets et en utilisant du combustible non ou peu valorisé tel que l'uranium 238 et le plutonium présents en quantité dans l'inventaire national et pouvant servir à transmuter des actinides mineurs tels que l'américium, semble pertinent car la relance du nucléaire Français avec les EPR2 va mathématiquement augmenter les stocks d'uranium 238 et de plutonium. C'est d'ailleurs pour cette raison qu'au début de l'industrialisation électronucléaire en France, il était prévu de développer en parallèle des centrales EPR des réacteurs à neutrons rapides surgénérateurs capables d'utiliser ces combustibles résiduels.

"Les neutrons rapides représentent la seule filière durable, capable d'éliminer la majeure partie des déchets tout en assurant une sécurité d'approvisionnement", souligne Claire Kerboul, consultante en physique nucléaire, ancienne chercheuse au CEA, dans son livre "L'urgence du nucléaire durable" (2023).

Cette filière a été délaissée pour des problèmes de sécurité liés au fluide caloporteur sodium et pour des problèmes de coûts non concurrentiels par rapport au prix de l'uranium, minerai utilisé dans les EPR. Mais depuis, le prix de l'uranium a plus que doublé en dix ans et le contexte géopolitique mondial fait que l'accès aux ressources minières n'est pas sécurisé.

Le sodium pose des défis de sûreté mais d'autres filières rapides utilisent du plomb ou des sels fondus pour éviter les risques inhérents au sodium tout en

posant d'autres défis technologiques liés notamment à la corrosion. La transmutation des produits de fission ou de certains actinides mineurs est possible dans des réacteurs à neutrons rapides électrogènes ou dédiés, mais pose des problèmes de séparation préalable des éléments et de manipulation successive de matières hautement radioactives.

Divers projets de réacteurs sous-critiques dédiés à la transmutation des déchets existent, tels que MYRRHA, dont le démarrage du démonstrateur est prévu en 2030. Le financement de la phase 1 est assuré sur fonds propres belges, mais la Belgique cherche des partenaires financiers pour consolider la phase 2.

En France, le projet ISAC (CEA) vise à étudier un réacteur à sels fondus à spectre rapide pour transmuter des actinides mineurs et ainsi réduire l'inventaire des déchets ultimes à stocker. Financé par France 2030, ce projet risque toutefois de subir des coupes budgétaires.

"On s'était dit rendez-vous dans 10 ans" (Patrick Bruel - Place des grands hommes). En ce qui concerne la fusion pour produire de l'électricité sans déchets ou les lasers pour les détruire, c'est plutôt rendez-vous dans cent ans.

CONCLUSION

En tant qu'étudiants de l'UPPA, notre travail nous a conduits à un constat d'alerte. Si l'enfouissement profond dispose d'un consensus technique pour l'intégralité des acteurs internationaux par défaut, le choix français des 100 ans de réversibilité est un pari politique risqué dont l'échéance nous place face à une responsabilité historique.

Nous souhaitons ainsi alerter la commission sur l'ambiguïté fondamentale du projet CIGÉO. Nous pensons que la réversibilité ne doit pas être une promesse de façade destinée à obtenir l'acceptabilité sociale. Pour notre génération, l'absence de protocoles techniques et financiers dédiés à une récupération d'urgence après fermeture constitue une zone d'ombre inacceptable. En l'état, nous serions impuissants et spectateurs si un risque majeur venait à intervenir en profondeur.

Concrètement, la réversibilité n'est pas une garantie de sécurité, mais un sursis qui dépend exclusivement de notre capacité à innover. **L'enfouissement ne doit pas signer l'arrêt des recherches sur les alternatives.** Nous préconisons ainsi un investissement massif et durable dans la transmutation et les réacteurs de nouvelle génération (RNR, SMR). Sans cette volonté politique de transformer les déchets en ressources, les 100 ans accordés par la loi française ne seront qu'un compte à rebours passif avant un abandon définitif. La protection de notre société exige que l'on ne se contente pas de "cacher" le problème, mais que l'on se donne enfin les moyens scientifiques de le résoudre.

