The background image shows two large, vertical, cylindrical components of a nuclear reactor. The one on the left is blue, and the one on the right is red. Both have a ribbed texture. They are mounted on a concrete base. In the foreground, there are several thick, braided metal cables. The text is overlaid on a blue rectangular background.

RAPPORT MONDIAL SUR LES DÉCHETS NUCLÉAIRES

Focus sur l'Europe

RÉSUMÉ EXÉCUTIF



PARTENAIRES ET SPONSORS



Ce rapport n'aurait pas été possible sans le généreux soutien d'un groupe diversifié d'amis et de partenaires, en particulier – par ordre alphabétique – la Fondation Altner-Combecher, la Bäuerliche Notgemeinschaft Trebel, Bund für Umwelt und Naturschutz (BUND), Bürgerinitiative Umweltschutz Lüchow-Dannenberg e.V., le Climate Core Group et les députés Verts/ALE du Parlement Européen, la Fondation Heinrich-Böll et ses bureaux de Berlin, Bruxelles, Paris, Prague et Washington DC, KLAR ! Suisse, Annette et Wolf Römmig, ainsi que la Fondation Suisse de l'Énergie (SES). Merci à tous d'avoir permis la réalisation de ce projet !



FAITS MARQUANTS



CONCEPTS DE GESTION DES DÉCHETS

- **Aucun pays au monde ne dispose de site de stockage géologique profond en exploitation destiné au combustible usé.** La Finlande est actuellement le seul pays à construire un site de stockage définitif.
- **En dépit des multiples exemples de procédures de sélection ratées et d'abandons de sites, la préférence pour le stockage géologique prévaut.** Un fort consensus se dégage sur le fait que l'état actuel de la recherche et du dialogue avec la société civile n'est pas à la hauteur des enjeux.
- Alors que les sites de stockage géologique profond ne seront pas disponibles dans les décennies à venir, **les risques se reportent de façon croissante sur les installations d'entreposage qui commencent à être à court de capacité** : en Finlande, par exemple, le niveau de saturation de la capacité d'entreposage de combustible usé atteint 93 %.



QUANTITÉS DE DÉCHETS NUCLÉAIRES

- **Il y a plus de 60 000 tonnes de combustible usé entreposées à travers l'Europe (hors Russie et Slovaquie), dont la plupart en France.** Les combustibles usés sont considérés comme des déchets de haute activité et constituent l'essentiel de la radioactivité. En 2016, 81 % des combustibles usés européens se trouvaient en entreposage sous eau, pratique qui présente ses propres risques pour la sûreté.
- **Quelques 2,5 millions de m³ de déchets de faible et moyenne activité ont été produits en Europe.** Environ 20 % de ces déchets (0,5 million de m³) sont entreposés et 80 % (près de 2 millions de m³) ont été stockés définitivement.
- Le démantèlement des réacteurs européens **pourrait générer au moins 1,4 million de m³ de déchets de faible et moyenne activité supplémentaires.**
- **Sur toute sa durée de vie, le parc européen de réacteurs pourrait produire 6,6 millions de m³ de déchets nucléaires.** Tous entassés au même endroit, ils rempliraient un terrain de foot de 919 mètres de hauteur, dépassant de 90 mètres l'immeuble le plus haut du monde, le Burj Khalifa à Dubaï. Quatre pays comptent pour plus de 75 % de ces déchets : la France (30 %), le Royaume-Uni (20 %), l'Ukraine (18 %) et l'Allemagne (8 %).
- En dehors de la Russie qui continue à produire de l'uranium, **la France et l'Allemagne disposent des plus gros inventaires de déchets nucléaires issus de l'extraction d'uranium en Europe.**



FAITS MARQUANTS



COÛTS ET FINANCEMENT

- **Les gouvernements n'appliquent pas le principe pollueur-payeur de façon conséquente.** Alors que les exploitants sont responsables des coûts liés à la gestion, à l'entreposage et au stockage des déchets nucléaires, ces coûts peuvent finir par être supportés par les contribuables.
- **Les gouvernements ne parviennent pas à établir d'estimations correctes des coûts de démantèlement, d'entreposage et de stockage des déchets nucléaires, en raison d'incertitudes sous-jacentes.** Nombre d'entre eux basent leurs estimations de coûts sur des taux d'actualisation exagérément optimistes et des données obsolètes, ce qui entraîne d'importants déficits de financement des dépenses liées à la gestion des déchets.
- **Globalement, aucun pays n'a à la fois établi une estimation précise des coûts et comblé l'écart entre les fonds garantis et les coûts estimés.**



ORIGINES ET CLASSIFICATIONS

- **Les pays diffèrent considérablement dans leur façon de définir et classifier les déchets nucléaires, et de déclarer les quantités de déchets produites.** Tous les pays publient une information régulière, mais tous ne le font pas de façon détaillée.
- En dépit de tentatives au niveau international pour établir des principes et pratiques communs en matière de sûreté, **des incohérences demeurent et rendent la comparaison complexe.** Les différentes approches nationales reflètent le manque de cohérence des modes de gestion des déchets nucléaires des différents pays.



RISQUES SANITAIRES ET ENVIRONNEMENTAUX

- **Les déchets nucléaires représentent un risque pour la santé,** dû aux rejets de routine de déchets gazeux et liquides des installations nucléaires, et à la dose collective globale liée au retraitement.
- **Le retraitement des combustibles usés est source de défis accrus,** dont les risques de prolifération, les expositions importantes pour les populations et la contamination de l'environnement.
- D'une manière générale, il y a un **manque d'informations complètes, quantitatives et qualitatives sur les risques associés aux déchets nucléaires.**



RÉSUMÉ

Le **WORLD NUCLEAR WASTE REPORT (WNWR)** montre que partout dans le monde les gouvernements peinent depuis des décennies à élaborer et mettre en œuvre des stratégies globales de gestion des déchets nucléaires. La tâche incombera en grande partie aux générations futures.



CONCEPTS DE GESTION DES DÉCHETS

Plus de 70 ans après le début de l'ère nucléaire, **aucun pays au monde ne dispose d'un site de stockage géologique profond en exploitation destiné aux combustibles usés**. La Finlande est actuellement le seul pays où un site de stockage définitif est en construction pour ce type de déchets les plus dangereux. Outre la Finlande, seules la Suède et la France ont de facto déterminé le lieu d'implantation d'un site de stockage des déchets de haute activité à

l'issue d'un processus de sélection précoce. Les États-Unis exploitent le WIPP (Waste Isolation Pilot Project), mais il s'agit d'un site destiné aux déchets transuraniens à vie longue provenant uniquement du programme nucléaire militaire, et non aux combustibles usés provenant des réacteurs commerciaux.

En dépit des multiples exemples de procédures de sélection ratées et d'abandons de sites, la gouvernance nationale et internationale actuelle affiche une préférence pour le stockage géologique. Ceci nécessite des conditions claires et ambitieuses sur le plan de la sélection de site, de la prospection et du processus d'autorisation. Il n'y a toutefois aucune garantie de la faisabilité d'un stockage géologique profond. C'est pourquoi les processus de sélection de tels sites de stockage doivent être mis en œuvre avec des précautions extrêmes, reposant sur la faisabilité industrielle, et assortis du contrôle approprié. Certains scientifiques considèrent que l'entreposage de longue durée, surveillé, dans un environnement protégé, serait plus responsable, plus rapide à réaliser, et devrait par conséquent être mis en œuvre. D'une manière générale, il y a un fort consensus pour dire que l'état actuel de la recherche, du débat scientifique, et des échanges avec les politiques et les citoyens impliqués, n'est pas à la hauteur des enjeux.

Le conditionnement, le transport, l'entreposage et le stockage des déchets nucléaires représentent dans tous les pays nucléaires des défis toujours plus importants. Ces évolutions mettent en évidence la pression à laquelle sont soumis **les gouvernements et les autorités pour améliorer la gestion des programmes d'entreposage et de stockage**. Il faut en conséquence que s'appliquent à la gouvernance des programmes des normes incluant la qualité de la planification, l'assurance qualité, la participation des citoyens et la culture de sûreté.

L'entreposage temporaire des combustibles usés et des déchets de haute activité va se poursuivre pendant un siècle ou plus. Et alors que les sites de stockage en formations géologiques profondes ne seront pas disponibles dans les prochaines décennies, les risques se reportent toujours d'avantage sur l'entreposage. Les pratiques actuelles en matière d'entreposage des combustibles usés et autres formes de déchets de moyenne et haute activité facilement dispersables n'ont pas été prévues pour le long terme. Elles représentent par conséquent un risque particulièrement élevé, toujours plus important, alors que d'autres options sont disponibles (solidification des liquides, entreposage à sec des combustibles usés) dans des installations plus sécurisées. L'entreposage prolongé des déchets nucléaires accroît les risques aujourd'hui, coûte des milliards supplémentaires, et reporte la charge aux générations futures.



QUANTITÉS DE DÉCHETS

Les pays européens ont produit plusieurs millions de mètres cubes de déchets (sans même compter les déchets de l'extraction et du traitement de l'uranium). Fin 2016, **la France, le Royaume-Uni et l'Allemagne étaient les plus gros producteurs européens de déchets nucléaires** issus de la chaîne du combustible.

Il y a plus de 60 000 tonnes de combustibles usés entreposées en Europe (hors Russie et Slovaquie), dont la plupart en France. Au sein de l'UE, la France compte pour 25 % de l'inventaire actuel de combustible usé, suivie par l'Allemagne (15 %) et le Royaume-Uni (14 %). Les combustibles usés sont considérés comme des déchets de haute activité. Bien qu'ils représentent des volumes relativement faibles, ils constituent la grande majorité de la radioactivité. Au Royaume-Uni par exemple, les déchets de haute activité représentent moins de 3 % du volume de déchets, mais près de 97 % de la radioactivité de l'inventaire. La plupart des combustibles usés sont entreposés en piscine de refroidissement (entreposage sous eau) pour évacuer la chaleur, tandis que la radioactivité décroît. En 2016, 81 % du combustible usé européen était entreposé sous eau. Il serait plus sûr de transférer ces combustibles usés vers l'entreposage à sec dans des installations distinctes. Une grande partie des combustibles usés entreposés en France et aux Pays-Bas doit être retraitée. La plupart des autres pays européens (Allemagne, Belgique, Bulgarie, Hongrie, Suède, Suisse, et plus récemment Royaume-Uni) ont suspendu sine die ou arrêté définitivement le retraitement. Les pays n'indiquent pas tous dans leurs rapports les quantités de combustible déjà retraitées. Dans la plupart des cas, seules sont précisées les quantités de déchets de haute activité vitrifiés issus du retraitement. Il en va de même pour les quantités importantes d'uranium du retraitement, de plutonium, de déchets de moyenne activité, et de combustible oxyde mixte (MOX) irradié qui nécessitent de longues périodes supplémentaires d'entreposage temporaire.

Environ 2,5 millions de m³ de déchets de faible et moyenne activité ont été produits en Europe (hors Slovaquie et Russie). Environ 20 % de ces déchets (0,5 millions de m³) sont entreposés, en attente de stockage définitif. Cette quantité ne cesse d'augmenter, alors qu'il n'existe nulle part de filière complète de stockage définitif. Environ 80 % de ces déchets (près de 2 millions de m³) ont été stockés définitivement. Ceci ne signifie pas pour autant que ceux-ci ont été éliminés avec succès pour les siècles à venir. Par exemple, le site de stockage de Asse II, situé dans une ancienne mine de sel en Allemagne, subit une intrusion permanente d'eau souterraine. Les quelques 220 000 m³ de ce mélange de déchets et de sel doivent être repris, une tâche complexe et très onéreuse. La quantité de déchets qu'il faut désormais gérer, constitués de ce mélange de sel et de déchets, se retrouve ainsi quintuplée. Ceci montre que le terme "stockage définitif" doit être utilisé avec précaution.

Le démantèlement des installations nucléaires produira des quantités supplémentaires très importantes de déchets nucléaires. Sans compter les installations de la chaîne du combustible, **le parc européen de réacteurs nucléaires pourrait produire au moins 1,4 million de m³ supplémentaires de déchets de démantèlement de faible et moyenne activité**. Il s'agit d'une estimation conservatrice, les expériences de démantèlement étant rares. Fin 2018, il y avait en Europe 142 réacteurs nucléaires en service (hors Russie et Slovaquie).

La production continue de déchets nucléaires et le futur démantèlement des installations nucléaires représentent un défi croissant, **les installations d'entreposage en Europe commençant lentement à manquer de place, en particulier pour les combustibles usés**. En Finlande, par exemple, le niveau de saturation de la capacité d'entreposage des combustibles usés atteint 93 %, et en Suède, celui de l'installation centralisée d'entreposage, CLAB, 80 %. Toutefois, les pays ne publient le niveau de saturation de leurs capacités d'entreposage, ce qui ne permet pas d'avoir une vision globale de la situation.

La production de déchets nucléaires du parc européen de réacteurs nucléaires sur toute sa durée de vie est estimée à 6,6 millions de m³ environ (hors Russie et Slovaquie). Si tous ces déchets étaient entassés au même endroit, ils rempliraient un terrain de foot de 919 mètres de hauteur, dépassant de 90 mètres l'immeuble le plus haut du monde, le Burj Khalifa à Dubaï. Ce calcul comprend les déchets d'exploitation, le combustible usé et les déchets de démantèlement des réacteurs nucléaires. A l'instar des précédentes, cette estimation s'appuie sur des hypothèses conservatrices. Les quantités réelles de déchets en Europe sont probablement plus élevées. **Avec une part de 30 %, la France est le plus grand producteur de déchets nucléaires en Europe, suivie par le Royaume-Uni (20 %), l'Ukraine (18 %) et l'Allemagne (8 %)**. Ces quatre pays représentent plus de 75 % des déchets nucléaires européens.

Mise à part la Russie, où se poursuit la production d'uranium, **l'Allemagne et la France disposent du plus important inventaire en Europe de déchets liés à l'extraction de l'uranium**. Officiellement, l'exploitation de l'uranium en France a généré 52 millions de tonnes de résidus miniers. L'ex-RDA (République démocratique

allemande) a extrait bien plus de minerai d'uranium que la France. L'héritage minier se compose d'une superficie de 32 km² d'installations, 48 terrils représentant un volume de 311 millions de m³ de roches de faible activité et quatre bassins de résidus renfermant 160 millions de m³ de boues radioactives. Aujourd'hui, l'UE importe la plupart de son uranium, ce qui engendre de grandes quantités de déchets nucléaires en dehors de l'Europe.



COÛTS ET FINANCEMENT

Les gouvernements affirment presque tous appliquer le principe pollueur-payeur en vertu duquel les exploitants sont responsables des coûts de gestion, entreposage et stockage des déchets nucléaires. **Dans la réalité, les gouvernements n'appliquent pas le principe pollueur-payeur de façon systématique.** La plupart des pays ne l'imposent que pour le démantèlement, et même là, dans certains cas le gouvernement reprend la charge du démantèlement (comme dans celui des réacteurs de l'ex-RDA). La Bulgarie, la Lituanie et la République slovaque bénéficient d'une aide de l'UE pour le démantèlement, en contrepartie de la fermeture anticipée de leurs anciens réacteurs datant de l'ère soviétique. La plupart des pays n'imposent pas le principe pollueur-payeur pour les coûts liés au stockage des déchets. Les autorités nationales finissent toujours par assumer à des degrés divers les obligations et les engagements en matière de gestion à long terme et de stockage des déchets. Les exploitants sont toutefois tenus de contribuer au financement des dépenses de long terme. Même dans des pays où le principe pollueur-payeur est une obligation légale, celui-ci n'est que partiellement appliqué. Par exemple, l'exploitant d'un réacteur nucléaire ne sera pas tenu financièrement responsable en cas de problème survenant après la fermeture d'un site de stockage, comme c'est le cas pour celui de la mine de Asse II en Allemagne, où la récupération d'importantes quantités de déchets doit être financée par le contribuable.

Les gouvernements ne parviennent pas à estimer correctement les coûts de démantèlement, d'entreposage et de stockage des déchets nucléaires. L'ensemble des évaluations comporte des incertitudes sous-jacentes liées aux longues échelles de temps, hausses de coûts et estimations des taux d'actualisation (accumulation du fonds). Une des causes majeures de ces incertitudes est en particulier le manque d'expérience en matière de démantèlement et de stockage définitif des déchets. Seuls trois pays, les États-Unis, l'Allemagne et le Japon, ont mené à terme des projets de démantèlement (démantèlement complet) et ont ainsi pu produire des données. A la mi-2019, sur les 181 réacteurs arrêtés dans le monde, seuls 19 avaient été démantelés complètement, dont dix rendus à leur état d'origine ("greenfield"). Mais même ces expériences limitées font apparaître une grande marge d'incertitude, qui peut atteindre un facteur cinq. Aux États-Unis, les coûts allaient de 280 US\$/kW à 1 500 US\$/kW selon les réacteurs. En Allemagne, un réacteur a été démantelé pour 1 900 US\$/kW, un autre pour 10 500 US\$/kW.

De nombreux gouvernements basent leurs estimations de coûts sur des données obsolètes. Plusieurs pays étudiés ici, comme l'Allemagne ou les USA, s'appuient sur des études datant des années soixante-dix ou quatre-vingt, plutôt que sur le peu de données issues de cas réels. L'utilisation de données obsolètes, la plupart du temps élaborées par les exploitants, l'industrie ou les organismes publics, sont susceptibles d'aboutir à des évaluations low-cost et à des conclusions exagérément optimistes.

De nombreux gouvernements utilisent des taux d'actualisation exagérément optimistes. Leur utilisation systématique est un des principaux facteurs de sous-estimation des coûts de démantèlement et de gestion des déchets nucléaires. Un des aspects fondamentaux du financement du démantèlement et de la gestion des déchets est l'espoir de voir le fonds augmenter au cours du temps. En Allemagne par exemple, les 24 milliards d'euros mis de côté dans les fonds destinés la gestion des déchets sont censés presque quadrupler pour atteindre 86 milliards d'euros en 2099. Les taux d'actualisation utilisés sont très disparates, et tous les pays ne calculent pas les hausses de coûts, alors qu'elles seront vraisemblablement plus rapides que celles des taux d'inflation.

Afin de garantir la suffisance des fonds pour le démantèlement, la gestion et le stockage des déchets, les

mécanismes de financement doivent assurer des conditions sécurisées de placement pour les fonds (cantonement). Ils doivent également permettre de s'assurer que les ressources mises en réserve sont suffisantes pour couvrir les coûts réels. Certains pays remplissent une de ces conditions, mais pas les deux.

Il existe de grandes différences dans la façon dont les pays prévoient le financement de la gestion, de l'entreposage et du stockage des déchets. Ils n'exigent pas tous que les fonds destinés au démantèlement soient gérés en externe, de manière séparée des exploitants ou des titulaires des licences. Dans certains cas, le démantèlement est toujours financé par le biais de fonds internes séparés et affectés, alors que le financement de la gestion à long terme des déchets est géré en externe dans la plupart des pays. Le financement du démantèlement et du stockage est complexe ; dans la plupart des cas, plusieurs systèmes de financement co-existent dans un seul pays.

Il ressort des différentes approches nationales que les gouvernements ne définissent pas toujours précisément ce que comprend le "démantèlement". La gestion des déchets nucléaires est un aspect important du démantèlement, tout comme la gestion des combustibles usés, mais elles n'entrent pas toujours dans sa définition, ce qui rend difficile les comparaisons de coûts entre pays. **Les processus de démantèlement, entreposage et stockage des déchets sont fortement dépendants les uns des autres. C'est pourquoi un fonds intégré externe, séparé et affecté semble l'approche la plus adaptée pour le financement de ces coûts futurs.** Quelques pays seulement ont adopté cette solution, en particulier la Suède, le Royaume-Uni et la Suisse, même si cette dernière dispose de deux fonds, un pour la désaffectation, l'autre pour les déchets. **Aucun pays n'a sécurisé le financement total du démantèlement, de l'entreposage et du stockage de ses déchets nucléaires.** Un défi à relever pour l'ensemble des pays électronucléaire.

À ce jour, aucun pays n'a à la fois estimé précisément les coûts et comblé l'écart entre les fonds garantis et les estimations de coût. Dans la plupart des cas, seule une fraction des fonds nécessaires a été mise de côté. Les fonds mis de côté en Suède pour le démantèlement et la gestion des déchets ne couvrent pour l'instant que deux tiers des coûts estimés, moins de la moitié au Royaume-Uni (pour les réacteurs en service), et pas même un tiers en Suisse. On observe la même situation pour le financement du stockage. La France et les États-Unis ont mis de côté des fonds pour le stockage qui ne couvrent qu'un tiers environ des coûts estimés. Avec la fermeture anticipée d'un nombre croissant de réacteurs en lien avec des conditions économiques défavorables, le risque d'un financement insuffisant s'amplifie. Fermetures anticipées, insuffisance des fonds et escalade des coûts poussent certains exploitants de réacteurs à reporter d'autres fermetures et à repousser le démantèlement, dans la perspective d'accumuler des fonds supplémentaires. Certains pays envisagent également des mécanismes visant à permettre aux installations d'amortir leurs coûts par l'augmentation du montant des redevances, le subventionnement des tarifs ou la prolongation de la durée de vie, comme les États-Unis ou le Japon.



ORIGINE ET CLASSIFICATION

Les pays diffèrent considérablement dans leur façon de définir les déchets nucléaires. La différence porte tout d'abord sur le caractère de déchet ou de ressource des combustibles usés et de certains produits issus de leur retraitement (plutonium et uranium). Ainsi, les combustibles usés, et le plutonium qu'ils contiennent, sont-ils considérés comme déchet dans la plupart des pays en raison de la dangerosité et des coûts élevés associés à la séparation et à l'utilisation du plutonium. La France de son côté considère le plutonium comme une ressource, et le recours au retraitement y est inscrit dans la loi. Le retraitement repousse la gestion du problème des déchets, tout en le rendant plus complexe et plus onéreux.

Les pays diffèrent considérablement dans leur façon de qualifier les déchets nucléaires. Il n'y a pas deux pays qui appliquent un système identique. L'Allemagne ne distingue que les déchets exothermiques et les autres. Le Royaume-Uni classe ses déchets en fonction de leur niveau d'activité. La France et la République tchèque, elles, considèrent à la fois le niveau d'activité et la période de décroissance radioactive (demi-vie). Quant au système américain, il diffère fondamentalement de celui des pays européens en basant la classification sur l'origine des déchets et non sur leurs caractéristiques.

Les pays diffèrent considérablement dans leur façon de déclarer les quantités de déchets nucléaires produites.

Tous les pays publient régulièrement des informations sur les quantités de déchets qu'ils produisent et les stratégies de gestion qui leur sont associées. Mais tous ne le font pas de façon approfondie. Dans certains cas, les données ne permettent pas d'estimer les volumes (comme en Slovaquie). Dans le rapport de certains pays (comme les Pays-Bas et la Belgique) il n'y pas d'inventaire actualisé des quantités de combustible usé. La Russie ne donne que peu d'information sur la classification ou l'état de son inventaire de déchets nucléaires.

Ces différences et incohérences dans la façon dont les pays définissent, classent et déclarent leurs déchets nucléaires font de la compilation et de la comparaison entre pays des tâches ardues. Les différentes approches nationales reflètent le manque de cohérence sur la façon dont les pays gèrent leurs déchets nucléaires. Cette situation perdure, en dépit des tentatives internationales d'instaurer des principes de sûreté communs et un processus de revue par les pairs (peer review) des pratiques nationales. L'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA) fournit un cadre assez large pour la classification des déchets nucléaires. La Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs de 2001 constitue une solution par défaut pour de nombreux pays, mais avec des modalités de mise en œuvre très disparates. Avec la Directive Euratom de 2011, l'Union Européenne a tenté d'harmoniser les systèmes de classification des déchets de ses États membres, avec un succès limité.

**RISQUES ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES**

Les déchets nucléaires constituent un risque sanitaire à plus d'un titre. Il y a premièrement les impacts sanitaires associés aux rejets de routine de déchets liquides et gazeux des installations nucléaires, deuxièmement les doses collectives globales très élevées dues au retraitement, et troisièmement l'état non satisfaisant et instable dans lequel se trouve une quantité importante de déchets déjà produits. Les déchets de haute activité (HA), sous forme de combustibles usés et de déchets du retraitement vitrifiés, renferment plus de 90 % de la radioactivité contenue dans les déchets nucléaires. Il n'y a pourtant aucun site de stockage définitif pleinement opérationnel pour les déchets HA dans le monde. La pratique courante consistant à entreposer les combustibles usés dans les piscines de centrales nucléaires pendant de longues périodes constitue un risque majeur pour les populations et l'environnement. **Le retraitement des combustibles usés – qui produit en particulier des formes plus accessibles et davantage susceptibles de dispersion de déchets nucléaires très dangereux – est source de problèmes accrus,** dont les risques de prolifération, l'exposition élevée des travailleurs et de la population, et la contamination radioactive de l'environnement.

L'information disponible pour évaluer correctement les risques liés aux déchets nucléaires et développer un classement des risques est limitée. Par exemple, seuls quelques pays publient des informations relatives à l'inventaire des radionucléides contenus dans les déchets. La collecte et la diffusion de telles données relèvent principalement de la responsabilité des gouvernements nationaux ou des organismes publics. Elles sont nécessaires pour évaluer convenablement l'éventuelle relation de cause à effet entre expositions et effets sanitaires. Il n'existe à ce jour aucun schéma de dangers complet pour les radionucléides contenus dans les déchets.

Les études exhaustives et de qualité font défaut pour évaluer les risques liés aux déchets nucléaires. Les risques pourraient être extrapolés à partir d'études épidémiologiques, mais les seules études spécifiques existantes sont de qualité limitée. Certaines études suggèrent par exemple l'existence de taux de cancer plus élevés mais, prises isolément, elles sont trop restreintes pour aboutir à des résultats statistiquement significatifs. Des méta-analyses pourraient combiner des études plus petites afin de créer un jeu de données permettant de produire des conclusions statistiquement significatives. Mais les méta-analyses sur les déchets nucléaires se distinguent par leur absence. De plus, pour évaluer les risques, il faut que les doses soient relevées avec exactitude. Dans l'ensemble, l'analyse met en évidence un manque surprenant d'informations qualitatives et quantitatives sur les risques associés aux déchets nucléaires.

NOTE DU COORDINATEUR : MÉTHODOLOGIE ET PERSPECTIVES

Le **World Nuclear Waste Report** livre une comparaison internationale sur la façon dont les pays gèrent les déchets nucléaires ; il décrit la situation présente et les évolutions historiques. Avec son focus sur l'Europe, c'est un premier élément de réponse à une lacune importante en matière de recherche. En dehors de l'Europe, les pratiques des exploitants et des gouvernements face aux enjeux de la gestion des déchets nucléaires sont encore plus variées. Sociaux, politiques, techniques et financiers, les enjeux liés à la recherche de solutions de long-terme adaptées à ce type de déchets particulièrement problématiques sont élevés.

Parce que c'est le premier dans son genre, ce rapport a rencontré de nombreux obstacles dans sa tentative de livrer une vue d'ensemble pertinente, basée sur une quantité importante de données factuelles et chiffrées. Non seulement les pays diffèrent considérablement dans leur façon de définir les déchets nucléaires ou de les classer, mais aussi de dresser l'inventaire des quantités produites. Cette recherche a ainsi également mis en évidence le manque de données, et s'est heurtée à des barrières linguistiques, des usages disparates de la terminologie selon les pays, et des incohérences entre les sources. Autant de facteurs qui rendent l'évaluation hautement complexe.

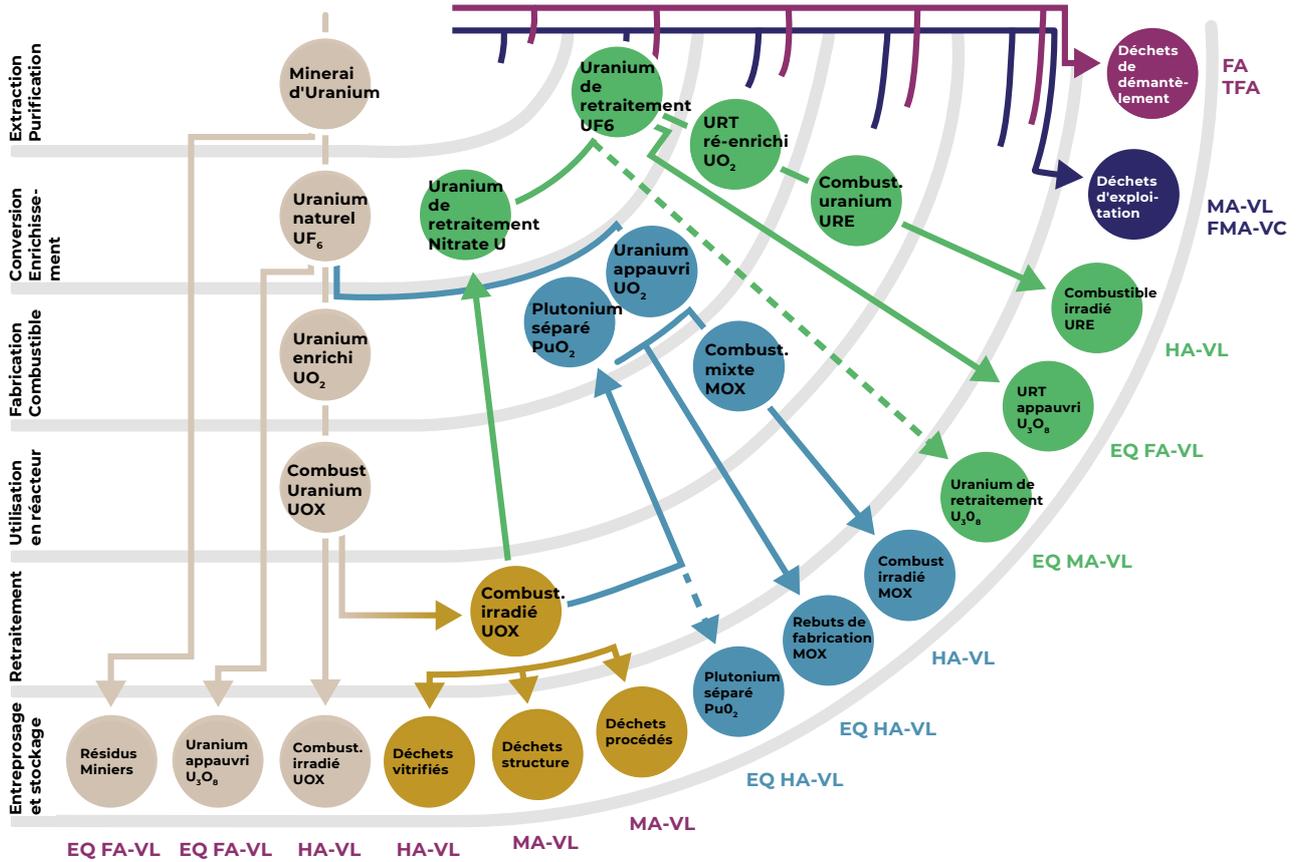
Pour parer à ces difficultés et éviter les erreurs, l'équipe projet a développé une approche de gestion de la qualité à destination des contributeurs, des éditeurs, et des relecteurs. La démarche a notamment inclus un workshop à Bruxelles (en février 2019), l'élaboration d'une feuille de style (incluant la terminologie) et d'un canevas pour la rédaction des chapitres sur les pays, ainsi que la mise en place d'un processus de relecture rigoureux comprenant plusieurs boucles de retours. Chaque chapitre a été préparé par un seul auteur ayant une expertise spécifique sur le sujet ; certains auteurs en ont rédigé plusieurs. Les chapitres ne sont cependant pas attribués à des auteurs en particulier afin d'assurer un processus éditorial cohérent. Chaque projet de chapitre a été soumis à un processus de révision en quatre étapes :

- Rédaction-révision préliminaire par le rédacteur en chef et deux autres membres de l'équipe projet ;
- Relecture croisée des chapitres (cross-chapter review) par le rédacteur en chef ;
- Relecture générale de l'ensemble du texte par le rédacteur en chef, trois autres membres de l'équipe projet et deux relecteurs externes ;
- Relecture finale pour l'élaboration du résumé

La production de ce rapport a représenté un travail considérable, qui s'est étalé sur une année et demie et a impliqué plus d'une douzaine d'experts du domaine. Ceci a permis, au fur et à mesure, une forte consolidation du texte. Auteurs, éditeurs et correcteurs ont tout mis en œuvre pour vérifier et recouper les données. Mais ce processus intense ne peut garantir l'absence totale d'erreurs dans le rapport. Le cas échéant, toute correction ou suggestion d'amélioration sera très appréciée.

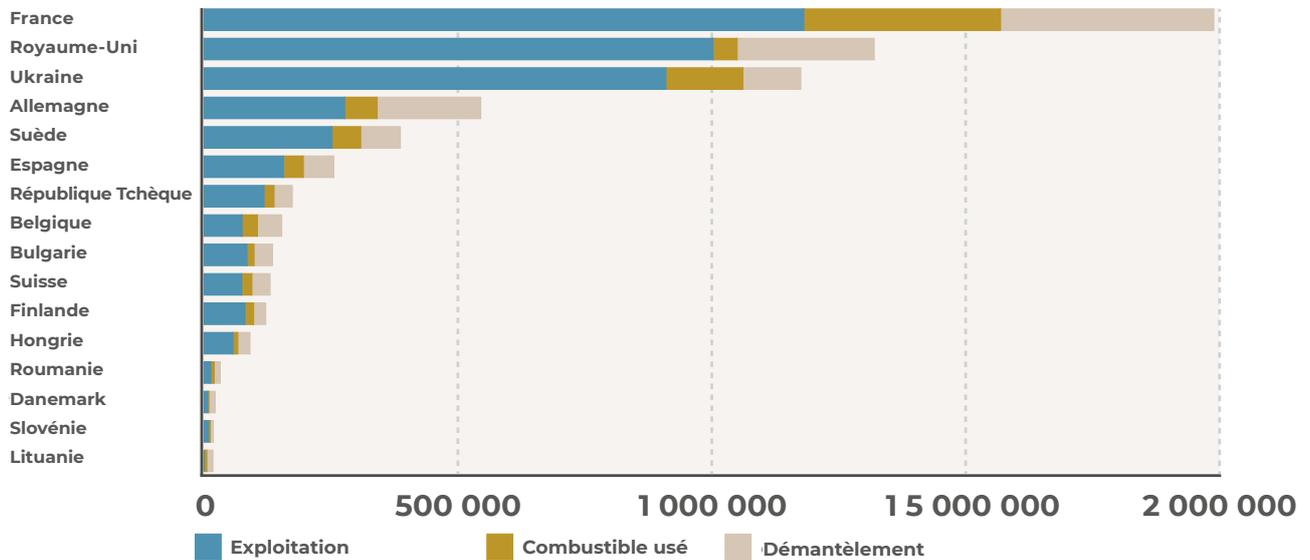
Cette première édition du **WNWR** a pour ambition de poser les bases de recherches à venir sur le sujet. Elle a soulevé de nouvelles questions, dont certaines devraient être traitées dans une prochaine édition, comme les risques que présente le recours prolongé à un entreposage temporaire inadapté, le manque prévisible de capacités d'entreposage, la prolifération, la menace terroriste et autres questions de sécurité s'appliquant à l'évaluation des risques associés au nucléaire, les pratiques liées aux mines d'uranium, à la libération de petites quantités de déchets et le rôle de la participation du public dans le processus de sélection des sites. La prochaine édition pourrait également voir s'élargir son périmètre géographique pour inclure d'autres pays, comme le Canada, la Chine, la Corée du Sud, l'Espagne, la Finlande, le Japon, la Russie et l'Ukraine.

FIGURE 1: La chaîne du combustible



Source : WISE-Paris.

FIGURE 2: Déchets d'exploitation, de gestion des combustibles usés et de démantèlement du parc de réacteurs nucléaires européen (en service et fermés) – Estimations en m³ au 31 décembre 2018



Source : Compilation et estimations WNWR, basées sur les hypothèses de taux de IAEA 2007, et US DOE 1997



ÉTUDE DE PAYS : FRANCE

CONTEXTE

L'histoire nucléaire française a commencé par le développement d'armes nucléaires au lendemain de la Seconde Guerre mondiale. Après avoir construit quelques petits réacteurs destinés à la production de matières nucléaires militaires, la France s'est dotée dans les années soixante et au début des années soixante-dix de six réacteurs UNGG, destinés à la fois à produire du plutonium et de l'électricité, puis a construit trois autres types de réacteurs. Ces premiers réacteurs sont aujourd'hui tous arrêtés, et sont à différents stades de démantèlement.

La France a par la suite développé un parc de 58 réacteurs à eau pressurisée (REP ou PWR), d'une puissance unitaire de 900 à 1450 MW, implantés sur 19 sites et tous exploités par Électricité de France (EDF). Ces réacteurs, mis en service entre 1977 et 1999, couvrent environ 72 % de la production d'électricité.¹ Les deux réacteurs du site le plus ancien, Fessenheim, ont été respectivement fermés en février et juin 2020.

En 2007, EDF a entrepris la construction de l'EPR (European Pressurized Reactor) de Flamanville. À l'origine, sa construction devait coûter 3,3 Md€ (3,7 MdUS\$) et sa mise en service intervenir en 2012. Aujourd'hui, son coût est estimé à 12,4 Md€ au moins, auxquels pourraient s'ajouter 6,7 Md€ de coûts complémentaires et frais financiers, pour une mise en service pour une mise en service qui n'est pas attendue avant la fin 2022 au plus tôt.²

La production d'uranium en France s'est poursuivie jusqu'en 2001, mais elle devait depuis longtemps être complétée par des importations. La France s'est dotée de capacités industrielles pour couvrir toutes les étapes de la chaîne du combustible. Elle exploite également des installations nucléaires pour les besoins militaires. Les plus importants producteurs de déchets radioactifs sont EDF, Orano – l'exploitant des installations de la chaîne du combustible – et le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA). Chacun conserve la responsabilité des déchets jusqu'à ce qu'ils soient transférés à et gérés pour être stockés par l'ANDRA, l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs. L'ANDRA est une agence publique, créée en 1979 au sein du CEA, devenue structure indépendante en 1991.

Le retraitement des combustibles usés est un choix de politique nationale. La plupart du combustible UOX (oxyde d'uranium) est retraitée à La Hague. Si aujourd'hui la quasi-totalité du combustible est français, des quantités importantes de combustibles étrangers y ont été retraitées par le passé. La plupart du plutonium séparé est réutilisée, après mélange avec de l'uranium appauvri sous forme de combustible MOX (mixed oxide fuel – combustible à base d'oxydes d'uranium et de plutonium) ; celui-ci est utilisé dans 22 réacteurs qui sont parmi les plus anciens du parc (le gouvernement a lancé des projets d'utilisation du MOX dans les réacteurs de 1300 MW, plus récents). De l'uranium de retraitement enrichi (combustible URE) a été utilisé dans les réacteurs français jusqu'en 2016 et EDF envisage de reprendre cette utilisation à partir de 2023.

La France a accumulé au cours des années un stock important et complexe de déchets radioactifs. Différentes installations sont en service pour gérer la plupart des déchets à vie courte. En revanche, le projet de développement d'un site de stockage géologique profond destiné aux déchets de haute et moyenne activité à vie longue a pris du retard, en raison de problèmes techniques et de la résistance de l'opinion publique.

¹ Réseau de Transport d'Électricité (RTE), 2019, Bilan électrique 2018, février.

² "Cour des comptes, La filière EPR, Rapport public thématique, juillet 2020." <https://www.ccomptes.fr/fr/publications/la-filiere-epr>

SYSTÈME DE CLASSIFICATION DES DÉCHETS

La classification des déchets nucléaires adoptée en France s'inscrit dans les recommandations de l'AIEA, mais intègre des développements spécifiques. Elle repose sur deux caractéristiques : l'activité et la durée de vie. Les seuils indicatifs sont basés sur l'activité massique et la période radioactive des radionucléides à vie longue les plus importants contenus dans les déchets. Il y a trois catégories correspondant à la période et quatre pour l'activité, comme le montre le [Tableau 10](#). Cette classification ajoute aux recommandations de l'AIEA une distinction entre les déchets à vie longue et à vie courte pour les déchets de moyenne activité (MA-VL et MA-VC). Alors que dans la plupart des autres pays il est possible d'envoyer certains déchets de très faible activité (TFA) dans des décharges conventionnelles, il n'y a pas de seuil d'exemption pour les déchets TFA en France, même si ce sujet fait débat. Les catégories établies par la classification sont conçues pour correspondre à différentes filières de gestion spécifiques, dont certaines sont déjà opérationnelles, alors que d'autres n'en sont encore qu'au stade de l'étude.

TABLEAU 10: Catégories des déchets nucléaires en France – Situation 2018

		Vie longue	Vie courte	Vie très courte	
		PÉRIODE DEMI-VIE	> 30 ans	≤ 30 ans > 100 ans	≤ 100 ans
DÉCHETS DE HAUTE ACTIVITÉ (HA)	> 10 ⁹ Bq/g	À l'étude (Art. 3 de la loi de 2006) 1 laboratoire de stockage géologique (Bure)			-
DÉCHETS DE MOYENNE ACTIVITÉ (MA)	≤ 10 ⁹ Bq/g > 10 ⁶ Bq/g	À l'étude (Art. 3 de la loi de 2006)	en surface 1 centre fermé (CSM)	1 centre en service (CSA)	Gestion par décroissance radioactive
DÉCHETS DE FAIBLE ACTIVITÉ (FA)	≤ 10 ⁶ Bq/g > 10 ² Bq/g	Stockage à faible profondeur à l'étude (Art. 4 de la loi 2006)			
DÉCHETS DE TRÈS FAIBLE ACTIVITÉ (TFA)	≤ 10 ² Bq/g	Stockage en surface (site dédié) 1 installation en service (Morvilliers)			

Source : D'après ANDRA, Inventaire national des matières et déchets radioactifs, 2019

Notes : Le stockage en surface des déchets FA et MA ne concerne pas certains déchets spécifiques comme les déchets tritiés pour lesquels une gestion spécifique est encore à l'étude ; CSA = Centre de stockage de l'Aube ; CSM = Centre de stockage de la Manche.

AUTRES MATIÈRES RADIOACTIVES NON CLASSÉES COMME DÉCHETS

Selon la loi de 2006 sur la gestion des déchets, une substance nucléaire « pour laquelle une utilisation ultérieure est prévue ou envisagée » est considérée comme une matière nucléaire et non comme un déchet.³ Une déclaration d'intention de l'industrie sur une future utilisation suffit à classer une substance comme « matière », même en l'absence de plan précis ou réaliste d'utilisation. Grâce à cette disposition les combustibles usés de tout type, le plutonium séparé, l'uranium de retraitement et l'uranium appauvri ne sont pas considérés comme des déchets et n'apparaissent pas dans les catégories présentées ci-dessus. Comme il est possible qu'une partie de ces matières ne soit finalement pas réutilisée, une loi adoptée en 2016 permet au gouvernement français de requalifier des « matières » en déchets nucléaires sur avis de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN).⁴ Cette procédure n'a encore jamais été activée.

³ Journal officiel de la République française 2006, Loi n° 2006-739 du 28 juin de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs

⁴ Journal officiel de la République française 2016, Article 14 de l'Ordonnance n° 2016-128 du 10 février 2016 portant diverses dispositions en matière nucléaire

Par ailleurs, les effluents gazeux ou liquides ne sont pas non plus intégrés dans le système de classification des déchets. Produits à différentes étapes dans les installations nucléaires (en grande partie à l'usine de retraitement de La Hague), leur gestion consiste à les diluer dans l'environnement (à l'issue d'une période de décroissance pour certains d'entre eux).

QUANTITÉS DE DÉCHETS

L'ANDRA publie un inventaire des matières et déchets nucléaires tous les trois ans. Le dernier inventaire complet a été publié en 2018, avec les données à fin 2016. Une mise à jour résumée publiée en 2020 donne un état à fin 2018 pour certaines catégories.

Les estimations de l'ANDRA à la fin décembre 2018 étaient de 3 880 m³ de déchets de haute activité (HA), 43 000 m³ de déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL), 93 700 m³ de déchets de faible activité à vie longue (FA-VL), 945 000 m³ de déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC) et 557 000 m³ de déchets de très faible activité (TFA) – quantités auxquelles il faut ajouter 1 350 m³ de déchets ne rentrant dans aucune catégorie, appelés “déchets sans filière” (DSF). (Voir le détail au [Tableau 11](#).)

Les données fournies par l'ANDRA incluent des déchets étrangers lorsque ceux-ci sont entreposés sur le territoire français. Cela concerne essentiellement des contrats de retraitement avec des clients étrangers. Les déchets solides produits dans le cadre de ces contrats doivent être renvoyés dans leur pays d'origine, la loi française interdisant le stockage final de déchets radioactifs d'origine étrangère sur le territoire national. Il y a toutefois des substitutions entre différentes catégories de déchets, afin de réduire les volumes à transporter. La substitution peut également permettre de contourner le problème posé par certaines formes de déchets (par exemple des déchets bitumés de moyenne activité) qui ne sont pas acceptés dans les pays des clients étrangers du retraitement. De plus, certaines activités, passées ou présentes, impliquant des matières nucléaires d'origine étrangère ont généré des déchets (comme du combustible surgénérateur non irradié) et des “matières valorisables” (uranium de retraitement par exemple) actuellement sans réutilisation et néanmoins désormais comptabilisés comme français.

Les déchets HA proviennent quasi exclusivement du retraitement des combustibles. À la fin 2019, plus de 35 000 tML de combustibles français et étrangers avaient été retraitées à La Hague. La plupart des déchets HA ainsi générés, 95 % au moins, sont conditionnés sous forme de colis vitrifiés. Une petite partie est entreposée pour refroidissement en attente de vitrification.

La situation des déchets MA-VL est assez hétérogène : certains sont conditionnés en vue du stockage définitif, alors que d'autres n'ont encore subi qu'un pré-conditionnement ou se trouvent encore sous forme brute. Ces déchets peuvent être cimentés dans des futs métalliques, sous forme de boues ou autres formes brutes, bitumés, vitrifiés ou dans du béton. Toutefois des colis anciens ou boues doivent être caractérisés avant d'être reconditionnés. Le reconditionnement d'une grande quantité de colis de déchets bitumés, inflammables, présente un enjeu particulièrement important.

TABLEAU 11: Déchets nucléaires en France - Situation décembre 2018

Type de déchets	Type d'entreposage ou stockage	Site d'entreposage ou de stockage	Quantité
COMBUSTIBLES USÉS (HA)	Entreposage (piscine)	Centrales (une piscine par réacteur)	4 040 tML
	Entreposage (piscine)	La Hague	9 788 tML*
	Entreposage (piscine)	Creys-Malville**	106 tML
	Entreposage (en partie sous eau, en partie à sec)	Sites CEA	55 tML
HA	Entreposage	La Hague, Marcoule, sites du CEA	3 880 m ³
MA-VL (ISSUS DU TRAITEMENT DU CU)	Entreposage	Centrales, La Hague, Marcoule, sites du CEA, centres de recherche, Bouches-du-Rhône	43 000 m ³
FA-VL	Entreposage	Centrales, La Hague, Marcoule, sites du CEA, centres de recherche, Le Bouchet	93 700 m ³
DÉCHETS TRITIÉS	Entreposage	Côte d'Or	5 640 m ³
FMA-VC	Entreposage	Centrales, installations de conditionnement, Marcoule, centres de recherches, usines d'uranium	82 000 m ³
	Stockage	Centre de stockage en surface – fermé (CSM)	527 000 m ³
	Stockage	Centre de stockage en surface – en service (CSA)	336 000 m ³
DÉCHETS SANS FILIÈRE		Pas de mention de sites	1 350 m ³
TFA	Entreposage	Installations de conditionnement	181 000 m ³
	Stockage	CIRES	376 000 m ³
RÉSIDUS DU TRAITEMENT DU MINÉRAI D'URANIUM	Verses et bassins de décantation		52 millions de tonnes
SOURCES RADIOACTIVES RETIRÉES DU SERVICE***			1 700 000 unités
ESTIMATION DES QUANTITÉS FUTURES	HA : 12 000 m³ ; MA-VL : 72 000 m³ ; FA-VL : 190 000 m³ ; FMA-VC : 2 000 000 m³ ; TFA : 2 300 000 m³		

Source : Compilation WNWR d'après ANDRA 2018 et 2020 pour les déchets, et d'après Gouvernement français 2017 pour les combustibles usés.

Notes : * comprend 30 tML de combustibles usés étrangers ** Creys-Malville : sont également entreposées 70 tML de combustible non irradié initialement destiné à Superphénix ; *** situation fin 2015 ; CEA = Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

Les estimations des déchets futurs du [Tableau 11](#) correspondent aux quantités qui seraient produites par les 58 réacteurs du parc et les installations associées, selon l'ANDRA, sur la base des hypothèses suivantes :

- Poursuite de l'exploitation des réacteurs actuels pour une durée de fonctionnement de 50 à 60 ans ;
- Retraitement de l'ensemble des combustibles usés (y compris URE et MOX) ;
- Réutilisation de l'ensemble des “matières” dans les réacteurs, existants ou à venir, par conséquent sans requalification (mais sans prise en compte des déchets issus de leur hypothétique utilisation).

Comparées aux quantités actuelles, les quantités futures sont bien plus importantes. Les déchets HA tripleraient, les déchets MA-VL seraient multipliés par 1,7, les déchets FA-VL et FMA-VC doubleraient, et les déchets TFA feraient plus que quadrupler.

AUTRES MATIÈRES RADIOACTIVES NON CLASSÉES COMME DÉCHETS

L'exploitation des installations de la chaîne du combustible et la stratégie du retraitement produisent des stocks de matières qui sont déclarées réutilisables. Selon l'inventaire mis à jour de l'ANDRA,⁵ à la fin 2018, la France disposait en entreposage de :

- 14 200 tML de combustibles usés, provenant essentiellement de REP, mais aussi de réacteurs d'autres filières désormais arrêtés (hors combustibles usés provenant des activités de la défense nationale, qui représentent 194 tonnes). Ce stock est relativement stable par rapport à 2017, mais il s'est accru d'année en année, les quantités de combustibles déchargées annuellement des réacteurs étant jusqu'à 20 % supérieures à celles retraitées à La Hague (les données récentes portent sur des moyennes de l'ordre de 1 200 tML contre 1 000 tML) ;
- 318 000 tML d'uranium appauvri entreposées essentiellement à Tricastin et Bessines ;
- 31 500 tML d'uranium de retraitement, entreposées à Tricastin et à La Hague, dont 2 700 tML appartenant à des pays étrangers (à la fin 2016). Par le passé, la France a pris la responsabilité d'une grande partie de l'uranium de retraitement d'origine étrangère, dont une partie a été expédiée en Russie pour y être entreposée ou ré-enrichie. EDF met en œuvre des actions pour reprendre de telles expéditions, interrompues depuis 2009, à partir de 2020-2021 ;
- et 56 tML de plutonium séparé.

Bien que la quantité des combustibles usés UOX ait augmenté au cours des dernières années, l'augmentation globale des stocks de combustibles usés provient essentiellement des combustibles MOX et à uranium de retraitement enrichi (URE), qui ne sont ni l'un ni l'autre retraités. À la fin 2017, les stocks de MOX irradié s'élevaient à 1 910 tML, ceux d'URE irradié à 578 tML.

Selon les données officielles, les stocks totaux de plutonium français non irradié – comprenant le plutonium séparé, des combustibles et déchets au plutonium non irradiés en attente d'utilisation ou sans utilisation – se montaient à 74,9 tonnes à la fin de l'année 2019.⁶ Ce stock de plutonium s'accroît de plus d'une tonne par an en moyenne, malgré l'engagement du gouvernement de poursuivre une politique "d'équilibre des flux", principe selon lequel le plutonium non irradié ne s'accumulerait pas. L'accroissement observé au cours des dernières années est principalement dû à l'entreposage de rebuts de fabrication du combustible MOX, dont le contenu en plutonium est élevé. Fin 2019, les installations françaises détenaient également 15,4 tonnes de plutonium appartenant à des autorités étrangères.

Enfin, l'exploitation de mines d'uranium en France jusqu'en 2001 a entraîné l'accumulation d'environ 52 millions de tonnes de résidus du traitement de l'uranium, qui sont stockées sur 17 sites. Il y a également environ 200 millions de tonnes de stériles miniers sur de nombreux sites d'extraction.

POLITIQUES ET ÉQUIPEMENTS DE GESTION DES DÉCHETS

La doctrine de retraitement des combustibles usés a façonné la politique nationale de gestion des déchets et matières nucléaires pendant des décennies, engendrant une infrastructure industrielle et un système réglementaire très complexes.

Le cadre législatif et réglementaire de la France concernant la gestion des déchets nucléaires a été développé

⁵ ANDRA 2020, *Inventaire national des matières et déchets radioactifs 2020* – Les essentiels, janvier.

⁶ IAEA 2020, *Communication Received from France Concerning Its Policies Regarding the Management of Plutonium*, INFCIRC/549/Add.5/21 par INFCIRC/549/Add.5/24, 21 juillet.

des dizaines d'années après le début de la production de déchets. Une première loi sur la recherche en matière de gestion des déchets radioactifs est entrée en vigueur en 1991.⁷ La première approche globale a fait son apparition en 2006 avec la loi sur la gestion durable des matières et déchets radioactifs.⁸ Elle a mis en place un dispositif de Plan national pour la gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR), qui prévoit une discussion régulière de cette stratégie au sein d'un groupe de travail pluraliste, la publication régulière d'un rapport commun ASN-Gouvernement, et la mise à jour régulière d'une ordonnance gouvernementale traduisant les recommandations du rapport en exigences réglementaires pour les exploitants.⁹

La politique de retraitement a entraîné l'accumulation de combustible usé et autres matières nucléaires (comme le plutonium séparé et l'uranium de retraitement). Si leur statut de "matières réutilisables" permet de réduire la pression du côté du stockage des déchets, ces stocks exercent une pression croissante sur les besoins de capacités d'entreposage spécifiques. Environ un tiers des combustibles usés des REP est entreposé dans les piscines sur le site des réacteurs, et deux tiers dans les piscines de La Hague. Ces dernières devraient être saturées d'ici 2030 au plus tard, ce qui pourrait remettre en cause l'exploitation des réacteurs. Pour faire face à cette situation, EDF projette la construction d'une piscine centralisée pour les combustibles usés, d'une capacité de 10 000 tML. Initialement prévue sur l'un de ses sites nucléaires, elle pourrait être implantée par EDF sur le site de La Hague. Cette piscine serait conçue pour fonctionner pendant un siècle. L'option de stockage à sec des combustibles usés n'a pas été retenue¹⁰, mais le débat public sur le PNGMDR a conclu sur la nécessité de préparer le déploiement éventuel de cette option « si cela s'avérait nécessaire en réponse à un aléa fort sur le "cycle du combustible" ou à une évolution de politique énergétique.¹¹

Les déchets à vie longue s'accumulent également dans les installations d'entreposage, essentiellement à La Hague, où sont produits la plupart des déchets HA et MA-VL, et à Marcoule dont l'inventaire est le deuxième plus élevé. Les déchets à vie courte sont les seuls pour lesquels il existe déjà des solutions de stockage définitif. Les déchets FMA-VC ont été envoyés vers un site de stockage en surface dénommé Centre de stockage de la Manche (CSM) jusqu'en 1994. Le CSM, désormais fermé, abrite 527 000 m³ de déchets dont près des deux-tiers sont issus de la filière électronucléaire. Les déchets FMA-VC sont désormais envoyés vers un autre site de surface, le Centre de stockage de l'Aube (CSA). Fin 2018, sa capacité d'1 million de m³ était utilisée à 34 %. Les déchets TFA-VC sont envoyés vers le Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (CIRES) de Morvilliers depuis 2003, et 58 % de sa capacité de 650 000 m³ étaient utilisés à la fin 2018.

Pour les déchets FA-VL, la loi de 2006 sur la gestion des déchets radioactifs a introduit le principe d'un site de stockage dédié en subsurface dont la mise en service était prévue pour 2013. En raison de problèmes techniques et d'acceptabilité au niveau local, le projet a été remis. Le stockage en subsurface est à l'étude, mais la stratégie de gestion n'a pas été arrêtée (nombre de sites, localisation, choix de conception). En attendant qu'un site de stockage soit disponible, les déchets FA-VL sont pour l'essentiel entreposés sur leurs sites de production.

Un stockage en profondeur appelé CIGEO est prévu pour les déchets HA et MA-VL comme solution définie par la loi de 2006 pour leur stockage définitif. La majorité des déchets HA sont entreposés à La Hague (85 %), le reste à Marcoule. Les déchets MA-VL sont essentiellement entreposés à La Hague (44 %), Marcoule (34 %) et Cadarache (16 %). Le début de la construction de CIGEO est prévu pour 2023-2024.

Sa région d'implantation avait été décidée dans les années quatre-vingt-dix, avec le choix du petit village de

⁷ Journal officiel de la République française 1991, Loi n° 91-1381 du 30 décembre 1991 relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs

⁸ Journal officiel de la République française 2006, Loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs

⁹ Vote conforme par le Sénat et l'Assemblée nationale, valant adoption de l'article 12 du projet de loi relatif d'accélération et de simplification de l'action publique, respectivement le 5 mars 2020 et le 6 octobre 2020.

¹⁰ Voir le dernier Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs 2016-2018 <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/PNGMDR%202016-2018.pdf>

¹¹ Journal officiel de la République française 2020, Décision du 21 février 2020 consécutive au débat public dans le cadre de la préparation de la cinquième édition du plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs

Bure, dans le nord-est de la France pour accueillir un laboratoire destiné à l'étude du milieu argileux local qui a été autorisé en 1999.¹² Selon la loi de 1991 sur la recherche sur la gestion des déchets radioactifs, un deuxième site devait être approuvé pour l'étude dans les formations granitiques, mais en raison de l'opposition locale dans les zones pressenties, cette option a été abandonnée. En 2010, l'ANDRA a défini une "Zone d'intérêt pour la reconnaissance" en profondeur (ZIRA) autour de Bure, et l'implantation précise de CIGEO n'a été décidée que quelques années plus tard.¹³ Il est prévu qu'une première phase industrielle pilote précède l'exploitation, et que celle-ci garantisse un niveau défini de récupérabilité et de réversibilité pour une durée qui ne peut être inférieure à cent ans.¹⁴ La mise en place des déchets devrait se poursuivre jusqu'en 2150 environ, date à laquelle le site serait fermé pour entrer en phase de surveillance pour plusieurs siècles.¹⁵

Les déchets les plus chauds doivent être refroidis pendant des décennies avant de pouvoir être stockés dans CIGEO. Des délais techniques pourraient aussi venir de la gestion de certains problèmes comme les risques d'incendie associés aux dizaines de milliers de tonnes de déchets bitumés provenant de la première période du retraitement. Ces délais pourraient dépasser la durée d'exploitation prévue des installations dans lesquelles sont actuellement entreposés les déchets HA et MA-VL. Il n'existe pour l'instant aucun projet pour les renforcer ou les remplacer en conséquence.

Une partie des "matières valorisables" pourrait se trouver un jour requalifiée en déchets en l'absence de véritable réutilisation ; cependant, leur gestion n'est prise en compte ni dans le concept actuel de CIGEO ni via l'étude d'autres possibilités de gestion. Inclure certaines de ces matières dans l'inventaire à stocker nécessiterait une évolution de la conception de CIGEO et augmenterait son emprise, potentiellement jusqu'aux frontières de la zone géologique actuellement envisagée.

COÛTS ET FINANCEMENT

Les seules estimations globales de coûts détaillés de la gestion des déchets en France sont celles de la Cour des Comptes publiées en 2012¹⁶ et mises à jour en 2014¹⁷, présentées au [Tableau 12](#). Selon la Cour des Comptes, le total des charges brutes relatives à la gestion des déchets liés aux activités nucléaires s'élevait à 32 Md€ (44 MdUS\$) à la fin 2013, dont 80 % supportés par EDF, 11 % par Areva (aujourd'hui Orano) et 9 % par le CEA.¹⁸

TABLEAU 12: Estimation des charges brutes de gestion des déchets nucléaires en France - 2013

CHARGES BRUTES, EN MILLIONS D'€ ₂₀₁₃		EDF	CEA	AREVA	ANDRA	TOTAL
GESTION À LONG TERME DES DÉCHETS		24 370	1 995	1 885	42	28 292
dont	HA et MA-VL	21 981	1 626	1 154	1	24 762
	FA-VL	832	74	27	17	950
	TFA et FMA-VC	1 557	295	704	24	2 580
CHARGES APRÈS FERMETURE		1 208	411	42	42	1 703
REPRISE ET CONDITIONNEMENT (DÉCHETS ANCIENS)		0	512	1 541	—	2 053
TOTAL		25 578	2 918	3 468	84	32 048

Source : Cour des Comptes 2014.

¹² Journal officiel de la République française 1999, Décret du 3 août 1999

¹³ ANDRA 2009, *Projet de stockage géologique profond réversible - Proposition d'une Zone d'intérêt pour la reconnaissance approfondie et de scénarios d'implantation en surface*. Rapport du Comité stratégique, <https://www.andra.fr/sites/default/files/2018-02/391.pdf>

¹⁴ Journal officiel de la République française 2016, Loi n° 2016-1015 du 25 juillet 2016 précisant les modalités de création d'une installation de stockage réversible en couche géologique profonde des déchets radioactifs de haute et moyenne activité à vie longue.

¹⁵ ANDRA, "Les différentes phases du projet", consulté le 22 février 2019, <https://www.andra.fr/cigeo/les-installations-et-le-fonctionnement-du-centre/les-differentes-phases-du-projet>

¹⁶ Cour des Comptes 2012, *Les coûts de la filière électronucléaire, rapport public*.

¹⁷ Cour des Comptes 2014, *Le coût de production de l'électricité nucléaire - Actualisation 2014*, Communication à une commission d'enquête de l'Assemblée nationale.

¹⁸ Cour des Comptes 2020, *L'arrêt et le démantèlement des installations nucléaires*, Communication à la commission des finances du Sénat.

Alors que les sites de stockage existants pour les déchets TFA et FMA-VC couvrent le stockage de 90 % environ du volume total des déchets, les coûts cumulés des sites correspondants – CIREs, CSM et CSA – ne représentent que 2,6 Md€ (3,6 MdUS\$), soit moins de 10 % du total. La majeure partie des coûts estimés est liée au stockage des déchets à vie longue (plus de 25 Md€ ou 34,5 MdUS\$) et à la reprise et au reconditionnement de déchets anciens (environ 2 Md€ ou 2,8 MdUS\$). Ces deux estimations restent très incertaines. Si le gouvernement a fixé le coût du stockage définitif des déchets HA et MA-VL dans CIGEO, comme base au provisionnement, à 25 Md€ (32 MdUS\$), il n'a fait là que régler de façon arbitraire une querelle entre les exploitants et l'ANDRA sur des estimations de coûts très divergentes.¹⁹

De plus, cette estimation du futur inventaire s'appuie sur l'hypothèse que tout le combustible utilisé sera retraité. Des estimations de coûts antérieures fournies par l'ANDRA ont montré que la prise en compte de combustibles uranium et MOX non retraités dans l'inventaire considéré pourrait se traduire par des coûts prévisionnels de CIGEO plus que doublés. L'estimation actuelle de la charge brute de la gestion des combustibles utilisés se base elle aussi sur une prévision de retraitement de la totalité du combustible utilisé.

La loi de 2006 sur la gestion des déchets radioactifs stipule que les exploitants doivent transmettre à l'autorité administrative les informations nécessaires dans un rapport mis à jour tous les trois ans, ainsi qu'une note d'actualisation chaque année. La législation stipule que les actifs dédiés doivent couvrir les provisions, et présenter un degré suffisant de sécurité, de diversification, de liquidité et de rentabilité.

Dans la mise à jour de 2014 de son rapport, la Cour des Comptes notait que les provisions destinées à couvrir les charges futures de démantèlement et de gestion des déchets radioactifs s'établissaient à 43,7 Md€ (60,3 MdUS\$) à la fin 2013, dont 11 Md€ (15,2 MdUS\$) pour la gestion des déchets et 10,1 Md€ (13,9 MdUS\$) pour la gestion des combustibles utilisés. Pour EDF, les provisions relatives aux combustibles utilisés MOX et URE s'appuient sur une hypothèse "prudente" prévoyant qu'ils ne seront pas retraités mais stockés dans un site de stockage souterrain – hypothèse incompatible avec celles retenues pour le coût de CIGEO. Sans fournir le même détail, la Cour indique dans son rapport sur le démantèlement de 2020 que le total des provisions pour charges futures inscrites au bilan des exploitants s'élève fin 2018 à 63,8 Md€ (88 MdUS\$), dont 35,5 Md€ (49 MdUS\$) pour les déchets et 28,3 Md€ (39 MdUS\$) pour le démantèlement, répartis entre 62,4 % pour EDF, 11,9 % pour Orano, et 25,7 % pour le CEA.

TABLEAU 13: Provisions pour démantèlement et gestion des déchets nucléaires en France – 2013

PROVISIONS, M€ ₂₀₁₃	EDF	CEA	AREVA	ANDRA	TOTAL
Démantèlement	13 024	2 931	3 661		19 616
Gestion du combustible utilisé	9 779	342			10 121
Gestion des déchets, dont	7 542	1 311	2 113	47	11 103
reprise et conditionnement		432	1 240		1 672
gestion long terme des déchets	7 397	830	831	36	9 094
dépenses après fermeture des centres de stockage	145	49	42	10	246
Derniers cœurs	2 313				2 313
Autre		152	483		635
TOTAL	32 658	4 736	6 258	47	43 699
Part	75%	11%	14%		100%
Provisions/charges brutes	48%	66%	52%	56%	50%

Source : Cour des Comptes 2014.

¹⁹ Journal officiel de la République française 2016, Arrêté du 15 janvier 2016 relatif au coût afférent à la mise en œuvre des solutions de gestion à long terme des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue

Les critiques soutiennent que les provisions destinées à couvrir les charges futures ne sont pas suffisantes et que cette situation est source de fortes incertitudes. Créée par la loi de 2006, la Commission nationale d'évaluation du financement des charges de démantèlement des installations nucléaires de base et de gestion des combustibles usés et des déchets radioactifs (CNEF) a été mise en place en 2011 pour évaluer le contrôle des exploitants par le gouvernement. Constituée de parlementaires et d'experts, elle devait publier un rapport tous les trois ans. Elle n'en a cependant publié qu'un seul, en 2012.³²⁰ Celui-ci concluait que l'autorité administrative manquait de moyens pour exercer son contrôle, que les évaluations des exploitants ne comportaient pas de marge de sécurité vis-à-vis des incertitudes, que le format des informations transmises ne lui permettait pas de vérifier la conformité de la composition des actifs. Enfin la CNEF estimait qu'il lui était difficile de maintenir ses compétences en raison de la faible fréquence de ses travaux. La Cour des Comptes a pointé pour sa part début 2020 des problèmes de même nature et émis plusieurs recommandations portant notamment sur le pilotage des opérations de démantèlement et la gestion de leur financement, incitant en particulier à « obtenir des exploitants une meilleure prise en compte des incertitudes et aléas dans les évaluations de charges futures et dans leur financement ».

RÉSUMÉ

Le programme nucléaire français a été développé dans un premier temps dans un objectif militaire, avant de devenir rapidement un pilier de la politique énergétique française. Il a conduit au déploiement d'un grand nombre de réacteurs et installations nucléaires qui ont produit le stock de déchets et matières nucléaires le plus important d'Europe. Le choix stratégique d'un schéma de gestion basé sur le retraitement des combustibles usés a généré un ensemble complexe de déchets et matières nucléaires de nombreuses catégories, et se solde par l'augmentation constante des quantités de déchets de moyenne à haute-activité à vie longue dans les installations d'entreposage.

La plupart des choix historiques de la France dans ce domaine ont été faits avant la mise en place d'un cadre législatif et réglementaire dédié. Cette mise en place a commencé avec la loi relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs de 1991, puis la loi sur la gestion des matières et déchets radioactifs de 2006. Depuis, la mise à jour régulière d'un plan triennal a pour objectif l'élaboration et la mise en œuvre d'une stratégie compatible avec cet héritage complexe.

Seules certaines catégories de déchets (comme les déchets de très faible activité, les déchets de faible activité à vie courte, et les déchets de moyenne activité à vie courte) font l'objet d'une solution définitive de stockage de manière opérationnelle. Aucune solution opérationnelle de stockage n'est en place pour toutes les autres catégories. Les projets de stockage à faible profondeur pour les déchets de faible activité à vie longue ont été mis en veille. Le projet d'enfouissement en formation géologique profonde pour les déchets de moyenne activité à vie longue et les déchets de haute activité se heurte toujours à d'importants obstacles techniques et politiques. De plus, la France n'a pas développé de stratégie pour la gestion des stocks croissants de matières nucléaires (dont le plutonium, l'uranium de retraitement ou appauvri) qui risquent de ne pas être, ou seulement partiellement, réutilisés.

Cette situation exerce une pression croissante sur les capacités d'entreposage existantes et leur durée d'exploitation, qui se traduit par un accroissement des capacités, comme le nouveau projet de piscine d'entreposage centralisé des combustibles usés. Les prévisions actuelles de coûts et les fonds dédiés ne prennent pas en compte ces éléments et de fait risquent fort de s'avérer insuffisants. EDF, censé couvrir l'essentiel des coûts de "fin de cycle", supporte en même temps le fardeau de la hausse des coûts de fonctionnement de ses réacteurs vieillissants, d'un "mur d'investissement" lié au fiasco de la construction de Flamanville-3, ainsi que d'une obligation légale d'augmenter la part de production des énergies renouvelables.

³²⁰ République française 2012, *Commission nationale d'évaluation du financement des charges de démantèlement des installations nucléaires de base et de gestion des combustibles usés et des déchets radioactifs*.



CONTRIBUTEURS ET CONTRIBUTRICES

MANON BESNARD est ingénieure nucléaire, diplômée de l'École Nationale Supérieure de l'Énergie, l'Eau et l'Environnement (ENSE3), de l'Institut National Polytechnique de Grenoble. Elle a travaillé de 2014 à 2019 en tant qu'experte sur le nucléaire et l'énergie, au sein de WISE Paris (World Information Service on Energy), agence française d'information et de conseil à but non-lucratif, avant d'intégrer en 2020 le Pôle d'expertise nucléaire et fossiles de l'Institut négaWatt. Elle travaille en particulier sur la sûreté nucléaire et les problématiques liées à la gestion des déchets nucléaires. Elle est membre des groupes permanents d'experts pour les déchets (GPD) et pour les démantèlements (GPDEM) de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN).

MARCOS BUSER, né en 1949, est géologue et chercheur en sciences sociales. Depuis plus de 40 ans, il travaille sur le nucléaire et l'élimination de déchets dangereux chimio-toxiques. Il a géré d'importants projets sur les déchets en Suisse comme dans les pays voisins, et a travaillé en étroite collaboration avec des universités, des instituts de recherche, des institutions internationales, des agences gouvernementales et des sociétés d'ingénierie privées. Marcos Buser a été membre et président de diverses commissions d'experts, dont le groupe d'experts pour les modèles de gestion des déchets radioactifs (EKRA) en Suisse (1999–2002), la Commission Fédérale de Sécurité Nucléaire (2008–2012), et diverses commissions relatives à l'assainissement de décharges industrielles. Il a été président de l'autorité de contrôle (2002–2013/2014) du laboratoire international de recherche du Mont Terri sur des déchets de haute activité et a participé à divers projets sur l'entreposage/stockage souterrain de déchets chimiques/toxiques dans d'anciennes mines.

IAN FAIRLIE consultant indépendant sur le rayonnement dans l'environnement, est diplômé en chimie et en radiobiologie. Ses études doctorales à l'Imperial College de Londres et à l'Université de Princeton aux États-Unis portaient sur l'impact sanitaire des technologies liées aux déchets nucléaires. Le Dr Fairlie a été Secrétaire scientifique du Committee Examining Radiation Risks of Internal Emitters (www.cerrie.org), du gouvernement britannique. Il est toujours consultant auprès de l'organisation International Physicians For the Prevention of Nuclear War (IPPNW), d'ONG environnementales et de gouvernements locaux dans de plusieurs pays.

ALLISON M. MACFARLANE est actuellement professeure de politique scientifique et affaires internationales à l'Université George Washington, Directrice de l'Institute for International Science and Technology Policy de l'Elliott School of International Affairs. Le Dr Macfarlane a été Présidente de l'autorité de sûreté nucléaire américaine (U.S. Nuclear Regulatory Commission) de juillet 2012 à décembre 2014. Elle est titulaire d'un doctorat de géologie du Massachusetts Institute of Technology (MIT), et d'une licence en géologie de l'Université de Rochester. Elle a obtenu des bourses d'études au Radcliffe College, au MIT, aux Universités de Stanford et de Harvard. De 2010 à 2012, elle a siégé au sein de la Blue Ribbon Commission on America's Nuclear Future, créée par l'Administration Obama dans le but de développer une stratégie nationale pour les déchets de haute activité.

GORDON MACKERRON est professeur en politique scientifique et technologique à SPRU (Science Policy Research Unit), Université du Sussex. Il a dirigé SPRU de 2008 à 2013, puis en 2018–2019, après avoir été Directeur associé de NERA Economic Consulting à Londres pendant 4 ans, et une carrière antérieure de plus de 20 ans à SPRU.

Il est économiste, spécialisé en économie de l'énergie et de l'environnement, diplômé en économie des Universités de Cambridge et du Sussex. Son parcours universitaire s'est concentré sur les aspects économiques et politiques de l'électricité, et du nucléaire en particulier, sujets sur lesquels il est souvent intervenu et a beaucoup publié.

YVES MARIGNAC dirige le Pôle d'expertise nucléaire et fossiles de l'Institut négaWatt. Il a été pendant 17 ans directeur de WISE-Paris (World Information Service on Energy), qu'il a rejoint en 1996 après avoir obtenu son diplôme en Sciences de l'information à l'Université Orsay / Paris-Sud. Depuis, il a apporté son expertise à de nombreux organismes nationaux comme internationaux, institutionnels, académiques, ONG ou médias pour lesquels il produit des rapports sur différentes thématiques relatives au nucléaire et à l'énergie. De 2006 à 2013 il a coordonné le Groupe d'expertise pluraliste sur les mines d'uranium (GEP-Mines). Il est membre de l'International Panel on Fissile Materials (IPFM) soutenu par l'Université de Princeton, membre des groupes permanents d'experts de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) pour les réacteurs nucléaires (GPR) et pour les équipements sous pression nucléaires (GPESPN).

ESZTER MATYAS est diplômée en Sciences politiques de la Central European University (CEU) et de l'Eotvos Lorand University (ELTE), où ses recherches ont principalement porté sur la politique de l'environnement. Elle est doctorante en sciences de l'environnement à la CEU, et sa thèse porte sur le nucléaire. Son intérêt pour l'énergie nucléaire l'a mené à rejoindre Energiaklub, où elle a été en charge de la gestion des projets sur le nucléaire. Elle a publié sur l'état de l'environnement dans les démocraties illibérales et sur l'influence de la Russie sur l'industrie nucléaire. Elle anime avec des collègues une émission de radio sur l'environnement. Elle est membre de Nuclear Transparency Watch et du volet « société civile » du programme EURAD.

EDVARD SEQUENS est Président de Calla – Association for the Preservation of the Environment, où il travaille également comme consultant sur l'énergie. Il est diplômé en contrôle des systèmes automatisés de la Military Technical University de Liptovský Mikuláš. Il a fait partie de la commission gouvernementale d'experts indépendants pour l'évaluation des besoins énergétiques de la République tchèque, et a également été consultant externe pour le ministère de l'Environnement. Il est membre du Government Sustainable Energy Committee, et a contribué à la création d'une feuille de route alternative pour le développement de l'industrie énergétique en République tchèque, connue sous le nom de Smart Energy.

JOHAN SWAHN est directeur de l'ONG MKG (Swedish NGO Office for Nuclear Waste Review). Il y dirige l'évaluation des demandes d'autorisation déposées par l'industrie nucléaire pour un site de stockage du combustible usé en Suède. Il est titulaire d'un Master scientifique en physique de l'ingénierie, et d'un doctorat en Sciences, technologie et sécurité globale de la Chalmers University of Technology de Göteborg. Ses travaux de doctorat et de post-doc traitent principalement des thématiques de la non-prolifération, des déchets nucléaires et de l'élimination des matières fissiles d'origine militaire. Il a auparavant travaillé comme chercheur et chargé d'enseignement sur les thématiques de l'énergie, de l'environnement, et de la sécurité globale à la Chalmers University of Technology.

BEN WEALER est chercheur associé du Workgroup for Economic and Infrastructure Policy (WIP) du Berlin Institute of Technology (TU Berlin), chercheur invité au DIW à Berlin (Institut allemand de recherche économique) ; il a reçu une bourse d'étude de la Fondation Heinrich-Böll. Son domaine de recherche est l'économie de l'énergie nucléaire, avec une attention particulière portée au démantèlement, à la gestion des déchets, à la construction de nouvelles centrales et au lien civil-militaire du nucléaire. Il est membre fondateur d'un programme de recherche en Allemagne, en Europe et outre-atlantique, dirigé conjointement par la TU de Berlin et DIW Berlin. Il est co-auteur de la première étude indépendante allemande d'examen du démantèlement des centrales, et auteur collaborateur du World Nuclear Industry Status Report depuis 2018.

JULIE HAZEMANN est directrice d'EnerWebWatch, un service international de veille et recherche documentaire spécialisé sur les questions climatiques, énergétiques et nucléaires depuis 2004; elle intervient dans le cadre de différents projets ou missions de recherche, et en particulier le World Nuclear Industry Status Report.

Forte de son expérience d'ingénieure documentaire, elle s'investit dans la structuration de l'information, la visualisation de données et les produits documentaires électroniques. Elle a également traduit différents ouvrages et rapports sur le nucléaire.

IMPRESSUM

Un rapport publié sous la licence Creative Commons suivante :

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0>. Attribution – You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor (but not in any way that suggests that they endorse you or your use of the work). Noncommercial – You may not use this work for commercial purposes. No derivatives – If you remix, transform, or build upon the material, you may not distribute the modified material.

RAPPORT MONDIAL SUR LES DÉCHETS NUCLÉAIRES FOCUS SUR L'EUROPE VERSION FRANÇAISE DU "WORLD NUCLEAR WASTE REPORT" Novembre 2020

CONTRIBUTEURS:

Manon Besnard, Marcos Buser, Ian Fairlie, Gordon MacKerron, Allison Macfarlane, Eszter Matyas, Yves Marignac, Edvard Sequens, Johan Swahn et Ben Wealer.

EQUIPE DU PROJET :

Rebecca Harms, Mycle Schneider, Gordon MacKerron, Wolfgang Neumann, Anna Turmann et Arne Jungjohann.

EDITEUR EN CHEF :

Arne Jungjohann

SPONSORS ET PARTENAIRES :

Altner-Combecher Stiftung, Bäuerliche Notgemeinschaft Trebel, Bund für Umwelt und Naturschutz (BUND), Bürgerinitiative Umweltschutz Lüchow-Dannenberg e.V., Climate Core and Green/EFA MEPs Group in the European Parliament, the Heinrich-Böll-Stiftung (HBS) and its offices in Berlin, Brussels, Paris, Prague, and Washington DC, KLAR! Schweiz, Annette und Wolf Römmig, and the Swiss Energy Foundation.

DESIGN ET MISE EN PAGE :

Renewable Energy Agency, Andra Kradolfer

PHOTO DE COUVERTURE :

Sean Gallup/Getty Images News

The photo shows castor containers filled with highly radioactive waste from decommissioned nuclear power plants at the Zwischenlager Nord storage facility on June 8, 2011 in Lubmin, Germany.

Retrouvez cette publication en différentes langues sur WWW.WORLDNUCLEARWASTEREPORT.ORG

POUR LA VERSION FRANÇAISE

COORDINATION DE LA TRADUCTION : Jules Hebert

TRADUCTION ET RELECTURES : Julie Hazemann, avec l'aide de Nina Schneider et Mathilde Horville

MISE EN PAGE : Céline Violet

Une version coordonnée par le bureau de Paris de la Heinrich-Böll-Stiftung : fr.boell.org

www.WorldNuclearWasteReport.org