

Etude comparative des stratégies de gestion du combustible nucléaire belge

Volume 2

La mission du SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie consiste à créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. Dans ce cadre la Direction générale de l'Energie a édité cette publication analysant les options de gestion sûre et durable du combustible utilisé des centrales nucléaires commerciales belges.

Document réalisé par le
SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie
Direction générale de l'Energie – Division des applications nucléaires

Rédaction clôturée fin décembre 2014.

SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie
Rue du Progrès 50
1210 Bruxelles

N° d'entreprise : 0314.595.348

tél. + 32 2 277 51 11

Editeur responsable : Jean-Marc Delporte
Président du Comité de direction
Rue du Progrès 50
1210 Bruxelles

Version internet

Avant-propos

La Commission européenne, dans sa directive 2011/70/Euratom du 19 juillet 2011, demande aux États membres d'établir un programme national en matière de gestion des déchets radioactifs et des combustibles à l'échéance d'août 2015. L'établissement d'un tel programme nécessite naturellement qu'une décision soit prise quant à l'option de cycle suivie, puisque cette dernière aura un impact appréciable sur la nature des déchets radioactifs, leur volume, leur radiotoxicité, leur potentiel énergétique, etc.

C'est en vue de préparer ce programme national que certains États membres ont analysé les différentes voies qui étaient envisageables pour eux, en accord avec leur propre législation et leur parc nucléaire spécifique. La Belgique sera également soumise à cet exercice, et devra par conséquent se résoudre à mettre un terme à la période d'attente qui démarra en 1993 et pendant laquelle les deux options de retraitement et de non-retraitement devaient être envisagées à pied d'égalité.

La présente étude a pour vocation de réaliser une analyse préliminaire des stratégies de gestion des déchets radioactifs envisageables pour la Belgique. En effet, il apparaît aujourd'hui que la Belgique pourrait envisager plus de deux options pour la gestion de l'aval de son cycle du combustible. Au total, six stratégies ont été identifiées parmi lesquels figurent les deux stratégies correspondant aux deux options dont il est fait référence dans la décision du Conseil des Ministres de 1998 :

3

- une stratégie « non-retraitement » qui correspond à l'option de cycle ouvert. Dans cette stratégie, les combustibles sont conditionnés en l'état et enfouis directement en stockage géologique ;
- une stratégie « retraitement » qui correspond à l'option de cycle fermé. Cette stratégie a récemment été scindée en deux stratégies : la première est celle envisagée officiellement dans laquelle le retraitement porte sur l'ensemble du combustible irradié et la seconde envisage un retraitement qui ne porte seulement que sur une partie du combustible irradié. Les déchets issus du retraitement (complet ou partiel) sont vitrifiés, cimentés ou compactés en fonction de leur nature et sont ensuite conditionnés en vue de leur enfouissement en site de stockage géologique, les matières recyclées peuvent être réinjectées dans le cycle. Le cas échéant, les combustibles irradiés non retraités seront gérés comme dans la stratégie de non-retraitement ;
- une stratégie que nous avons appelée « séparation poussée » qui est proche de la stratégie non-retraitement dans son principe, à ceci près que la technique de séparation utilisée dans cette stratégie a été sélectionnée et optimisée pour être appliquée au combustible nucléaire irradié afin de permettre un conditionnement optimal de chaque espèce chimique ou groupe d'espèces chimiques en fonction de leurs propriétés. Dans cette stratégie, on ne peut exclure la revente ou la réutilisation des matières ayant un potentiel énergétique (principalement l'uranium et le plutonium) dans le but de réduire le volume et les émissions radioactives des déchets mis en dépôt en Belgique.

- une stratégie « incinération » basée sur l'utilisation d'un incinérateur d'actinides dédié ayant pour vocation de détruire les déchets radioactifs de longue durée de vie. Le projet MYRRHA, à la tête duquel se trouve le SCK•CEN, est le précurseur de ce type d'installation. La destruction des actinides (ces derniers sont considérés comme des déchets de forte radiotoxicité et aux temps de vie très longs et leur gestion à long terme est particulièrement sensible) produit des déchets qui sont toujours radioactifs, mais dont les durées de vie sont beaucoup plus courtes, ce qui réduit les contraintes à long terme vis-à-vis de leur enfouissement en dépôt géologique.
- une stratégie de « recherche additionnelle », dans laquelle la Belgique reporte toute décision à caractère définitif à un moment déterminé (ou indéterminé) du futur. Le report de décision dans le futur s'accompagne d'efforts de R&D ciblés pour développer d'autres stratégies de gestion. Cette stratégie est motivée par l'espoir qu'une meilleure connaissance permette de développer et appliquer la stratégie optimale au terme de la période de recherche additionnelle. Cette stratégie correspond à la période de statu quo dans laquelle se trouve la Belgique depuis 1993.

Les stratégies supplémentaires que nous introduisons dans cette étude n'ont certainement pas la maturité industrielle des stratégies étudiées depuis 1993, mais elles sont néanmoins envisagées sérieusement par d'autres pays. Ainsi, par exemple, la France, qui n'est pas dans une optique de sortie du nucléaire comme c'est le cas pour la Belgique, prévoit de pérenniser durablement le cycle du combustible pour pouvoir recycler le combustible irradié et détruire les actinides mineurs dans des incinérateurs dédiés et des réacteurs rapides. Un autre exemple est celui des Pays-Bas, qui ont opté pour le report du stockage et un entreposage intermédiaire pour une période de cent ans.

La présente étude se veut prospective et informative. Elle poursuit l'objectif d'identifier des stratégies qui pourraient être envisagées par et pour la Belgique et comprend une analyse préliminaire des aspects à considérer.

Table des matières

Avant-propos.....	3
Liste des figures.....	6
1. Etude comparative des stratégies de gestion	7
2. Méthodologie.....	8
3. Hypothèses générales	10
4. Stratégies de gestion du combustible irradié.....	16
4.1. Clefs de lecture	16
4.2. Stratégie A : le non-retraitement.....	20
4.3. Stratégie B : retraitement complet.....	23
4.4. Stratégie C : retraitement partiel.....	26
4.5. Stratégie D : séparation poussée	28
4.6. Stratégie E : incinération.....	30
4.7. Stratégie F : recherche additionnelle	33
4.8. Analyse transversale de la chronologie des stratégies de gestion du combustible irradié	35
5. Synthèse.....	39
Annexe : Lettre de recommandation des experts.....	41
Bibliographie.....	44

Liste des figures

Figure 1. Schéma de la stratégie A : le non-retraitement.....	21
Figure 2. Schéma de la stratégie B et C : le retraitement (total ou partiel).....	23
Figure 3. Schéma de la stratégie de gestion D : la séparation poussée.	28
Figure 4. Schéma de la stratégie de gestion E : l'incinération.....	30
Figure 5. Schéma de la stratégie de gestion F : la recherche additionnelle.....	33
Figure 6. Ligne du temps avec les étapes importantes concernant le cycle du combustible nucléaire belge (sur la gauche) et représentation en diagramme des stratégies possibles pour la Belgique.	38

1. Etude comparative des stratégies de gestion

Selon la directive européenne 2011/70/EURATOM, présentée à dans le premier volume de ce document, la politique nationale des Etats membres en matière de gestion responsable et sûre des déchets radioactifs se doit de reposer sur six principes : «

- *la production de déchets est maintenue au niveau le plus bas qu'il est raisonnablement possible d'atteindre, en terme d'activité et de volume, au moyen de mesures de conception appropriées et de pratiques d'exploitation et de démantèlement, y compris le recyclage et la réutilisation des substances.*
- *l'interdépendance des différentes étapes de la production et de la gestion du combustible irradié et des déchets radioactifs est prise en considération ;*
- *le combustible usé et les déchets radioactifs sont gérés de manières sûre, y compris à long terme grâce à des dispositifs de sûreté passive ;*
- *les mesures sont mises en œuvre selon une approche graduée ;*
- *les coûts de gestion du combustible usé et des déchets radioactifs sont supportés par ceux qui ont produit ces substances ;*
- *un processus décisionnel documenté et fondé sur des données probantes régit toutes les étapes de la gestion du combustible usé et des déchets radioactifs. »*

7 La résolution de 1993 du Parlement belge et la décision du Conseil des Ministres de 1998 instaurent une période d'examen et de recherches qui doit être mise à profit pour pouvoir évaluer le plus sereinement possible quelle décision prendra la Belgique en matière de gestion du combustible nucléaire. En particulier, le choix entre l'option « retraitement » et « non-retraitement » est posé. Or, la loi du 3 juin 2014, qui transpose la directive déchets, contraint également la Belgique à établir un programme national de gestion des déchets radioactifs pour le 15 août 2015. Ce texte législatif impose ainsi un terme à la période d'examen et de recherches.

La situation a beaucoup évolué depuis 1993. De vastes programmes de recherches ont été menés à l'échelle belge, européenne et mondiale. Parmi les résultats issus de ces programmes de recherche, citons par exemple le développement des techniques dites « *Partitioning & Transmutation* » (séparation et transmutation), le développement d'une quatrième génération de réacteurs nucléaires (l'objectif étant que les premiers d'entre eux entrent en service à l'échelle industrielle à l'horizon 2030), le développement par le SCK•CEN du prototype MYRRHA, qui a reçu le soutien officiel de la Belgique. En matière de stockage définitif des déchets radioactifs, la situation a évolué : deux pays sont maintenant entrés en phase de construction pour leurs dépôts géologiques. La Suède a déterminé la localisation du site pour son dépôt géologique en 2010, après plusieurs années d'investigations et de consultations populaires, et la demande de permis a été introduite en 2011. La Finlande a également déterminé la localisation d'un site de dépôt et la demande de permis a été déposée.

Il semble aujourd'hui nécessaire de faire le point sur les stratégies envisageables pour la Belgique, sans nécessairement se limiter aux deux stratégies définies en 1993 et 1998.

Cette étude est le deuxième volume d'un document plus général et tous les éléments légaux, historiques et techniques ont été présentés dans le premier volume du document.

Dans ce volume, nous commencerons par expliquer la méthodologie utilisée pour élaborer notre étude, nous présenterons ensuite les hypothèses générales qui délimitent celle-ci et donnerons quelques « clefs de lectures » qui permettent au lecteur d'apprécier les stratégies développées sous différents aspects. Nous présenterons ensuite les stratégies de gestion plus en détail, en réalisant une analyse succincte des implications de chacune de ces stratégies et nous réaliserons ensuite une analyse transversale des stratégies proposées du point de vue chronologique. Enfin, nous ferons la synthèse de ces différents aspects. Les positions des autres pays en matière de gestion de fin du cycle du combustible nucléaire sont passées en revue dans une annexe de cette étude.

2. Méthodologie

La présente étude a été réalisée par le Service des Applications Nucléaires de la Direction Générale de l'Energie du Service public fédéral Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie. Ce travail a été réalisé sur la base de contributions de l'ONDRAF, de Synatom et du SCK•CEN. Elle a été soumise à un processus de Peer Review qui s'est déroulé sur une période d'un an, de l'été 2013 à l'été 2014, sous forme d'une table ronde.

Le SPF Economie a demandé à une équipe interdisciplinaire d'experts issus des milieux académiques belges et des institutions internationales de réaliser ce Peer Review. Les experts qui y ont participé étaient :

- Marc Deffrennes, de la Commission européenne ;
- Michel Giot, professeur émérite de l'Université Catholique de Louvain ;
- Thomas Kirchner, de la Commission européenne ;
- Pierre-Etienne Labeau, de l'Université Libre de Bruxelles ;
- Gaston Meskens, chercheur, Université de Gand (mi-temps) et SCK•CEN (mi-temps) et président de la table ronde ;
- Quentin Michel, professeur de l'Université de Liège ;
- Henri Paillère, de l'Agence pour l'Energie Nucléaire de l'OECD ;
- Stef Proost, professeur de la Katholieke Universiteit Leuven ;
- Jantine Schröder, chercheur, Université d'Anvers (mi-temps) et SCK•CEN (mi-temps).

Les experts ont reçu une première version de l'étude en août 2013. En septembre 2013, ils ont eu l'occasion de débattre et d'échanger leurs commentaires au sujet de l'étude lors d'une première journée de table ronde. Les discussions ont principalement porté sur les hypothèses utilisées pour cadrer l'étude et les stratégies de gestion envisagées. Suite à cette première journée, les experts ont demandé que soit organisée une seconde journée de table ronde au cours de laquelle une deuxième version de l'étude qui prendrait en compte leurs remarques serait débattue. La deuxième journée de table ronde a été organisée en mars 2014. Les discussions ont une nouvelle fois porté sur les hypothèses générales, mais aussi sur l'introduction de l'analyse transversale de la chronologie des scénarios et de clefs de lecture. La suite à réserver à cette étude a également été abordée et les experts ont convenu de rédiger une lettre de recommandation concernant la présente étude. Une reproduction de cette lettre peut être trouvée en annexe du présent document. La version finale de l'étude a été soumise aux experts pour approbation.

Au final, la méthodologie retenue pour cette étude a été de fixer des hypothèses générales qui permettent de limiter les scénarios en accord avec le contexte belge actuel (comme l'hypothèse sur la loi de sortie du nucléaire ou celle qui prend en compte le Plan Déchets de l'ONDRAF, par exemple) mais aussi de retirer de la discussion certains points qui relèvent plutôt de l'implémentation d'une stratégie de gestion du combustible irradié que de la stratégie en elle-même (le design du dépôt et l'entreposage en sont des exemples). Ces hypothèses ont été longuement débattues lors du Peer Review, les experts ont reconnu qu'elles étaient importantes. Ils ont insisté pour qu'elles soient expliquées en détail et que leurs implications soient analysées dans l'étude. Les experts ont validé les hypothèses qui sont présentées dans la section 1.2 et ont identifié certaines nouvelles hypothèses qui ont été ajoutées à l'étude.

Au début de cette étude, seules les stratégies de gestion du combustible irradié mentionnées dans la résolution parlementaire de 1993 et dans la note du Conseil des Ministres de 1998 étaient envisagées. L'ajout de la stratégie de gestion de retraitement partiel par Synatom nous a mené à nous interroger sur l'existence d'autres stratégies de gestion qui pourraient être envisagées en Belgique. Le SPF Economie a alors identifié trois stratégies supplémentaires qui sont la séparation poussée, l'incinération et la recherche additionnelle. Lors des discussions de la table ronde, ces stratégies ont été longuement débattues. Les experts les ont validées comme étant réalistes et envisageables pour notre pays. Les experts ont également conclu qu'au vu des hypothèses générales formulées, ils n'identifiaient pas de stratégie de gestion du combustible irradié supplémentaire pour la Belgique.

9

Hormis la stratégie nommée « retraitement partiel », proposée à la Commission des Provisions Nucléaires, nous n'envisageons pas d'autres stratégies partielles dans cette étude. Les stratégies nouvellement identifiées supposent de maintenir l'effort de recherche avant de pouvoir les appliquer effectivement et, étant donné que l'inventaire belge de combustibles irradiés sera complet en 2025 et reste relativement limité, nous n'envisageons pas d'appliquer des stratégies différentes à différentes parties du combustible. Nous n'avons pas identifié de scénario qui pourrait justifier un tel choix.

Dans l'analyse relative à chacune des stratégies, nous parlons de la flexibilité de chacune d'entre elles, c'est-à-dire la possibilité de pouvoir éventuellement changer de stratégie si nécessaire alors qu'un choix avait déjà été formulé. La « réversibilité » d'un choix de stratégie particulière, si elle devait être mise en œuvre, devra être évaluée si la situation l'exige. Un tel cas de figure n'est pas envisagé dans cette étude préliminaire et nous n'envisageons pas de passage d'une stratégie à une autre, à l'exception du passage de la stratégie de recherche additionnelle à une autre stratégie non déterminée qui est exigé intrinsèquement dans la stratégie de recherche additionnelle.

Lors du Peer Review, les experts ont également proposé l'ajout à l'étude de clefs de lecture. L'idée derrière cette proposition est que les stratégies développées dans cette études peuvent être comprises selon différentes perspectives, parfois antagonistes. La présentation sous forme de clefs de lecture permet de clarifier ces perspectives pour le lecteur, et d'effectuer une analyse plus en profondeur tout en évitant les répétitions au sein de l'analyse de chacune des stratégies.

Les discussions avec les experts du Peer Review ont également mis en lumière une hiérarchie temporelle des stratégies et des décisions qui mènent à chacune de ces stratégies.

Nous avons donc ajouté une analyse croisée chronologique des stratégies. Le résultat de cette analyse est synthétisé par une figure présentée à la fin de cette étude.

3. Hypothèses générales

Les hypothèses générales de cette étude sont au nombre de sept :

- l'exécution de la loi de sortie du nucléaire du 31 janvier 2003, modifiée le 31 janvier 2014 ;
- le stockage géologique est accepté comme stratégie de gestion à long terme des déchets radioactifs, tel que proposé dans le Plan Déchets de l'ONDRAF [1];
- le concept de référence du dépôt géologique de l'ONDRAF, présenté dans le Plan Déchets de l'organisme, est celui qui sera utilisé ;
- le dépôt géologique sera construit en Belgique et accueillera tous les déchets radioactifs issus du cycle du combustible des centrales électronucléaires belges ;
- la réversibilité, telle que recommandée dans le rapport final de la conférence citoyenne organisée par la Fondation Roi Baudouin en 2009 et la loi transposant la directive européenne EURATOM/2011/70, est prévue ;
- les combustibles nucléaires mèneront à la production de déchets radioactifs quelle que soit la stratégie ;
- l'entreposage n'est pas considéré comme un facteur rédhibitoire.

Ces hypothèses établissent le cadre de notre étude. Si la situation belge évoluait dans le futur de telle sorte qu'une de ces hypothèses n'était plus applicable, il faudrait revoir en conséquence l'ensemble de cette étude.

10

Exécution de la loi de sortie du nucléaire du 31 janvier 2003, modifiée le 3 janvier 2014

En prenant cette hypothèse, nous nous limitons aux stratégies qui restent dans le cadre légal en vigueur au moment de la rédaction de cette étude. Nous nous plaçons donc dans un cadre où les derniers réacteurs nucléaires seront définitivement mis hors service en 2025 et où aucune nouvelle centrale nucléaire destinée à la production industrielle d'électricité à partir de la fission de combustible nucléaire ne peut être construite et/ou mise en exploitation. Nous avons identifié trois types de stratégies qui sont écartées par cette hypothèse :

- la loi de sortie du nucléaire est modifiée et la sortie du nucléaire sera réalisée avant 2025. Le temps disponible pour évaluer concrètement le prix du dépôt géologique serait encore raccourci, et les provisions pour le démantèlement et la gestion des déchets devront être constituées sur une période plus courte qu'actuellement prévue. L'inventaire final de combustibles irradiés, ou des déchets résultant d'un éventuel traitement de ceux-ci, devrait être légèrement diminué par rapport aux prévisions actuelles.
- la loi de sortie du nucléaire est modifiée de sorte que la sortie du nucléaire s'en trouve postposée. Cette situation correspond à l'inverse de la situation précédente : les réacteurs verraient leurs durées de vie augmentées (mais pas *ad infinitum*) et le délai pour constituer les provisions nucléaires augmenterait d'autant. La modification de la loi ne porte cependant que sur la durée de vie des réacteurs et aucun nouveaux réacteurs n'est mis en service. L'inventaire des dé-

chets serait augmenté et le délai avant de pouvoir réaliser la dernière campagne d'enfouissement pour les derniers combustibles irradiés en Belgique devrait être allongé.

- la loi de sortie du nucléaire est abrogée. Dans ce cas, on peut imaginer plusieurs stratégies allant de la fermeture maintenue des centrales nucléaires pour 2025 à la mise en service de nouveaux réacteurs nucléaires, en passant éventuellement par la prolongation d'un ou de plusieurs réacteurs existants. Les conséquences de cette abrogation devraient être envisagées en fonction de la stratégie appliquée.

Le stockage géologique est accepté comme stratégie de gestion à long terme des déchets radioactifs

Dans son Plan Déchets, l'ONDRAF présente les éléments qui l'ont mené à préconiser la construction d'un dépôt géologique comme stratégie de gestion à long terme des déchets radioactifs et fait la démonstration du raisonnement qui mène à cette stratégie.

Cette seconde hypothèse précise en réalité que nous nous basons sur les conclusions du Plan Déchets de l'ONDRAF pour réaliser cette étude. Nous considérons donc que la proposition de l'ONDRAF d'un dépôt géologique comme stratégie de gestion sera acceptée dans son principe par le gouvernement et sera mise en application par l'ONDRAF. Bien entendu, la décision d'éventuellement proposer une stratégie de gestion alternative reste la prérogative de l'ONDRAF.

11

Les déchets radioactifs, dont ceux issus du cycle du combustible, seront donc mis en dépôt géologique tôt ou tard, après un éventuel traitement qui sera déterminé en fonction de la stratégie considérée.

Le concept de référence du dépôt géologique de l'ONDRAF est celui qui sera utilisé

Cette hypothèse est la suite naturelle de la précédente : bien que chaque stratégie implique certaines adaptations du dépôt, notamment en termes de dimensionnement et de barrières ouvragées, ces adaptations n'entreront pas en contradiction fondamentale avec le concept de référence de dépôt géologique développé par l'ONDRAF et présenté dans le Plan Déchets. Ce concept consiste en un dépôt géologique combiné pour les déchets de catégorie B et C (voir le premier volume de ce document) sous forme d'une galerie principale d'où partent des galeries secondaires qui accueilleront les déchets conditionnés. Nous considérons en outre que le planning de construction et de mise en dépôt des déchets, en trois campagnes distinctes¹, pourra également être respecté.

Rappelons encore une fois que le planning prévu aujourd'hui et utilisé dans cette étude doit encore être approuvé par le gouvernement. La décision de principe de gestion à long terme des déchets radioactifs au moyen du stockage géologique n'a pas encore été prise à ce jour et la localisation du dépôt géologique n'est pas déterminée. En plus de cela, le concept de référence du dépôt n'a pas fait l'objet d'un avis officiel de l'AFCN et pourrait donc potentiellement être soumis à une révision importante avant sa construction et sa mise en exploitation.

¹ Voir le point 2.1.4 du premier volume de ce document : « Informations générales sur le cycle du combustible nucléaire belge ».

Comme déjà mentionné, les particularités de chaque stratégie auront un impact sur la réalisation pratique du dépôt ; en particulier nous considérons que :

- la nature et la quantité de déchets qui sont destinés au dépôt géologique varient selon la stratégie. Nous considérons donc que le dépôt géologique pourra être adapté pour tenir compte du volume, de la radiotoxicité et de la charge thermique des déchets à gérer dans chacune des stratégies de gestion présentées dans cette étude ;
- le conditionnement utilisé sera celui du concept de référence de l'ONDRAF à moins que la stratégie ne précise spécifiquement le contraire. Dans ce cas, les adaptations nécessaires pourront être mises en application.

Le paramètre le plus sensible dans cette hypothèse concerne le planning de réalisation du dépôt géologique (présenté dans le premier volume de ce document). Nous supposons que les adaptations nécessaires seront effectuées sans que cela n'ait d'impact sur le planning prévu pour toutes les phases du dépôt géologique, depuis l'excavation du premier puits jusqu'à la fermeture définitive du dépôt géologique et ce, pour toutes les stratégies.

La phase de construction de la partie du dépôt relative aux déchets issus du cycle du combustible commencerait donc en 2092, quelle que soit la stratégie de gestion. Nous considérons que cette date est fixée par notre hypothèse. Les années qui précèdent 2092 devront être consacrées à la finalisation du dimensionnement des galeries et de la conception des barrières ouvragées en fonction de l'inventaire de déchets propre à chaque stratégie.

Toutes les inconnues qui subsistent à ce jour en ce qui concerne le dépôt géologique pourraient avoir un impact important sur le planning prévu et il peut paraître prématuré de s'en tenir à des dates qui comportent encore autant d'incertitudes. A cause du délai de refroidissement pour les déchets radioactifs de catégorie C, qui est de 60 ans entre le moment de leur sortie du réacteur et leur mise en dépôt géologique, certains combustibles ou déchets issus du retraitement ne pourront pas être mis en dépôt avant 2085. La date de 2092 paraît donc un compromis acceptable pour baser les discussions relatives au déroulement des différentes stratégies pour cette étude.

De plus, nous avons utilisé la date de début des travaux pour en déduire une date limite au-delà de laquelle une stratégie donnée pourrait compromettre la réalisation du dépôt géologique selon le concept de référence de l'ONDRAF. En effet, une fois la stratégie de gestion connue, l'ONDRAF devra finaliser l'inventaire des déchets à mettre en dépôt, réaliser les plans du dépôt et finaliser les détails techniques comme le conditionnement, prévoir le déroulement des opérations de mises en dépôt et obtenir une licence de construction et d'exploitation de la seconde partie du dépôt. En considérant ces tâches, auxquelles s'ajoutent éventuellement des tâches supplémentaires propres à chaque stratégie de gestion, nous avons évalué pour chaque stratégie, de manière conservative, une date limite au-delà de laquelle choisir cette stratégie pourrait présenter un risque de ne pouvoir réaliser le dépôt géologique selon le planning prévisionnel de l'ONDRAF. Les stratégies qui ne permettent pas de gérer les déchets issus du cycle du combustible (principalement catégorie C) avant la date limite, déduite du planning mentionné ci-avant, augmentent la probabilité de devoir découpler les déchets de catégories B & C dans deux dépôts différents pour des rai-

sons de sûreté opérationnelle². Le raisonnement suivi pour déterminer les dates limites de chaque stratégie est présenté dans les analyses respectives.

Précisons enfin que cette hypothèse ne prévoit la construction que d'un seul dépôt, commun pour les déchets de catégorie B et ceux de catégorie C. Or d'ici à 2092, l'inventaire de déchets radioactifs et de combustibles irradiés risque d'avoir été élargi (par exemple à cause du développement de nouvelles activités de recherches ou la prise en compte des déchets NORM/TENORM). Il n'est pas possible d'envisager aujourd'hui l'impact des activités futures sur l'inventaire qui devra être mis en dépôt géologique.

Le dépôt géologique sera construit en Belgique et accueillera tous les déchets radioactifs issus du cycle du combustible des centrales électronucléaires belges

Nous supposons que le concept de référence de dépôt géologique de l'ONDRAF sera construit en Belgique et ne concernera que les déchets radioactifs belges. L'opportunité de réaliser un dépôt géologique avec d'autres pays (dépôt régional) n'est pas prise en compte dans les stratégies présentées dans cette étude.

Si un partenariat international pour la gestion des déchets radioactifs ou du combustible nucléaire était mis sur pieds, celui-ci serait le fruit d'accords entre les parties sur lesquels nous ne faisons pas d'hypothèse. Notons cependant que l'hypothèse d'un dépôt régional trouve un soutien grandissant étant donné qu'un tel dépôt permettrait de rationaliser les coûts, surtout pour des pays ayant un programme nucléaire relativement limité comparé à d'autres pays. De plus, dans les scénarios faisant intervenir des technologies avancées, un dépôt régional prévu pour le terme de ces technologies pourrait être envisagé. Mais les questions de localisation et de régulation restent à ce jour délicates.

13

Les combustibles nucléaires mèneront à la production de déchets radioactifs quelle que soit la stratégie choisie

Cette hypothèse éclaircit un point qui reste, à ce jour, matière à discussion. En effet, si l'ONDRAF a reçu du Roi la mission de gérer les déchets radioactifs, c'est Synatom qui gère le cycle du combustible nucléaire dans le cadre de ses missions de service public. Cette répartition des missions a pour conséquence que l'ONDRAF ne peut prendre le relai pour la gestion des déchets radioactifs que lorsque les matières gérées par Synatom ont été déclarées comme déchet. Cette déclaration comme déchet, si elle n'intervenait pas à un moment donné, pourrait, dans un cas extrême, conduire à ce que l'ONDRAF ne puisse gérer les déchets issus du combustible irradié dans les délais prévus par le Plan Déchets. Cette hypothèse écarte ce cas extrême.

Rappelons que les combustibles irradiés contiennent encore environ 95 % de matières à potentiel énergétique (uranium et plutonium) qui peuvent être considérées comme une ressource, comme c'est le cas dans les stratégies prévoyant leur retraitement. Cette hypothèse précise donc que le combustible usé tel quel, ou qu'une partie de celui-ci, séparée selon des modalités propres à certaines stratégies de gestion, sera à un moment donné déclaré(e) comme déchet en vue de sa gestion par l'ONDRAF.

² C'est-à-dire pour éviter de laisser les puits d'accès ouverts et non utilisés pendant de nombreuses années.

Une stratégie où le combustible irradié serait revendu (à un prix qui ne soit pas forcément positif³) et où il n'y aurait aucun retour de déchets en Belgique n'est par conséquent pas envisagée dans cette étude. Pour qu'une telle vente soit envisageable, il faudrait d'abord que le prix de la matière première d'uranium augmente au point qu'il devienne moins coûteux pour un pays nucléarisé d'acheter du combustible irradié et de supporter les frais de retraitement et de gestion des déchets en découlant que d'acheter de l'uranium naturel.

La réversibilité, telle que recommandée dans le rapport final de la conférence citoyenne organisée par la Fondation Roi Baudouin et la loi transposant la directive européenne EURATOM/2011/70, est prévue

L'ONDRAF définit la réversibilité (que l'ONDRAF assimile à la flexibilité) et la récupérabilité comme étant respectivement la possibilité de revenir sur une ou plusieurs étapes de la planification ou de la mise en œuvre d'une option de gestion à long terme des déchets radioactifs, à quelque stade que ce soit, et la possibilité de récupérer les déchets après leur mise en place dans une installation de gestion dédiée [1]. La réversibilité suppose en outre la révision et, le cas échéant, la réévaluation des décisions antérieures et des moyens nécessaires (techniques et financiers, etc.) pour revenir en arrière. La réversibilité signifie donc que l'on a prévu des positions de repli, tant d'un point de vue politique que technique. Un programme peut être conçu pour faciliter la réversibilité, par exemple s'il est divisé en petites étapes avec de fréquentes revues et s'il comporte des dispositions techniques à cet effet.

Les concepts de réversibilité et de récupérabilité sont discutés internationalement et sont apparus suite au constat qu'il y a de grandes incertitudes liées à la gestion des déchets radioactifs. L'idée derrière ces concepts est donc de maintenir, aussi longtemps que possible et sans compromettre la sûreté ou la sécurité des installations de dépôt, la possibilité de revenir en arrière si un problème était détecté.

La fondation Roi Baudouin a organisé en 2009, à la demande de l'ONDRAF, une conférence citoyenne qui s'est intitulée « Comment décider de la gestion à long terme des déchets radioactifs de haute activité et de longue durée de vie ? ». Dans le rapport final qui a suivi cette conférence [2], une des recommandations formulées concerne la réversibilité (celle-ci est définie dans le rapport comme étant la possibilité de pouvoir choisir ultérieurement, tant techniquement que financièrement, d'autres options de gestion des déchets) :

« 4^e recommandation : En tant que citoyens, nous estimons que la solution proposée par l'ONDRAF (enfouissement en couche d'argile profonde) est valable à condition que le gouvernement fédéral garantisse la réversibilité pendant une période raisonnable de minimum 100 ans après l'enfouissement. »

Dans la transposition belge de la directive européenne EURATOM/2011/70, la réversibilité est prévue en ces termes :

« Les politiques nationales en matière de gestion des déchets radioactifs et du combustible usé considéré comme déchet, contiennent des modalités de réversibilité, de récupérabilité et de monitoring pour une période à déterminer en tant qu'éléments de conception et

³ Dans la mesure où la vente de combustible pourrait entraîner une économie en frais de gestion définitive du combustible irradié il pourrait être intéressant de payer un acheteur potentiel pour éviter celle-ci.

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

d'exploitation de chaque installation de stockage. Ces modalités sont établies en tenant compte de la nécessité d'assurer la sûreté de l'installation de stockage. »

Notre hypothèse sur la réversibilité prévoit donc que la recommandation de la conférence citoyenne est suivie et qu'une période de 100 ans de réversibilité est requise et implémentée pour l'enfouissement dans le dépôt géologique, en conformité avec la loi de transposition de la directive européenne.

Précisons que, pour cette étude, nous faisons l'hypothèse supplémentaire que les conditions qui pourraient conduire à devoir récupérer les déchets hors du dépôt géologique (c'est-à-dire à utiliser la réversibilité) ne seront jamais réalisées. Ces conditions pourraient par exemple être réalisées si une importante crise énergétique apparaissait ou si le monitoring du dépôt conduisait à s'apercevoir que la sûreté de celui-ci était compromise. Pour que la réversibilité doive être mise en application, nous supposons qu'un changement de paradigme important par rapport à la situation actuelle s'est produit, et donc qu'une nouvelle analyse des options disponibles est nécessaire.

L'entreposage n'est pas considéré comme un facteur rédhibitoire d'une stratégie

De même que nous considérons que le dépôt géologique sera adapté à chaque stratégie, nous considérons que les combustibles irradiés (ou les déchets radioactifs issus de leur traitement) seront entreposés jusqu'à leur mise en dépôt. Les besoins en entreposage seront sans doute différents pour chaque stratégie, mais nous n'explorerons pas ceux-ci dans cette étude.

15

Cette hypothèse a pour conséquence que nous considérons que des capacités supplémentaires d'entreposages seront construites si nécessaire (comme indiqué dans le premier volume du présent document) et que les entrepôts seront adaptés aux déchets.

4. Stratégies de gestion du combustible irradié

Les hypothèses générales que nous avons présentées dans cette partie de l'étude fixent un cadre pour la gestion du cycle du combustible en Belgique. Depuis 1993, deux stratégies de gestion du combustible irradié sont envisagées en Belgique sur un pied d'égalité : le non-retraitement et le retraitement total. Récemment, une stratégie supplémentaire de retraitement partiel a été présentée par Synatom. En plus de ces trois stratégies, nous avons identifié deux nouvelles stratégies pour la gestion des combustibles irradiés qui pourraient être envisagées dans notre pays : la séparation et l'incinération. Enfin, nous présentons une dernière stratégie un peu particulière, la recherche additionnelle, qui constitue en quelque sorte une stratégie par défaut, en ce sens que tant que la décision formelle d'entrer dans une stratégie donnée et de condamner toutes les autres stratégies n'a pas été prise, on se trouve effectivement dans la recherche additionnelle.

Dans cette section, nous présentons chacune des six stratégies identifiées et, pour chacune d'entre elles, nous présentons une ligne du temps virtuelle pour leur mise en application ainsi qu'une analyse de leurs implications possibles pour notre pays.

Les stratégies et leurs analyses peuvent être interprétées selon plusieurs clefs de lecture qui mettent l'accent sur les différentes dimensions à considérer en matière de gestion du cycle du combustible. Aussi commençons-nous cette section par une présentation de ces clefs de lectures.

4.1. Clefs de lecture

La problématique du choix d'une option de cycle du combustible est complexe. Les sensibilités de chacun peuvent mener à considérer cette problématique de manière très différente et à favoriser une grille d'analyse plutôt qu'une autre. Les clefs de lectures que nous présentons dans cette étude prennent en considération les hypothèses générales qui ont été formulées précédemment et le point de vue de l'Etat belge, celui-ci étant désigné par la directive européenne EURATOM/2011/70 comme le responsable, en dernier ressort, de la gestion du combustible usé et des déchets radioactifs qui ont été produits sur son territoire. Elles ont été discutées au cours du peer review.

L'analyse des stratégies de gestion du cycle du combustibles est à considérer à la lumière de ces clefs de lectures. La liste de clefs de lecture présentées dans cette section n'a pas vocation à être exhaustive.

Le risque radiologique

Le risque radiologique est une des dimensions de la problématique de la gestion à long terme souvent perçu comme primordial par les intervenants. Notons cependant que le terme de risque radiologique peut être utilisé dans deux sens différents : le risque radiologique au sens de risque d'une irradiation par un rayonnement et le risque radiologique au sens d'un risque d'ingestion ou d'inhalation de matières radioactives.

Le risque d'inhalation ou d'ingestion de matières radioactives est mesuré à l'aide de la radiotoxicité, concept présenté dans le premier volume du présent document. Afin d'évaluer et limiter ce risque, l'ONDRAF devra démontrer à l'AFCN que la solution de gestion à long terme des déchets radioactifs qu'il propose ne présentera jamais de radiotoxicité supérieure

aux limites autorisées pour la population et l'environnement et ce, avant d'obtenir l'autorisation de la mettre en œuvre. La R&D s'est donc très tôt penchée sur cette problématique. L'ONDRAF a étudié l'impact radiologique des déchets radioactifs placés dans un dépôt géologique correspondant à leur concept de référence. L'organisme a montré dans SAFIR 2 [3], en prenant en compte la géologie belge, que l'impact radiologique à la surface du dépôt géologique, après fermeture, devrait toujours rester inférieur aux limites autorisées par l'AFCN.

Le risque radiologique en tant que risque d'irradiation concerne principalement les travailleurs qui doivent manipuler des matières radioactives. Dans le cas du cycle du combustible, plus le cycle choisi implique de manipulations et plus ce risque augmente. Cependant, les travailleurs sont soumis à des règlements de protection particuliers très stricts et les autorités de sûreté veillent à l'application de ces règlements. Le risque radiologique est traité par les acteurs du milieu selon le principe ALARA (« *As Low As Reasonably Achievable* »).

Le choix de certaines options dans le cycle du combustible peut avoir d'autres conséquences pour la gestion du risque radiologique. Ainsi, par exemple, un choix qui n'impliquerait qu'une réduction du volume de déchets aurait pour conséquence une concentration de la matière radioactive et la production de deux flux de matières : un flux de matière qui présente une radioactivité accrue et qui nécessite des précautions supplémentaires pour être manipulé et un flux de matière moins radioactive, qui présente un risque radiologique moindre.

17

L'impact de la transmutation des déchets sur le risque radiologique lié au cycle du combustible doit être analysé. En plus de générer des déchets secondaires suite aux traitements des combustibles irradiés une première fois et la fabrication de « combustibles secondaires » compatibles avec l'incinérateur, l'irradiation des « combustibles secondaires » dans le but de les transmuter aura comme conséquence d'augmenter considérablement leur radioactivité. En principe, la transmutation comme option dans le cycle du combustible a pour but de transformer la matière radioactive en une autre matière, qui sera elle aussi radioactive mais qui perdra sa radioactivité plus rapidement. La situation est donc qu'une matière transmutée émet généralement plus de radiations, mais pendant un temps plus court. L'utilisation de la transmutation a pour vocation de réduire les contraintes temporelles sur le dépôt géologique en réduisant de manière significative la durée pendant laquelle les déchets qu'il contient sont dangereux, au sens radiologique du terme, pour l'environnement et la population. Au final, une stratégie de transmutation présenterait un risque radiologique plus élevé avant la mise en dépôt mais qui pourrait disparaître beaucoup plus rapidement que pour les autres stratégies. Il est question de quelques centaines d'années pour les cycles de transmutation les plus poussés.

Le choix d'un cycle du combustible « avancé » aurait pour conséquence d'augmenter le risque radiologique pour les travailleurs aujourd'hui afin de limiter significativement ce risque à long terme pour les populations et l'environnement.

La non-prolifération

L'aspect non-prolifération concerne toutes les mesures qui peuvent être mises en place pour empêcher le développement de l'arme nucléaire dans les pays qui n'en disposent pas, sa multiplication ou son perfectionnement dans les pays qui en disposent. Les moyens mis

en œuvre pour veiller à la non-prolifération consistent en des contrôles stricts sur les matières et sur les exportations.

Dans le cadre du cycle du combustible, les principaux moyens pour lutter contre la prolifération est d'assurer que les matières sensibles ne soient pas directement disponibles, et de réduire leur exposition au vol (en réduisant au maximum le nombre de transports, par exemple). C'est selon ces principes que les choix qui conduisent à la séparation directe du plutonium sont considérés comme plus proliférants que les autres, au même titre que les options qui impliquent une multiplication des transports de matières sensibles.

Une réserve de matières à potentiel énergétique

Depuis 1993 et la suspension du retraitement, plus aucune utilisation n'est prévue pour les matières encore valorisables présentes dans les combustibles irradiés belges (l'uranium et le plutonium, principalement).

L'uranium présent dans les combustibles irradiés est lui aussi une matière valorisable du point de vue énergétique. Les contrats de retraitement qui avaient été conclus en 1976 et 1978, qui couvraient un total de 670 tHM de combustible, ont mené à la production de nouveaux assemblages de combustible (URE et MOX). Un peu plus de 500 tHM d'uranium appauvri, constitué principalement d'uranium 238, est devenu la propriété de l'usine d'enrichissement. L'uranium appauvri, qui n'a jamais été considéré comme valorisable énergétiquement en Belgique, est considéré comme une matière stratégique par d'autres pays. En effet, il s'agit d'une matière fertile qui pourrait être utilisée comme combustible dans des réacteurs de nouvelle génération.

Le plutonium, qui présente une forte radiotoxicité, pourrait être revendu suite à un contrat de type TOPMOX. Dans ce cas, le plutonium serait cédé à la France et il ne serait pas placé dans le dépôt géologique belge. Ce qui se traduit par une diminution nette de radiotoxicité pour le dépôt, puisque la matière n'y sera pas placée. En termes de non-prolifération, si le plutonium était séparé et sa propriété cédée à la France, elle s'engagerait alors à l'utiliser dans sa filière civile. Du point de vue belge, le plutonium disparaîtrait définitivement de nos inventaires, ce qui constituerait une diminution du stock de matière valorisables du point de vue énergétique.

Cette clef de lecture permet de considérer les flux de matières, leur disponibilité future en Belgique ou non. Certaines stratégies de gestion du combustible irradié considèrent l'uranium et le plutonium comme des matières stratégiques valorisables, alors que d'autres impliquent la revente ou l'abandon d'une partie de ces matières à un pays tiers. Bien que plus aucun contrat de retraitement n'ait été conclu entre Synatom et AREVA, en conformité avec les décisions de 1993 et 1998, la portée stratégique de la disponibilité de ces matières dépasse le cadre de la gestion du combustible irradié. C'est pourquoi nous avons estimé que ce point méritait d'apparaître clairement pour chaque stratégie de gestion : nous nous efforçons d'informer clairement au sujet de ce qu'il advient de ces matières, que nous avons appelées d'une manière générale « matières à potentiel énergétique », et ce pour chaque stratégie.

Les aspects économiques

Avant de nous pencher plus avant sur les aspects économiques liés au cycle du combustible, rappelons que ceux-ci concernent principalement Synatom. En effet, Synatom a la responsabilité du cycle du combustible et est l'organisme qui prend en charge tous les frais con-

cernant l'amont du cycle et qui doit constituer les provisions sensées couvrir l'ensemble des coûts liés à l'aval du cycle. Les provisions sont calculées en prenant en compte les évaluations de coût de démantèlement des installations et de gestion à long terme par l'ONDRAF des combustibles irradiés. Les provisions sont calculées avec le plus grand soin par la Commission des provisions nucléaires pour éviter à tout prix qu'un défaut des provisions ne risque de se produire un jour. Néanmoins, la directive européenne EURATOM/2011/70 désigne les Etats comme responsable en dernier ressort des déchets radioactifs produits sur leur sol. Si les provisions s'avéraient être insuffisantes dans le futur, la Belgique devrait alors pourvoir à celles-ci.

La décision de principe demandée par l'ONDRAF prévoit que le dépôt géologique soit situé en Belgique, dans de l'argile indurée. Or il existe en Belgique deux couches d'argile soigneusement cartographiées, dont la couche d'argile de Boom est la moins profonde. Il s'avère que plus on se dirige vers le Nord, plus leur profondeur et leur épaisseur sont importantes. La stratégie de référence de l'ONDRAF prévoit un dépôt géologique situé dans l'argile de Boom, à une profondeur d'environ 225 m (c'est-à-dire situé dans la région de Mol-Dessel). Il s'agit là d'un scénario de référence de l'ONDRAF afin de permettre de réaliser les calculs puisqu'aucune décision sur la localisation n'a été prise à ce jour. L'AFCN a déjà souligné que d'autres pays envisagent des dépôts géologiques beaucoup plus profonds, et que la stratégie de référence de l'ONDRAF pourrait être remise en question.

Tous les trois ans, l'ONDRAF réévalue le coût futur du dépôt. Lors de cet exercice, une estimation du coût du dépôt réalisé au même endroit dans l'argile yprésienne a fait l'objet d'un calcul montrant un surcoût par rapport à la stratégie de référence d'environ 10 %.

19

La stratégie de référence qui sert à évaluer les coûts prévoit un retraitement complet du combustible irradié, qui mène à une réduction importante du volume de déchets de catégorie C, compensée en partie par une production de déchets de catégorie B issus du traitement du combustible. Cette stratégie, que Synatom a annoncé ne pas vouloir suivre, implique que le dépôt géologique comporte moins de galeries que dans la stratégie de non-retraitement, et le coût évalué du dépôt est plus bas. De plus, l'ONDRAF calcule ses tarifs en répartissant le prix du dépôt par catégorie de déchets (B ou C) et ensuite par unité d'emballage, en considérant leur inventaire de déchets. Par conséquent, toute modification de l'inventaire des déchets, ou de la répartition des déchets entre la catégorie B ou la catégorie C, a un impact sur le prix des déchets qui seront à la charge de l'Etat⁴.

Ainsi, une stratégie dans laquelle le volume de déchets de catégorie C reste important, comme par exemple le non-retraitement, implique une plus grande part relative du coût du dépôt géologique pour les déchets de catégorie C et donc une diminution du coût de l'Etat belge pour la gestion des déchets dont il a la responsabilité.

Au-delà du coût du dépôt, certaines stratégies qui sont présentées dans cette étude font appel à des traitements supplémentaires appliqués aux déchets radioactifs et aux combustibles irradiés. Hormis pour la stratégie de retraitement (total ou partiel) où le coût du retraitement est supporté par Synatom, les traitements supplémentaires ne sont actuellement pas pris en compte dans le calcul des provisions nucléaires. Or ces provisions seront

⁴ L'Etat belge à la charge de déchets radioactifs industriels par le biais de trois fonds de passifs. Ces déchets sont principalement de catégorie B et représentent, selon les estimations que nous a transmises l'ONDRAF, environ 60 % du volume total de déchets de catégorie B.

définitivement constituées en 2025 et si ces autres voies, qui n'étaient pas envisagées jusqu'ici, étaient choisies après cette date, il est probable que le coût de ces traitements serait prélevé sur les provisions, augmentant le risque que celles-ci ne soient pas suffisantes et donc que l'Etat doive intervenir en ultime recours.

Les implications pécuniaires éventuelles du choix d'une stratégie sont compliquées à évaluer parce que ces stratégies nécessitent en général de la recherche supplémentaire, qui a un coût, auquel s'ajoute le coût du traitement additionnel et celui de la gestion des déchets qui seront finalement mis en dépôt. Mais d'un autre côté, ces coûts sont mitigés par la possibilité de développer un nouveau champ d'expertise en Belgique (et donc une activité économique éventuelle), et par le gain éventuel en volume et en optimisation du conditionnement pour le dépôt géologique.

Choisir une stratégie qui comporte des étapes supplémentaires aura donc des répercussions budgétaires, mais qui auront elles-mêmes d'autres conséquences pour la recherche, l'activité économique, la sûreté du dépôt et son dimensionnement. Insistons encore une fois sur le fait que, selon nos hypothèses, les provisions nucléaires seront constituées jusqu'en 2025 sur la base d'une stratégie de référence. Le Plan National de 2015 pourrait donc avoir un impact sur la stratégie de référence qui sera utilisée pour les 10 dernières années de fonctionnement des centrales nucléaires.

Précisons enfin que l'établissement de ces provisions se fait selon plusieurs hypothèses de travail nécessaires pour évaluer le coût futur de la gestion des déchets radioactifs. Parmi ces hypothèses, on peut citer la stabilité du système financier jusqu'à la fermeture du dépôt géologique et même au-delà, un taux d'intérêt sur les placements de 4 % et une inflation de 2 %. Le coût de la gestion des déchets comporte de plus des marges de sécurité pour assurer que le coût réel sera couvert, mais plus la gestion sera repoussée dans le temps et plus le risque sera grand que les provisions ne suffisent pas. C'est en partie pour cette raison que nous avons limité les discussions par une hypothèse sur le respect du planning du dépôt géologique.

4.2. Stratégie A : le non-retraitement

Description

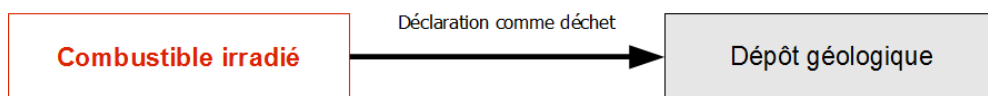
Les combustibles irradiés sont déchargés des réacteurs nucléaires. Ils sont déclarés comme déchets par Synatom et transférés à l'ONDRAF selon des modalités (conditionnement, critères d'acceptation, transfert de responsabilité) qui sont convenues entre eux ou fixées par le cadre légal.

Le combustible est entreposé⁵ pour une période de refroidissement de 60 ans au minimum. Nous supposons que les infrastructures existantes sont mises à profit, mais que la capacité d'entreposage devra être augmentée grâce à une installation supplémentaire.

Quand les combustibles irradiés pourront être mis en stockage dans le dépôt géologique, l'ONDRAF réalisera leur conditionnement final et ils seront mis en dépôt.

⁵ L'entreposage pourrait être assuré par SYNATOM ou par l'ONDRAF, cela n'a pas d'impact majeur sur le déroulement de la stratégie.

Figure 1. Schéma de la stratégie A : le non-retraitement.



Ligne du temps

Il est possible d'estimer quelques dates charnières pour ce stratégie en se basant sur le planning prévisionnel de construction du dépôt géologique.

- **2015** : Etablissement du programme national de la Belgique pour la gestion des déchets radioactifs et des combustibles irradiés ; le retraitement est définitivement abandonné ; construction d'un entrepôt supplémentaire ;
- **2022** : saturation des entrepôts centralisés SGC et DE de Doel et Tihange ;
- **2025** : sortie définitive du nucléaire ; les combustibles irradiés peuvent être déclarés comme déchets par Synatom et pris en charge par l'ONDRAF ;
- **2032** : début des travaux de construction du dépôt géologique commun B&C ;
- **2075** : date limite pour la confirmation de la mise en dépôt des combustibles irradiés conditionnés ;
- **2092** : début de l'excavation des galeries du dépôt géologique pour les déchets radioactifs issus du cycle du combustible ;
- **2100** : début de la campagne d'enfouissement des combustibles usés conditionnés ;
- **2110** : fin de la campagne d'enfouissement des combustibles usés conditionnés ;
- **2121** : début de la phase de surveillance (réversibilité) ; fermeture du dépôt.

21

Analyse

Cette stratégie est une des deux stratégies officiellement envisagées depuis la résolution parlementaire de 1993. En tant que tel, elle a déjà été étudiée en détails dans le cadre de la Commission des Provisions Nucléaires, financièrement et techniquement.

Le délai de refroidissement de 60 ans est d'une part nécessaire pour éviter que de trop grandes émissions de chaleur ne compromettent le stockage géologique, et implique d'autre part que les premiers combustibles irradiés puissent être théoriquement mis en dépôt vers 2040. Cependant, l'ONDRAF prévoit de grouper les déchets à mettre en dépôt en trois campagnes distinctes, chaque groupe de déchet se voyant allouer une zone du dépôt géologique. Le planning établi par l'ONDRAF prévoit que les combustibles irradiés soient mis en dépôt au cours de la dernière des trois campagnes d'enfouissement, dans la deuxième section du dépôt. Cette façon de procéder permet de commencer les opérations d'enfouissement le plus tôt possible. Une fois les deux premières campagnes achevées, la première partie du dépôt pourra être fermée et la deuxième partie du dépôt, qui accueillera les combustibles usés, sera excavée et construite. Cette façon de procéder évite à l'ONDRAF qu'une partie importante du dépôt reste ouverte pendant une longue période sans que celle-ci ne soit utilisée. Le délai minimum de 60 ans se sera écoulé pour l'ensemble des combustibles irradiés, même ceux qui seront déchargés en 2025, et ils pourront être mis en dépôt selon le planning prévisionnel de la stratégie de référence de l'ONDRAF.

Une autre conséquence de cette planification est que les combustibles usés seront entreposés en surface jusqu'à leur mise en dépôt. Précisons que Synatom a développé un concept de bouteille (présenté dans le premier volume de ce document) qui devrait permettre le pré-conditionnement des assemblages. Un tel pré-conditionnement pourrait être réalisé « tôt » en vue d'ajouter une barrière autour du combustible et d'améliorer la sûreté de son entreposage, mais il n'y a eu aucune décision formelle (soumise à l'acceptation par le régulateur) à ce sujet.

Soulignons néanmoins que l'entreposage sera réalisé en surface, ce qui implique que la stratégie baptisée « non-retraitement » correspond en fait à une situation d'entreposage suivie d'un enfouissement direct du combustible usé vers 2090. Le choix d'une telle stratégie offre donc une grande flexibilité en termes de gestion du combustible puisque ce dernier reste récupérable sans que cela n'implique d'importantes et coûteuses manipulations pendant un long délai. Les combustibles irradiés ne subissent pas de traitement avant d'être mis en dépôt, par conséquent, l'entièreté des matières qui les composent, qu'il s'agisse d'une ressource énergétique potentielle ou d'un déchet (les actinides mineurs et les produits de fission) seront mises en dépôt, ce qui a plusieurs conséquences :

- le nombre de manutentions étant restreint dans cette stratégie, l'impact radiologique pour les travailleurs s'en trouve minimisé.
- les combustibles nucléaires ne sont pas compacts et cette stratégie présente l'inventaire de déchets occupant le plus grand volume et la longueur de galeries nécessaires la plus grande.
- toutes les matières qui composent le combustible irradié seront placées dans le dépôt géologique au sein d'un emballage devant résister à la variété des espèces chimiques en présence et ce sur une échelle de temps correspondant aux plus longues périodes de décroissance.
- des matières qui pourraient être considérées comme des ressources potentielles d'énergie se trouveront dans le dépôt géologique, ce qui pourrait motiver un retrait ultérieur de ces matières, qui pourrait compromettre l'intégrité du dépôt.
- le plutonium, qui est très proliférant, reste réparti dans les combustibles. Même si la technologie de séparation existe et est maîtrisée, il n'a pas fait l'objet d'une séparation.
- dans le cas de cette stratégie, la recherche pourra se concentrer uniquement sur le concept de dépôt géologique.

Selon nos hypothèses générales, nous estimons qu'une date limite réaliste pour confirmer définitivement l'enfouissement des combustibles irradiés se situe aux environs de 2075. Une fois la stratégie confirmée, les études fixant le dimensionnement du dépôt devront débuter en vue de préparer le licensing et la phase de construction des galeries sans retard par rapport au planning prévu (2092). Un changement de destination pour les combustibles irradiés au-delà de 2075 risquerait d'entraîner un retard des opérations de mise en dépôt par rapport au planning prévisionnel de la stratégie de référence de l'ONDRAF.

4.3. Stratégie B : retraitement complet

Description

Le retraitement est autorisé à nouveau en Belgique. Synatom donne suite à cette autorisation et conclut un (des) contrat(s) de retraitement qui couvre(nt) l'ensemble des combustibles irradiés. Les combustibles irradiés qui ont déjà pu refroidir suffisamment sont envoyés aux installations de retraitement immédiatement. Les combustibles nucléaires qui n'ont pas suffisamment refroidi sont placés dans des piscines de refroidissement jusqu'à ce qu'ils puissent aussi être transportés vers une usine de retraitement.

Au cours du retraitement, les assemblages de combustible sont séparés chimiquement selon le procédé PUREX, ce qui permet :

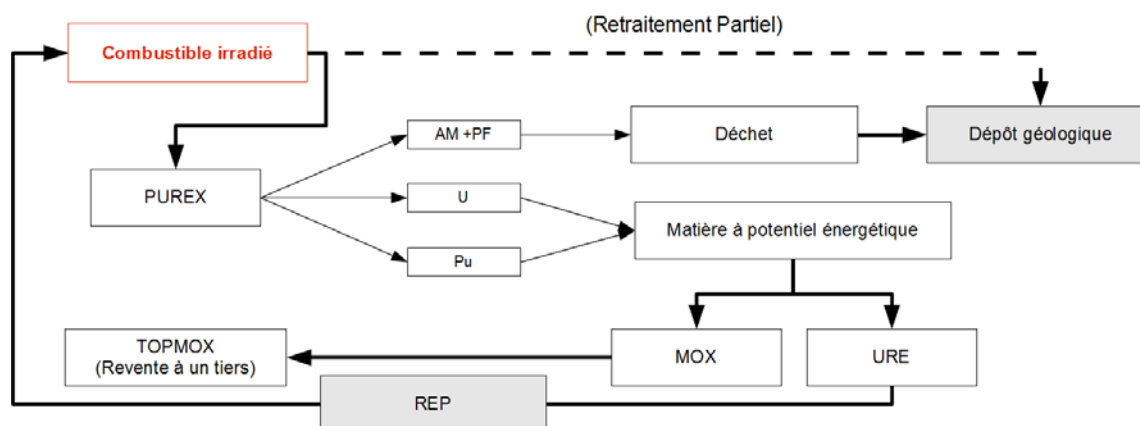
- d'une part de récupérer les matières ayant encore un potentiel énergétique, c'est-à-dire l'uranium et le plutonium, qui pourraient être réintroduits dans la chaîne de production d'électricité ;
- d'autre part de séparer les matières qui n'ont pas de potentiel énergétique et qui sont considérées comme étant des déchets, c'est-à-dire les produits de fission et les actinides mineurs.

23

L'uranium de retraitement peut être enrichi à nouveau pour en faire des assemblages de combustibles « URE » (l'uranium appauvri reste en France) et le plutonium pourrait servir à la fabrication de combustibles « MOX », qui pourraient être réutilisés dans nos réacteurs mais les contrats feront appel à l'option TOPMOX et aucun plutonium ne sera rapatrié en Belgique.

Jusqu'à la fermeture des derniers réacteurs, les combustibles URE seront exploités au maximum, dans les limites autorisées et techniquement réalisables. Après 2025, les matières fissiles séparées à l'usine de retraitement qui ne pourront être réutilisées dans nos réacteurs seront revendues et ne feront pas l'objet d'une mise en dépôt géologique en Belgique.

Figure 2. Schéma de la stratégie B et C : le retraitement (total ou partiel).



Les matières non valorisables seront conditionnées à l'usine de retraitement et rapatriées progressivement en Belgique, en vue de leur gestion à long terme. Dès que l'ensemble de ces déchets seront rapatriés de l'usine de retraitement, l'ONDRAF pourra commencer à finaliser les plans du dépôt géologique et celui-ci devrait pouvoir être réalisé sans retard par rapport au planning prévu.

Ligne du temps

Le déroulement des évènements selon cette stratégie est le suivant :

- **2015** : établissement du programme national de la Belgique pour la gestion des déchets radioactifs et des combustibles irradiés ; le retraitement est permis à nouveau et Synatom conclut un ou plusieurs contrats de retraitement pour l'ensemble de ses combustibles irradiés ;
- **2015-2025** : le retraitement est appliqué et un maximum de combustibles issus du retraitement sont utilisés dans les réacteurs nucléaires belges toujours en opération ;
- **2025** : sortie définitive du nucléaire ; les combustibles issus du retraitement ne pourront plus être irradiés en Belgique, l'excédent de matières retraitées est valorisé par Synatom ; les colis de déchets radioactifs issus du retraitement sont progressivement rapatriés depuis l'usine de retraitement ;
- **2032** : début des travaux de construction du dépôt géologique commun B&C ;
- **2035-2050** : fin des rapatriements de colis de déchets issus du retraitement ; l'inventaire final de déchets radioactifs issus du cycle du combustible est établi ;
- **2092** : début de l'excavation des galeries du dépôt géologique pour les déchets radioactifs issus du cycle du combustible ;
- **2100** : début de la campagne d'enfouissement des combustibles usés conditionnés ;
- **2110** : fin de la campagne d'enfouissement des combustibles usés conditionnés ;
- **2121** : début de la phase de surveillance (réversibilité) ; fermeture du dépôt.

24

Analyse

Cette stratégie considère le cas où le retraitement serait autorisé à nouveau et où Synatom ferait retraiter la totalité de son inventaire de combustibles irradiés. Il s'agit de l'autre des stratégies officiellement envisagées depuis les débats de 1993. Tout comme la stratégie de non-retraitement, cette stratégie a été étudiée en détails dans le cadre de la Commission des Provisions Nucléaires, techniquement et financièrement.

L'avantage généralement mis en avant de cette stratégie est que le retraitement de l'entièreté du combustible permettrait de réduire le volume des déchets de catégories C, au prix d'une augmentation du volume de déchets de catégorie B. Cependant, cette diminution du volume exprimé en m³ ne donne pas une indication concrète des conditions de stockage : la compaction des déchets conduit à une plus grande concentration de la radiotoxicité et des émissions plus intenses de chaleur. Au final, selon les prévisions actuelles, l'impact sur les dimensions du dépôt géologique est une diminution de la longueur totale de galerie d'environ 20 % par rapport à la stratégie de non-retraitement (pour une réduction de volume de 86 % du volume de déchet de catégorie C, mais de 22 % sur l'ensemble des déchets).

Concernant la réutilisation de l'uranium et du plutonium, il convient de rappeler que le temps nécessaire pour réaliser toutes les opérations, depuis l'envoi de combustible irradié à l'usine de retraitement jusqu'au retour de combustible, est de plusieurs années. Par conséquent, même si le retraitement pouvait débuter dès à présent, l'utilisation de combustibles issus du retraitement serait limitée dans le temps parce que les réacteurs nucléaires devront être mis hors service avant que l'ensemble des combustibles issus du retraitement ne puisse être utilisés en Belgique. Une partie de l'uranium de retraitement serait donc irradiée et le reste serait probablement revendu, l'uranium appauvri produit lors du ré-enrichissement resterait à l'usine d'enrichissement (ce qui représente environ 85 % de l'uranium).

De plus, l'utilisation de MOX dans un réacteur au-delà d'une certaine proportion⁶, nécessite certaines adaptations ainsi qu'une demande de licence spécifique (processus long et coûteux). Synatom a déjà signalé qu'un tel investissement n'est plus envisagé aujourd'hui parce qu'il ne pourrait être rentabilisé avant 2025. Cette stratégie suppose que Synatom étende le retraitement à l'entièreté du combustible, avec abandon du titre de propriété sur la quantité totale de Pu séparée au retraitement (option TOPMOX), et que cette proposition étendue serait acceptée, retirant le plutonium des inventaires belges.

Le nombre d'opérations supposées dans cette stratégie est plus important que pour le cas du non-retraitement : les combustibles irradiés devraient être transportés à l'usine de retraitement, être séparés et les déchets produits rapatriés ; de même, après ré-enrichissement et reconditionnement en éléments combustibles, les assemblages URE seraient rapatriés pour être réutilisés dans les centrales belges.

25

Le flux de déchets séparé lors du retraitement est vitrifié et mis dans des canisters de 180 l pour le combustible et compacté et mis en canister pour les structures des assemblages. Ces processus sont conçus pour ne pas être facilement réversibles ; de même, la revente du plutonium n'est pas réversible. Si cette stratégie était choisie, il faudrait alors mettre en dépôt géologique des canisters de déchets vitrifiés et compactés, ainsi que des combustibles URE irradiés (ou les déchets leur correspondant⁷ s'ils étaient retraités à leur tour).

Cette stratégie nécessite qu'une décision soit prise à courte échéance et condamne *de facto* les autres stratégies possibles de gestion du combustible irradié. Les besoins en R&D sont ciblés sur le dépôt géologique dans la configuration correspondant à cette stratégie.

La stratégie retraitement de la totalité de l'inventaire a par conséquent peu de chances d'être appliquée à notre pays, bien qu'étant une des stratégies officiellement considérées jusqu'aujourd'hui.

⁶ La proportion limite de 20 % de MOX a été utilisée dans les réacteurs belges.

⁷ Les chiffres fournis quant aux volumes de déchets ne font pas mention de combustible URE irradiés.

4.4. Stratégie C : retraitement partiel

Description

Cette stratégie suppose que le retraitement soit autorisé à nouveau en Belgique. Synatom donne suite à cette autorisation et conclut un (des) contrat(s) de retraitement qui couvre une partie de ses combustibles irradiés. La partie de combustibles irradiés sélectionnée pour le retraitement est envoyée aux installations de retraitement immédiatement. La portion de combustibles qui sera retraitée est choisie de telle sorte qu'elle ne donne pas lieu à des matières séparées qui ne seront pas réutilisées dans les réacteurs belges. Les combustibles nucléaires qui n'ont pas été sélectionnés restent dans les unités d'entreposage centralisé. Si nécessaire, une unité d'entreposage supplémentaire est construite. Le choix de la stratégie pour la gestion à long terme de ces combustibles entreposés reste ouvert.

Au cours du retraitement, les assemblages de combustible sont séparés chimiquement selon le procédé PUREX (décrit dans le document d'information générale sur le cycle du combustible nucléaire belge du SPF Economie), ce qui permet :

- d'une part de récupérer les matières ayant encore un potentiel énergétique, c'est-à-dire l'uranium et le plutonium, qui pourraient être réintroduits dans la chaîne de production d'électricité ;
- d'autre part de séparer les matières qui n'ont pas de potentiel énergétique et qui sont considérées comme étant des déchets, c'est-à-dire les produits de fission et les actinides mineurs.

L'uranium de retraitement peut être enrichi à nouveau pour en faire des assemblages d'éléments de combustible « URE » et le plutonium pourrait servir à la fabrication d'éléments de combustible « MOX », qui pourraient être réutilisés dans nos réacteurs. Jusqu'à la fermeture des derniers réacteurs, les combustibles de retraitement seront exploités au maximum, dans les limites autorisées et techniquement réalisables.

Les matières non valorisables seront conditionnées à l'usine de retraitement et rapatriées progressivement en Belgique, en vue de leur gestion à long terme. Dès que l'ensemble de ces déchets seront rapatriés de l'usine de retraitement, l'ONDRAF pourra commencer à finaliser les plans du dépôt géologique et celui-ci pourrait être réalisé sans retard par rapport au planning prévu.

Ligne du temps

Le déroulement des évènements pour ce cas est donc le suivant :

- **2015** : établissement du programme national de la Belgique pour la gestion des déchets radioactifs et des combustibles usés ; le retraitement est permis à nouveau et Synatom conclut un ou plusieurs contrats de retraitement pour une partie de ses combustibles irradiés ;
- **2015-2025** : le retraitement est appliqué et un maximum d'éléments de combustibles issus du retraitement sont utilisés dans les réacteurs nucléaires belges toujours en opération ;
- **2025** : sortie du nucléaire ; les combustibles irradiés non retraités peuvent être déclarés comme déchets par Synatom et pris en charge par l'ONDRAF ; les colis

de déchets radioactifs issus du retraitement sont rapatriés progressivement depuis la France ;

- **2032** : début des travaux de construction du dépôt géologique commun B&C ;
- **2035-2050** : fin des rapatriements de colis de déchets issus du retraitement ; l'inventaire final de déchets radioactifs issus du cycle du combustible est établi ;
- **2092** : début de l'excavation des galeries du dépôt géologique pour les déchets radioactifs issus du cycle du combustible ;
- **2100** : début de la campagne d'enfouissement des déchets radioactifs issus du cycle du combustible (issus du retraitement ou combustibles usés conditionnés) ;
- **2110** : fin de la campagne d'enfouissement ;
- **2121** : début de la phase de surveillance (réversibilité) ; fermeture du dépôt.

Analyse

Synatom obtiendrait le retraitement d'environ 1.200 tHM de combustibles, avec abandon du titre de propriété sur la quantité totale de Pu séparée au retraitement. Si ce retraitement était autorisé, ce qui correspondrait au retraitement d'un peu moins de 25 % de l'inventaire total prévisionnel⁸ de combustible irradié, les éléments de combustible URE issus du retraitement devraient pouvoir être valorisés avant la fermeture des centrales belges. Cette stratégie est donc en quelque sorte un hybride entre les stratégies A et B.

27

La quantité de combustible envoyée au retraitement serait calibrée pour éviter de retraiter des matières sans pouvoir les valoriser en Belgique, mais il semblerait que cette quantité ne permettrait pas de se passer de la construction d'une unité d'entreposage supplémentaire. En cas d'adoption de cette stratégie, Synatom étudiera la quantité de combustible à retraiter et quels éléments de combustible retraiter.

Les éléments de combustibles qui n'auront pas été sélectionnés pour subir le retraitement restent dans les unités d'entreposage. Ceux-ci devront faire l'objet d'une stratégie de gestion séparée. Précisons que le scénario de retraitement partiel présenté par Synatom prévoit que les combustibles non-retraités seront gérés selon la stratégie de non-retraitement.

Etant donné la présence dans l'inventaire des déchets radioactif de déchets issus du retraitement qui a été réalisé avant sa suspension en 1993, le choix du retraitement partiel n'entraîne pas de nouveaux besoins en R&D autre que la recherche concernant l'optimisation du dépôt géologique dans la configuration correspondant à cette stratégie. Par contre, le choix de la stratégie adoptée pour le combustible qui n'aura pas été envoyé au retraitement restant ouvert, les besoins en R&D dépendront du choix qui sera opéré pour la stratégie de gestion du solde des éléments de combustibles irradiés.

Tout comme pour le retraitement total, cette stratégie nécessite que des décisions soient prises à courte échéance pour pouvoir être réalisée.

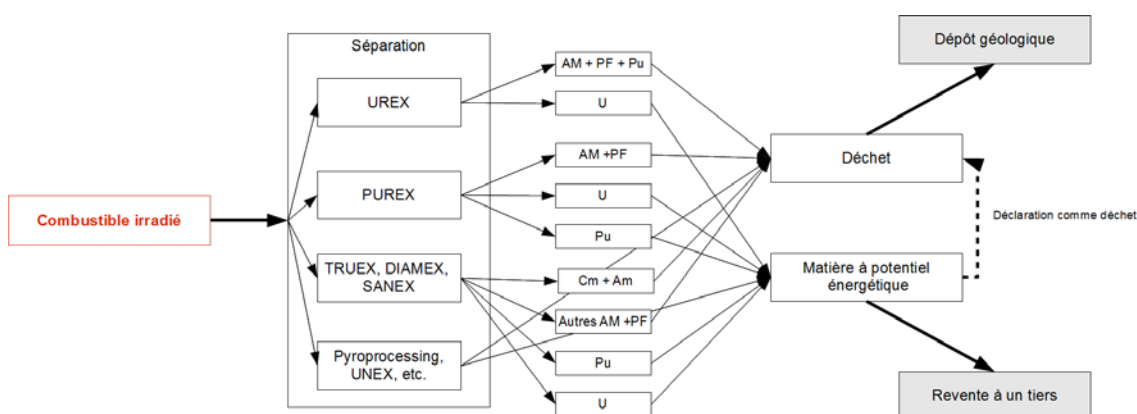
⁸ Selon les prévisions de 2013.

4.5. Stratégie D : séparation poussée

Description

A l'exception du procédé PUREX, les procédés de séparation ne sont pas appliqués à l'échelle industrielle, même si la plupart sont déjà développés à plus petite échelle. Cette stratégie débute donc par une phase de R&D ayant pour objet d'étudier, de choisir et de développer à échelle industrielle une stratégie de séparation/conditionnement optimale pour nos combustibles irradiés. Cette phase de recherche pourrait être entièrement réalisée en Belgique ou, plus probablement, en collaboration avec des centres de recherches internationaux.

Figure 3. Schéma de la stratégie de gestion D : la séparation poussée.



28

Une fois que la stratégie de gestion a été déterminée, les combustibles usés seront transportés à l'usine de traitement. Là, ils seront séparés en plusieurs flux en fonction de la stratégie retenue. Les flux de déchets feront l'objet d'un conditionnement spécifique à la chimie du flux considéré. Les matières ayant un potentiel de prolifération seront traitées pour neutraliser leur potentiel au maximum (en ne les séparant pas ou en les immobilisant définitivement au moyen de processus irréversibles) et les matières à potentiel énergétique seront revendues. Si le traitement est réalisé à l'étranger, les flux de déchets seront rapatriés en Belgique et entreposés en vue de leur mise en dépôt.

Nous faisons l'hypothèse que l'ensemble des opérations de séparation, de conditionnement et de rapatriement éventuel, pourront être réalisées à temps pour qu'un dépôt géologique commun B&C puisse être réalisé. Ce dernier sera fort proche de celui de la stratégie B en termes de dimensionnement.

Ligne du temps

La ligne du temps est estimée comme suit :

- **2015** : établissement du programme national de la Belgique pour la gestion des déchets radioactifs et des combustibles usés ; investissements réalisés dans la R&D pour établir une stratégie de séparation et conditionnement belge ;
- **2022** : saturation des entrepôts centralisés SGC et DE de Doel et Tihange ;

- **2025** : sortie du nucléaire ; poursuite des études pour une stratégie de séparation et conditionnement belge ;
- **2032** : début des travaux de construction du dépôt géologique commun B&C ;
- **2045** : date limite pour le choix d'une stratégie de séparation/conditionnement, début des études pour développer les procédés à l'échelle industrielle ;
- **2055** : date limite pour l'inauguration de l'usine de traitement pour la séparation poussée des combustibles irradiés ;
- **2075** : l'inventaire de déchets radioactifs à mettre en dépôt doit être suffisamment avancé que pour entamer les études finales pour le dépôt géologique commun B&C ;
- **2092** : début de l'excavation des galeries du dépôt géologique pour les déchets radioactifs issus du cycle du combustible ;
- **2100** : début de la campagne d'enfouissement des déchets radioactifs issus du cycle du combustible (issus du retraitement ou combustibles usés conditionnés) ;
- **2110** : fin de la campagne d'enfouissement ;
- **2121** : début de la phase de surveillance (réversibilité) ; fermeture du dépôt.

Analyse

Force est de constater qu'il y a, dans les combustibles irradiés, un grand nombre d'espèces chimiques différentes, chacune ayant ses propres isotopes avec leurs caractéristiques physico-chimiques. En enfouissant directement les combustibles irradiés, il est nécessaire de prévoir les barrières ouvragées pour le dépôt géologique qui lui permettent de retenir toutes ces espèces chimiques le temps requis pour assurer la sûreté des populations et de l'environnement. Cette stratégie est basée sur l'idée d'utiliser conjointement une technique de séparation et des techniques de conditionnement pour pouvoir optimiser les barrières ouvragées à certains flux de déchets sélectionnés qui sont les déchets les plus pénalisants pour le dépôt géologique dans d'autres conditions.

Aujourd'hui, seule la technique de séparation PUREX est réellement appliquée à l'échelle industrielle, avec un retour sur expérience de plusieurs dizaines d'années. La R&D concernant d'autres techniques de séparation se poursuit mais n'en est pas encore au même niveau de maturité [4]. La séparation n'est réellement envisagée que dans la perspective du retraitement de l'uranium et du plutonium, alors que d'autres objectifs pourraient être considérés comme par exemple : la non-séparation du plutonium pour des raisons de lutte contre la prolifération, la séparation de l'américium (qui émet beaucoup de chaleur) pour réduire les contraintes thermiques dans le dépôt géologique, la séparation du technétium (très mobile) pour l'immobiliser séparément au moyen de matrices spécifiques, etc.

De plus, la question du développement de l'usine de traitement spécialisée reste posée. Cette usine pourrait être développée en Belgique ou à l'étranger, elle pourrait même permettre le développement d'une activité économique si d'autres pays suivaient également la voie de la séparation poussée. Mais cette usine aurait une capacité limitée. Or le stock total de combustibles irradiés belge est d'environ 5.000 tHM, et si on veut éviter de repousser la mise en dépôt des déchets radioactifs, la question de la capacité sera primordiale. Il s'agira en tout cas d'un des facteurs pouvant limiter la date pour se lancer dans cette stratégie sans compromettre la mise en dépôt à l'horizon 2100. Dans ces conditions, 2045 semble une date limite raisonnable pour le choix d'un processus de séparation et des techniques de condi-

tionnement, avec un démarrage d'une usine de traitement d'une capacité limitée en 2055 au plus tard.

La destination des flux de matières séparées dépendra du processus choisi et de l'endroit de la construction de l'usine de retraitement. On peut cependant déjà prévoir qu'un flux de déchets sera traité et conditionné en vue de sa mise en dépôt géologique et que la séparation du plutonium n'est pas une obligation dans cette stratégie, elle dépend de la stratégie de gestion retenue. Il n'y a pas de revente de matières à potentiel énergétique prévue.

Le nombre d'opérations pour cette stratégie est important à cause des étapes de séparation, de traitement et de conditionnement appliquées aux combustibles usés. Le processus de séparation résultera normalement en un volume de déchets à mettre en dépôt moindre mais en une concentration de la radiotoxicité plus élevée, qui devrait aussi être compensée par des gains dans les barrières ouvragées du dépôt géologique.

Pendant la phase de recherche qui devrait mener au choix de la stratégie de séparation et conditionnement détaillée, les combustibles irradiés sont entreposés tels quels. Aussi, tant que la séparation et le conditionnement qui l'accompagne n'ont pas été réalisés sur le combustible, cette stratégie de gestion jouit d'une flexibilité relativement grande.

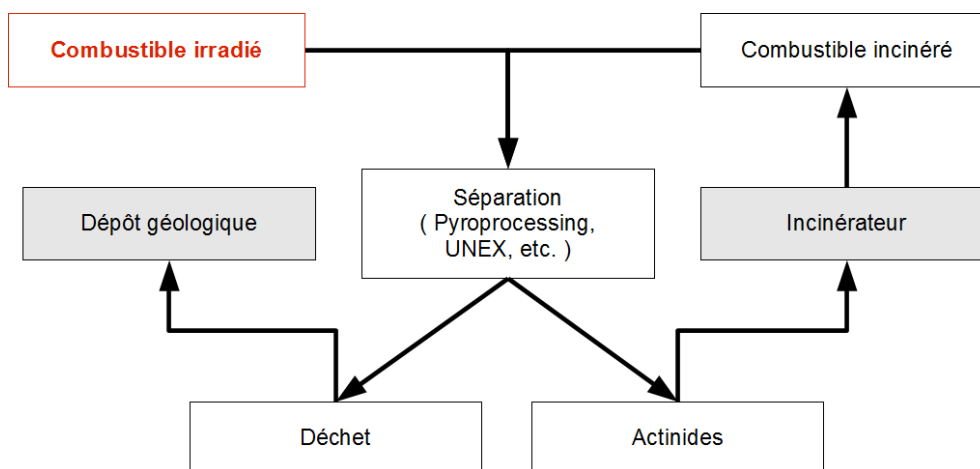
Toutes les opérations prévues dans cette stratégie auront un coût important, qui sera vraisemblablement imputé aux provisions nucléaires, d'autant plus que les efforts de R&D s'accompagnent toujours d'un risque, même si dans ce cas précis, il y a déjà beaucoup de techniques de séparation qui sont connues. Il paraît clair que cette stratégie sera plus chère que les stratégies évaluées précédemment.

4.6. Stratégie E : incinération

Description

Les combustibles nucléaires irradiés seraient entreposés jusqu'à ce qu'un réacteur nucléaire capable de transmuter les déchets radioactifs soit construit à l'échelle industrielle. Les combustibles irradiés seront alors retraités pour être transformés en combustible pour ce réacteur-incinérateur.

Figure 4. Schéma de la stratégie de gestion E : l'incinération.



L'incinération du combustible ne sera vraisemblablement pas complète en une seule fois et il faudra répéter le cycle de retraitement/incinération à différentes reprises, avec production de déchets à destination d'un dépôt géologique à chaque cycle, jusqu'à ce que l'inventaire complet de combustibles irradiés ait été incinéré.

Ligne du temps

Une ligne du temps retraçant les principales étapes de cette stratégie est remplie d'incertitudes. Nous pouvons néanmoins donner les quelques éléments suivants :

- **2015** : établissement du programme national de la Belgique pour la gestion des déchets radioactifs et des combustibles usés ; l'entreposage du combustible en vue de sa future incinération est décidé ; construction d'un entrepôt supplémentaire ;
- **2022** : les entrepôts centralisés SGC et DE de Doel et Tihange sont saturés, les combustibles irradiés sont transférés vers le nouvel entrepôt ;
- **2025** : sortie définitive du nucléaire ;
- **2032** : début des travaux de construction du dépôt géologique pour les déchets radioactifs de catégorie B et certains déchets radioactifs de catégorie C ;
- **2074** : fin des campagnes d'enfouissement des déchets radioactifs dans le dépôt géologique ;
- **Indéterminé** : traitement des combustibles irradiés pour leur passage en incinérateur ;
- **Indéterminé** : mise en service d'un incinérateur de déchets radioactifs ;
- **Indéterminé** : construction d'un dépôt géologique pour les déchets radioactifs produits par l'incinérateur ;
- **Indéterminé** : enfouissement des déchets issus de la transmutation des combustibles ;
- **Indéterminé** : fermeture du deuxième dépôt ;
- **Indéterminé** : début de la phase de surveillance (réversibilité).

31

Analyse

Cette stratégie de gestion présente un lien avec le projet MYRRHA du SCK•CEN et le développement de réacteurs capables de transmuter des déchets radioactifs. Alors que le développement de tels réacteurs devient une réalité, il est raisonnable d'envisager une stratégie qui prend en compte cette activité, d'autant que la Belgique, en tant que pays hôte du projet MYRRHA, jouera certainement un rôle important dans le développement des incinérateurs de déchet.

Le développement de cette nouvelle génération de réacteur nécessitera le développement en parallèle d'un combustible adapté. La transmutation pouvant être appliquée aux transuraniens en général, le processus de séparation utilisé ne sera pas le processus PUREX, et cette stratégie doit donc passer par le développement d'un processus de séparation particulier. Il pourrait être envisagé d'appliquer un premier traitement aux combustibles irradiés actuels avant de les entreposer en vue de leur incinération future (le pyroprocessing est envisagé pour remplir cette fonction).

A l'heure actuelle, cette stratégie n'est encore qu'une ébauche, la démonstration de la faisabilité d'un réacteur incinérateur de déchets doit encore être apportée, c'est un des objectifs du projet MYRRHA. Le processus de séparation ne peut pas encore être choisi puisqu'il s'agira d'optimiser la séparation pour la fabrication du « combustible » de l'incinérateur de déchets radioactifs. Cependant, cette stratégie reste positive pour la gestion des déchets radioactifs parce que, en principe, son application pourrait permettre de réduire d'un facteur 1.000 la durée de vie des déchets radioactifs et permet en particulier de détruire définitivement le plutonium et les actinides mineurs.

L'incinération devra se dérouler en plusieurs cycles, par conséquent cette stratégie présente un risque radiologique très élevé, mais la destruction des actinides implique une réduction du risque à long terme inégalable. Les déchets qui sont retirés du combustible incinéré entre chaque cycle feront l'objet d'une gestion à long terme qui n'est pas envisagée ici. Ceux-ci devront être mis en dépôt, mais à une date qui sera vraisemblablement ultérieure à celle prévue pour la campagne d'enfouissement des déchets de catégories C⁹ dans la stratégie de référence actuelle de l'ONDRAF. De plus, le cycle d'incinération déclenchera intrinsèquement la nécessité de laisser refroidir les combustibles incinérés pendant une soixantaine d'années avant de pouvoir les mettre en dépôt géologique.

Cette stratégie ne pourra pas remplir complètement l'hypothèse du dépôt géologique selon le concept de référence de l'ONDRAF. Notons cependant que le choix de cette stratégie permet rapidement de prévoir la modification du dépôt géologique en conséquence. Un deuxième dépôt géologique devra être réalisé quand les déchets incinérés pourront y être placés de manière sûre. L'avantage de cette stratégie est que les déchets qui seront alors mis en dépôt, bien que de catégorie C, consisteront principalement en des produits de fission, aux temps de demi-vie significativement plus courts que ceux des transuraniens.

Il subsiste encore aujourd'hui beaucoup d'éléments à développer avant de pouvoir appliquer cette stratégie et les efforts de R&D devront être répartis entre le dépôt géologique pour les déchets de catégorie B, le traitement à appliquer au combustible irradié pour pouvoir le placer dans l'incinérateur, le développement de l'incinérateur en lui-même et, par la suite, la gestion des déchets issus de l'incinération.

Cette stratégie ne permet pas de déterminer de date limite et cette incertitude, en plus de celle portant sur les efforts de R&D nécessaires, implique un coût qui ne peut être déterminé précisément aujourd'hui, hormis qu'il sera probablement plus élevé que pour les autres stratégies de gestion.

⁹ A l'exception notable de quelques déchets de catégorie C qui ne pourront être retraités dans les incinérateurs, comme par exemple les canisters de retour du retraitement des contrats conclus en 1976 et 1978.

4.7. Stratégie F : recherche additionnelle

Description

Les combustibles irradiés sont entreposés pour une durée déterminée (ou indéterminée), dans l'attente qu'une décision sur leur sort soit prise à une certaine échéance. Cette période est mise à profit pour effectuer la recherche visant à explorer d'autres pistes de gestion et rassembler les conclusions nécessaires pour une prise de décision plus informée à son terme.

Figure 5. Schéma de la stratégie de gestion F : la recherche additionnelle.



Nous supposons qu'une révision du plan national pourrait être l'occasion de réviser la position de la Belgique concernant la recherche additionnelle si cette stratégie était suivie.

Ligne du temps

Cette stratégie présente beaucoup d'inconnues, ce qui rend difficile une évaluation de la planification du déroulement des opérations pour la gestion des combustibles irradiés, mais nous pouvons envisager les événements suivants :

- **2015** : établissement du programme national de la Belgique pour la gestion des déchets radioactifs et des combustibles irradiés ; la décision de reporter tout choix définitif dans le futur est prise, cette décision doit être réévaluée lors de chaque révision décennale du plan national ; construction d'un entrepôt supplémentaire ;
- **2022** : saturation des entrepôts centralisés SGC et DE de Doel et Tihange ;
- **2025** : sortie définitive du nucléaire ; 1^{re} révision du plan national, pas de prise de décision ;
- **2032** : début des travaux de construction d'un dépôt géologique pour les déchets de catégorie B&C hors combustible irradiés ;
- **2075** : date limite pour un basculement vers la stratégie de mise en dépôt des combustibles irradiés conditionnés ;
- **Indéterminé** : si pas de prise de décision lors d'une révision du plan national avant 2065, fermeture du dépôt géologique pour les déchets de catégorie B&C hors combustible irradiés ; les combustibles irradiés sont entreposés jusqu'à ce qu'une décision soit prise ; la décision prise est appliquée, ligne du temps à compléter en fonction de celle-ci.

Analyse

Cette stratégie envisage la situation dans laquelle il est décidé que plus d'informations sont nécessaires avant de prendre une décision à caractère définitif concernant la gestion à long terme du combustible nucléaire ; la décision est reportée à une certaine échéance et l'accent est mis sur la R&D pour rassembler les informations jugées indispensables pour choisir une stratégie de gestion. Nous supposons que la révision du plan national (qui est

prévue dans la directive déchet et doit être décennale au minimum) sera utilisée pour réviser cette décision et faire un choix. On constate que, depuis la résolution parlementaire de 1993, la Belgique se situe en réalité dans cette stratégie sans la nommer. En effet, il a été décidé en 1993 d'étudier deux options sur pied d'égalité et de reporter le choix pour l'une de ces options à un moment où une vision plus complète du cycle du combustible pourra être offerte. Notons cependant que depuis que la décision de sortir du nucléaire a été prise, le statu quo devient petit à petit une décision *de facto* de non-retraitement. En effet, comme précisé dans la description de la stratégie C, le retraitement est de moins en moins envisagé par Synatom à mesure que la possibilité de valoriser les matières retraitées dans les réacteurs belges diminue. La stratégie « recherche additionnelle » ne se limite pas au choix entre les deux options de 1993, mais elle permet d'envisager plus d'alternatives.

La décision de suivre cette stratégie n'empêche pas d'envisager qu'un dépôt géologique pour les autres déchets radioactifs, de catégorie B, soit tout de même réalisé : les combustibles usés représentent environ 23 % du volume de déchets total actuellement prévu pour le dépôt géologique commun B&C. Même si le report de la gestion des combustibles usés était décidé, l'ONDRAF devrait gérer le reste des déchets radioactifs de catégorie B et C (majoritairement composé de passifs technique à charge de l'Etat). Cette stratégie présente donc un risque de découplage entre la gestion des déchets radioactifs de catégorie B et C et celle des combustibles irradiés. Ce risque est d'autant plus grand que le délai avant prise de décision serait allongé.

Au-delà d'une certaine date, la possibilité d'un dépôt commun disparaît complètement. Afin de pouvoir évaluer cette échéance, nous devons considérer les éléments suivants :

- une partie des déchets prévus pour la troisième campagne d'enfouissement n'est pas du combustible irradié et devrait être ajoutée à l'une des deux premières campagnes d'enfouissement de manière préventive pour cette stratégie ;
- la fermeture de la première partie du dépôt géologique, accueillant les déchets des deux premières campagnes d'enfouissement, est prévue pour 2074 ;
- l'excavation de la partie du dépôt dédiée aux déchets issus du cycle du combustible est prévue pour commencer en 2092 ; avant de construire cette partie du dépôt il faut obtenir la licence de construction ;
- la prise de décision de mise en dépôt ;
- la révision de la décision de recherche additionnelle doit se faire lors d'une révision du plan national de 2015 ;
- cette stratégie mène obligatoirement à rentrer dans une autre stratégie.

Parmi les autres stratégies envisagées dans cette étude, celle qui présente la date limite la plus éloignée dans le temps ainsi qu'un dépôt commun est la stratégie de non-retraitement, dont la date limite a été déduite comme étant 2075. Attendre au-delà de cette date risque de compromettre le planning que nous avons choisi de suivre comme référence et le dépôt commun pour les déchets de catégorie B&C.

Cette stratégie présente sans conteste la plus grande incertitude financière sur le coût de la gestion des combustibles usés, puisque celle-ci est repoussée dans le futur, sans indication de ce que représentera la solution choisie et de son coût.

4.8. Analyse transversale de la chronologie des stratégies de gestion du combustible irradié

Il est intéressant de constater que l'hypothèse que nous avons faite quant au planning prévisionnel de construction du dépôt géologique, issu du Plan Déchets de l'ONDRAF, permet de déterminer pour chaque stratégie une chronologie propre. Le planning est en quelque sorte la clef de voûte de ces chronologies, puisqu'il nous permet de déterminer, pour certaines stratégies, une date butoir au-delà de laquelle l'absence de prise de décision compromet la stratégie établie sur base de nos hypothèses (dépôt commun pour les déchets de catégorie B&C). Nous avons ainsi déduit ces dates limites comme étant :

- **2015** pour la stratégie de retraitement partiel. Au-delà de cette date, le combustible issu du retraitement ne pourra être utilisé dans les réacteurs belges, condition primordiale en faveur du retraitement partiel aux yeux de Synatom. La partie des éléments de combustible qui n'a pas été sélectionnée pour subir le retraitement doit être gérée en suivant une des autres stratégies.
- **2065** pour une stratégie de séparation poussée, date au-delà de laquelle les informations techniques nécessaires pour fixer la stratégie de séparation/conditionnement et le concept de dépôt, sans le retarder, risquent de faire défaut.
- **2075** pour la stratégie de non-retraitement, il s'agit de la dernière limite pour fixer définitivement l'enfouissement des combustibles irradiés comme stratégie de gestion à long terme, laissant le temps de confirmer le dimensionnement et les barrières ouvragées du dépôt géologique sans compromettre sa construction pour 2092.

Pour les autres stratégies, la date limite est déjà virtuellement caduque ou les efforts de recherches à fournir pour réaliser la stratégie ne permettent pas de fixer de date limite.

- Techniquement parlant, **le retraitement complet** pourrait être possible jusqu'en 2075, mais force est de constater que les décisions d'arrêt du retraitement et de sortie du nucléaire ont placé Synatom et Electrabel dans une position où le retraitement complet, avec utilisation des combustibles retraités dans les réacteurs belges, n'est plus réellement envisageable aujourd'hui. Le retraitement complet sans utilisation des combustibles retraités n'est pas envisagé du tout puisque, du point de vue économique, il revient à effectuer un investissement qui ne produit aucun retour.
- Il n'y a pas de date limite de temps pour la **stratégie de recherche additionnelle** à proprement parler, mais cette stratégie est celle dans laquelle on se trouve tant qu'aucune décision pour entrer dans une des autres stratégies n'est prise. Par conséquent, la limite de la stratégie de non-retraitement de 2075, la limite la plus tardive des autres stratégies, est en quelque sorte une limite pour cette stratégie au regard de nos hypothèses, et en particulier en ce qui concerne l'hypothèse d'un dépôt commun pour les déchets de catégorie B&C. Au-delà de cette date, selon nos hypothèses, l'utilisation d'un site de stockage commun sera compromis.

- Nous n'avons pas déduit de date limite pour la **stratégie d'incinération**, parce que le dépôt géologique commun ne sera probablement pas d'application si cette stratégie était choisie.

La figure 6, présentée ci-après, montre comment s'articulent entre elles ces stratégies, quelles décisions doivent être prises et dans quel ordre pour permettre la gestion du combustible irradié selon chaque stratégie. La figure comporte deux parties. A gauche, une ligne du temps, allant du haut vers le bas, qui débute en 1975 et s'étend au-delà de 2200, montre les étapes décisionnelles importantes passées et futures pour l'organisation du cycle du combustible nucléaire en Belgique. La partie de droite représente schématiquement les différentes stratégies et l'arbre de décisions pouvant mener à la gestion du combustible irradié.

En suivant l'arbre de décisions de haut en bas, on voit que la Belgique se trouvait initialement dans une stratégie de retraitement complet. Les premiers contrats de retraitement conclus pendant cette période, qui portaient sur 670 t de combustible irradié, ont donné lieu à une série de déchets qui devront être mis en dépôt géologique.

En 1993, les débats parlementaires et la résolution qui a suivi ont changé la donne : depuis lors, la Belgique doit considérer deux options sur pied d'égalité, le retraitement et le non-retraitement. Comme nous l'avons expliqué dans l'analyse relative à la stratégie de recherche additionnelle, la Belgique se trouve depuis lors dans cette dernière, en attendant de pouvoir entrer dans l'une de ces deux options. Nous avons illustré cette situation en plaçant les trois stratégies côte à côte, celle de recherche additionnelle étant au centre, et la ligne de décision reste dans la recherche additionnelle jusqu'à ce qu'une décision soit prise de basculer vers l'une de ces deux stratégies.

En 2003, la loi de sortie du nucléaire a été votée et, comme nous l'avons déjà dit, c'est un des facteurs qui ont conduit à ce qu'une stratégie de retraitement devienne de moins en moins envisagée par Synatom, en raison de la non-possibilité d'utiliser des combustibles issus du retraitement après 2025. Aujourd'hui, une stratégie de retraitement partiel a été présentée à la commission des provisions nucléaires. La décision de faire du retraitement partiel doit intervenir très rapidement, car cette stratégie a elle aussi de moins en moins de probabilité d'être réalisée au fur et à mesure que 2025 approche. Ceci a été représenté en rétrécissant linéairement la stratégie de retraitement partiel jusqu'à sa disparition en 2025. Si cette stratégie était choisie, l'inventaire de déchets serait connu dès 2025 et la mise en dépôt pourrait être prévue à partir de cette date (ce qui est représenté par la ligne reliant la stratégie au dépôt géologique).

La stratégie de non-retraitement est représentée graphiquement à partir de la 1993, et elle reste plausible jusqu'à sa date limite, qui a été déduite comme étant 2075, date à laquelle la stratégie telle que définie dans cette étude n'existe plus.

A gauche de la stratégie retraitement, nous avons représenté le dépôt géologique, qui débute en 2034 avec sa construction et dure jusqu'à sa fermeture, prévue en 2121. Ces dates sont celles utilisées par l'ONDRAF dans sa stratégie de référence.

A partir de 2015, la stratégie de séparation poussée apparaît et prend graphiquement de l'ampleur. La forme ovale donnée à cette stratégie symbolise le fait que la recherche additionnelle pourrait conduire dans le futur à développer cette stratégie jusqu'à la rendre exploitable, ce qui n'a pas été le cas jusqu'à présent. La date de 2065 a été déduite comme

date limite pour la mise en dépôt géologique dans le respect de nos hypothèses, cela est représenté par la ligne qui rejoint le dépôt géologique à cette date.

Enfin, la stratégie d'incinération est aussi représentée ; elle a également une forme ovale pour montrer qu'elle nécessite de la recherche avant de construire une unité de transmutation à l'échelle industrielle, et elle a été superposée à la séparation poussée parce qu'il sera nécessaire de fabriquer le combustible approprié pour l'incinérateur et que nous envisageons que cela sera réalisé au moyen d'une stratégie de traitement qui fait intervenir un processus de séparation autre que le procédé PUREX.

Tant qu'aucune décision n'est prise pour choisir une des stratégies de gestion proposées, nous restons dans la stratégie de recherche additionnelle. Notons cependant que nous montrons graphiquement qu'au-delà de 2075, si la décision de placer les combustibles irradiés tels quels dans le dépôt géologique n'était pas prise, nous resterions alors dans une stratégie de recherche additionnelle, mais qui sortirait de nos hypothèses.

Toutes les dates et décisions qui sont relatives aux hypothèses formulées, et en particulier au dépôt géologique construit selon le concept de référence de l'ONDRAF, sont mises en vert sur la figure.

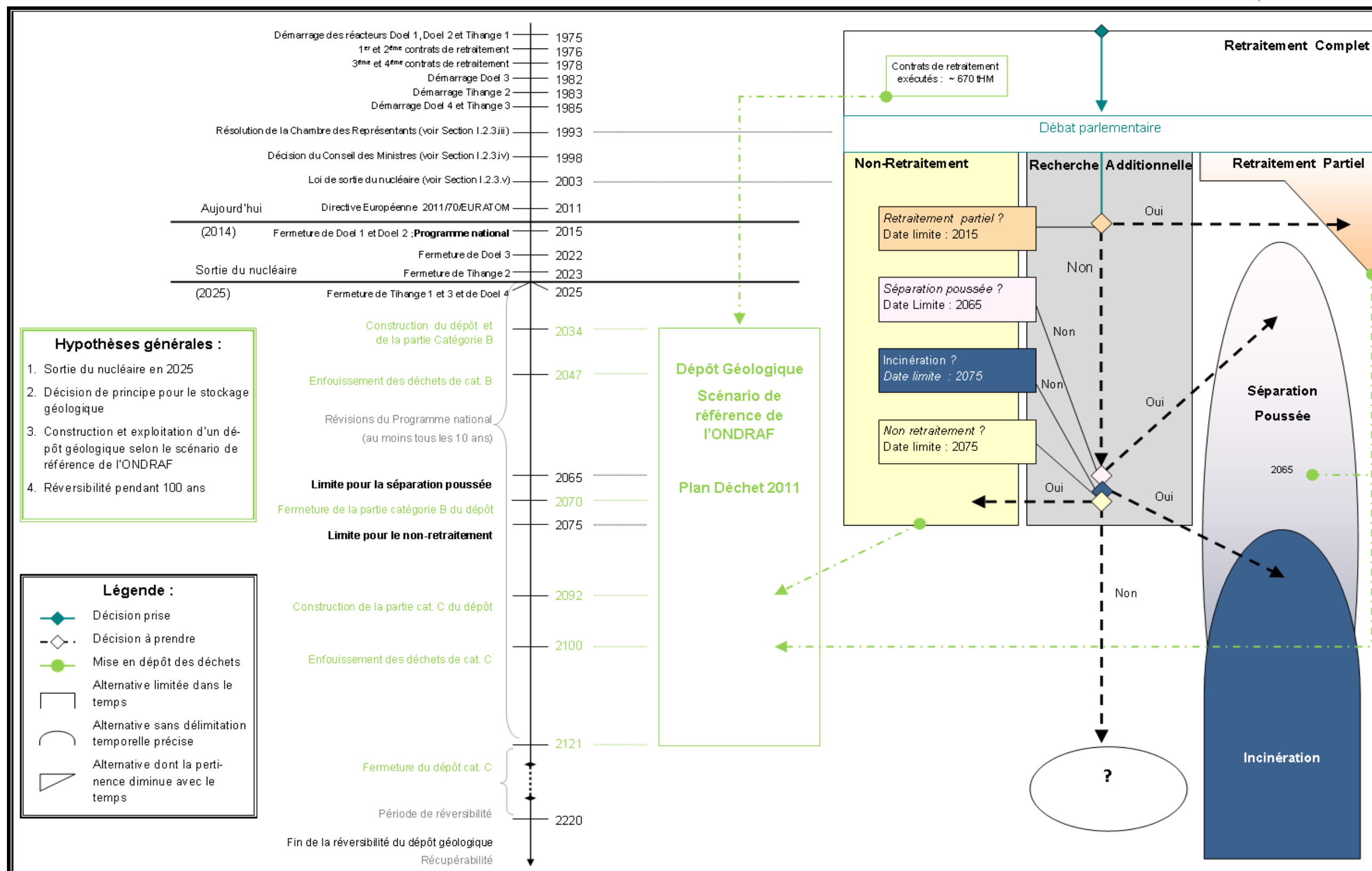
La figure 6 montre également que tant qu'aucune décision n'est prise, nous restons de facto dans la stratégie que nous avons appelé « recherche additionnelle » et que la décision de rentrer ou non dans la stratégie de retraitement partielle doit être prise rapidement, mais qu'au-delà de ce choix, l'échéance suivante pour le choix d'une stratégie est 2065 avec la séparation poussée.

37

Au final, nous voyons apparaître une séquence ordonnée de décisions qui doivent être prises avant une certaine date limite si l'on veut maintenir le dépôt géologique commun selon le concept de référence de l'ONDRAF. Nous insistons sur le fait que ce n'est pas parce qu'une date limite est déterminée que cela signifie pour autant que l'on doit attendre cette date pour entrer dans une stratégie donnée. En effet, plus tôt une décision est prise, plus tôt l'ONDRAF aura toutes les cartes en mains pour réaliser au mieux la mission qui lui a été confiée. Rappelons également que le système mis en place en Belgique pour constituer les provisions qui serviront à financer la stratégie choisie prévoit que l'approvisionnement se poursuit tant que des réacteurs nucléaires sont en fonctionnement, ce qui implique que le montant des provisions nucléaires sera définitif en 2025.

Figure 6. Ligne du temps avec les étapes importantes concernant le cycle du combustible nucléaire belge (sur la gauche) et représentation en diagramme des stratégies possibles pour la Belgique.

Avec les étapes de décisions décisives par rapport à la ligne du temps (sur la droite). Les étapes de décisions ont été déterminées en se basant sur nos hypothèses, et en particulier sur le planning de construction du dépôt géologique selon le scénario de référence présenté dans le Plan Déchets de l'ONDRAF (illustré par la couleur verte sur la figure).



5. Synthèse

La présente étude a été réalisée par le Service des Applications Nucléaires de la Direction générale de l'Energie du SPF Economie, P.M.E. et Energie, sur la base de contributions de l'ONDRAF, de Synatom et du SCK•CEN, complétées par l'apport de deux journées de Peer Review avec une équipe interdisciplinaire d'experts issus des milieux académiques belges et d'institutions internationales. Le compte rendu des 2 journées de table ronde menées avec les experts qui ont fait le review de cette étude peut être obtenu auprès du SPF Economie.

La Belgique devra établir un programme national de gestion de ses déchets radioactifs et combustibles irradiés pour le mois d'août 2015, conformément à la directive européenne 2011/70/Euratom. Depuis le débat de 1993, deux alternatives sont envisagées sur pied d'égalité pour la Belgique : le non-retraitement et le retraitement.

Les innovations apportées en matière de gestion du combustible irradié ces dernières décennies méritent cependant d'être au moins évaluées. De nombreux autres pays sont en train de réaliser un tel travail d'évaluation et de prospection pour déterminer leur stratégie en matière de gestion du combustible. Or, le parc nucléaire et la législation de chaque pays étant différents, les résultats de ces études ne peuvent être simplement transposés d'un pays à l'autre. Ce travail devra également être réalisé en Belgique à l'occasion de l'établissement de son Programme National.

En vue de préparer ce travail, nous avons réalisé une étude préliminaire visant à établir quelles stratégies pourraient être envisagées en Belgique, sans se restreindre aux deux alternatives qui avaient été établies il y a vingt ans de cela. Pour réaliser ce travail, certaines hypothèses ont dû être formulées. Sept hypothèses ont finalement été retenues et sont présentées dans la première section de cette étude. Plusieurs de ces hypothèses se bornent à reprendre les conclusions présentées par l'ONDRAF dans son Plan Déchets comme données pour la présente étude (le dépôt géologique comme stratégie de gestion définitive, le concept de référence du dépôt géologique, en prenant en compte les adaptations nécessaires de ce concept pour chacune des stratégies, etc.). Deux hypothèses nous sont directement dictées par la loi (la sortie du nucléaire et la réversibilité¹⁰) et enfin, les deux dernières hypothèses sont des hypothèses de travail pratiques permettant de concentrer l'analyse sur les stratégies de gestion du combustible (l'entreposage assuré et la production de déchets radioactifs à partir de combustible irradié). Nos hypothèses ont fait l'objet d'une analyse critique et leurs conséquences en terme de limitation des stratégies envisagées ont également été analysées.

Nous avons proposé précédemment des clefs de lectures qui permettent d'envisager et de comprendre les stratégies selon des perspectives différentes. La gestion du combustible irradié étant un problème multidimensionnel, il n'existe pas de solution unique à ce problème. Mais chaque solution peut mettre en avant une dimension particulière, c'est pourquoi nous avons identifié et présenté 4 clefs de lecture des stratégies : la perspective du risque radiologique, de la non-prolifération, la problématique des matières à potentiel énergétique et les

¹⁰ L'obligation de prévoir les modalités de la réversibilité dans la loi du 3 juin 2014 transposant la directive européenne EURATOM/2011/70. Mais notre hypothèse va plus loin en supposant que la réversibilité ne doit pas être mise en application.

aspects économiques. Ces clefs de lecture ont été conditionnées par nos hypothèses générales. D'autres clefs de lecture pourraient être ajoutées à celles-ci.

Finalement, en plus des deux stratégies primordiales quatre stratégies supplémentaires ont été formulées : le retraitement partiel, qui a été présenté par Synatom à la Commission des Provisions Nucléaires, la séparation poussée et l'incinération qui envisagent l'application des recherches actuelles pour optimiser la gestion des combustibles irradiés et la stratégie de recherche additionnelle dans lequel il est considéré qu'on ne dispose pas encore à ce jour de suffisamment d'éléments que pour prendre une décision définitive.

Les stratégies ont été décrites au début de cette partie de l'étude. Pour chacune des stratégies, nous proposons une analyse succincte des conséquences qu'entraînerait le choix de chaque stratégie en particulier. Pour chacune des stratégies, une ligne du temps est proposée avec le déroulement des événements pour mener à la gestion du combustible irradié au sein de la stratégie et dans le respect de nos hypothèses. Pour établir ces lignes du temps, nous nous sommes basés sur le planning prévisionnel du stratégie de référence de l'ONDRAF pour la gestion des déchets radioactifs et des combustibles irradiés. Ce planning prévisionnel prévoit notamment que la construction du dépôt géologique se fera en deux temps, la première partie serait construite très tôt et accueillerait grosso modo les déchets de catégories B, en deux campagnes d'enfouissement, et la seconde partie du dépôt serait construite à partir de 2092 et accueillerait, lors de la troisième campagne d'enfouissement, les déchets issus du cycle du combustible. Nous prévoyons que la licence pour le début des travaux de la galerie de catégorie C ne sera introduite pour la seconde partie du dépôt qu'au moment de creuser la galerie. En effet, avec un début des travaux prévus pour 2092, et étant donné qu'une veille technologique est prévue par l'ONDRAF tout au long des opérations de gestion des déchets radioactifs et de combustibles irradiés, il a été considéré que la licence qui serait éventuellement demandée avant le début des premiers travaux en 2032 devrait être réintroduite auprès du régulateur 60 ans plus tard. Ce point est également mentionné par l'ONDRAF dans leur rapport d'évaluation du coût du dépôt géologique de 2013.

40

Cependant, en gardant la date de 2092 comme limite pour éviter le découplage du dépôt géologique pour les déchets de catégorie B et de catégorie C, nous avons pu établir des dates limites pour entrer dans chacune des stratégies. Au-delà de ces dates, l'absence de décisions pourrait mettre l'ONDRAF dans l'impossibilité matérielle de réaliser sa mission selon les plans que l'organisme a établi. Une analyse transversale de la chronologie des stratégies a été réalisée afin d'identifier la manière dont les stratégies s'articulent les unes par rapport aux autres. Cette analyse a montré qu'une décision concernant la stratégie de retraitement partiel devait être prise assez rapidement et que, dans le cas où cette stratégie ne serait pas suivie, il sera nécessaire de définir les axes de recherches afin de permettre une décision pour entrer dans une autre stratégie de gestion du combustible irradié au plus tard en 2065 pour la stratégie de séparation ou 2075 pour la stratégie de non-retraitement.

Annexe : Lettre de recommandation des experts

Ci-dessous, une reproduction du texte de la version française de la lettre de recommandation rédigée par les experts ayant participé au Peer Review de cette étude:

« A l'attention de
Madame Marie-Christine Marghem,
Ministre de l'Energie, de l'Environnement et du Développement durable,

Lundi 3 novembre 2014,

Madame le Ministre,

La présente lettre accompagne l'étude intitulée « Etude préliminaire sur les stratégies de gestion des combustibles nucléaires en Belgique » réalisée par le Service des Applications Nucléaires de la Direction Générale de l'Energie du Service Public Fédéral Economie, P.M.E., Classes Moyennes et Energie (appelé ci-après « l'Administration »). Elle émane de la commission d'experts invitée par l'Administration dans le contexte de cette étude pour deux entretiens en table ronde, entretiens qui eurent pour but de valider l'étude, et, si nécessaire, de l'approfondir ou de la compléter par les apports d'experts.

La commission a été composée d'experts nucléaires et de chercheurs plutôt orientés vers les aspects sociétaux de la gestion de l'énergie et plus particulièrement la gestion de l'énergie nucléaire et des déchets radioactifs. L'Administration a assuré le secrétariat des deux entretiens en table ronde, et a aussi établi le rapport de ces entretiens. Ce rapport a été relu, commenté et approuvé par nous, les membres de la commission.

Nous souhaitons tout d'abord mettre l'accent sur le fait que pendant tout le processus d'évaluation, nous avons pu travailler de façon indépendante et en bonne intelligence avec l'Administration. En ce qui concerne le contenu et l'orientation de l'étude, nous voulons indiquer que nous trouvons pertinent l'élargissement de deux à six options pour le cycle du combustible nucléaire en Belgique. De plus, nous souhaitons exprimer notre appréciation pour l'ampleur et la profondeur des analyses. Nous pouvons affirmer que dans sa forme finale, cette étude peut servir de référence et constituer une base solide pour le processus futur de prise de décision dans le contexte belge.

Par ailleurs, nous sommes d'avis qu'une large participation à ce processus de prise de décision est une condition essentielle pour garantir sa crédibilité et la qualité de ses conclusions. C'est pourquoi nous voulons attirer l'attention par cette lettre sur l'intérêt de l'implication sociétale dans ce contexte, et formuler une proposition concrète en relation avec la manière d'organiser celle-ci.

Nous nous référons en première instance aux dispositions légales concernées et aux directives européennes.

Nous voulons rappeler qu'un débat parlementaire a eu lieu en Belgique en 1992 et 1993 sur l'utilisation des combustibles MOX dans les centrales nucléaires belges et sur l'opportunité de retraiter le combustible usé. La résolution de la Chambre du 22 décembre 1993, qui a été adoptée en conclusion de ce débat, prévoit que le Parlement sera consulté avant qu'une nou-

velle décision ne soit prise au sujet de la gestion du combustible utilisé en Belgique. Dès lors nous recommandons d'impliquer le Parlement dans le processus de prise de décision et de lui soumettre l'étude pour évaluation.

Ensuite nous nous référons à la loi du 13 février 2006 relative à « l'évaluation des incidences de certains plans et programmes sur l'environnement et à la participation du public dans l'élaboration des plans et des programmes relatifs à l'environnement ». Selon son article 6, cette loi est d'application pour la gestion des options du cycle de combustible en Belgique. Elle dispose en son article 7 que la participation du public est exigée lors de l'élaboration, de la modification ou de la révision de plans et programmes relatifs à l'environnement. Par ailleurs, au sujet de la participation du public, nous voulons aussi nous référer à la description de cette participation telle que définie dans les directives européennes y relatives. Concrètement, nous mentionnons l'article 10.2 de la directive 2011/70/Euratom qui dispose que les états membres européens veilleront « ... à ce que le public ait la possibilité, comme il convient, de participer de manière effective au processus de prise de décision relatif à la gestion du combustible utilisé et des déchets radioactifs, conformément à la législation nationale et aux obligations internationales. ... » et l'article 2.2 de la directive 2003/35/EG qui dispose que les états membres européens veilleront « ... à ce que soient données au public, en temps voulu, des possibilités effectives de participer à la préparation et à la modification ou au réexamen des plans ou des programmes dont l'élaboration est prévue par les dispositions énumérées à l'annexe I. ... ».

42

Tenant compte de la législation belge concernée, et nous appuyant sur les dispositions des directives européennes rappelées ci-dessus, nous sommes persuadés que l'implication de la société n'est pas seulement une condition essentielle dans un processus de prise de décision crédible et de qualité pour l'évaluation d'une option de gestion donnée, mais qu'elle doit déjà intervenir lors de la génération des connaissances relatives aux différentes options qui sous-tendent la prise de décision. C'est pourquoi nous vous demandons de confier au Comité du Programme National la mission d'élargir la consultation sur les options du cycle du combustible nucléaire en Belgique, et d'organiser la dialogue avec la société en collaboration avec une organisation indépendante. Il va de soi que l'étude qui vient d'être réalisée peut servir dans ce contexte de document de référence. C'est pourquoi nous souhaitons vivement que cette étude soit rendue accessible au public.

Une conférence interdisciplinaire avec la participation de la société civile, et un forum public avec la participation d'une sélection représentative de citoyens, peuvent constituer des pistes pour donner forme à ce processus participatif. Compte tenu de son expérience dans l'organisation de la participation dans le processus de décision concernant les déchets radioactifs, il nous semble que la Fondation Roi Baudouin pourrait être sollicitée pour prendre des initiatives dans ce sens.

Nous vous remercions de bien vouloir prendre cette proposition en considération. Il va de soi que nous sommes disponibles pour répondre à vos objections et suggestions alternatives.

« Créer les conditions d'un fonctionnement compétitif, durable et équilibré du marché des biens et services en Belgique. »

Veillez agréer, Madame le Ministre, l'expression de notre haute considération.

Gaston Meskens, président de la commission d'experts

Au nom des membres de la commission d'experts

Marc Deffrennes, fonctionnaire retraité de la Commission Européenne (Euratom), Analyste Nucléaire à l'Agence de l'Energie Nucléaire de l'OECD.

Michel Giot, professeur émérite de l'Université catholique de Louvain;

Pierre-Etienne Labeau, professeur à l'Université Libre de Bruxelles;

Gaston Meskens, onderzoeker, SCK•CEN en Universiteit Gent;

Quentin Michel, professeur à l'université de Liège;

Jantine Schröder, onderzoeker, SCK•CEN en Universiteit Antwerpen.»

Bibliographie

- [1] ONDRAF, Plan déchets, 2011. [En ligne]. Available:
http://www.ondraf-plandechets.be/nieuw/htm_fr/getpage.php?i=1 [accès en 2013].
- [2] Vanrespaille L. et Teller M., Conférence citoyenne 'Comment décider de la gestion à long terme des déchets radioactifs de haute activité et de longue durée de vie ?' Rapport Final, Fondation Roi Baudouin, Bruxelles, 2010.
<http://www.ondraf-plandechets.be/nieuw/downloads/pdf/1968-FRB-POD-Ondraf.pdf>
- [3] ONDRAF, Safety Assessment and Feasibility Interim Report 2, ONDRAF, Bruxelles, 2001.
- [4] Commissariat à l'énergie atomique - Direction de l'énergie nucléaire, Le traitement-recyclage du combustible nucléaire usé, Paris, Jean-François Parisot, 2008.