

La réalité du recyclage des combustibles usés des REP d'EDF de 1976 à 2012

André Guillemette, Jean Claude Zerbib, Jean-Claude Autret

1 Préambule

Dans le cadre de l'étude sur le post Fukushima des CLI de la Manche¹ et celui d'une étude sur le combustible MOX², nous nous sommes heurtés à un refus de communication des données relatives aux quantités des différents types de combustibles usés, entreposés dans les piscines de refroidissement des exploitants EDF et AREVA.

La quantification, le type de combustible et leurs caractéristiques thermiques seraient, selon les exploitants (EDF et AREVA), couverts par le secret commercial, donc non communicables. Une position étonnante compte tenu de la volonté d'organiser des débats publics contradictoires portant sur les déchets et combustibles usés (MOX et URE notamment) destinés à être enfouis à plus de 500 m sous terre en Champagne-Ardenne.

Ce même secret couvrirait également les études sur le cycle du nucléaire français, effectuées par les groupes permanents d'experts « usines » et « déchets » de l'IRSN à la demande de l'ASN³. Sous réserve de respecter une clause de stricte confidentialité, ces documents étaient consultables après avoir été expurgés de toutes leurs données chiffrées, relatives aux volumes, masses et propriétés thermiques des combustibles usés déchargés des réacteurs, qu'ils soient retraités ou entreposés.

Aussi, en partant de données publiques disponibles, nous proposons une reconstitution des quantités de matières radioactives produites par les réacteurs à eau pressurisée d'EDF de 1976 à 2012.

Le bilan officiel de ce cycle, tel qu'il apparaît dans la communication établie par les exploitants et leurs autorités de contrôle, annonce un total 4 % de déchets ultimes et 96 % de matières recyclables, qui se répartiraient environ comme suit : 95 % d'uranium de retraitement (URT) et 1 % de plutonium (Pu).

L'examen du bilan réel des matières nucléaires recyclées, montre qu'il y a *un grand écart entre la fraction recyclable annoncée et le bilan réel* du cycle du combustible établi selon nos reconstitutions.

Pour évaluer le recyclage réel à la fin 2012, nous considérons les quantités de combustibles usés retraitées à La Hague pour EDF (17 940 tonnes d'UO₂) et l'ensemble des matières radioactives issues des réacteurs d'EDF, qu'elles soient retraitées ou entreposées dans les piscines de La Hague ainsi que dans celles des réacteurs (31 820 tonnes de combustibles REP usés⁴). Il apparaît alors que 14,6 % de « matières lourdes initiales⁵ » (mli) provenant du retraitement des 17 940 t de combustibles UO₂ à La Hague ont été recyclées, soit donc seulement **8,2 %** de

1 - CLI de la Manche, *Le livre blanc sur la sûreté des installations nucléaires civiles de la Manche « Post Fukushima »*, décembre 2013.

2 - André Guillemette et Jean Claude Zerbib, *Les combustibles MOX d'EDF, production et stockages, bilans 2011. Les cahiers de Global Chance n° 33* – mars 2013.

3 - IPSN, *Rapport DES n° 468, Avis de l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire sur le dossier EDF « Cycle du combustible REP français »*. Document présenté devant les « Groupes permanents chargés des usines et des déchets », le 28 novembre 2001. IRSN, *Cycle du combustible REP Français, Rapport DSU n° 228. Réunion des groupes permanents d'experts « usines et déchets », du 30 juin 2010.*

4 - Aux 17 940 tonnes retraitées, il faut ajouter les 9 790 tonnes de combustibles usés entreposés dans les piscines de La Hague et les 4 081 tonnes en refroidissement dans les piscines des réacteurs.

5 - Par convention internationale, le tonnage des combustibles désigne toujours le seul métal lourd initial (mli), constitué d'uranium et de plutonium, qui sera inséré dans la structure métallique de l'assemblage combustible (inox, zircaloy, etc.). Actuellement, chaque tonne retraitée produit 0,85 colis de déchets compactés (CSD-C) par tonne de mli. Comme chaque colis CSD-C de 700 kg renferme 600 kg de coques et embouts par colis CSD-C, une « tonne mli » retraitée produit donc 510 kg de déchets de structures ([ANDRA 2012], F2-3-02). Une tonne de matière combustible (U ou U + Pu), insérée dans son assemblage, a donc en moyenne un poids total de 1,51 tonne.

« matières lourdes initiales » recyclées dans l'ensemble des 31 820 t de combustibles à oxydes d'uranium usés, retraités ou entreposés.

Pour ce qui est de la production de déchets, nous montrons que les déchets HA-VL (haute activité à vie longue), MA-VL (moyenne activité à vie longue) et FA-VL (faible activité à vie longue), issus du retraitement des combustibles usés, conduisent à gérer de l'ordre de **82 560 t** de matières radioactives, intégrées dans diverses matrices, au lieu des **48 000 t** de combustibles UOX usés (renfermant 31 820 tonnes de mli) dont ils sont issus.

En prenant en compte *les seuls déchets HA-VL et MA-VL*, qui relèvent d'une gestion voisine de celle des combustibles usés stockés en l'état, le retraitement **multiplie par 1,51** la masse des déchets (2,295 tonnes de déchets pour 1 tonne de combustible usé avec 0,510 t de structure).

Mais en considérant *l'ensemble des déchets radioactifs à vie longue*, le retraitement **multiplie par 1,72** la masse des matières radioactives ultimes HA-VL, MA-VL et FMA-VL à gérer (+ 71,8 %) par comparaison avec une gestion sans retraitement.

2 Développement

2.1 Reconstitution d'une base de données du cycle du combustible

Avant de reconstituer le bilan du combustible, il nous a fallu recourir à diverses sources de données qui portent souvent sur des périodes de temps et des portions du cycle du combustible différentes.

- De 1976 à 2000, les données détaillées sur le cycle des REP français, considérées comme des secrets commerciaux par EDF, AREVA et l'IRSN en 2013, sont publiées dans l'étude de Girard P. et al⁶. Ces données sont reproduites dans le tableau n° 3 en annexe.
- Pour les années 2001 à 2012, nous avons trouvé des données ponctuelles sur les combustibles usés et les déchets conditionnés dans les inventaires publiés par l'ANDRA⁷ en 2004, 2007 et 2010 qui sont dans le domaine public.
- Les rapports annuels d'AREVA⁸, publiés de 2007 à 2012 fournissent quant à eux le bilan des combustibles usés étrangers qui ont été retraités à La Hague, les parts respectives de déchets (vitrifiés et compactés) étrangers et français conditionnés ainsi que celles du plutonium extrait et conditionné.
- Pour 2004 et 2005, nous disposons des données qui figurent dans un document de travail AREVA adressé à la CSPI⁹ en 2006.
- Dans son étude sur les coûts de l'électronucléaire en France, la Cour des comptes¹⁰ fournit plusieurs données sur les combustibles usés ou chargés ainsi que sur diverses matières et déchets nucléaires.

À partir de ces données publiques, nous avons pu reconstituer pour la période de 1976 à 2012 les données censurées par EDF et AREVA dans les documents IRSN DES n° 468 (28 novembre 2001) et DSU n° 228 (30 juin 2010).

Pour la période 2001 – 2012, nous avons pris les bases suivantes :

- Combustibles à oxydes d'uranium usés (UO₂ + MOX + URE), 1 170 t déchargées par an de 2001 à 2012.
- Combustibles UO₂ retraités pour EDF, données publiées par AREVA, EDF et l'ANDRA.
- Combustibles MOX usés 95 t/an de 2001 à 2010, 115 t/an à partir de 2011. Nous reconstituons le flux de MOX usé à partir des données des inventaires ANDRA (700 t en 2004, 1 018 t en 2007, 1 287 t en 2010), et données partielles AREVA La Hague (479 t en 2004, 543 t en 2005).
- Combustibles URE usés 18 t/an de 1994 à 2007 sur 2 réacteurs. Progression de 18 à 72 t/an de 2008 à 2012 par passage progressif de chargement à 18 t/an sur chacun des quatre réacteurs de Cruas. Le flux d'URE usé est reconstitué à partir des inventaires ANDRA (200 t en 2004, 251 t en 2007, 318 t en 2010), des données partielles AREVA La Hague (155 t en 2004, 172 t en 2005) et de celles du rapport de la Cour des comptes.

2.2 Exploitation des données reconstituées

Nous considérons les données publiées par l'ANDRA, AREVA, le CEA, la Cour des comptes et [Girard 2000] comme des données suffisamment sûres qui vont jaloner nos reconstitutions.

2.2.1 Reconstitution du bilan réel du recyclage des 17 940 t d'UO₂, retraitées de 1976 à 2012 :

- Plutonium, 149 tonnes recyclées pour produire le combustible MOX soit sur les 179 t produites : 83,2 % du plutonium recyclé (soit 0,83 % sur les 1 % annoncées),

6 - [Girard 2000]

7 - [ANDRA 2006], [ANDRA 2009] et [ANDRA 2012].

8 - [AREVA 2007-2012].

9 - CSPI : Commission Spéciale et Permanente d'Information Près de l'Établissement de La Hague

10 - [Cour des comptes 2012].

- Sur les 17043 t d'uranium de retraitement (URT) produites, 2475 t ont été recyclées pour produire des combustibles à base d'uranium de retraitement enrichi (URE), soit 14,53 % de l'URT recyclé (ou encore 13,8 % sur les 95 % annoncées),

En définitive, il apparaît que sur les 100 % de matières nucléaires initiales (17940 t d'UO₂) seuls **14,6 %** sont en pratique actuellement recyclés.

- **14,6 %** de l'U initial (0,83 % de plutonium + 13,8 % d'URT).

2.2.2 Bilan réel du cycle des 31 820 t à oxydes d'uranium usés en 2012 :

- Pour les 17940 tonnes d'UO₂ retraitées, dont le bilan des matières recyclées s'établit à 14,6 %, elles représentent 56,38 % des 31 820 t de combustibles à oxydes d'uranium usés, déchargés des réacteurs d'EDF en 2012.
- Pour les 31 820 t de combustibles « usés », déchargés des réacteurs d'EDF, il a été recyclé 149 t de plutonium et 2475 t d'URT. Soit 2624 t « recyclées », ou 8,2 % des 31 820 t initiales.
- **8,2 %** de matières recyclées pour « 96 % recyclables » annoncées.

2.2.3 Bilan matières du cycle du combustible

Dans le but de comparer les deux options : « retraitement partiel des combustibles usés » et « entreposage » de l'ensemble des combustibles usés, nous partons du **bilan réel** des matières du cycle des combustibles REP en 2012. **31 820 t** de combustibles usés (UO₂ + MOX + URE) ont été déchargées des réacteurs d'EDF. Sans le recours au retraitement ces 31 820 t auraient été entreposées en piscines de refroidissement, avant d'être mises dans des conteneurs pour stockage à sec.

Déchets vitrifiés : Le retraitement produit une gamme de déchets, avec notamment des déchets vitrifiés qui referment les produits de fission et les actinides mineurs. Ces déchets de haute activité à vie longue (HA-VL), amalgamés dans une matrice de verre, sont conditionnés par coulage dans un conteneur en acier inoxydable. Ils sont désignés sous l'appellation de CSD-V (colis standard de déchets vitrifiés). Chaque tonne de combustible UO₂ usé retraitée produit en moyenne 0,75 colis CSD-V¹¹ d'un poids unitaire de 490 kg.

Déchets compactés : Le cisailage des gaines, qui renferment le matériau appelé combustible qui sera dissout, produit lors du retraitement des tronçons de gaines (les « coques ») en alliage de zirconium, des ressorts en alliage de nickel, des « grilles » et des « embouts » d'éléments combustibles en acier. Ces déchets sont compactés sous forme de « galettes » et conditionnés dans un colis dénommé CSD-C (colis standard de déchets compactés). Le colis ainsi obtenu est un déchet de moyenne activité qui renferme des produits à vie longue (plus de 300 ans, MA-VL). Actuellement, chaque tonne de combustible UO₂ usé retraitée produit en moyenne 0,85 colis CSD-C de 700 kg dont 600 kg de coques et embouts, et 0,12 m³.t⁻¹ (263 kg.t⁻¹) de colis de déchets solides d'exploitation cimentés en conteneur béton-fibres¹² dénommés CBFC².

Autres déchets à vie longue :

- Aux déchets vitrifiés viennent s'ajouter les déchets technologiques HA-VL, induits par le procédé de vitrification et de fabrication des colis¹³. Fin 2010, il y en avait 19 m³ pesant 14,8 tonnes.
- Aux colis de déchets compactés, dont le concept n'a été mis au point qu'en 1995, viennent s'ajouter huit autres types de colis MA-VL, produits par le retraitement des combustibles usés dans la période 1976-2010, allant du premier modèle de gestion des coques et embouts par cimentation, aux fûts de bitume.

Le bilan de ces ajouts (28063 t), construit d'après l'inventaire ANDRA 2012, est résumé dans le tableau n° 1 ci-dessous.

Ce bilan ne comptabilise pas les déchets métalliques produits après la mise en œuvre du compactage en 1995 (1410 m³ de déchets colis de déchets compactés CSD-C), ils sont pris en compte dans la rubrique CSD-C 2012, déduite directement des données AREVA.

11 - Ce taux de production varie avec le taux de combustion du combustible retraité. De l'ordre de 0,2 colis CSD-V par tonne pour un combustible UNGG de 4 GWj.t⁻¹, il est de l'ordre de 0,75 colis CSD-V par tonne pour un combustible REP de 40 GWj.t⁻¹.

12 - CBF-C², qui font l'objet de la fiche ANDRA F-2-3-08 [ANDRA 2012].

13 - Ils sont décrits dans la fiche F1-3-03 de l'inventaire ANDRA [ANDRA 2012]

Fiche ANDRA	Période de production	Volume 2010 (m ³)	Volume unitaire (m ³)	Masse unitaire (t)	Masse totale (t)
F2-3-01	1976-1994	2 277	1,5	3,541	5 375
F2-3-04	1976-1994	2 428	0,222	0,236	2 581
F2-3-05	1976-2008	63	0,222	0,25	70
F2-3-07	1976-1994	382	1,18	2,14	693
F2-3-08	1995-2010	6 257	1,18	2,324	12 323
F2-3-10	1976-2010	222	0,233	0,665	634
F2-3-12	1976-2008	3 223	0,268	0,511	6 144
F2-3-13	1976-1994	152	1,5	2,4	243
Total	1976-2010	15 044			28 063

Tableau n° 1 : Bilan 2010 des déchets MA-VL produits par le retraitement (hors CSD-C)

Source : [ANDRA 2012]

Nota : Les boues de la station de traitement des effluents STE2 ont été produites lors du retraitement des combustibles UNGG et REP durant la période 1966-2008. Les déchets de conditionnement des boues (F2-3-05 et F2-3-12), sont répartis au prorata des tonnages retraités (4896 t UNGG et 24523 t REP).

Dans notre bilan des déchets 2012, les données CSD-V et CSD-C sont des données AREVA. Aux données « autres déchets MA-VL » reconstituées jusqu'en 2010, il faut ajouter 270 tonnes conditionnées en colis CBF-C'2, produites en 2011-12 (263 kg.t-1, 2028 t retraitées en 2011 et 2012).

Soit un bilan « autres MA-VL » 2012 de **28333 tonnes** pour la période 1976-2012.

Bilan des déchets à vie longue :

Fin 2012, la solution actuellement retenue en France de retraitement des matières usées issues des réacteurs a généré **82563 t** de matières ultimes non recyclées qui nécessitent des modes de gestion spécifiques, pour 48050 tonnes de matières initiales (mli et structures).

Certaines seront classées HA-VL :

- **20960** tonnes (13880 tonnes de mli + 7080 tonnes de structures), de combustibles UO₂ + MOX + URE non retraités, entreposées dans les piscines de la Hague et des réacteurs,
- **5969** tonnes¹⁴ de colis de déchets vitrifiés CSD-V entreposées à La Hague
- **30** tonnes de plutonium non utilisé (et donc se dégradant¹⁵) entreposées à La Hague.

Les matières suivantes constituent des déchets MA-VL :

- **10670** tonnes de colis compactés CSD-C entreposées à La Hague,
- **28333** tonnes, de colis MA-VL divers (voir tableau n° 1), entreposées à La Hague.

D'autres enfin, non-conditionnées, relèvent des FA-VL :

- **2033** tonnes d'URT appauvri provenant de l'URT enrichi à Tomsk (Russie),
- **14568** tonnes d'uranium de retraitement (URT) non recyclé, entreposées au Tricastin, sur les 17043 tonnes produites (soit 2478 tonnes recyclées, 14,5 %).

À ce bilan, il convient d'ajouter environ **120000 m³** de déchets FMA-VC déposés dans les centres de stockage de la Manche et de l'Aube.

Fin 2010, le bilan des seuls déchets HA et MA à vie longue, se monte donc à 2,295 tonnes par « tonne mli » de combustible UO₂ usé retraité dans les usines de La Hague, soit 1,52 t de déchets HA et MA par tonne brute de combustible (1 t de mli avec ses 0,52 t de structures).

Globalement, du point de vue de **l'ensemble des déchets à vie longue**, le retraitement des combustibles usés, le retraitement **multiplie par 1,72** la masse des matières radioactives ultimes HA-VL, MA-VL et FMA-VL à gérer (+ 71,8 %), par rapport à l'option retenue par la majorité des exploitants nucléaires du non-retraitement des combustibles « usés »

14 - Le bilan AREVA La Hague 2012 est de 13455 colis de déchets CSD-V « France » (6590 t). 4896 t de combustibles UNGG ont été retraitées à La Hague entre 1966 et 1987. À raison de 0,26 colis par tonne pour les UNGG, la part UNGG est de 1273 CSD-V, ou 624 t (contrat Espagnol UNGG, 258 t, retour 67 CSD-V → 0,26 colis par tonne).

15 - Transformation du plutonium 241 (isotope fissible) en américium 241 (actinide mineur).

Le très hypothétique retraitement des MOX (à forte teneur en plutonium et actinides mineurs) et des URE produirait plus de déchets vitrifiés que les UO_2 . La quantité de déchets produits par tonne de combustible MOX retraitée, serait dans ce cas encore bien plus importante que celle des combustibles UO_2 usés.

Les 442 t d'URE usé ont permis de recycler 2475 t d'URT¹⁶. Le reliquat d'URT est donc de 14 568 t (17 043 t – 2 475 t), auquel il faut ajouter l'URT résiduel appauvri (2 033 t) qui est un déchet significativement plus irradiant que l'uranium appauvri produit lors de l'enrichissement de l'uranium naturel.

Flux au 31/12/2010 :

- En charge dans les réacteurs : UOX 4 477 t, URE 156 t, MOX 299 t
- Déchargement : UOX 1 170 t/an dont URE 72 t/an et MOX 100 t/an

3 Le bilan réel du cycle combustible

Nous avons vu que plusieurs contraintes techniques s'imposent aux exploitants nucléaires comme par exemple l'ajustement du tonnage retraité aux besoins en combustible MOX¹⁷, le recyclage des combustibles à uranium de retraitement enrichi (URE) limité aux besoins des quatre réacteurs de la Centrale EDF de Cruas ou les difficultés du retraitement des MOX.

Le bilan des tonnages de combustibles « usés » déchargés, retraités ou stockés, depuis la mise en service des réacteurs REP ainsi reconstitué (figure N° 1) montre qu'en 2007, une moitié du tonnage produit a été retraité et l'autre moitié entreposée dans les piscines de La Hague ou celles des centrales EDF.

Depuis 2007, l'examen du cumul des quantités de combustibles usés, en entreposage de longue durée, fait apparaître une croissance de 320 t/an en 2008 et 2009, puis de 150 t/an à partir de 2010.

La courbe du tonnage retraité s'infléchira plus encore lorsque les premiers réacteurs de 900 MWe utilisant du combustible MOX s'arrêteront.

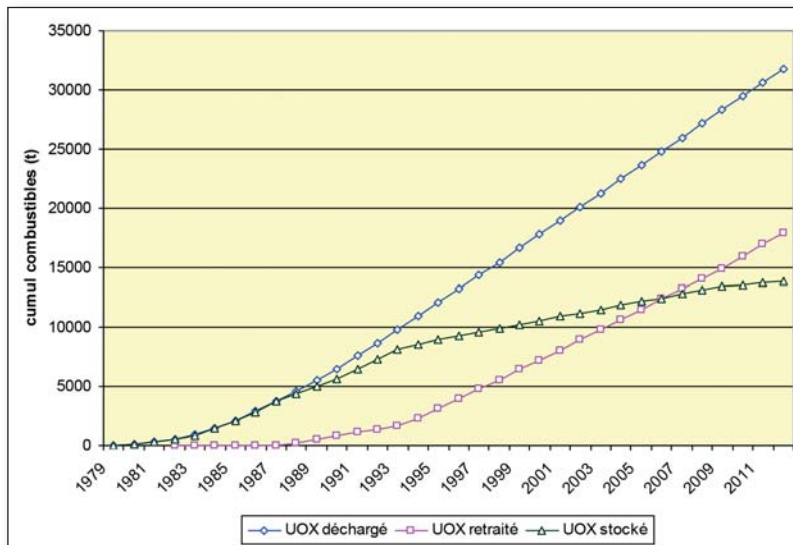


Figure N° 1 : État des combustibles « usés » déchargés, retraités ou stockés en 2012

Les contraintes relatives à la gestion des combustibles conduisent à un schéma complexe qui porte sur les évolutions connues des trois types de combustibles utilisés dans les réacteurs d'EDF :

- 31 réacteurs fonctionnant avec du combustible à uranium naturel enrichi (UNE),
- 23 réacteurs de 900 MWe utilisant (en 2013) des cœurs mixtes constitués de combustible UNE (2/3 de cœur) et de combustible MOX (1/3 de cœur),
- 4 réacteurs de 900 MWe chargés avec du combustible UNE (1/2 cœur) et du combustible URE (1/2 cœur)¹⁸.

Nous présentons sous la forme d'un schéma (figure N° 2), le bilan des divers combustibles usés entreposés ou retraités et celui des matières nucléaires produites.

16 - L'URT contient environ 1,1 % d' U_{235} . L'enrichissement de URE est porté à 4,5 % environ en U_{235} (pour compenser la présence des isotopes U_{232} et U_{236} neutrophages), au lieu de 3,7 %. Pour un rejet à 0,3 % en U_{235} , il faut de l'ordre de 5,6 t d'URT pour obtenir une tonne d'URE.

17 - Voir l'article [Guillemette 2013].

18 - Une recharge annuelle complète de 18 t d'URE par réacteur, sur les quatre réacteurs de Cruas, n'a été pratiquée qu'en 2012.

En annexe jointe, les données reconstituées, relatives au flux des combustibles usés dans les réacteurs d'EDF, sont fournies dans la figure N° 2

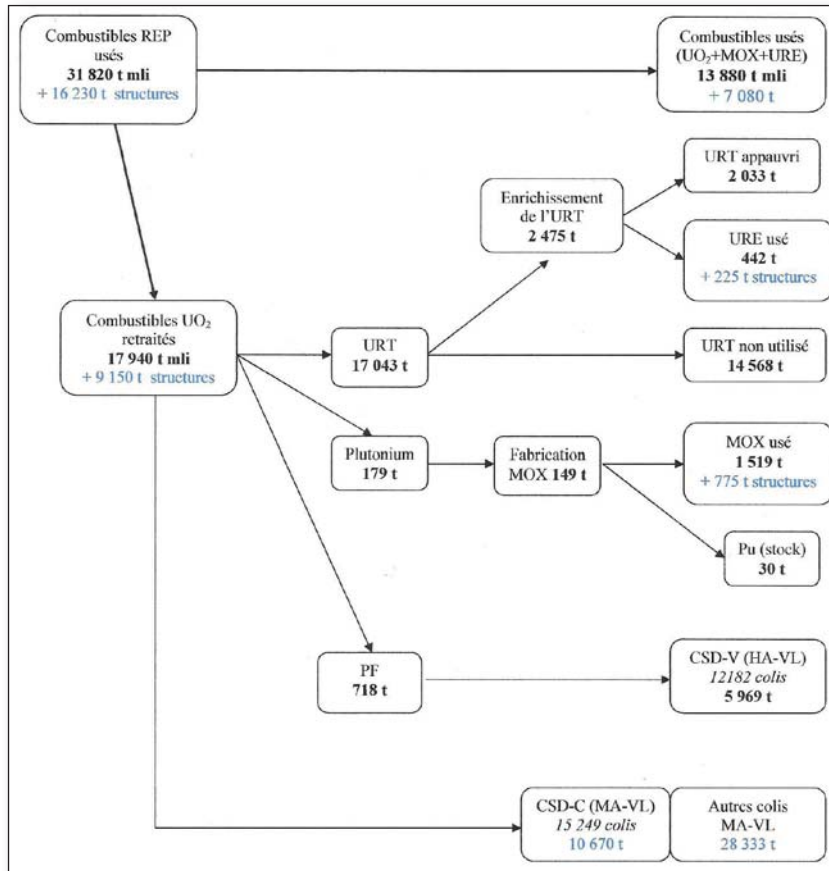


Figure N° 2 : État du cycle électronucléaire en 2012

4 Conclusions

4.1 Les communications d'Areva affirment¹⁹ dans ses rapports 2009 à 2012 :

« Aujourd'hui, le combustible usé est recyclable à 96 % ». Les rapports de 2007-08 précisent²⁰ : « La plateforme de recyclage AREVA, organisée autour des usines de La Hague et de MELOX permet de recycler le combustible usé à plus de 90 %. Ce recyclage permet d'économiser jusqu'à 25 % de l'uranium alimentant le cycle du combustible, via la séparation du plutonium et de l'uranium encore présents dans les combustibles usés », alors que le bilan, arrêté à 2012, montre un recyclage total égal à 14,6 % des matières nucléaires initiales 17940 t d'UO₂ retraitées²¹, dont 13,6 % pour l'uranium de retraitement (URT).

4.2

Fin 2010, le bilan des déchets produits en moyenne par une tonne de combustible d'UO₂ usé retraité dans les usines de La Hague, se monte à 2,284 tonnes de déchets à vie longue. Ainsi, sur le plan des déchets à vie longue (haute, moyenne et faible activités), le retraitement des combustibles usés, réalisé jusqu'en 2010, a **multiplié par 1,72** la masse de déchets ultimes à prendre en compte par rapport à un choix d'option de non-retraitement. En considérant les seuls déchets de haute et moyenne activité à vie longue, ce rapport est égal à **1,51**.

La gestion des déchets de haute et moyenne activité à vie longue, par enfouissement géologique, a fait l'objet de plusieurs débats publics. Les données techniques caractérisant ces déchets ont été rendues publiques par l'ANDRA. Cependant, nous ne disposons pas des informations qui concernent l'amont de la prise en charge par l'agence, comme l'évolution des tonnages de combustibles chargés dans les réacteurs, retraités ou entreposés. À partir de ce travail de reconstitution des données non-disponibles, nous arrivons à la conclusion que les performances

19 - Rapports [AREVA 2009-2012], page 12, 13 ou 14.

20 - Rapports [AREVA 2007-2008], page 12.

21 - Sur les 31 820 t mli usées, issues des REP EDF au 31-12-2012.

du « recyclage » des matières nucléaires, soi-disant offertes par le retraitement, sont assez éloignées de celles annoncées : 14,6 % du tonnage retraité ou 8,2 % du tonnage déchargé des réacteurs d'EDF, au lieu de 90 à 96 %. Est-ce là, la raison de « l'omerta », exercée par EDF et AREVA, qui frappe d'interdiction le rendu public de l'ensemble des données du cycle du combustible ?

4.3

Avant 2007, moins de la moitié des combustibles usés produits était retraitée. Depuis cette date, la quantité cumulée de combustibles usés, en entreposage de longue durée, s'est accru de 320 t/an en 2008 et 2009, puis de 150 t/an à partir de 2010.

5 Sigles

- ANDRA, Agence nationale de gestion des déchets radioactifs
- AREVA, Société exploitant notamment les usines de retraitement de La Hague
- CLI, Commission locale d'information
- CSPI, Commission spéciale et permanente d'information près de l'établissement de La Hague, appellation de la CLI de La Hague de 1981 à 2008
- CBFC'2, Colis de déchets solides d'exploitation cimentés en conteneurs béton-fibres
- CSD-C, Colis standard de déchets compactés
- CSD-V, Colis standard de déchets vitrifiés
- EDF, Électricité de France
- HA-VL, Déchets de Haute activité à vie longue
- IRSN, Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire
- MA-VL, Déchets de Moyenne activité à vie longue
- Mli, métal lourd initial (uranium enrichi ou uranium + plutonium)
- MOX, Combustible mixte à base d'uranium appauvri et de plutonium
- REP, Réacteur à eau pressurisée
- UO₂, Combustible à l'oxyde d'uranium enrichi
- UNE, Uranium naturel enrichi, désigné aussi comme UO₂ combustible à oxyde d'uranium
- URE, Uranium de retraitement enrichi
- URT, Uranium de retraitement

6 Bibliographie

- [ANDRA 2006], Inventaire national des déchets radioactifs 2006 – Rapport de synthèse.
- [ANDRA 2009], Inventaire national des déchets radioactifs 2009 – Rapport de synthèse.
- [ANDRA 2012], Inventaire national des déchets radioactifs 2012 – Rapport de synthèse.
- [AREVA 2007-2012], Traitement des combustibles usés provenant de l'étranger dans les installations AREVA NC de La Hague, rapports 2007 à 2012, juin 2008 à juin 2013.
- [CSPI-AREVA 2006], Données détaillées sur les combustibles usés entreposés à La Hague en 2004 et 2005, documents de travail CSPI, archives CSPI.
- [Cour des comptes 2012], Les coûts de la filière électronucléaire. Rapport public thématique, Cour des comptes, janvier 2012.
- [EDF 2009], Le cycle du combustible nucléaire d'EDF. Rapport pour la réunion du HCTSIN du 20 novembre 2009.
- [Girard2000], Girard P, Marignac Y. et Tassart J. Le parc nucléaire actuel – Mission d'évaluation économique de la fière nucléaire, Groupe de travail « Cycle nucléaire ». La documentation française. Mars 2000.
- [Guillemette2013], Guillemette A. et Zerbib J-C. Les combustibles MOX d'EDF, production et stockages, bilans 2011, Les cahiers de Global Chance, N° 33, pp (66-85), mars 2013.

7 Annexe

Année	Combustibles déchargés	UO ₂ retraités	Combustibles stockés	MOX stockés	URE stockés	URT produit
1979	48		48			
1980	96		96			
1981	220		220			
1982	192	12	181			11
1983	335		335			
1984	567		567			
1985	599		599			
1986	813		813			
1987	849		849			
1988	814	150	664			143
1989	996	375	621			356
1990	916	300	616	7		285
1991	1 137	300	837	15		285
1992	1 091	224	867	22		213
1993	1 120	320	800	26		304
1994	1 130	651	479	22	18	619
1995	1 169	758	411	37	18	720
1996	1 128	850	278	26	18	808
1997	1 185	850	335	40	18	808
1998	1 061	780	281	26	18	741
1999	1 154	849	305	40	18	807
2000	1 161	810	351	78	18	770
2001	<i>1 170</i>	815	355	95	18	774
2002	<i>1 170</i>	887	283	95	18	843
2003	<i>1 170</i>	877	293	95	18	833
2004	<i>1 170</i>	826	344	95	17	785
2005	<i>1 170</i>	856	314	95	18	813
2006	<i>1 170</i>	900	270	95	18	855
2007	<i>1 170</i>	791	379	95	18	752
2008	<i>1 170</i>	850	320	95	19	808
2009	<i>1 170</i>	860	310	95	21	817
2010	<i>1 170</i>	1 022	158	95	29	970
2011	<i>1 170</i>	1 032	138	115	50	980
2012	<i>1 170</i>	996	174	115	72	946
Total	<i>31 821</i>	17 941	<i>13 881</i>	1 519	442	<i>17 044</i>

Tableau n° 2 : Flux et bilan 2012 des combustibles REP usés dans les réacteurs EDF
(Les données reconstituées sont en italiques)