

# LA PRODUCTION DE DÉCHETS DANS LES SCÉNARIOS DE RTE

Bernard Laponche, Global Chance, document de travail, 20 février 2018



<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>2</b>
<b>1. LES DÉCHETS RADIOACTIFS DE L'INDUSTRIE ÉLECTRONUCLÉAIRE .....</b>	<b>2</b>
1.1 CARACTÉRISATION DES DÉCHETS RADIOACTIFS .....	2
1.2 RÉPARTITION DES DÉCHETS RADIOACTIFS PAR SECTEUR ÉCONOMIQUE EN 2013 .....	3
1.3 DÉCHETS RADIOACTIFS DE L'INDUSTRIE ÉLECTRONUCLÉAIRE .....	4
1.4 LES MATIÈRES RADIOACTIVES DE L'INDUSTRIE NUCLÉAIRE .....	6
<b>2. PRODUCTION DE DÉCHETS RADIOACTIF PAR PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ.....</b>	<b>7</b>
2.1 PRODUCTION ANNUELLE DE DÉCHETS NUCLÉAIRES.....	7
2.2 PRODUCTION ANNUELLE DE DÉCHETS NUCLÉAIRES PAR UNITÉ DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ .....	7
<b>3. LES DÉCHETS RADIOACTIFS DANS LES SCÉNARIOS DE RTE .....</b>	<b>8</b>
3.1 LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ D'ORIGINE NUCLÉAIRE DES SCÉNARIOS DE RTE.....	8
3.2 LA PRODUCTION ANNUELLE DE DÉCHETS RADIOACTIFS DANS LES SCÉNARIOS DE RTE .....	8
3.3 LES CUMULS DE DÉCHETS RADIOACTIFS DANS LES SCÉNARIOS DE RTE.....	9
<b>4. UNE COMPARAISON AUX PRÉVISIONS DE L'ANDRA .....</b>	<b>9</b>
4.1 LES PRÉVISIONS DE L'ANDRA POUR 2020 ET 2030.....	9
4.2 COMPARAISON DES PRÉVISIONS DE L'ANDRA AUX VALEURS CALCULÉES POUR LES SCÉNARIOS DE RTE ...	10
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>12</b>

## Pour aller plus loin...

... deux *Dossiers de Global-Chance.org*, à découvrir sur le site internet de l'association :

### **DÉCHETS NUCLÉAIRES : QU'EN FAIRE ?**

*Rapports, analyses, tribunes, interviews, etc. :*

*Les analyses de Global Chance et de ses membres sur la question des déchets nucléaires*

<http://www.global-chance.org/DECHETS-NUCLEAIRES-QU-EN-FAIRE>

### **BURE : CECI N'EST PAS UN DÉBAT PUBLIC**

*Contributions, analyses, vidéos, etc. :*

*Global Chance et ses membres dans le « débat public » sur le projet Cigéo*

<http://www.global-chance.org/BURE-CECI-N-EST-PAS-UN-DEBAT-PUBLIC>

## INTRODUCTION

Le Réseau de transport de l'électricité, RTE, a publié le « Document de référence sur l'édition 2017 du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité en France ».

Un grand nombre de scénarios sur la consommation, la production et les échanges y sont présentés et tout particulièrement cinq scénarios dont les résultats sont généralement considérés comme des outils de base pour le débat national sur la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) qui doit se tenir à partir du mois de mars de cette année.

Cette PPE doit définir les moyens à mettre en œuvre aux horizons 2023 et 2028 afin que le système énergétique français de consommation, de production et d'échanges d'énergie se situe sur une trajectoire permettant d'atteindre les objectifs fixés par la loi d'août 2015 sur la Transition énergétique pour la croissance verte (LTECV).

RTE ne retient dans ces scénarios que les émissions de CO<sub>2</sub> de la combustion des fossiles par les groupes de production d'électricité comme indicateur de l'impact écologique des industries de production de l'électricité.

Il ne nous paraît pas correct de faire des émissions de GES, et encore moins de celles du seul CO<sub>2</sub>, le seul critère permettant de juger l'impact écologique des différents scénarios. Ce faisant, on oublie d'une part les pollutions locales (particules fines, dévastation de régions entières par les exploitations pétrolières, marées noires, etc.) et, d'autre part la production des déchets radioactifs par les centrales et usines nucléaires ainsi que le risque d'accident grave où majeur dans une centrale ou une usine nucléaire. On ne peut passer sous silence l'avertissement du président de l'Autorité de sûreté nucléaire : « *Un accident majeur, comme ceux de Tchernobyl ou de Fukushima, ne peut être exclu nulle part dans le monde, y compris en Europe* »<sup>1</sup>. Sans oublier non plus le coût d'un tel accident, évalué entre 500 et 1000 milliards d'euros.

Le cas des déchets nucléaires est particulièrement intéressant car il est spécifique du nucléaire parmi les autres moyens de production d'électricité et permet de comparer entre eux divers scénarios « électriques », indépendamment d'un scénario complet puisque l'énergie nucléaire n'est utilisée que dans ce secteur.

La présente note a pour objet le calcul de la production annuelle et cumulée des déchets radioactifs résultant des activités de l'industrie électronucléaire sur la période 2016-2035, pour les quatre scénarios sélectionnés par RTE à cet horizon. Les résultats de ces calculs sont comparés aux prévisions de l'ANDRA sur les quantités de ces déchets aux horizons 2020 et 2030.

## 1. LES DECHETS RADIOACTIFS DE L'INDUSTRIE ELECTRONUCLEAIRE

### 1.1 Caractérisation des déchets radioactifs

Les différents types de déchets sont regroupés en grandes catégories, principalement selon leur durée de vie et leur niveau de radioactivité. La classification en vigueur en France, basée sur ces critères, retient :

- Deux seuils de durée de vie, de 100 jours et de 31 ans (vie très courte : moins de 100 jours ; vie courte : entre 100 jours et 31 ans ; vie longue : plus de 31 ans) ;
- Quatre niveaux de radioactivité : très faible activité (TFA : moins de 10<sup>2</sup> Bq/g) ; faible activité (FA : entre 10<sup>2</sup> et 10<sup>5</sup> Bq/g) ; moyenne activité (MA : entre 10<sup>5</sup> et 10<sup>8</sup> Bq/g) ; haute activité (HA : plus de 10<sup>8</sup> Bq/g).

L'association de ces deux critères permet de définir les catégories de déchets:

- TFA : très faible activité, dont : TFA-VC : très faible activité, vie courte ; TFA-VL très faible activité, vie longue.
- FMA-VC : faible et moyenne activité, vie courte
- FA-VL : faible activité, vie longue

---

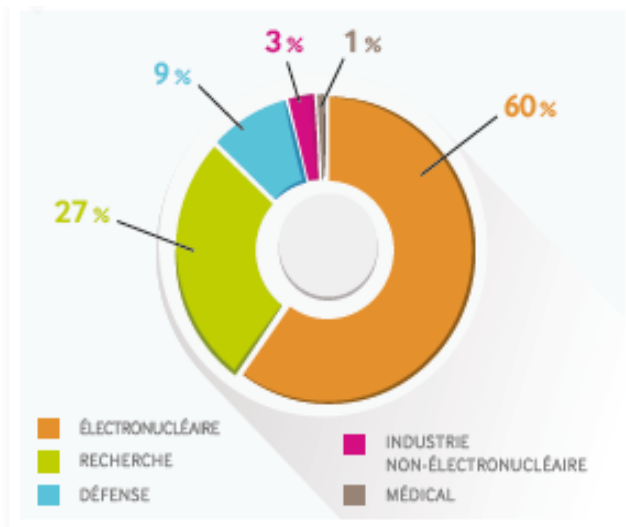
<sup>1</sup> Le Monde du 22 avril 2016.

- MA-VL : moyenne activité, vie longue
- HA : Haute activité.

## 1.2 Répartition des déchets radioactifs par secteur économique en 2013<sup>2</sup>

### 1.2.1 En volume

Figure 1 – Répartition du volume total de déchets radioactifs par secteur économique en 2013



Source : ANDRA

Tableau 1 – Répartition du volume total de déchets par secteur économique et par filière de gestion en 2013

m3	Electronucléaire	Recherche	Défense	Industries	Médical	TOTAL	%	Elec./Total
HA	2 700	190	230			3 120	0,22	0,865
MA-VL	26 000	10 000	6 200	170		42 370	2,93	0,614
FA-VL	42 000	20 000	17 000	12 000	2	91 002	6,3	0,462
FMA-VC	580 000	200 000	61 000	22 000	8 500	871 500	60,32	0,666
TFA	220 000	160 000	42 000	11 000	3	433 003	29,97	0,508
DSF	2 400	740	650	4	1	3 795	0,26	0,632
<b>TOTAL</b>	<b>873 100</b>	<b>390 930</b>	<b>127 080</b>	<b>45 174</b>	<b>8 506</b>	<b>1 444 790</b>	<b>100</b>	<b>0,604</b>
<b>Part en %</b>	<b>60,4</b>	<b>27,1</b>	<b>8,8</b>	<b>3,1</b>	<b>0,6</b>	<b>100</b>		

\* Les déchets identifiés dans la catégorie DSF (déchets sans filière) sont ceux qui n'entrent pour le moment dans aucune des filières existantes ou à l'étude, en raison notamment de leurs caractéristiques chimiques et physiques. Les études concernant ces déchets sont en cours.

Ces volumes correspondent aux déchets une fois conditionnés, en colis dits « primaires », de manière à pouvoir être entreposés et transportés vers les centres de stockage.

Dans certains cas particuliers, comme le stockage à sec en sub-surface ou le stockage profond par exemple, un conditionnement complémentaire serait nécessaire avant que les déchets puissent être stockés.

### 1.2.2 En contenu radiologique

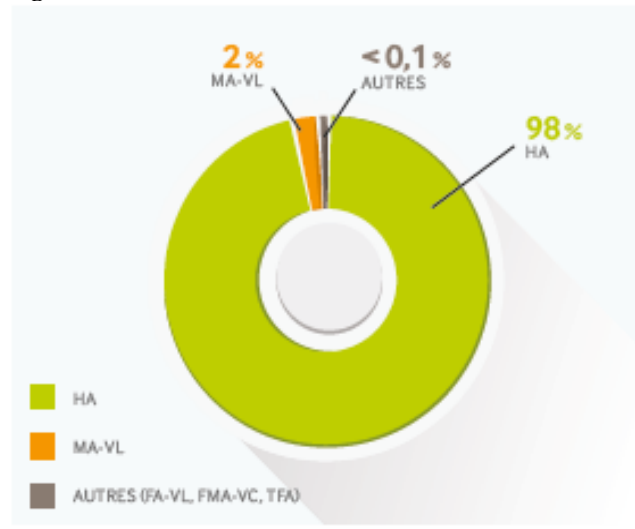
Le becquerel (symbole : Bq) est l'unité de mesure de l'activité d'une certaine quantité de matière radioactive : c'est le nombre de désintégrations qui s'y produisent par seconde. On utilise couramment le Tera-becquerel (TBq), soit  $10^{12}$  Bq ou mille milliards de Bq.

La radioactivité se manifeste par l'émission de rayonnements :

- Ceux qui se traduisent par émission de particules : particule « alpha » ou noyau d'hélium, particule « bêta » ou électron, et neutrons.
- Ceux qui correspondent à l'émission de photons : rayonnements « gamma » ou « X ».

<sup>2</sup> Source : ANDRA, inventaire 2015.

Figure 2 – Activités calculées au 31 décembre 2013



Source : ANDRA

Les déchets HA essentiellement produits par l'industrie électronucléaire, représentent 98% de la radioactivité totale des déchets.

Tableau 2 – Activités totales et par type de rayonnement, calculées au 31 décembre 2013

	$\alpha$ (TBq)	$\beta/\gamma$ vie courte (TBq)	$\beta/\gamma$ vie longue (TBq)	Activité totale (TBq)
HA	3 500 000	210 000 000	350 000	220 000 000
MA-VL	44 000	4 300 000	1 100 000	5 500 000
FA-VL	720	16 000	2 800	19 000
FMA-VC	910	27 000	8 300	36 000
TFA	3	4	1	8

Source : ANDRA

Le rapprochement des tableaux 1 et 2 nous montre que 1m<sup>3</sup> de déchets HA a, en 2013, une activité totale d'environ 70 000 TBq.

A titre d'exemple, l'IRSN estime que ce sont près de 12 milliards de milliards de Bq (soit 12 millions de TBq) qui, en dix jours, sont partis dans l'environnement lors de l'accident de Tchernobyl.

### 1.3 Déchets radioactifs de l'industrie électronucléaire

#### La nature des déchets des industries électronucléaires :

- TFA (très faible activité) dont :
  - TFA-VC (très faible activité, vie courte) : essentiellement des gravats et ferrailles, issus du démantèlement et déchets industriels spéciaux.
  - TFA-VL (très faible activité, vie longue) : résidus miniers et du traitement de l'uranium, uranium du retraitement, uranium appauvri (de l'enrichissement).
- FMA-VC (faible et moyenne activité, vie courte) : issus de l'exploitation, de la maintenance et du démantèlement des installations industrielles et de recherche du nucléaire.
- FA-VL (faible activité, vie longue) : déchets de procédés d'assainissement ou de démantèlement, notamment graphite irradié et déchets radifères.
- MA-VL (moyenne activité, vie longue) : structures de combustibles et déchets du retraitement (gainés, boues, bitumes).
- HA (haute activité) : combustibles usés en l'état ou, dans le cas du retraitement : déchets vitrifiés.

Figure 3 – Bilan en volume des déchets radioactifs de l'industrie électronucléaire à fin 2013

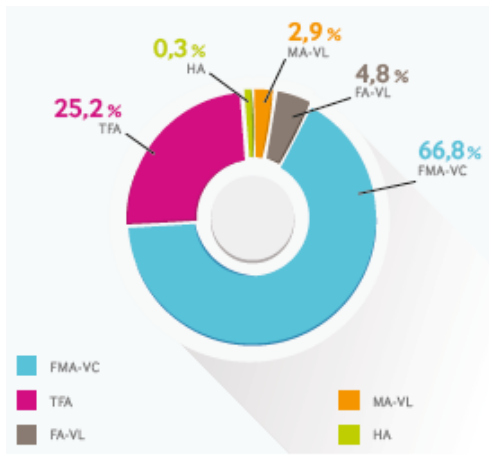
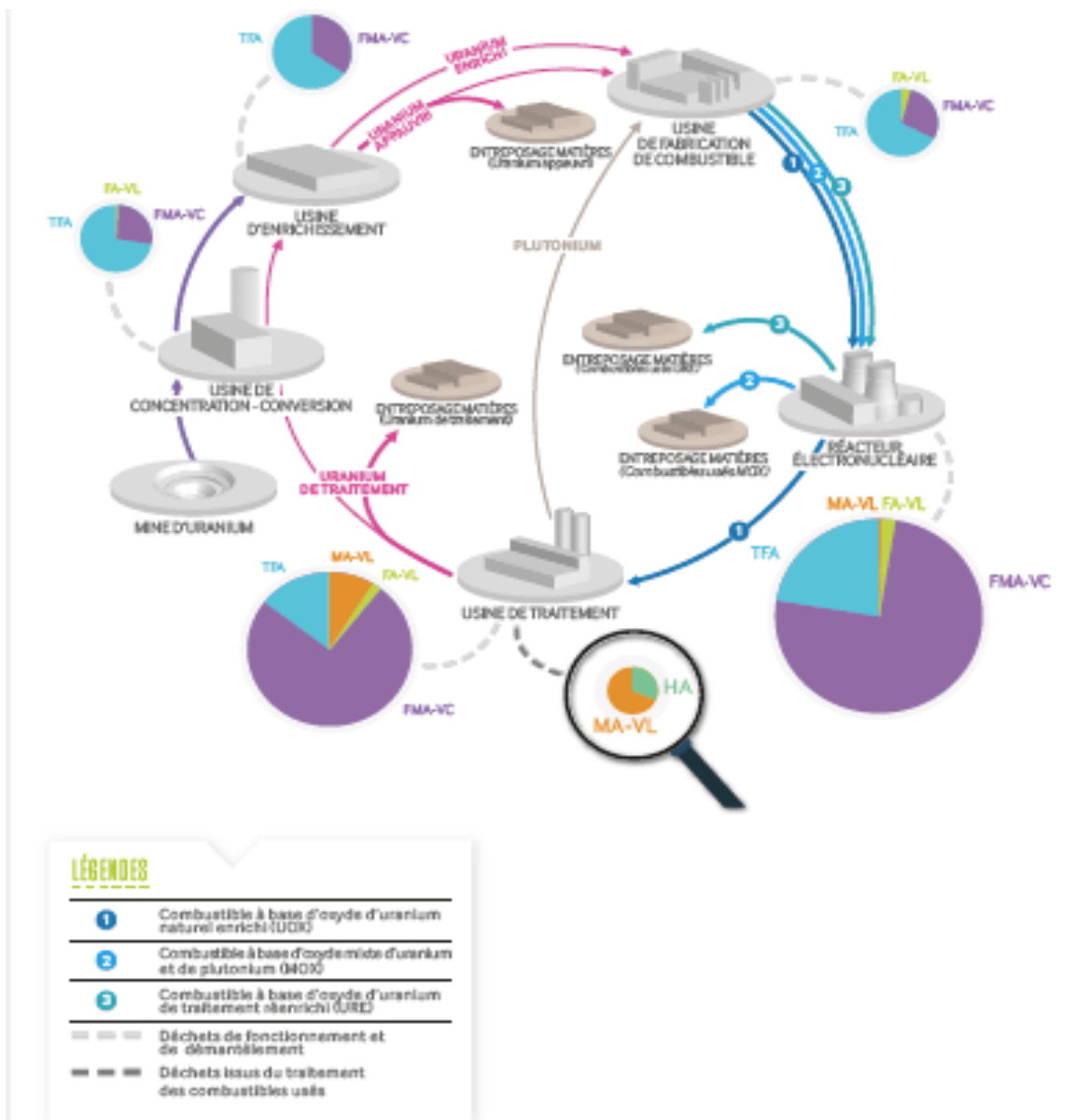


Tableau 3 – Déchets radioactifs de l'industrie nucléaire

m3	Electronucléaire	Part en %
HA	2 700	0,31
MA-VL	26 000	2,98
FA-VL	42 000	4,81
FMA-VC	580 000	66,43
TFA	220 000	25,2
DSF	2 400	0,27
TOTAL	873 100	100

Source : ANDRA

Figure 4 – Schéma de la gestion des matières et déchets radioactifs produits par le secteur électronucléaire



Source : ANDRA

## 1.4 Les matières radioactives de l'industrie nucléaire

Tableau 4 – Bilan des déchets radioactifs de l'industrie électronucléaire à fin 2013 (tonnes).

Matières radioactives	Masse (tML)*
Combustibles UOX avant utilisation	440
Combustibles UOX en cours d'utilisation dans les centrales électronucléaires	4 400
combustibles UOX usés, en attente de retraitement	12 000
Combustibles URE avant utilisation	-
Combustibles URE en cours d'utilisation dans les centrales électronucléaires	200
Combustibles URE usés, en attente de retraitement	420
Combustibles mixtes uranium-plutonium avant utilisation	38
Combustibles mixtes uranium-plutonium en cours d'utilisation dans les centrales électronucléaires	410
Combustibles mixtes uranium-plutonium usés, en attente de retraitement	1 500
Rebuts de combustibles mixtes uranium-plutonium non irradiés en attente de retraitement	230
Rebuts de combustibles uranium non irradiés en attente de retraitement	-
Combustibles usés RNR, en attente de retraitement	110
Plutonium issu des combustibles usés après retraitement, sous toutes ses formes physico-chimiques	50
Uranium naturel extrait de la mine, sous toutes ses formes physico-chimiques	26 000
Uranium naturel enrichi, sous toutes ses formes physico-chimiques	2 800
Uranium enrichi issu du retraitement des combustibles usés, sous toutes ses formes physico-chimiques	-
Uranium issu du retraitement des combustibles usés, sous toutes ses formes physico-chimiques	27 000
Uranium appauvri, sous toutes ses formes physico-chimiques	290 000
Thorium, sous la forme de nitrates et d'hydroxydes	4
Autres matières (cœur neuf de Superphénix)	72

\* Les chiffres sont arrondis.

Source : ANDRA – UOX : combustible à uranium enrichi (oxyde d'uranium) - URE : uranium de retraitement

On constate que des produits radioactifs considérés actuellement comme des matières nucléaires et non comme des déchets nucléaires car ils pourraient éventuellement dans un avenir incertain être à nouveau utilisés sont en fait parfaitement assimilables à des déchets quant à leur effets éventuels sur l'environnement. Il s'agit en particulier de « l'uranium de retraitement »<sup>3</sup> issu du retraitement des combustibles irradiés à l'usine de La Hague et d'une grande partie de l'uranium appauvri issu de l'usine d'enrichissement de l'uranium de Pierrelatte. Il s'agit également du plutonium dont le stock à La Hague pourrait augmenter (en cas de baisse de l'utilisation du combustible MOX) et qui se retrouve de toute façon dans les combustibles MOX irradiés (1 500 tonnes en 2013), qui ne sont pas retraités.

Tout en soulignant l'importance de ce problème, nous nous sommes limités dans cette note au calcul de la production des déchets nucléaires selon leur définition actuelle et qui figurent en tant que tels dans l'inventaire de l'ANDRA.

<sup>3</sup> Cet uranium de retraitement a un taux d'uranium 235 de l'ordre de 1%, donc supérieur au taux de l'uranium naturel (0,71%).

## 2. PRODUCTION DE DECHETS RADIOACTIF PAR PRODUCTION D'ELECTRICITE

### 2.1 Production annuelle de déchets nucléaires

#### 2.1.1 Volumes de déchets nucléaires en 2010

Tableau 5 – Volumes de déchets « tous secteurs » existants en fin 2010<sup>4</sup>

2010	m3	%
HA	2 700	0,2
MA-VL	40 000	3
FA-VL	87 000	6,6
FMA-VC	830 000	62,7
TFA	360 000	27,2
DSF	3 600	0,3
<b>TOTAL</b>	<b>1 323 300</b>	<b>100</b>

Source : ANDRA

#### 2.1.2 Production annuelle de déchets nucléaires

La production annuelle de déchets radioactifs par les industries électronucléaire s'obtient de la façon suivante :

- La quantité de déchets issus de cette industrie en 2010 s'obtient en multipliant la quantité « Electronucléaire » de 2013 (tableau 1) par le rapport des quantités « tous secteurs » de 2010 (tableau 5) et de 2013 (tableau 1).
- La production annuelle est obtenue en divisant par 3 la différence entre les quantités de déchets « Electronucléaire » de 2013 et de 2010.

Tableau 6 – Volumes de déchets de l'électronucléaire en 2010 et annuels

Secteur	Tous secteurs			Electronucléaire				
	m3	2010*	2013**	2010/2013	2013**	2010	Delta 2013-2010	Par an
HA	2 700	2 700	3 120	0,865	2 700	2 336	364	121,3
MA-VL	40 000	40 000	42 370	0,944	26 000	24 544	1 456	485,3
FA-VL	87 000	87 000	91 002	0,956	42 000	40 152	1 848	616,0
FMA-VC	830 000	830 000	871 500	0,952	580 000	552 160	27 840	9 280,0
TFA	360 000	360 000	433 003	0,831	220 000	182 820	37 180	12 393,3
DSF	3 600	3 600	3 795	0,949	2 400	2 278	122	40,7
<b>TOTAL</b>	<b>1 323 300</b>	<b>1 323 300</b>	<b>1 444 790</b>	<b>0,916</b>	<b>873 100</b>	<b>804 290</b>	<b>68 810</b>	<b>22 937</b>

\* Valeurs du tableau 5 - \*\* Valeurs du tableau 1

### 2.2 Production annuelle de déchets nucléaires par unité de production d'électricité

#### 2.2.1 Production annuelle moyenne d'électricité sur la période 2002-2014

Le parc électronucléaire en fonctionnement est constitué de 58 réacteurs à uranium enrichi et eau ordinaire de la filière REP. Le dernier réacteur ayant été mis en service en 2002 (Civaux 2), le parc a fonctionné depuis avec une puissance installée nette de 63,13 GW, pour une puissance brute de 65,88 GW.

<sup>4</sup> Inventaire de l'ANDRA de 2012.

Par simplification, nous considérons que la production annuelle de déchets est proportionnelle à la production d'électricité de cette année.

**Tableau 7 – La production électronucléaire de 2010 à 2013**

Année	2011	2012	2013	Annuelle
TWh	421,1	404,9	403,7	409,9

Source : RTE

La production de déchets radioactifs par TWh de production nette d'électricité est obtenue en multipliant la production annuelle moyenne de déchets sur la période 2010-2013 fournie par le tableau 6 par la production annuelle moyenne de 409,9 TWh.

**Tableau 8 – Volume des déchets produits par la production d'un TWh**

Déchets	HA	MA-VL	FA-VL	FMA-VC	TFA	DSF	TOTAL
m3/an	121,3	485,3	616	9 280	12 393,3	40,7	22 937
m3/TWh	0,296	1,184	1,503	22,64	30,235	0,099	55,96

### 3. LES DECHETS RADIOACTIFS DANS LES SCENARIOS DE RTE

RTE a présenté dans son Document de référence du « Bilan prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité en France, édition 2017 », quatre scénarios de prévision du mix électrique à l'horizon 2035 et par conséquent l'évolution de la production d'origine nucléaire.

#### 3.1 La production d'électricité d'origine nucléaire des scénarios de RTE

L'évolution de la production d'électricité d'origine nucléaire de 2016, année de départ, à 2035, pour les quatre scénarios est présentée dans le tableau 9. En l'absence de valeur pour 2020 dans le rapport de RTE et ayant constaté que la production d'origine nucléaire était en 2017 de 379,1 TWh, nous avons pris comme hypothèse que la production d'origine nucléaire en 2020 était, pour les quatre scénarios, égale à celle de 2016, soit 384 TWh.

**Tableau 9 - Production nette d'électricité d'origine nucléaire dans les scénarios de RTE**

TWh	2016	2020	2025	2030	2035
Ampère	384	384	352,8	307	293,8
Hertz	384	384	316	256	251,9
Volt	384	384	395,6	369,7	346,1
Watt	384	384	279,6	126,9	48,2

#### 3.2 La production annuelle de déchets radioactifs dans les scénarios de RTE

Les valeurs du tableau 10 ci-dessous sont obtenues, pour chaque année, en multipliant la production nette d'électricité (tableau 9) par la valeur de la production de déchets par TWh (tableau 8).

**On constate que, pour les productions totales de déchets en 2035, les scénarios Ampère, Hertz et Volt se situent entre 14 000 m<sup>3</sup> et 19 000 m<sup>3</sup>, tandis que Watt est très largement en-dessous, à 2700 m<sup>3</sup>. Ce qui représente un avantage considérable en termes écologiques.**

**Cet avantage certain est confirmé pour les déchets les plus dangereux, les déchets à haute activité HA : entre 75 et 100 m<sup>3</sup> pour les trois premiers scénarios et 14 m<sup>3</sup> pour le scénario Watt.**



**Tableau 10 – Production annuelle de déchets radioactifs**

m3	Ampère					Hertz				
	2016	2020	2025	2030	2035	2016	2020	2025	2030	2035
HA	114	114	104	91	87	114	114	94	76	75
MA-VL	455	455	418	363	348	455	455	374	303	298
FA-VL	577	577	530	461	442	577	577	475	385	379
FMA-VC	8 694	8 694	7 987	6 950	6 652	8 694	8 694	7 154	5 796	5 703
TFA	11 610	11 610	10 667	9 282	8 883	11 610	11 610	9 554	7 740	7 616
DSF	38	38	35	30	29	38	38	31	25	25
<b>TOTAL</b>	<b>21 488</b>	<b>21 488</b>	<b>19 741</b>	<b>17 177</b>	<b>16 441</b>	<b>21 488</b>	<b>21 488</b>	<b>17 682</b>	<b>14 325</b>	<b>14 096</b>
m3	Volt					Watt				
	2016	2020	2025	2030	2035	2016	2020	2025	2030	2035
HA	114	114	117	109	102	114	114	83	38	14
MA-VL	455	455	468	429	402	455	455	331	150	57
FA-VL	577	577	595	545	510	577	577	420	191	72
FMA-VC	8 694	8 694	8 956	8 204	7 680	8 694	8 694	6 330	2 873	1 091
TFA	11 610	11 610	11 961	10 956	10 257	11 610	11 610	8 454	3 837	1 457
DSF	38	38	39	36	34	38	38	28	13	5
<b>TOTAL</b>	<b>21 488</b>	<b>21 488</b>	<b>22 136</b>	<b>20 279</b>	<b>18 985</b>	<b>21 488</b>	<b>21 488</b>	<b>15 646</b>	<b>7 102</b>	<b>2 696</b>

### 3.3 Les cumuls de déchets radioactifs dans les scénarios de RTE

**Tableau 11 – Les cumuls de déchets radioactifs en 2035 à partir de 2016**

m3	Ampère	Hertz	Volt	Watt
HA	1 934	1 779	2 126	1 381
MA-VL	7 733	7 088	8 448	5 505
FA-VL	9 811	8 998	10 726	6 986
FMA-VC	147 826	135 519	161 511	105 254
TFA	197 418	180 975	215 693	140 563
DSF	645	590	707	465
<b>TOTAL</b>	<b>365 367</b>	<b>334 949</b>	<b>399 211</b>	<b>260 154</b>

**Les cumuls de déchets entre 2016 et 2035 conduisent à la même conclusion : un facteur entre 1,3 et 1,5 pour la valeur totale en faveur du scénario Watt par rapport aux trois autres scénarios et 1,3 à 1,5 pour les déchets HA.**

## 4. UNE COMPARAISON AUX PREVISIONS DE L'ANDRA

### 4.1 Les prévisions de l'ANDRA pour 2020 et 2030

L'inventaire de l'ANDRA de 2015 nous donne les valeurs de ses prévisions pour la quantité en m3 des déchets « tous secteurs » qui seraient accumulés en 2020 et en 2030 (première colonne de chaque partie du tableau). Nous en déduisons les déchets produits par les industries électronucléaires à partir des coefficients de la dernière colonne du tableau 1. La valeur du cumul des déchets jusqu'en 2016 est obtenue en ajoutant trois fois la valeur annuelle (dernière colonne du tableau 6) à la valeur de 2013 (tableau 3).

Le tableau 12 présente les valeurs des volumes de déchets radioactifs évalués par l'ANDRA pour les années 2020 et 2030.

**Tableau 12 –Prévisions de l’ANDRA sur l’augmentation de la quantité de déchets de 2016 à 2020 et 2030**

Prévisions Déchets	ANDRA 2020				ANDRA 2030				
	m3	Tous secteurs	Electronuc.	Jusqu'à 2016	2016 à 2020	Tous secteurs	Electronuc.	Jusqu'à 2016	2016 à 2030
HA		4 100	3 547	3 064	483	5 500	4 758	3 064	1 694
MA-VL		48 000	29 472	27 456	2 016	53 000	32 542	27 456	5 086
FA-VL		92 000	42 504	43 848	-1 344	120 000	55 440	43 848	11 592
FMA-VC		1 000 000	666 000	607 840	58 160	1 200 000	799 200	607 840	191 360
TFA		650 000	330 200	257 180	73 020	1 100 000	558 800	257 180	301 620
DSF									
<b>TOTAL</b>		1 794 100	1 071 723	939 388	132 335	2 478 500	1 450 740	939 388	511 352

#### 4.2 Comparaison des prévisions de l’ANDRA aux valeurs calculées pour les quatre scénarios de RTE

Le tableau 13 compare les prévisions de l’ANDRA pour 2020 à celles calculées pour les scénarios RTE qui sont les mêmes pour les quatre puisque nous avons les mêmes valeurs de la production d’électricité pour chacun d’eux pour 2016 et 2020.

**Tableau 13 – Comparaison prévision ANDRA et calcul pour les scénarios RTE en 2020**

Déchets	Tous scénarios RTE			ANDRA		
	m3	2016	2020	Cumul	ANDRA	ANDRA corr.
HA		114	114	456	483	483
MA-VL		455	455	1 820	2 016	2 016
FA-VL		577	577	2 308	-1 344	-1 344
FMA-VC		8 694	8 694	34 776	58 160	58 160
TFA		11 610	11 610	46 440	73 020	34 776
DSF		38	38	152		
<b>TOTAL</b>		21 488	21 488	85 952	132 335	94 091

Tandis que l’écart pour les déchets HA n’est que de 5,6%, on note une grande différence sur le total des déchets et en particulier sur les déchets FMA-VC et TFA (43%). Cet écart provient probablement du fait que l’ANDRA a pris en compte un volume important de déchets du démantèlement, y compris semble-t-il pour les centrales « graphite-gaz » (UNGG), ce qui ne figure pas dans nos calculs. Enfin, nous avons gardé la catégorie de déchets DSF dans nos calculs alors qu’elle n’apparaît plus dans la prévision d l’ANDRA.

Le tableau 14 compare la prévision ANDRA pour 2030 (augmentation du stock de déchets entre 2016 et 2030) et le calcul pour les quatre scénarios de RTE.

On constate que c’est le scénario Volt qui est le plus proche de la prévision ANDRA pour les déchets HA (un écart de 5,6%).

La colonne ANDRA corrigé tient compte de la remarque précédente concernant les déchets FMA-V et TFA qui paraissent très en excès dans la prévision ANDRA : si on prend les mêmes valeurs que celles de notre calcul pour les scénarios RTE, on obtient effectivement des valeurs totales très proches.

**Tableau 14 – Comparaison prévision ANDRA et calcul pour les scénarios RTE en 2030**

Ampère				Hertz			
m3	Cumul	ANDRA	ANDRA corr.	m3	Cumul	ANDRA	ANDRA corr.
HA	1 489	1 694	1 694	HA	1 401	1 694	1 694
MA-VL	5 955	5 086	5 086	MA-VL	5 585	5 086	5 086
FA-VL	7 553	11 592	11 592	FA-VL	7 088	11 592	11 592
FMA-VC	113 821	191 360	113 821	FMA-VC	106 771	191 360	106 771
TFA	152 005	301 620	152 005	TFA	142 585	301 620	142 585
DSF	497			DSF	465		
<b>TOTAL</b>	<b>281 320</b>	<b>511 352</b>	<b>284 198</b>	<b>TOTAL</b>	<b>263 895</b>	<b>511 352</b>	<b>267 728</b>

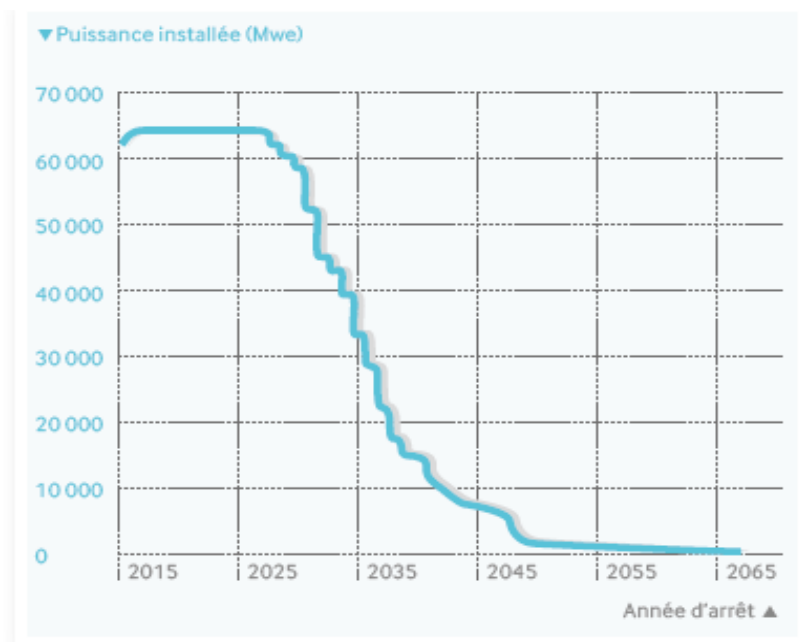
  

Volt				Watt			
m3	Cumul	ANDRA	ANDRA corr.	m3	Cumul	ANDRA	ANDRA corr.
HA	1 599	1 694	1 694	HA	1 251	1 694	1 694
MA-VL	6 370	5 086	5 086	MA-VL	4 988	5 086	5 086
FA-VL	8 088	11 592	11 592	FA-VL	6 328	11 592	11 592
FMA-VC	121 801	191 360	121 801	FMA-VC	95 344	191 360	95 344
TFA	162 660	301 620	162 660	TFA	127 328	301 620	127 328
DSF	532			DSF	420		
<b>TOTAL</b>	<b>301 050</b>	<b>511 352</b>	<b>302 833</b>	<b>TOTAL</b>	<b>235 659</b>	<b>511 352</b>	<b>241 044</b>

Les prévisions de l'ANDRA sont basées, pour ce qui concerne le parc nucléaire, sur les deux principales hypothèses suivantes<sup>5</sup> : la poursuite de la production électronucléaire et une durée de fonctionnement de 50 ans de l'ensemble des réacteurs en fonctionnement en 2013.

Ces hypothèses conduisent à la trajectoire de puissance installée totale du parc électronucléaire présentée dans la figure 5.

**Figure 5 – Evolution de la puissance installée du parc électronucléaire dans la prévision ANDRA**



La puissance installée en 2030 est de 59 GW.

<sup>5</sup> Inventaire ANDRA 2015, page 33.

Le tableau 15 compare les puissances installées en 2030 du parc électronucléaire de la prévision ANDRA et des quatre scénarios de RTE (celles-ci figurent dans le document de référence de RTE sur les scénarios).

**Tableau 15 – Comparaison des puissances installées en 2030**

Scénario	ANDRA	Ampère	Hertz	Volt	Watt
GW	59	48,5	39,2	57,6	19,1

On constate la proximité entre le scénario Volt et celui de la prévision ANDRA. L'écart de 2,4% sur la puissance installée explique en grande partie l'écart constaté sur l'augmentation de la quantité des déchets HA de 2016 à 2030 entre ANDRA et Volt.

## CONCLUSION

Les rapports de 2012 et de 2015 de l'Inventaire nationale de matières et déchets radioactifs de l'ANDRA permettent de connaître les quantités de déchets radioactifs produits par les industries électronucléaires en fin 2010 et fin 2013. A partir de ces données, on a calculé la production annuelle moyenne de ces déchets ainsi que leur production par unité de production d'électricité d'origine nucléaire (TWh).

Cela permet de calculer les quantités de déchets produites sur la période 2016-2035 par la production d'électricité des quatre scénarios sélectionnées par RTE dans son « Document de référence sur l'édition 2017 du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité en France » : scénarios Ampère, Hertz, Volt et Watt.

On constate que, pour les productions totales de déchets en 2035, les scénarios Ampère, Hertz et Volt se situent entre 14 000 m<sup>3</sup> et 19 000 m<sup>3</sup>, tandis que Watt est très largement en-dessous, à 2700 m<sup>3</sup>. Ce qui représente un avantage considérable en termes écologiques.

Cet avantage certain est confirmé pour les déchets les plus dangereux, les déchets à haute activité HA : entre 75 et 100 m<sup>3</sup> pour les trois premiers scénarios et 14 m<sup>3</sup> pour le scénario Watt.

Les cumuls de déchets entre 2016 et 2035 conduisent à la même conclusion : un facteur entre 1,3 et 1,5 pour la valeur totale en faveur du scénario Watt par rapport aux trois autres scénarios et 1,3 à 1,5 pour les déchets HA.

Dans l'inventaire de 2015, l'ANDRA a présenté une évaluation des quantités de déchets qui existeraient en 2020 et en 2030 en fonction de son propre scénario d'évolution de la production d'électricité d'origine nucléaire.

La comparaison avec les résultats précédents met en évidence une similitude des résultats, pour les déchets les plus radioactifs HA (haute activité) entre la prévision ANDRA et celles calculées pour les quatre scénarios pour ce qui concerne l'année 2020 et entre la prévision ANDRA et celle calculée pour le scénario Volt en 2030.