

# Gestion à long terme des déchets à produire du procédé de conversion

PNGMDR 2013 - 2015

Rapport d'études



AREVA – Andra

Mars 2015

# Sommaire

<b>1.</b>	<b><i>Introduction</i></b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b><i>Origine et caractéristiques des déchets concernés</i></b>	<b>5</b>
2.1	<b>Contexte</b>	<b>5</b>
2.2	<b>Evolutions de procédé</b>	<b>6</b>
2.3	<b>Flux et Caractéristiques prévisionnelles des déchets à produire</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b><i>Etude préliminaire d'acceptabilité en filière TFA</i></b>	<b>9</b>
3.1	<b>Fluorines</b>	<b>9</b>
3.1.1	Caractéristiques radiologiques	9
3.1.2	Caractéristiques chimiques (et physiques)	9
3.1.3	Bilan d'acceptabilité des fluorines au Cires	10
3.2	<b>Déchets TDN</b>	<b>10</b>
3.2.1	Caractéristiques radiologiques	10
3.2.2	Caractéristiques chimiques (et physiques)	10
3.2.3	Bilan d'acceptabilité des déchets TDN au Cires	11
3.3	<b>Boues déshydratées et gypses</b>	<b>11</b>
3.4	<b>Conclusion préliminaire sur l'acceptabilité au Cires</b>	<b>11</b>
<b>4.</b>	<b><i>Etude préliminaire de gestion dans un stockage à faible profondeur</i></b>	<b>13</b>
4.1	<b>Périmètre de l'étude</b>	<b>13</b>
4.2	<b>Spécificités des déchets considérés</b>	<b>13</b>
4.3	<b>Analyse du comportement géochimique des déchets</b>	<b>13</b>
4.4	<b>Analyse exploratoire de scénarios d'intrusion humaine involontaire</b>	<b>14</b>
<b>5.</b>	<b><i>Conclusions et perspectives</i></b>	<b>16</b>

## Liste des tableaux

Tableau 1	Résumé des caractéristiques prévisionnelles des déchets à produire .....	8
-----------	--	---

## Liste des figures

Figure 1	: Principales étapes du procédé de conversion.....	5
Figure 2	Flux cumulés provenant de ces évolutions de procédé.....	8

## Glossaire

Cires	Centre industriel de regroupement et de stockage
PNGMDR	Plan National de Gestion des Matières et des Déchets Radioactifs
RTCU	Résidus du Traitement de Conversion de l'Uranium
TDN	Traitement Des solutions Nitratées
TFA	Très Faible Activité (déchets radioactifs de)

# 1. Introduction

---

Le présent document a pour objectif de répondre à l'article 16 - II du décret n°2013-1304 du 27 décembre 2013 établissant les prescriptions du plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs pour la période 2013-2015, qui demande :

*« Art. 16 - II. - Concernant les déchets à produire de l'installation Comurhex<sup>1</sup> de Malvési, l'exploitant étudie les conditions de gestion de ses déchets. Dans ce cadre l'exploitant demande à l'ANDRA de réaliser l'étude du stockage de ces déchets et d'étudier les synergies possibles avec certains déchets uranifères ou thorifères afin de proposer des filières optimisées.*

*Areva et l'Andra remettent, au plus tard le 30 septembre 2014, aux ministres chargés de l'énergie et de la sûreté nucléaire un rapport où figurent les orientations envisagées et les filières optimisées.*

*L'ASN est saisie pour avis sur ce rapport. »*

Conformément à cette demande AREVA a confié à l'Andra une étude préliminaire d'acceptabilité dans la filière TFA de ces futurs déchets du procédé de conversion de l'uranium naturel et, le cas échéant, sur la compatibilité des déchets qui seraient non-TFA avec un stockage à faible profondeur.

Le présent rapport effectue la synthèse des données d'entrée fournies par AREVA sur ces déchets RTCU « à produire » et des études menées par l'Andra à ce stade, en vue de l'acceptabilité de ces déchets dans les filières existantes (TFA / Cires) ou en en projet (à faible profondeur).

Le plan retenu pour ce rapport est le suivant :

- Origine et inventaire des déchets concernés,
- Etude préliminaire d'acceptabilité en filière TFA,
- Etude préliminaire d'acceptabilité en filière à faible profondeur,
- Conclusions et perspectives.

---

<sup>1</sup> La société COMURHEX a fusionné au 1<sup>er</sup> janvier 2014 avec sa maison mère AREVA NC : dans la suite du texte l'établissement de Malvési est désigné comme le site AREVA de Malvési

## 2. Origine et caractéristiques des déchets concernés

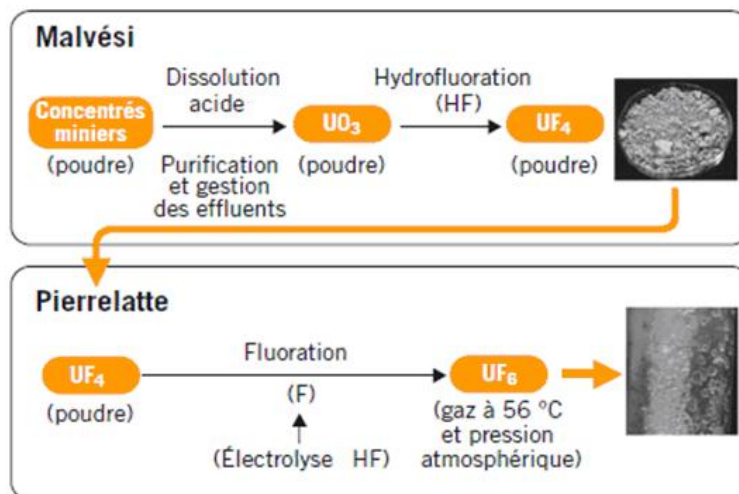
### 2.1 Contexte

La société AREVA NC exploite, sur le territoire de la commune de Narbonne, au lieu-dit « Malvézy », un établissement industriel situé route de Moussan.

Au sein de cet établissement, la société réceptionne de l'uranium sous forme de concentrés provenant des mines et met en œuvre la première étape de la conversion de ces concentrés uranifères, en procédant à leur purification et à leur transformation en tétrafluorure d'uranium ( $UF_4$ ). A ce titre, l'établissement de Malvézy constitue l'unique point d'entrée de l'uranium naturel en France et opère la première étape nécessaire au cycle de fabrication du combustible nucléaire.

Le tétrafluorure d'uranium issu de l'exploitation des installations industrielles de Malvézy est ensuite acheminé vers l'usine AREVA Tricastin à Pierrelatte pour y être transformé en hexafluorure d'uranium ( $UF_6$ ).

La figure ci-après illustre les diverses étapes de la conversion, réalisées dans les établissements industriels de Malvézy et du Tricastin.



**Figure 1 Principales étapes du procédé de conversion**

A Malvézy, les principales étapes du procédé mis en œuvre sont les suivantes :

- dissolution des concentrés miniers (uranates ou oxydes) en milieu nitrique, qui permet l'obtention de nitrate d'uranyle ( $UO_2(NO_3)_2$ ) impur ;
- purification de l'uranium (séparation des impuretés chimiques et radiologiques) par extraction liquide-liquide du nitrate d'uranyle en phase solvant, par un extractant sélectif ;
- concentration puis dénitrification thermique, de façon à obtenir du trioxyde d'uranium ( $UO_3$ ) ;
- réduction du trioxyde en dioxyde ( $UO_2$ ), puis hydrofluoruration afin de former l' $UF_4$ .

Ces diverses étapes du procédé sont à l'origine d'effluents liquides :

- effluents provenant des pieds de colonne d'extraction liquide-liquide. Il s'agit d'effluents nitrates qui présentent un caractère acide et qui renferment les impuretés présentes dans les concentrés miniers, notamment les produits de filiation de l'uranium ;
- effluents provenant de l'unité d'hydrofluoration. Ces effluents renferment du fluor (sous forme notamment de fluorure d'ammonium), ainsi que de l'uranium ;
- effluents provenant de l'unité de récupération.

Ces différents effluents sont mélangés, neutralisés à la chaux, puis dirigés vers les bassins de décantation où s'effectue la séparation solide-liquide.

Les bassins de décantation se remplissent donc au fur et à mesure de la fraction solide des effluents (boues de fluorine et d'hydroxydes métalliques) constituant les déchets solides du procédé de conversion. La fraction liquide des effluents, clarifiée par la décantation, rejoint les bassins d'évaporation où elle est concentrée par évaporation naturelle.

Les déchets générés par la conversion de l'uranium naturel sont identifiés dans l'inventaire national 2012 sous la famille RTCU (Résidus de Traitement de Conversion de l'Uranium) :

- Les bassins de décantation contiennent ainsi les déchets solides de procédé, dont l'essentiel des radioéléments initialement présents en impuretés dans les concentrés miniers,
- Les bassins d'évaporation contiennent quant à eux les effluents liquides de procédé, composés essentiellement d'une solution aqueuse de nitrates de calcium, sodium et ammonium.

## 2.2 Evolutions de procédé

AREVA travaille actuellement sur deux projets destinés, d'une part à réduire le volume des déchets solides produits et à privilégier les filières de gestion existantes, et d'autre part à traiter (par un procédé thermique) les effluents liquides de procédé et ceux déjà entreposés dans les bassins d'évaporation.

Ces évolutions à venir du procédé conduisent à différencier quatre futures familles de déchets RTCU.

### ■ Fluorines et Gypses

AREVA a engagé une réflexion et un programme de R&D destiné à permettre une séparation des flux d'effluents provenant des différents ateliers de son usine de conversion.

Ce projet devrait permettre de produire à l'avenir deux types de déchets filtrés :

- des « **Fluorines** » désuraniées, provenant du traitement séparé des effluents de l'atelier d'hydrofluoration et dont le volume serait proche de 900 m<sup>3</sup> annuels,

- des « **Gypses** », provenant du traitement séparé des effluents des ateliers de purification et de récupération, qui rassemblerait dans des gypses et hydroxydes les substances chimiques et radionucléides à vie longue présents comme impuretés dans les concentrés miniers. Leur volume serait proche de 450 m<sup>3</sup> annuels.

#### ■ Boues déshydratées

La mise en œuvre de cette évolution de procédé permettant de produire des Fluorines et des Gypses s'accompagnerait de l'arrêt du procédé actuel de décantation en bassins des effluents de procédé neutralisés à la chaux.

La vidange de ceux-ci et la filtration des boues décantées entreposées à cette date dans ces bassins de décantation conduiront à produire un stock unique de « **Boues déshydratées** ».

La filtration devrait permettre de diviser par deux le volume de boues décantées qui seront produites jusqu'à la mise en œuvre de cette évolution du procédé, mais leurs caractéristiques chimiques et radiologiques sont très proches des déchets dits « historiques ».

#### ■ Déchets solides issus du traitement des nitrates

AREVA est actuellement en phase projet (Avant-Projet Détaillé d'ingénierie) sur la construction d'une unité de traitement des nitrates présents dans les effluents liquides de procédé.

L'objectif est de traiter avec la même unité le flux d'effluents liquides qui sera produit par le fonctionnement à venir des installations de conversion, mais aussi à reprendre le stock d'effluents liquides nitrates actuellement entreposés dans les bassins d'évaporation.

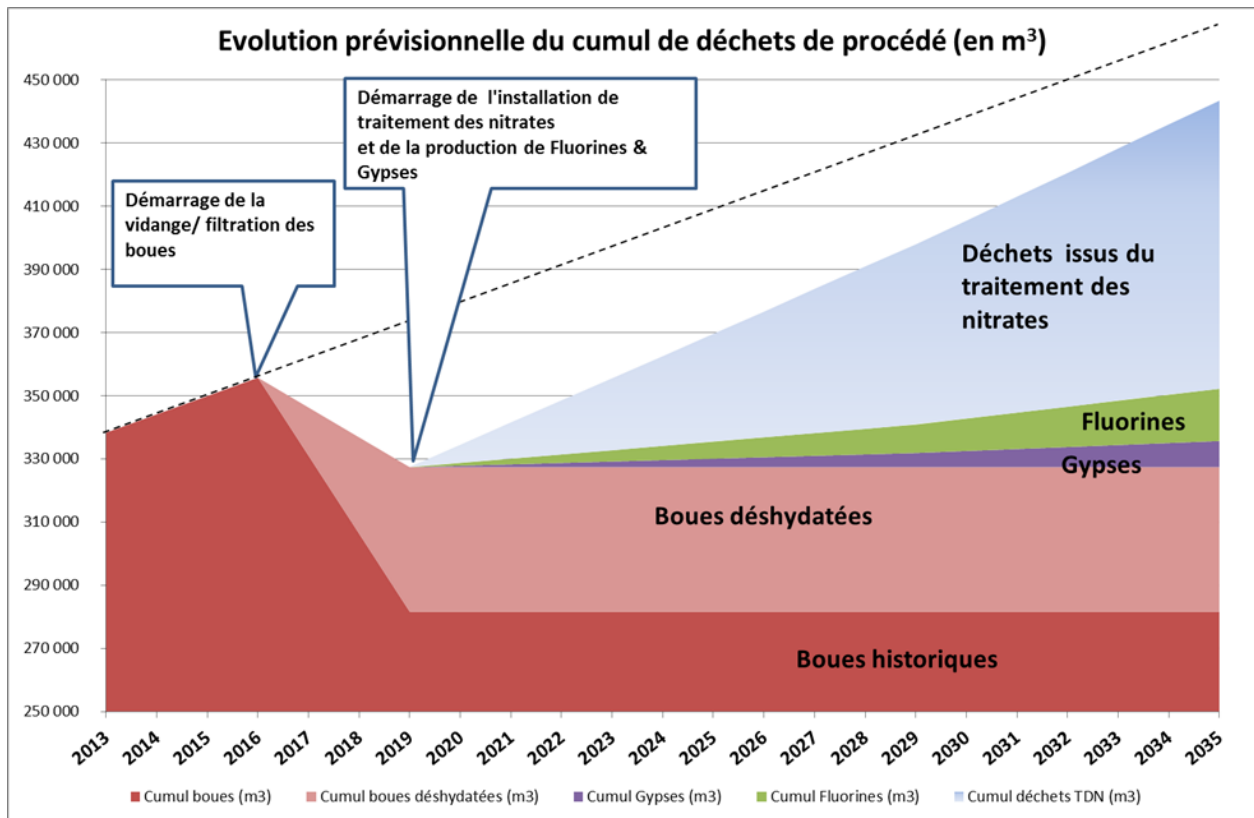
Le procédé retenu est de type thermique, permet de réduire les nitrates en azote gazeux, ne produit pas d'effluents liquides et permettra d'obtenir un résidu solide pulvérulent, qui sera solidifié sous forme de coulis par adjonction d'eau.

Les déchets solides issus de ce traitement thermique des effluents liquides nitrates, sont dits « **Déchets TDN** » (Traitement Des Nitrates). Leur volume sera proche de 5 700 m<sup>3</sup> annuels.

## 2.3 Flux et Caractéristiques prévisionnelles des déchets à produire

Les flux et les caractéristiques prévisionnelles des déchets « à produire » provenant de ces évolutions de procédé sont présentés sur la figure et le tableau ci-après.





**Figure 2 Flux cumulés provenant de ces évolutions de procédé**

	Boues déshydratées	Fluorines	Gypses	Déchets TDN
<b>Flux annuel de déchets (m<sup>3</sup>/an)</b>	Stock de 35 000	900	450	5 700
<b>Activité massique totale (Bq/g)</b>	410	3	1 690	17
<b>RN principaux</b>	<sup>230</sup> Th, <sup>234</sup> U, <sup>238</sup> U, <sup>235</sup> U	<sup>234</sup> U, <sup>238</sup> U, <sup>235</sup> U	<sup>230</sup> Th, <sup>234</sup> U, <sup>238</sup> U, <sup>235</sup> U	<sup>226</sup> Ra, <sup>99</sup> Tc
<b>Concentration en uranium (g/t)</b>	4 600	60	19 300	0,5
<b>Caractéristiques chimiques</b>	Hydroxydes, fluorines et gypse Nitrates	Fluorines (CaF <sub>2</sub> ) Absence de nitrates	Gypse (CaSO <sub>4</sub> ) Faible concentration en nitrates	Aluminosilicates Absence de nitrates
<b>Caractéristiques physiques</b>	Gâteau de filtration Siccité : 50% Fraction soluble : # 35%	Gâteau de filtration Siccité : 50% Fraction soluble : << 10 %	Gâteau de filtration Siccité : 50% Fraction soluble : # 10 %	Bloc solidifié Siccité : 59% Fraction soluble : << 10 %

**Tableau 1 Résumé des caractéristiques prévisionnelles des déchets à produire**



## 3. Etude préliminaire d'acceptabilité en filière TFA

---

Les données d'entrée des 4 types de déchets fournies par Areva ont été analysées par l'Andra et comparées aux critères d'acceptabilité définis dans le référentiel de spécifications Andra pour les déchets TFA. L'étude a été effectuée en deux étapes :

- vérification des critères radiologiques des déchets, par un calcul sur l'ensemble du spectre radiologique ; vérification des exigences spécifiques aux déchets TFA uranifères (activité massique totale limitée à 100 Bq/g).
- en cas de respect des critères radiologiques TFA, analyse des spécificités physico-chimiques de chaque déchet, afin de s'assurer de l'absence de déchets interdits, tels que les déchets comburants ou corrosifs.

### 3.1 Fluorines

#### 3.1.1 Caractéristiques radiologiques

L'activité massique totale moyenne des fluorines, tout radionucléide déclarable confondu, est de 1,6 Bq/g

L'indice radiologique d'acceptabilité en stockage TFA (IRAS) a été calculé à partir des activités massiques des radionucléides fournies. Le spectre radiologique des fluorines, conduit à calculer un IRAS pour un lot inférieur à 0,03 (pour un seuil d'acceptabilité fixé à 1). Il résulte des traces d'uranium encore présentes (234U et 238U).

Compte tenu des données d'entrée fournies par Areva, les caractéristiques des fluorines sont inférieures de plus d'un facteur 30 aux critères radiologiques définis pour une prise en charge en tant que déchet TFA.

#### 3.1.2 Caractéristiques chimiques (et physiques)

Les données d'entrée du procédé sont estimées a priori par Areva, puisque le procédé de séparation des effluents avec isolation des fluorines est encore à l'état de projet. L'étude d'acceptabilité des spécificités chimiques n'est donc pas exhaustive à ce stade.

Analyse du caractère dangereux : Les fluorines sont récupérées par filtration en sortie de l'installation, après neutralisation de l'acide fluorhydrique par ajout d'hydroxyde de calcium  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , communément appelé « lait de chaux ». Selon les données fournies par Areva, seul le lait de chaux est utilisé au cours du processus : la présence de chaux vive est donc a priori négligeable et sa concentration finale dans le déchet filtré ne devrait jamais atteindre le seuil de dangerosité fixé à 5% (classification R36).

L'utilisation de chaux, pour la neutralisation de l'acide fluorhydrique dans la chaîne de production pourrait conférer un caractère dangereux aux fluorines en raison de son caractère irritant, en fonction des critères de concentration totale en substance de classe R38 (Irritant pour la peau) et R41 (Risques de lésions oculaires graves) – (Code de l'Environnement Article 541-8).

En tout état de cause, la dangerosité potentielle des fluorines induite par leur caractère irritant ne remet pas en question leur acceptabilité au Cires

Les caractéristiques physico-chimiques (siccité moyenne, fraction soluble – cf. Tableau 1, et densité) sont en accord avec les critères d'acceptabilité des déchets TFA.

En l'état actuel des données d'entrée transmises, aucun problème rédhibitoire d'acceptabilité sur l'aspect chimique n'a été identifié. Toutefois, la concentration totale d'hydroxyde de calcium dans les fluorines doit être évaluée précisément afin de statuer sur le caractère dangereux ou non du déchet. Les espèces chimiques toxiques ainsi que les substances complexantes éventuelles devront être quantifiées afin d'évaluer le besoin de stabilisation du déchet.

### 3.1.3 Bilan d'acceptabilité des fluorines au Cires

En l'état actuel des données d'entrée transmises (spectre chimique non exhaustif), et du procédé de traitement retenu par Areva, et sous réserve de vérification de leur caractère non corrosif, les fluorines sont recevables pour une prise en charge en tant que déchet TFA sous les points de vue radiologique, chimique et physique.

## 3.2 Déchets TDN

### 3.2.1 Caractéristiques radiologiques

L'activité massique totale moyenne des déchets TDN, tout radionucléide déclarable confondu, est de 11,5 Bq/g

L'indice radiologique d'acceptabilité en stockage TFA (IRAS) a été calculé à partir des activités massiques des radionucléides fournies (*le thorium 232 n'a pas été analysé mais il se trouve vraisemblablement présent en faible quantité*). Le spectre radiologique, conduit à calculer un IRAS pour un lot inférieur à 0,1 (pour un seuil d'acceptabilité fixé à 1). Il résulte principalement du radium 226 (0,07) et de traces de technétium encore présentes.

Compte tenu des données d'entrée fournies, les caractéristiques des déchets TDN sont inférieures d'un facteur 10 aux critères radiologiques définis pour une prise en charge en tant que déchet TFA et une étude d'acceptabilité en ISDD conventionnelle pourrait être engagée.

### 3.2.2 Caractéristiques chimiques (et physiques)

- Analyse du caractère dangereux : Sur la base des données d'entrée fournies, aucune substance dangereuse ne se trouve en concentration notable dans les déchets TDN. En conséquence, ce déchet n'est pas à considérer comme dangereux au sens de l'article 541-8 du Code de l'Environnement.
- Les caractéristiques physico-chimiques (siccité moyenne, fraction soluble – cf. Tableau 1, et densité) sont en accord avec les critères d'acceptabilité pour une prise en charge TFA.

- Toxiques: Les déchets TDN ne présentent pas de concentration notable d'espèces chimiques toxiques, à l'exception du Nickel à hauteur de 47 ppm.
- Substances complexantes : La concentration massique des substances à caractère complexant présentes dans les déchets TDN est de 3 680 ppm pour les chlorures et de 89 ppm pour les nitrates. Selon AREVA, lors du procédé de traitement des déchets TDN, les complexants inorganiques initialement présents sont intégrés au sein de matrices minérales peu solubles. Cette réaction limite les possibilités des nitrates résiduels et des chlorures de former des complexes mobiles avec des radionucléides ou des toxiques chimiques.

### 3.2.3 Bilan d'acceptabilité des déchets TDN au Cires

En l'état actuel des données d'entrée transmises, et du procédé de traitement retenu par Areva (qui conduit à un déchet sous forme de pâte durcie), les déchets TDN sont recevables pour une prise en charge dans la filière TFA sous les points de vue radiologique, chimique et physique.

### 3.3 Boues déshydratées et gypses

Les activités massiques totales des boues déshydratées et des gypses sont respectivement de l'ordre de 400 Bq/g et 1 700 Bq/g.

Par ailleurs, l'IRAS (calculé par lot de colis de déchets) est de l'ordre de 10 pour les boues déshydratées et de 40 pour les gypses. Il ne respecte donc pas le critère d'acceptation (fixé à 1 pour un lot de colis).

Le stock de boues déshydratées et le flux de gypses ne sont donc pas acceptables en filière TFA. Ces déchets relèvent d'une autre filière de gestion. Leur gestion dans un stockage à faible profondeur est analysée au § 4.

### 3.4 Conclusion préliminaire sur l'acceptabilité au Cires

L'acceptabilité des déchets a été examinée au regard des critères d'acceptabilité définis dans le référentiel de spécifications Andra pour le Cires, et sur la base des données disponibles à ce stade.

1. Les déchets issus du traitement des nitrates et les fluorines sont susceptibles de relever d'une filière TFA.
  - Ces déchets ne sont cependant pas pris en compte à ce stade dans l'inventaire du Cires.
  - Les flux associés seraient de l'ordre de 6 600 m<sup>3</sup>/an (cf. Tableau 1). L'impact de ces flux supplémentaires sur la gestion industrielle du Centre fera l'objet de discussions opérationnelles entre l'Andra et AREVA.
2. Compte tenu de leurs caractéristiques radiologiques, les gypses et les boues déshydratées ne respectent pas les critères d'acceptation au Cires.

	Critères TFA	
	Radiologique	Physico-chimique
Déchets issus du traitement des nitrates	✓	✓
Fluorines	✓	Données à compléter
Gypses	x	Données à compléter
Boues déshydratées	x	Données à compléter

## 4. Etude préliminaire de gestion dans un stockage à faible profondeur

---

### 4.1 Périmètre de l'étude

L'étude d'un stockage à faible profondeur prend en compte la spécificité des déchets à stocker et les caractéristiques du site envisagé pour le stockage de ces déchets. A ce stade, l'analyse menée par l'Andra sur les gypses et le stock de boues déshydratées présente un caractère générique. Elle vise à préciser les enjeux liés à leur gestion et à orienter la suite des études.

L'analyse préliminaire réalisée couvre le périmètre suivant :

- Analyse du comportement géochimique des déchets

L'analyse du comportement géochimique des éléments contenus dans les déchets permet d'accéder à leur spéciation et leur solubilité limite. Ces caractéristiques conditionnent les phénomènes de relâchement et pro parte leur migration en situation de stockage. Elles constituent une donnée d'entrée pour l'évaluation des performances de leur stockage vis-à-vis des transferts par l'eau, qui sera à mener dans la suite des études.

- Analyse des enjeux vis-à-vis de scénarios d'intrusion humaine involontaire :

L'analyse du stockage des déchets à faible profondeur nécessite d'évaluer les risques associés à un scénario d'intrusion humaine involontaire dans le stockage à long terme. Les évaluations exploratoires réalisées permettent d'identifier des dispositions de conception à étudier pour le stockage de ces déchets.

### 4.2 Spécificités des déchets considérés<sup>2</sup>

Les boues déshydratées et les gypses comprennent des radioéléments des trois chaînes naturelles 4N (thorium 232), 4N+2 (uranium 238) et 4N+3 (uranium 235), avec une prédominance de la chaîne 4N+2. Ces déchets se caractérisent également par une faible teneur initiale en radium 226.

Les boues déshydratées se caractérisent également par la présence de nitrates en quantités significatives.

### 4.3 Analyse du comportement géochimique des déchets

La limitation de la quantité des radionucléides et des toxiques chimiques en solution au plus près des déchets ainsi que les conditions permettant de retarder et d'atténuer leur migration contribuent à la sûreté d'un stockage à faible profondeur vis-à-vis de la voie de transfert par l'eau.

La migration des substances (radionucléides et toxiques chimiques) contenues dans les déchets est contrôlée pro parte par leur comportement géochimique (solubilité et rétention). L'analyse a été réalisée

---

<sup>2</sup> Nota : Les caractéristiques de déchets indiquées par Areva peuvent être amenées à évoluer en fonction des études et travaux de R&D.

à ce stade sur une base générique, en couvrant différents contextes géochimiques plausibles pour un stockage à faible profondeur en formation argileuse (contexte « déchets », contexte « milieu cimentaire » correspondant à des composants ouvragés cimentaires, contexte « milieu argileux » correspondant à une formation argileuse hôte et à une couverture argileuse). L'analyse a porté sur la solubilité des radionucléides et des toxiques chimiques. Les limites de solubilité ont été évaluées à partir de calculs d'équilibres thermodynamiques.

Cette analyse permet qualitativement et en relatif, pour les différents environnements géochimiques retenus, (1) d'évaluer pro parte la mobilité des radionucléides, au travers de leur solubilité, et (2) de comparer leur solubilité avec celles des déchets afin d'évaluer le poids relatif du terme source déchets. En effet, la majorité des radionucléides et des toxiques chimiques contenus dans les déchets présentent une rétention importante ( $K_d$  élevé) dans les environnements géochimiques retenus dans l'étude : si dans l'absolu, la mobilité des radionucléides et des toxiques chimiques est pilotée en grande partie par la rétention, l'analyse de la solubilité permet qualitativement une approche comparée.

L'analyse préliminaire réalisée permet d'identifier des éléments potentiellement favorables pour le stockage :

- Le procédé de traitement des gypses permet :
  - I. la réduction notable de la teneur en nitrates. La limitation de la formation de complexes aqueux avec certains radionucléides et toxiques chimiques induit une réduction de leur mobilité,
  - II. la formation de phases calciques peu solubles qui entraîne une stabilisation de l'uranium.
- Les conditions physico-chimiques apportées par l'utilisation de matériaux cimentaires limiteraient fortement la solubilité, donc la migration hors des alvéoles de stockage.
- Le « contexte argileux » avec des conditions redox réductrices est favorable à la limitation de la quantité d'uranium et de thorium en solution.

#### **4.4 Analyse exploratoire de scénarios d'intrusion humaine involontaire**

Dans un concept de stockage à faible profondeur, les déchets sont protégés des activités humaines banales touchant la surface ou les premiers mètres du sous-sol. Pour réduire la possibilité d'une intrusion involontaire, la mémoire du stockage devra être maintenue le plus longtemps possible. Cependant on ne peut exclure une perte de mémoire de son existence au bout d'une durée de l'ordre de 500 ans. Au-delà de cette durée, des situations d'intrusions humaines involontaires dans le stockage, pouvant entraîner un risque d'exposition des personnes, sont à considérer (exemple : chantier routier, forage de reconnaissance...).

La définition des scénarios à évaluer se fait en tenant compte du concept de stockage retenu (notamment la profondeur d'implantation des déchets), des caractéristiques du site envisagé, de la période de temps considérée ainsi que des spécificités des déchets considérés. A ce stade, l'analyse a été réalisée en considérant des scénarios altérés liés à des activités humaines de type chantier routier ou construction d'une résidence sur le stockage après érosion de la couverture.

A titre indicatif, les orientations générales de l'ASN pour la conception d'un stockage à faible profondeur recommandent que « *les expositions individuelles associées aux situations dites altérées dont il apparaît qu'elles doivent être retenues pour la conception du stockage doivent être maintenues suffisamment faibles par rapport aux niveaux susceptibles d'induire des effets déterministes* ».

L'analyse réalisée à ce stade montre que l'impact de tels scénarios à très long terme serait de l'ordre de quelques milliSievert par an (mSv/an) pour les boues déshydratées et de l'ordre de 5 à 25 mSv/an pour les gypses selon les hypothèses considérées. Ces valeurs restent inférieures aux niveaux susceptibles d'induire des effets déterministes.

Dans le cas du scénario hypothétique de la construction d'une résidence sur le stockage mis à nu, les concentrations en radon dans l'habitation varient de 150 à 2 000 Bq/m<sup>3</sup> selon les hypothèses considérées. Il est à noter que le calcul de la concentration en radon est sensible à de nombreux paramètres (type de fondation, ventilation...) ainsi que la modélisation du comportement du radon.

Ces évaluations exploratoires permettent d'identifier des dispositions de conception à étudier pour le stockage de ces déchets : réduction de l'activité massique des gypses, co-stockage avec d'autres types de déchets de plus faible activité massique, profondeur d'implantation.



## 5. Conclusions et perspectives

---

Les déchets générés par la conversion de l'uranium naturel sont identifiés dans l'inventaire national 2012 sous la famille RTCU (Résidus de Traitement de Conversion de l'Uranium).

L'évolution de procédé étudiée par AREVA permettrait d'orienter une part significative du volume des déchets à produire dans une filière de type TFA :

- une part majoritaire du flux annuel des déchets générés à partir du changement de procédé (fluorines) fait l'objet d'une acceptabilité de principe sur le Cires.
- les déchets TDN issus du traitement des futurs effluents et de la vidange des bassins d'évaporation actuels font également l'objet d'une acceptabilité de principe sur le Cires.

Le flux annuel de gypses ainsi que le stock de boues déshydratées relèvent d'une autre filière de gestion qui reste à définir.

L'analyse préliminaire de leur gestion dans un stockage à faible profondeur fait apparaître les enjeux suivants en relatif :

- Les gypses présentent des caractéristiques favorables, notamment la réduction de la teneur en nitrates obtenue par le procédé mis en œuvre. La réduction de volume obtenue grâce au procédé conduit à une concentration de l'activité massique dans les gypses. Ces caractéristiques radiologiques nécessiteront la mise en œuvre de dispositions de conception spécifiques pour leur gestion dans un stockage à faible profondeur.
- Les boues déshydratées se caractérisent par la présence de nitrates, dont l'élimination potentielle par lavage sera à prendre en compte dans la suite des études. Vis-à-vis des scénarios d'intrusion, leur impact est inférieur à celui des gypses.

Cette analyse exploratoire permet ainsi d'orienter la suite des études pour définir une filière de gestion appropriée pour ces déchets. Le travail de conception devra être poursuivi pour préciser les dispositions à mettre en œuvre pour la gestion de ces déchets dans un stockage à faible profondeur. En particulier, des évaluations complémentaires de transfert par l'eau sont à mener.

En fonction des résultats de ces études à venir, et dans l'hypothèse où ces déchets ne seraient pas compatibles avec le projet de stockage à faible profondeur étudié par l'Andra, AREVA considère que les pistes suivantes sont à envisager :

- Une poursuite de la R&D pour optimiser l'acceptabilité globale des déchets et réduire encore leur volume (avec éventuellement une valorisation en installation minière de l'uranium contenu dans les gypses).
- A défaut, une gestion commune des gypses et/ou des boues déshydratées avec les déchets « historiques » de Malvés.