

---

# **BILAN ENVIRONNEMENTAL**

## **Sites miniers uranifères de l'Aveyron**

**AREVA NC**

BG Mines / DRES/ Direction de l'Après-Mines  
Etablissement de Bessines

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 1/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

# Préambule

Le présent bilan de fonctionnement a été rédigé conformément aux dispositions prévues dans la circulaire n°2009-132 du 22 juillet 2009, cosignée entre le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer et l'Autorité de Sureté Nucléaire (ASN), portant sur la gestion des anciennes mines d'uranium.

Ce bilan comporte dix chapitres répondant successivement aux exigences énumérées dans l'axe 2 « Améliorer la connaissance de l'impact environnemental et sanitaire des anciennes mines d'uranium et la surveillance » de la circulaire du 22 juillet 2009 susvisée.

Ainsi, ce bilan a pour objectif de dresser un état des lieux des connaissances sur l'ensemble des sites miniers uranifères du département de l'Aveyron. Il est à noter que le site de Bertholène est classé à la rubrique 1735 de la nomenclature des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, par la présence d'un stockage de résidus de traitement du minerai d'uranium inclus dans son périmètre.

Les onze chapitres de ce bilan concernent :

- Chapitre 1 : une présentation générale des activités minières et industrielles de l'Aveyron en les replaçant dans leur contexte géographique et historique.
- Chapitre 2 : une présentation générale des sites dans leur environnement géologique, climatique, hydrologique et hydrogéologique.
- Chapitre 3 : le cadre réglementaire passé et actuel décrivant les différentes polices applicables aux sites miniers et les plans d'actions édictés au niveau national.
- Chapitre 4 : les techniques d'exploitation minières et le traitement du minerai d'uranium.
- Chapitre 5 : une présentation des sites miniers par bassins versants et leur situation administrative.
- Chapitre 6 : une description des résidus et déchets d'exploitation (résidus de traitement du minerai, stériles et produits de démantèlement).
- Chapitre 7 : une évaluation des impacts en terme de sécurité publique (risques liés aux travaux miniers souterrains, aux mines à ciel ouvert et aux verses à stériles).
- Chapitre 8 : une évaluation des impacts sur l'environnement et la population, via les trois vecteurs suivants : eau, air et chaîne alimentaire.
- Chapitre 9 : une évaluation de la dose efficace ajoutée annuelle.
- Chapitre 10 : les mesures prises pour réduire les impacts listés dans les chapitres 7 et 8.
- Chapitre 11 : les conclusions de l'analyse environnementale des sites de l'Aveyron, accompagnées de propositions d'actions correctives à mettre en œuvre et de la description du programme de gestion des stériles mis en place par AREVA NC dans le cadre de l'axe 3 de la circulaire du 22 juillet 2009.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 2/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

# Avertissement

Les développements ci-après présentent parfois un caractère technique, dû à la complexité de la matière et du contexte.

Afin de faciliter la lecture du présent document, un développement concernant des généralités sur la radioactivité a été établi à la page 8. De plus, un glossaire général et une liste des sigles et abréviations utilisés sont présentés aux pages 142 et 147.

Le lecteur est invité à s'y reporter en tant que de besoin.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 3/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

# Sommaire

Généralités concernant la radioactivité.....	8
<b>1 PRESENTATION GENERALE DES ACTIVITES MINIERES ET INDUSTRIELLES DE L'AVEYRON .....</b>	<b>12</b>
1.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	12
1.2 HISTORIQUE .....	12
<b>2 PRESENTATION GENERALE DE L'ENVIRONNEMENT DES SITES.....</b>	<b>16</b>
2.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE .....	16
2.1.1 Géologie des terrains uranifères .....	16
2.1.2 Zoom géologique sur le site de Bertholène .....	17
2.1.3 Tectonique [3] et [5].....	18
2.1.4 Caractéristiques de la minéralisation [5].....	18
2.1.5 Fond radiométrique départemental .....	19
2.2 ENVIRONNEMENTS PAYSAGERS ET DEMOGRAPHIQUES.....	19
2.2.1 Relief et paysages à l'échelle départementale [6] .....	19
2.2.2 Démographie du département.....	20
2.3 CONTEXTE CLIMATIQUE [6].....	20
2.3.1 Pluviométrie.....	20
2.3.2 Températures .....	20
2.3.3 Vents .....	21
2.4 CONTEXTE HYDROLOGIQUE .....	21
2.4.1 Bassins versants .....	21
2.4.2 Débits des cours d'eau.....	22
2.4.3 Utilisation des eaux .....	23
2.5 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE .....	25
2.5.1 Les grands types d'aquifères en Aveyron .....	25
2.5.2 Remarques sur le site de Bertholène .....	27
<b>3 CADRE REGLEMENTAIRE .....</b>	<b>29</b>
3.1 REGLEMENTATION EN VIGUEUR.....	29
3.1.1 Polices sectorielles .....	29
3.1.2 Polices transversales .....	37
3.1.3 Tableau de synthèse des polices applicables aux sites miniers .....	38

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 4/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

3.2	PLANS D' ACTIONS DE L' ETAT .....	39
3.2.1	Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs (PNGMDR).....	39
3.2.2	MIMAUSA [12].....	40
3.2.3	Circulaire du 22 juillet 2009 sur la gestion des anciennes mines d' uranium .....	40
<b>4</b>	<b>EXPLOITATION MINIERE ET TRAITEMENT DES MINERAIS .....</b>	<b>42</b>
4.1	LES METHODES D' EXPLOITATION.....	42
4.1.1	Les travaux de reconnaissance.....	42
4.1.2	Exploitation à ciel ouvert .....	43
4.1.3	Exploitation souterraine.....	43
4.2	LE TRAITEMENT DU MINERAI.....	44
4.2.1	Lixiviation statique .....	45
4.2.2	Traitement dynamique.....	48
<b>5</b>	<b>PRESENTATION DES SITES MINIERS .....</b>	<b>49</b>
5.1	GENERALITES .....	49
5.2	SITUATION REGLEMENTAIRE DES SITES ET INSTALLATIONS ARRETES .....	51
5.2.1	Titres miniers .....	51
5.2.2	Situation administrative relative à la fermeture des sites .....	52
5.3	SITES MINIERS ET BASSINS VERSANTS .....	53
5.4	PRESENTATION DES SITES.....	55
5.4.1	Bassin versant du Lot.....	55
5.4.2	Bassin versant de l' Argence Morte.....	62
5.4.3	Bassin versant de l' Aveyron .....	62
5.4.4	Bassin versant du Tarn .....	64
<b>6</b>	<b>RESIDUS ET DECHETS D' EXPLOITATION .....</b>	<b>66</b>
6.1	LES STERILES MINIERS .....	66
6.1.1	Généralités – Teneur en uranium.....	66
6.1.2	Réaménagement des verses à stériles .....	67
6.1.3	Réutilisation des stériles.....	68
6.2	LES RESIDUS DE TRAITEMENT.....	69
6.3	LES BOUES DE TRAITEMENT DES EAUX.....	69
<b>7</b>	<b>EVALUATION DES IMPACTS EN TERME DE SECURITE PUBLIQUE .....</b>	<b>72</b>
7.1	INTRODUCTION.....	72

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l' Aveyron	23/09/2010	Page : 5/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

7.2	LES RISQUES LIES AUX TRAVAUX SOUTERRAINS .....	73
7.2.1	Les ouvrages de liaison fond-jour .....	73
7.2.2	Les infrastructures et chantiers souterrains.....	75
7.3	LES RISQUES LIES AUX MINES A CIEL OUVERT .....	80
7.4	LES RISQUES LIES AUX VERSES A STERILES.....	82
7.5	LES RISQUES LIES AUX DIGUES DE RETENUE DE STOCKAGE .....	82
<b>8</b>	<b>EVALUATION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT .....</b>	<b>85</b>
8.1	IMPACT SUR LE VECTEUR EAU .....	85
8.1.1	Voie de contamination sur le milieu aquatique.....	85
8.1.2	Valeurs de référence « milieu naturel ».....	87
8.1.3	Analyse par bassin versant de l'impact réel sur le milieu aquatique .....	89
8.1.4	Bilan des impacts sur le milieu aquatique .....	104
8.1.5	Evaluation de l'évolution hydrogéologique et hydrochimique du site de Bertholène..	106
8.2	IMPACT SUR LE VECTEUR AIR.....	111
8.2.1	Voies de contamination de l'air .....	111
8.2.2	Surveillance radiologique de l'air.....	111
8.2.3	Résultats de la surveillance de la qualité de l'air.....	112
8.3	IMPACT SUR LA CHAINE ALIMENTAIRE ET LES SOLS .....	114
8.3.1	Voies de contamination de la chaine alimentaire .....	114
8.3.2	Contrôles de la chaine alimentaire .....	115
8.3.3	Résultats des contrôles de la chaine alimentaire .....	116
<b>9</b>	<b>EVALUATION DE DOSE EFFICACE AJOUTEE.....</b>	<b>117</b>
9.1	PRINCIPE DE L'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES.....	117
9.2	RISQUES RADIOLOGIQUES.....	117
9.3	LA NOTION DE DOSE EFFICACE .....	118
9.4	METHODE D'EVALUATION DE LA DOSE EFFICACE AJOUTEE DANS L'ENVIRONNEMENT PROCHE DES SITES.....	119
9.4.1	Voies d'exposition à considérer.....	119
9.4.2	Détermination des groupes de référence .....	120
9.4.3	Calcul de la dose efficace annuelle ajoutée .....	120
<b>10</b>	<b>MESURES PRISES POUR REDUIRE LES IMPACTS .....</b>	<b>127</b>
10.1	REDUCTIONS DES IMPACTS SUR LE VECTEUR AIR.....	127
10.1.1	Les résidus de traitement du minerai .....	127
10.1.2	Les stériles miniers.....	128

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 6/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

10.2	REDUCTIONS DES IMPACTS SUR LE VECTEUR EAU.....	129
<b>11</b>	<b>CONCLUSIONS.....</b>	<b>132</b>
11.1	CONCLUSIONS DE L'ANALYSE ENVIRONNEMENTALE .....	132
11.2	PROPOSITIONS D' ACTIONS CORRECTIVES.....	133
11.3	GESTION DES STERILES .....	137
11.4	INFORMATION DU PUBLIC .....	138
	<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>139</b>
	<b>Liste des figures, Annexes et Plans.....</b>	<b>141</b>
	<b>Glossaire.....</b>	<b>142</b>
	<b>Sigles et abréviations .....</b>	<b>147</b>

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 7/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

# Généralités concernant la radioactivité

## Quelques définitions concernant l'atome

La matière est constituée à partir d'atomes ou d'assemblages d'atomes (molécules...). Ceci est vrai à la fois pour le monde vivant et pour les objets inanimés (roches, air, eau...). Ces atomes, que l'on pensait, jusqu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, être les constituants élémentaires de la matière, peuvent être décomposés en deux parties :

- un noyau central qui est un assemblage de protons et de neutrons, l'ensemble de ces particules étant appelé nucléons
- un nuage périphérique d'électrons tournant autour de ce noyau

Les protons portent une charge électrique positive, les électrons une charge électrique négative et les neutrons ne portent pas de charge électrique. Dans leur état fondamental (état stable, donc de plus basse énergie), les atomes ont une charge électrique globale nulle ; ceci implique que les atomes à l'état fondamental possèdent autant de protons que d'électrons.

Un élément chimique est un ensemble d'atomes comportant le même nombre de protons (et donc le même nombre d'électrons). Les atomes d'un élément chimique peuvent cependant comporter des nombres différents de neutrons ; ils sont alors appelés isotopes de cet élément.

*Exemple :*

L'élément carbone, noté C, est caractérisé par un nombre de protons égal à 6. Naturellement, on observe trois isotopes particulièrement abondants pour cet élément : le carbone 12 contenant 6 neutrons (soit 12 nucléons), le carbone 13 contenant 7 neutrons (soit 13 nucléons) et le carbone 14 contenant 8 neutrons (soit 14 nucléons).

## La radioactivité : un phénomène naturel

Deux interactions fondamentales sont à l'œuvre au sein des noyaux d'atomes : l'interaction forte (ou force nucléaire) et l'interaction électromagnétique.

La force électrique agit à longue distance, en attirant les particules de charge opposée et en repoussant les particules de même charge. Ainsi, cette force tend à éloigner les protons les uns des autres, au sein du noyau atomique (force déstabilisante).

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 8/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

En revanche, la force nucléaire agit à très courte distance en faisant fortement s'attirer les nucléons. Elle constitue donc une force stabilisante pour le noyau.

Pour des très courtes distances, l'interaction forte est beaucoup plus intense (100 à 1 000 fois plus) que la force électrique. Dans la nature, la plupart des noyaux d'atomes sont donc stables.

Cependant, certains atomes sont instables du fait d'un excès de protons ou de neutrons, voire des deux, qui rompt l'équilibre des interactions assurant la cohésion de leur noyau. Ils sont dits radioactifs et sont appelés radio-isotopes ou radionucléides.

Naturellement, ces noyaux d'atomes radioactifs tendent à retrouver un état d'équilibre. Ils se transforment alors spontanément en d'autres noyaux d'atomes, eux-mêmes radioactifs ou non. Cette transformation irréversible d'un atome en un autre atome est appelée désintégration et s'accompagne de l'émission de différents types de rayonnements.

On peut donc noter qu'un même élément chimique peut présenter à la fois des isotopes radioactifs et des isotopes non radioactifs.

### **Les différents types de désintégrations**

- *Le rayonnement alpha* est émis par des atomes dont les noyaux possèdent un trop grand nombre de nucléons (neutrons et protons). Ils se transforment en un autre élément chimique dont le noyau est plus léger en émettant un noyau d'hélium (He), c'est-à-dire un noyau constitué de 2 protons et 2 neutrons. Ce rayonnement a une pénétration très faible dans l'air et est arrêté par une simple feuille de papier.
- *Le rayonnement bêta* résulte de l'instabilité des noyaux dont le nombre de protons ou de neutrons est en excès. Pour se stabiliser, le proton en surplus se transforme en neutron avec émission d'un positon (*rayonnement bêta plus*) ou bien le neutron en surplus se transforme en proton avec émission d'un électron (*rayonnement bêta moins*). Dans les deux cas, la désintégration implique une transformation de l'élément initial en un autre élément chimique. Les électrons du rayonnement bêta moins ont une pénétration faible dans l'air et sont arrêtés par une feuille d'aluminium de quelques millimètres d'épaisseur. Les positons du rayonnement bêta plus sont pratiquement absorbés sur place : ils fusionnent avec des électrons pour former deux photons gamma, ce qui ramène le problème au cas du rayonnement gamma.
- *Le rayonnement gamma* suit souvent une désintégration alpha ou bêta. Il provient d'une simple désexcitation du noyau nouvellement formé ; il s'agit d'une onde électromagnétique, de même nature que la lumière visible ou les rayons X, mais en plus énergétique. Ce rayonnement a une très grande pénétration et n'est arrêté que par une forte épaisseur de béton ou de plomb.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 9/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Ces trois types de rayonnements font partie des rayonnements ionisants car, du fait de leur haute énergie, ils sont capables d'arracher des électrons aux atomes des matières qu'ils traversent, formant ainsi des ions. Ils sont donc nocifs pour les organismes vivants.

### **Caractérisation d'une source radioactive**

Une source radioactive peut être caractérisée à l'aide de trois paramètres :

- *son activité*, c'est-à-dire le nombre de noyaux radioactifs qui se désintègrent par unité de temps. Cette activité est liée au nombre de radionucléides initialement présents et s'exprime en becquerels noté Bq ; 1 Bq équivaut à une désintégration par seconde.

On a donc :

- 1 Bq = 1 désintégration par seconde
- 1 000 Bq = 1 kilobecquerel (1 kBq)
- 1 000 000 Bq = 1 mégabecquerel (1 MBq)
- $1 \cdot 10^9$  Bq = 1 gigabecquerel (1 GBq)
- $1 \cdot 10^{12}$  Bq = 1 térabecquerel (1 TBq)

- *sa période (ou demi-vie)*, c'est-à-dire la durée au bout de laquelle son activité a diminué de moitié. En effet, l'activité d'un échantillon radioactif diminue avec le temps du fait de la disparition progressive par désintégration des noyaux instables qu'il contenait initialement.

La période radioactive est une propriété intrinsèque des radionucléides et peut aller de quelques fractions de seconde (0,000164 seconde pour le polonium 214) à plusieurs milliards d'années (4,47 milliards d'années pour l'uranium 238).

- *l'énergie du ou des rayonnements qu'elle produit* et notamment l'énergie que ces rayonnements cèdent à la matière qu'ils traversent. La quantité de rayonnements absorbés (ou dose absorbée) par un organisme ou un objet est exprimée en gray noté Gy.

Une valeur de 1 Gy équivaut à un joule par kilogramme de matière irradiée. On utilise également le débit de dose absorbée qui correspond à la quantité d'énergie reçue par la matière irradiée par unité de masse et par unité de temps ; il s'exprime en gray par heure (noté Gy/h).

### **La notion d'activité**

Mis à part le becquerel que nous avons déjà vu, il existe une autre unité plus ancienne permettant d'exprimer les valeurs d'activité : le Curie, noté Ci.

Une activité de 1 Curie représente l'activité d'un gramme de radium c'est-à-dire le nombre de noyaux contenus dans 1 gramme de radium 226 qui se désintègrent en 1 seconde.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 10/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Cette activité est beaucoup plus grande que le becquerel car, dans un gramme de radium, il se produit 37 milliards de désintégrations par seconde.

On a donc :  $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq} = 37 \text{ GBq}$

Il est difficile de se représenter des valeurs aussi élevées. On peut donc user d'un exemple concret développé par l'ANDRA afin de mieux évaluer à quoi correspond une activité de 1 GBq.

Supposons que vous creusiez une excavation de la taille d'une piscine d'environ 4 m x 10 m x 2 m. Vous allez extraire un volume de terre d'environ 80 m<sup>3</sup>. Si votre terrain est situé en pays cristallin (granitique...), en Bretagne par exemple, il est probable que ces 80 m<sup>3</sup> contiennent une radioactivité d'environ 1 GBq.

Cela signifie que ce volume de terre « émet » une radioactivité naturelle correspondant à un milliard de désintégrations par seconde (10<sup>9</sup>), due essentiellement aux éléments uranium, thorium, radium et potassium 40 qui rentrent dans la composition de cette terre.

### **Exemples de valeurs de radioactivité naturelle pour différents milieux**

70 éléments parmi les 340 existant dans la nature présentent un (ou des) isotope(s) radioactif(s). Ils sont présents dans tout l'environnement, y compris dans le corps humain.

On peut ainsi estimer les valeurs moyennes d'activité naturellement associées à différents types de milieux (sources des données : ANDRA, CEA) :

Eau de pluie	0,5 Bq/l
Eau de mer	13 Bq/l
Eau minérale naturelle	2 à 6 Bq/l dont 0,01 à 0,9 Bq/l d'U238 et 0,02 à 1,8 Bq/l de Ra226
Terre	500 à 5 000 Bq/kg selon la nature du sol
Pomme de terre	150 Bq/kg
Lait	40 Bq/l
Poisson	100 Bq/kg
Corps humain	130 Bq/kg soit 8 000 à 10 000 Bq pour un adulte

# 1 PRESENTATION GENERALE DES ACTIVITES MINIERES ET INDUSTRIELLES DE L'AVEYRON

---

## 1.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le périmètre concerné par ce bilan environnemental couvre l'ensemble des anciennes activités minières et industrielles uranifères passées sur le territoire du département de l'Aveyron. Ces activités sont réparties sur quatre secteurs géographiques distincts :

- le premier est situé l'extrême nord du département et concerne la commune de GRAISSAC ;
- le secteur d'« Entraygues » localisé au Nord-Ouest du département : il comprend les communes de FLORENTIN-LA-CAPELLE, ENTRAYGUES-SUR-TRUYERE, LE NAYRAC, ESTAING, GOLINHAC, ESPEYRAC et SENERGUES ;
- le secteur de « Bertholène » situé au centre de l'Aveyron, dont les activités minières sont réparties sur les communes de BERTHOLENE et de MONTROZIER ;
- enfin, le dernier secteur se situe au Sud-Ouest du département, sur la commune de BROUSSE-LE-CHATEAU.

L'ensemble du département de l'Aveyron comprend 18 sites miniers, dont l'un comporte une ancienne aire de lixiviation statique et un stockage de résidus de traitement du minerai classé à la rubrique 1735 de la nomenclature des ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement).

## 1.2 HISTORIQUE

### L'exploitation uranifère en Aveyron

Les premiers travaux de prospection et d'exploitation uranifères dans l'Aveyron commencèrent dès 1948, dans la région d'Entraygues-sur-Truyère. Des missions organisées à l'initiative du CEA aboutirent à la découverte d'indices uranifères. L'indice le plus important, Prévinières, fit alors l'objet d'une petite reconnaissance minière.

A partir de 1952, de nombreuses sociétés privées ont prospecté le département, notamment la région d'Entraygues-sur-Truyère, en reprenant les travaux de reconnaissance menés par le CEA à la fin des années 40.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 12/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Le début des années 60 est marqué par l'arrêt des activités minières dans le secteur, devant le peu de résultats intéressants. L'exploitation uranifère aveyronnaise s'est alors tournée vers la prospection et la reconnaissance de gisements par petits chantiers dans les secteurs de Bertholène, Graissac et Brousse-le-Château.

A la fin des années 70, l'industrie de l'extraction uranifère dans le département est relancée avec la mise en exploitation du gisement de Bertholène. En 1995, la fermeture du site marque la fin de la période d'exploitation uranifère aveyronnaise.

Le département de l'Aveyron a donc vu l'exploitation, de 1949 à 1995, d'un ensemble de gisements uranifères granitiques – à l'exception de trois sites exploités dans des terrains sédimentaires – qui ont produit 767 tonnes d'uranium métal (dont 744 tonnes extraites à Bertholène) à partir de 543 922 tonnes de minerai d'une teneur moyenne de 1,41‰ (1,41 kg d'uranium par tonne).

L'exploitation du minerai s'est faite, pour le gisement de Bertholène, le plus important, par travaux miniers souterrains, puis par mine à ciel ouvert. Pour les gisements plus modestes, le minerai a été extrait dans le cadre de travaux de reconnaissance par petit chantier, souvent antérieurs aux années 60.

#### Les exploitants miniers de l'Aveyron [1]

En juin 1952, le gouvernement Pinay adopte un plan quinquennal de développement de l'énergie atomique avec participation de l'industrie privée. Certains secteurs du territoire français, dont l'Aveyron, ont ainsi été retirés du monopole du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA).

Ainsi depuis les années 1950, des entreprises individuelles ou des sociétés à capitaux privés se sont lancées dans la recherche et l'exploitation de l'uranium dans de nombreux départements français, dont l'Aveyron. En ce qui concerne le traitement des minerais, des relations étroites entre le CEA et ces sociétés privées avaient déjà été établies. Les acteurs originels de ces activités, issus pour la plupart des grands groupes, et leurs évolutions structurelles sont ainsi décrits :

#### **GROUPE PECHINEY ET TOTAL :**

1955 : Les Chambres de Commerce et de l'Industrie du Massif Central créent la Société Centrale de l'Uranium et des Minerais et Métaux Radioactifs (SCUMRA).

1957 : Créée en 1916, la Société des Charbonnages de Dong-Trieu prend le nom de Compagnie Minière et Métallurgique de l'Indochine (CMMI).

1973 : La CMMI passe sous le contrôle du groupe Schneider et devient la Compagnie Minière de Dong-Trieu (CMDT).

1974 : Pechiney-Ugine-Kuhlmann (PUK) procède à l'acquisition de la SCUMRA.

1976 : PUK et TOTAL mettent en commun, à parts égales, leurs moyens « uranium » disponibles et créent MINATOME SA.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 13/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- 1983 : TOTAL rachète les 50 % de PUK dans MINATOME SA et devient TOTAL Compagnie Minière (TCM). TOTAL se porte acquéreur de la CMDT.
- 1986 : Après la fusion de la SCUMRA et de la CMDT, est créée TOTAL Compagnie Minière France (TCMF).
- 1993 : TOTAL cède ses actifs uranium à COGEMA. La filiale Société des Mines de Jouac (SMJ) est créée.

**GROUPE IMETAL :**

- 1955 : Création par le CEA, le Nickel et Peñarroya, Péchiney, Kuhlmann, Huaran et Rotshild, de la Compagnie Française des Minerais d'Uranium (CFMU).  
Création de la Compagnie Française de Mokta (MOKTA), partenaire de la CFMU dans l'uranium.
- 1956 : La Société des Mines de Bitume et d'Asphalte du Centre (SMAC) entreprend des travaux de prospections uranifères.
- 1960 : La SMAC forme avec la CFMU un syndicat de recherche transformé en Société Minière de l'Uranium du Centre (SMUC).
- 1971 : Le Nickel et Peñarroya s'unissent dans un holding IMETAL et absorbe MOKTA.
- 1981 : IMETAL transforme la CFMU en Compagnie Française de Mokta (CFM).
- 1986 : Vente de CFM à COGEMA.

**GROUPE RHONE-POULENC :**

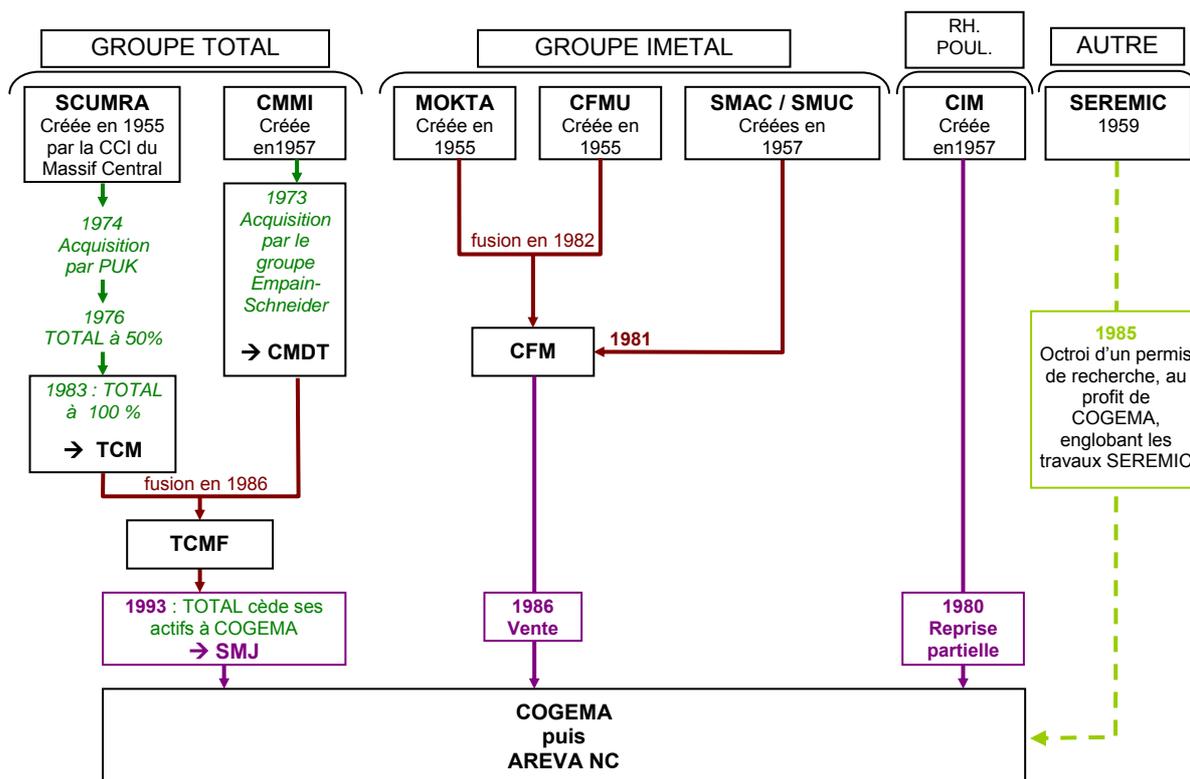
- 1957 : La Compagnie Industrielle et Minière (CIM – Rhône-Poulenc) met en place des équipes de prospection dans le Massif Central et obtient quelques résultats dans la région d'Egletons.
- 1980 : COGEMA a repris le portefeuille minier de la CIM.

**DIVERS (SEREMIC) :**

- 1959 : La Société d'Etudes, de Recherches et d'Exploitations Minières du Centre (SEREMIC) a effectué des recherches dans la région de Senergues.
- 1985 : COGEMA obtient le permis de recherche de Falguières dont le périmètre englobe les travaux réalisés par la SEREMIC. Par conséquent, la responsabilité de ces sites aveyronnais, anciennement exploités par la SEREMIC, incombe alors à COGEMA.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 14/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Le schéma suivant synthétise les évolutions des différents acteurs privés de la prospection et exploitation de l'uranium dans le département de l'Aveyron :



Pour la plupart, les petites sociétés privées ont disparu (CFMU, CFM, SCUMRA, MINATOME, CIM, ...) mais aussi les grandes comme Péchiney qui, après avoir absorbé UGINE puis KUHLMANN (PUK) a été avalée par le canadien ALCAN en 2003.

Ne subsistent que COGEMA, désormais filiale d'AREVA NC, et TOTAL (en tant qu'actionnaire de COGEMA).

Depuis 2005, le suivi environnemental des sites est assuré par AREVA NC à travers le service CESAAM (Centre d'Etude et de Suivi des Anciennes Activités Minières), rebaptisé DAM (Direction de l'Après-Mine) en 2010, situé à Bessines-sur-Gartempe (87).

L'exploitation minière en Aveyron par les différentes compagnies minières, se répartit de la manière suivante :

Compagnies Minières	Sites Miniers
<b>CFMU</b>	Le Cayroux, Les Riailles, Soulose, Margabal, Prévinquères, Mejanessero, Lifernet, Les Plagnes
<b>SCUMRA</b>	Cabanel, Lussagues
<b>SCUMRA</b> (pour l'exploitation) puis <b>SMJ</b> (pour la fin des travaux d'exploitation et le réaménagement)	Bertholène, Le Roube, La Boual
<b>SMAC</b>	Vic-Conquette, Coursière
<b>SEREMIC</b>	Falquières, Sénergues

## 2 PRESENTATION GENERALE DE L'ENVIRONNEMENT DES SITES

---

### 2.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE

Les gisements exploités dans le département de l'Aveyron sont répartis sur trois secteurs géographiques, ayant chacun un contexte géologique différent :

- Au Nord du département de l'Aveyron, les gisements exploités sont établis au sein du Massif granitique de la Margeride.
- Au centre, deux gisements se situent au niveau de la discordance entre le massif orthogneissique des Palanges et les terrains sédimentaires du Carbonifère.
- Au Sud, deux autres gisements sont localisés au sein des terrains sédimentaires d'âge Permo-Carbonifère.

Une carte géologique simplifiée du département ainsi que des cartes géologiques de chaque secteur concerné par les sites miniers uranifères, sont présentées en annexe 5.

#### 2.1.1 Géologie des terrains uranifères

Les terrains cristallins :

- *Le Massif granitique de la Margeride [2]*

Le Massif granitique de la Margeride occupe la partie nord du département de l'Aveyron et est orienté NE-SW. Le fond cristallin de ce massif, dit « granite de la Margeride », est composé d'un granite calco-alcalin à biotite, contenant de nombreux porphyroblastes de feldspaths potassiques. Ce granite est présent sur les sites suivants : Prévinières, Soulouse, Les Riailles, Le Cayroux, Senergues, Cabanel, Falquières, Vic-Conquettes, Coursières, Adrien Terrisse et Les Plagnes.

Au sein du granite de la Margeride, des amas de leucogranites alumineux (présence de biotite et de muscovite) se sont développés. On les retrouve sur les sites suivants : Margabal, Mejannesserre et Lifernet.

- *Le Massif orthogneissique des Palanges [3]*

Ce massif est composé d'un gneiss à faciès grenu, de teinte gris rouge, issu du métamorphisme d'un granite intrusif. Ces gneiss sont présents sur le site de Bertholène (cf. paragraphe 2.1.2).

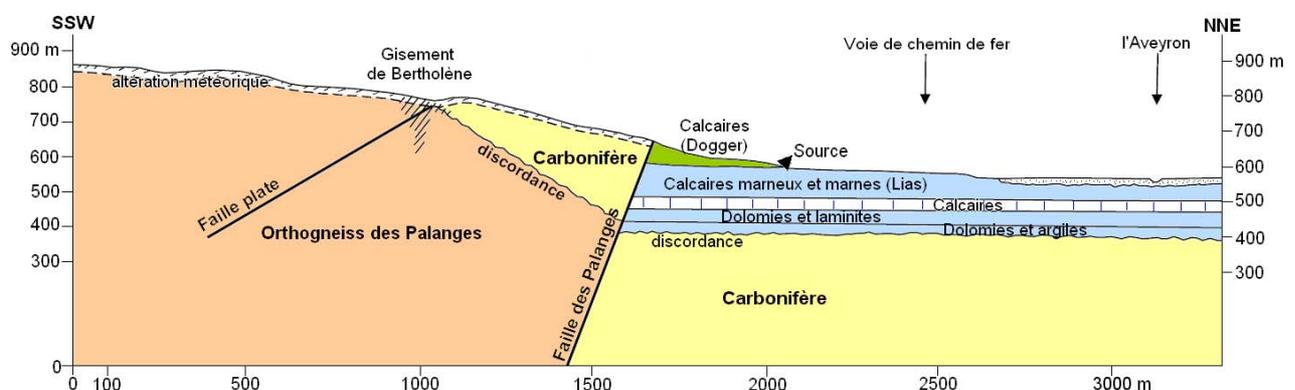
Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 16/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## Les terrains sédimentaires [3] et [4] :

Trois sites (Lussagues, La Boual et Le Roube) sont présents dans des terrains sédimentaires d'âge Permo-Carbonifère (environ -290 MA : Stéphanien à Autunien). Ces terrains sont composés d'une alternance de conglomérats, grès arkosiques de teinte gris à rouge et de siltites argileuses noires. Les trois gisements exploités se trouvent principalement au sein des conglomérats.

### 2.1.2 Zoom géologique sur le site de Bertholène

Le gisement le plus important exploité est celui de Bertholène. La coupe géologique suivante illustre le contexte géologique dans lequel s'inscrit le site de Bertholène :



Le gisement de Bertholène est localisé au niveau de la discordance entre le bassin permo-carbonifère de Gages (conglomérats, grès et argilites) et le massif orthogneissique des Palanges. Au Nord de cette discordance, se situe la faille des Palanges, orientée NNW-SSE et de pendage sud, qui marque un décalage entre les terrains du Jurassique (calcaires) et ceux du Permo-Carbonifère.

Au sein des orthogneiss, les seules variations que l'on peut distinguer sont liées à l'altération et à un phénomène de décompression de terrains. Ces variations se traduisent de la manière suivante : en surface, on trouve une zone de gneiss arénisé de quelques mètres d'épaisseur, et en dessous, des gneiss assez fracturés sur 10 à 20 m d'épaisseur.

De plus, le site est localisé dans le vallon du ruisseau des Balaures. La présence des calcaires du Dogger, situé à environ 350 m en aval, entraîne une perte totale du ruisseau des Balaures, qui disparaît dans un réseau karstique. La résurgence de ce ruisseau se situe à 500 m au Nord-Ouest au niveau du contact entre les calcaires du Dogger et les marnes du Lias (cf. figure 1).

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 17/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

### 2.1.3 Tectonique [3] et [5]

Au Nord du département, le Massif de la Margeride est affecté par deux systèmes de cassures dont les directions dominantes sont les suivantes :

- N-S à NE-SW : cette direction est surtout marquée par des zones broyées.
- NW-SE : cette direction correspond majoritairement aux filons quartzeux.

Plus au Sud, dans le secteur de Bertholène, il existe deux autres systèmes d'accidents tectoniques :

- les failles orientées N120°E : celles-ci ont un jeu principal en faille normale, abaissant ainsi la partie située au Nord. Certaines ont rejoué plus tardivement en faille inverse, comme la faille des Palanges, inclinée d'environ 70° vers le Sud.
- les failles d'orientation moyenne N20°E : ces failles en décrochement senestre sont d'ampleur plus limitée.

Le secteur du Roube-La Boual se situe dans un étroit fossé d'effondrement orienté globalement E-W et constituant le bassin permo-carbonifère de Brousse.

### 2.1.4 Caractéristiques de la minéralisation [5]

Dans le secteur du Massif granitique de la Margeride, les minéralisations uranifères se présentent principalement sous forme d'imprégnations et de petits amas. Elles sont principalement liées au réseau de fractures présentes dans les granites : soit au niveau des épontes des filons de quartz, soit au sein des zones broyées. Ces minéralisations seraient liées à des remises en circulation tardives par les eaux météoritiques à la faveur du réseau faillé. Il s'agissait principalement de minéraux secondaires (autunite et chalcopite). Les filons reconnus présentaient une puissance de 0,30 à 1,50 m.

Concernant le site de Bertholène localisé au sein des orthogneiss des Palanges, le gisement est de type multi-fissuré où les minéralisations sont principalement portées par les fractures. Ces minéralisations (coffinite et pechblende) se présentent sous forme d'amas minéralisés correspondant à des zones où sont concentrés de multiples filonnets de puissance millimétrique à centimétrique. A noter que le gisement de Bertholène a été le siège d'importantes transformations minéralogiques, comme l'hématitisation.

Pour les sites de La Boual, Le Roube et Lussagues, la minéralisation est présente au sein des terrains sédimentaires du Permo-Carbonifère (conglomérats et grès). Elle est liée à des phénomènes épigenétiques hydrothermaux contrôlés par la tectonique et la lithologie. La minéralisation, constituée de paillettes d'autunite et de chalcopite, se présente soit en remplissage des fractures, soit en fines particules présentes dans le ciment des grès et conglomérats.

D'une manière générale, sur l'ensemble du département, la teneur des minerais extraits est comprise entre 0,63 et 2,94 ‰ pour une teneur moyenne de 1,41 ‰.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 18/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 2.1.5 Fond radiométrique départemental

Les variations radiométriques des différents secteurs géographiques ont été mises en évidence à partir des visites de terrains de 2010. Elles sont essentiellement liées aux différenciations pétrographiques des terrains. Elles sont présentées dans le tableau suivant :

Sites miniers	Géologie	Ordre de grandeur du fond radiométrique (en chocs/seconde SPP $\gamma$ )
Bertholène	Orthogneiss des Palanges	90 – 110
Lussagues La Boual Le Roube	Conglomérats et grès du Permo-Carbonifère	80 – 100
Les Plagnes Prévinquières Coursière Vic-Conquettes Le Cayroux Sénergues Margabal Lifernet Soulouse Méjannesserre Falquières Cabanel Les Riailles Adrien Terrisse	Granite de la Margeride	80 – 140

## 2.2 ENVIRONNEMENTS PAYSAGERS ET DEMOGRAPHIQUES

### 2.2.1 Relief et paysages à l'échelle départementale [6]

Le département de l'Aveyron est caractérisé par une différenciation du paysage, conséquence de l'étagement du relief. Ainsi, on peut distinguer quatre grandes unités différentes (cf. figure 2) :

- Au Nord et au Nord-Est se trouvent les monts d'Aubrac et leur prolongement, ainsi que le plateau de la Viadène. L'altitude est élevée (comprise entre 600 et 1 000 m) et décroît vers la vallée du Lot. La majorité des terrains est destinée à l'élevage à dominante bovin.
- Au centre et à l'Ouest, la région de Segala (altitude comprise entre 400 et 800 m) présente l'aspect d'un plateau entrecoupé de vallées profondes, comme les gorges de L'Aveyron. Le relief offre des caractères moins accentués dans la région de Villefranche de Rouergue.
- L'Est est dominé par le plateau du Lévezou (altitude comprise entre 600 et 1000 m).
- Le Sud du département est constitué par les Causses du Larzac qui sont de hauts plateaux calcaires usés par l'érosion (altitude comprise entre 400 et 900 m), les rivières comme le Tarn y coulent dans des gorges. Une grande partie sur ce secteur est destinée à l'élevage à dominante ovin.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 19/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 2.2.2 Démographie du département

D'une manière générale, la population est répartie sur trois principaux secteurs, la communauté d'agglomération du Grand Rodez, le bassin de Decazeville et Villefranche-de-Rouergue où la densité dépasse les 100 habitants au km<sup>2</sup>, et le secteur de Millau. Cependant, certaines zones comme l'Aubrac et le Larzac ont une densité de population très faible. Certaines communes de ces zones ont une densité de population inférieure à 5 habitants au km<sup>2</sup>. La concentration de la population aveyronnaise est donc très contrastée.

Globalement, la population du département de l'Aveyron augmente depuis 10 ans : elle comptait 274 425 habitants en 2007 contre 264 048 habitants en 1999 (Source : INSEE – Statistiques Locales).

## 2.3 CONTEXTE CLIMATIQUE [6]

L'ensemble du département aveyronnais jouit de trois grandes influences climatiques suivant les saisons. Ces influences peuvent varier selon l'altitude et le relief des terrains. Au printemps et à l'automne règne un climat océanique (précipitation et température moyenne). L'hiver est soumis à un climat continental marqué par des épisodes neigeux qui peuvent être importants suivant les années et le secteur. L'été règne un climat méditerranéen (températures élevées et précipitations très faibles) sur une grande partie du département.

### 2.3.1 Pluviométrie

La pluviométrie de l'Aveyron est dépendante du relief. Le tableau suivant présente les précipitations moyennes sur l'ensemble du département :

Secteurs	Précipitations moyennes
Région de Rodez	entre 900 et 1000 mm/an
Région de Villefranche de Rouergue	entre 800 et 900 mm/an
Région de Millau	entre 700 et 800 mm/an

### 2.3.2 Températures

Les températures de l'Aveyron s'étagent en fonction du relief. Le tableau suivant présente les températures moyennes sur l'ensemble du département :

Secteurs	Températures moyennes
Région de Rodez	10,5°C
Région de Villefranche de Rouergue	12°C
Région de Millau	10,5°C

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 20/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

### 2.3.3 Vents

Les vents influencent fortement le climat au fil des saisons. Les vents d'ouest et de sud-ouest sont majoritaires dans le département. Les vents du nord dominant en hiver, instaurant ainsi le climat continental, tandis qu'en été les vents du sud-est ramènent la chaleur méditerranéenne. Ces vents du sud-est peuvent perturber le cours des saisons durant l'année.

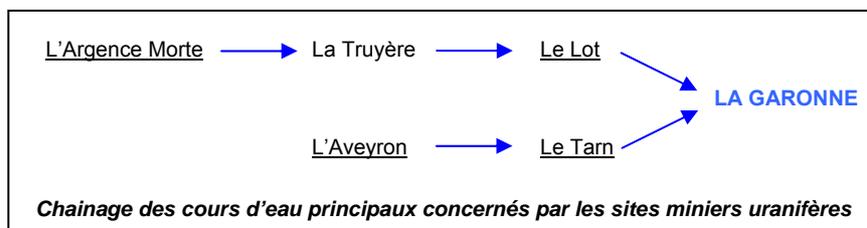
## 2.4 CONTEXTE HYDROLOGIQUE

### 2.4.1 Bassins versants

Les gisements exploités sont répartis sur plusieurs bassins versants (figures 3 et 4) :

- 13 sites sont localisés sur le bassin versant du Lot, affluent rive droite de la Garonne.
- 1 site est sur le bassin versant de l'Argence Morte, affluent rive gauche de La Truyère.
- 2 sites sont localisés sur le bassin versant du Tarn, affluent rive droite de la Garonne.
- 2 sites appartiennent au bassin versant de l'Aveyron, affluent rive droite du Tarn.

L'ensemble de ces cours d'eau appartiennent à un seul grand bassin versant : celui de La Garonne. La figure suivante présente le chainage des cours d'eau principaux (ceux soulignés sont concernés par les sites miniers uranifères).



Le bassin versant du Lot, d'une surface totale de 11 254 km<sup>2</sup>, couvre une grande partie du Nord du département. La zone concernée par les exploitations minières concerne un tronçon d'environ 30 km situé entre Estaing, en amont, et Vieillevie en aval. Ce tronçon est alimenté par plusieurs ruisseaux, dont de l'amont vers l'aval : le ruisseau de Coussane, le ruisseau de l'Amarou, le ruisseau de la Lygole, le ruisseau des Tours, le ruisseau de Margabal, le ruisseau de Lifernet, le ruisseau de l'Estampes et le ruisseau de La Daze.

Le bassin versant du ruisseau de l'Argence Morte, d'une longueur totale d'environ 13,8 km, est situé au Nord du département. Le tronçon concerné par les exploitations minières traverse la commune de Sainte-Geneviève-sur-Argence. Ce tronçon est notamment alimenté par le ruisseau Le Rieutord.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 21/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Le bassin versant du Tarn, d'une surface totale de 15 700 km<sup>2</sup>, couvre l'extrême Sud-Ouest du département. La zone concernée par les travaux miniers est le tronçon traversant la commune de Brousse-le-Château. Ce tronçon est alimenté par plusieurs ruisseaux dont le ruisseau de la Layrole.

Le bassin versant de l'Aveyron, d'une surface totale de 5 170 km<sup>2</sup>, traverse le centre et l'Ouest du département. La zone concernée par les exploitations minières concerne un tronçon d'environ 12 km situé entre Laissac, en amont, et Montrozier en aval. Ce tronçon est alimenté par plusieurs ruisseaux, dont de l'amont à l'aval : le ruisseau des Balaures et le ruisseau des Plaines.

## 2.4.2 Débits des cours d'eau

Les données sur l'écoulement des cours d'eau sont fournies par des mesures de débits effectuées à des stations hydrométriques. Sur le secteur concerné, les données sont fournies :

- pour la rivière Le Lot, par trois stations :
  - Estaing, située après la confluence entre le ruisseau de la Coussane et Le Lot,
  - Entraygues-sur-Truyère, située en amont du barrage,
  - Entraygues-sur-Truyère, située en aval de la confluence avec la Truyère.
  
- pour la rivière l'Aveyron, par une station :
  - Palmas, située au pont de Manson.
  
- pour la rivière Le Tarn, par une station :
  - Saint-Victor-et-Melviu, située au barrage du Pinet.

Les valeurs des paramètres caractéristiques des débits, sont présentées dans le tableau ci-dessous [7] :

Bassin versant	Localisation	Surface du BV km <sup>2</sup>	Débits moyens m <sup>3</sup> /s	Débits d'étiage		Crues		Débits maxi journaliers m <sup>3</sup> /s	Débits maxi instantanés m <sup>3</sup> /s
				QMNA2 m <sup>3</sup> /s	QMNA5 m <sup>3</sup> /s	QIX biennal m <sup>3</sup> /s	QIX décennal m <sup>3</sup> /s		
Lot	Estaing	2110	38,6	5,7	3,6	/	/	890	/
	Entraygues-sur-Truyère (Amont)	2180	33,9	4,8	3	350	530	650	711
	Entraygues-sur-Truyère (Aval)	5460	106	18	12	870	1200	1980	1790
Aveyron	Palmas	306	3,83	0,57	0,33	/	/	37,8	/
Tarn	Saint-Victor-et-Melviu	2677	56	13	9,9	/	/	2050	/

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 22/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Ces paramètres sont variables et propres à chaque cours d'eau. Ils sont à mettre en relation avec :

- le relief environnant (monts, plateaux, plaines),
- le couvert végétal (forêts, prairies...),
- le régime d'écoulement du cours d'eau,
- la pluviométrie (elle-même liée au relief),
- l'atténuation des débits due aux nappes superficielles.

### 2.4.3 Utilisation des eaux

*Production d'hydroélectricité :*

Sur le département de l'Aveyron, quatre cours d'eau concernés par ce bilan de fonctionnement, possèdent des barrages et des centrales hydroélectriques. Ils sont présentés dans le tableau suivant :

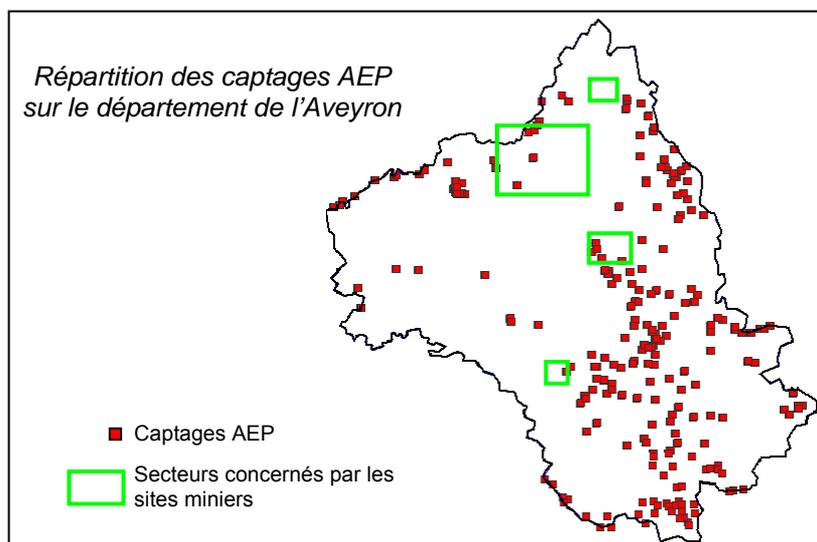
Cours d'eau	Barrages / centrales	Commune	Puissance installée
Le Lot	Barrage de Fombillou	Le Nayrac / Campuac	/
	Usine hydroélectrique	Golinhac	45 MW
	Barrage de Laplagne	Entraygues-sur-Truyère	/
La Daze <i>(affluent rive gauche du Lot)</i>	Usine hydroélectrique	Espeyrac	1,6 MW
Le Tarn	Usine hydroélectrique	Brousse-le-Château	?
	Barrage Usine de la Croux	Brasc	?
L'Aveyron	Centrale hydroélectrique du Moulin de Bergadus	Montrozier	?

De plus, sur l'ensemble des cours d'eau concernés par les anciennes activités minières, seul un plan d'eau est localisé en aval hydraulique d'un site (Vic-Conquettes). Il s'agit d'un plan d'eau aménagé en base de loisirs (camping, baignade, ...) localisé sur la commune du Nayrac.

*Alimentation en eau potable :*

La carte suivante montre la répartition des captages d'alimentation en eau potable (AEP) sur le département de l'Aveyron :

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 23/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0



La localisation des secteurs miniers uranifères sur cette carte, met en évidence qu'il existerait plusieurs prises d'eau (superficielles ou souterraines) à proximité des sites.

Un positionnement précis de ces captages AEP par rapport aux sites miniers uranifères du département (amont ou aval hydraulique, emprise du champ captant,...) sera réalisé en collaboration avec l'ARS de l'Aveyron (anciennement DDASS).

#### *Le tourisme et les loisirs [8] :*

Le département de l'Aveyron a développé sur son territoire un tourisme spécifique selon les secteurs, et lié à la diversité du paysage. Le climat méditerranéen dominant l'été et un patrimoine naturel hors du commun, attirent de nombreux visiteurs dans le département. Les principaux secteurs touristiques aveyronnais sont le pays des Causses, l'Aubrac, le Larzac, les vallées du Ségala, du Tarn et de la Dourbie, les gorges de la Truyère et de la Jonte et le Lac de Pareloup.

Le patrimoine historique est important, en témoigne les nombreuses bastides et cités templières. Le chemin de Saint Jacques de Compostelle longeant la vallée du Lot, renforce le tourisme historique du département. Un tourisme plus récent s'est développé ces dernières années dans la région de Millau, avec la construction du Viaduc autoroutier. Un tourisme lié aux produits du terroir s'est développé dans la région de Roquefort mais aussi autour de la ville de Laguiole.

Les activités touristiques qui s'y pratiquent sont les randonnées pédestres (le département compte plus de 900 km de chemin de grande randonnée), VTT... mais aussi du canoë sur les sites des Gorges du Tarn, du Lot et de La Truyère. Il existe également de nombreuses bases de loisirs et plus particulièrement sur le lac de Pareloup.

La capacité d'hébergement touristique du département de l'Aveyron comprend principalement :

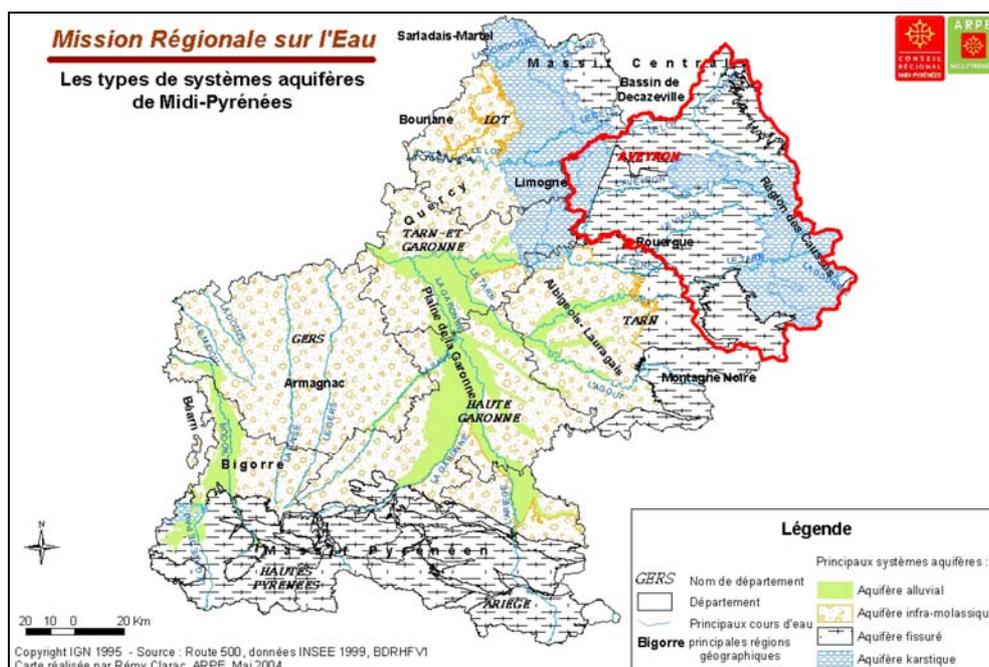
- des résidences secondaires,
- des locations de vacances (meublés, gîtes d'étapes),
- des établissements destinés à des séjours de courte durée (hôtel de tourisme et chambres d'hôtes),
- des terrains de camping.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 24/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 2.5 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

### 2.5.1 Les grands types d'aquifères en Aveyron

Le département de l'Aveyron présente deux grands systèmes aquifères, liés à la nature même du sol et du sous-sol, comme le montre la carte ci-dessous : les aquifères en milieu rocheux fissuré et les aquifères karstiques [9].



#### LES AQUIFERES EN MILIEU ROCHEUX FISSURE

Dans le département de l'Aveyron, ces aquifères en milieu rocheux fissuré correspondent :

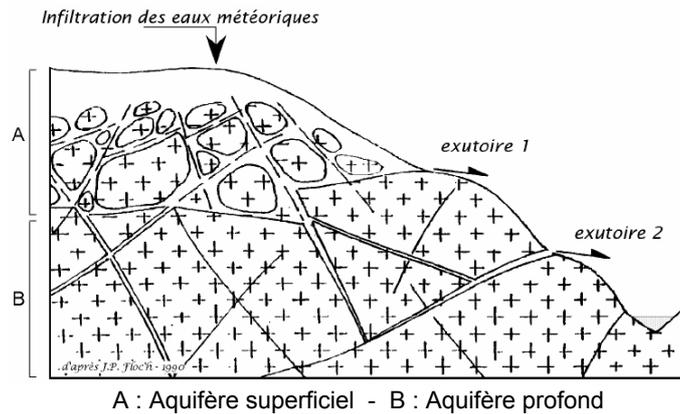
- à des roches cristallines compactes, du type « granite de la Margeride », ne comportant que de petites réserves d'eau dans les zones altérées ;
- à des grès, tels que ceux rencontrés des les terrains du Permo-Carbonifère dans le secteur de Brousse-Le-Château.

Au sein de ces roches, deux types d'aquifères peuvent être rencontrés :

- les aquifères superficiels [A], dans la zone arénisée, dont l'épaisseur peut dépasser une dizaine de mètres sur les plateaux, où les eaux vont s'accumuler. Ces aquifères constituent des « poches » au niveau des interfluves, appelées « nappes d'arènes ». Elles sont souvent isolées et d'extension limitée, exploitées par des puits fermiers creusés jusqu'au substratum rocheux.
- les aquifères profonds [B], où, à la faveur de fractures plus ou moins ouvertes, ou dans le cas de l'environnement de chantiers souterrains, l'eau peut s'accumuler par gravité et constituer des réserves en général peu productrices.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 25/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Ces deux types d'aquifères peuvent être schématisés de la manière suivante :



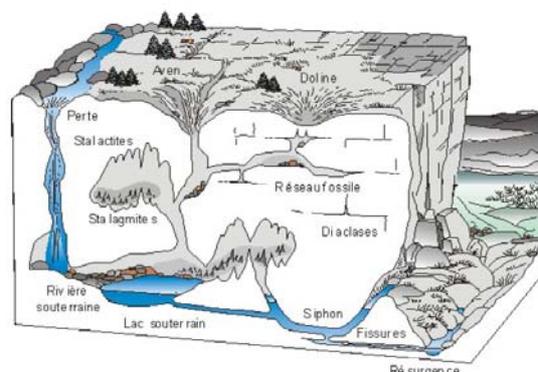
En théorie, on va donc observer, au-dessous de la nappe perchée superficielle, un aquifère profond discontinu où l'eau s'accumule par gravité dans les fractures ouvertes. Dans le milieu naturel, les exutoires de ce système se situent à deux niveaux (cf. schéma précédent) :

- sur les versants de vallons, c'est à dire au point de rencontre de l'interface — nappe perchée - substratum sain – topographie (exutoire 1) ;
- à l'intersection d'une fracture profonde drainante, de la surface libre de l'aquifère et de la topographie (exutoire 2).

### LES AQUIFERES KARSTIQUES

Les aquifères karstiques sont des réservoirs souvent profonds, à porosité de fissures et de chenaux dans les calcaires, comme ceux rencontrés dans les terrains du Jurassique présents au Nord de Bertholène.

Leur alimentation se fait par les pluies efficaces à la surface du sol et par des apports en profondeur. Les rivières Lot et Tarn par exemple peuvent alimenter ponctuellement la zone karstique des Causses en profondeur. Les formes aériennes des karsts comprennent les canyons et avens, résultant de l'effondrement du toit de galeries et de salles proches de la surface, les dolines, dépressions circulaires où s'infiltrent les eaux de surface (cf. schéma ci-dessous).



Fonctionnement d'un système aquifère karstique  
Source : Département de géologie de l'Université de Liège, 2004

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 26/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 2.5.2 Remarques sur le site de Bertholène

### Remarque sur la particularité géologique des terrains sur et autour du site :

La carte géologique présentée à la figure 1 montre que :

- le site de Bertholène est localisé sur les orthogneiss des Palanges pour les secteurs « mine à ciel ouvert » et « stockage/verse », et sur les terrains du Permo-Carbonifère (argilites, grès et conglomérats) pour le secteur « station de traitement des eaux ».
- la présence des calcaires du Dogger, situé à environ 350 m en aval du site, entraîne une perte totale du ruisseau des Balaures, qui disparaît dans un réseau karstique. La résurgence de ce ruisseau se situe à 500 m au Nord-Ouest au niveau du contact entre les calcaires du Dogger et les marnes du Lias (cf. paragraphe 2.1.2).

### Remarque la piézométrie de la zone verse/stockage :

Une série de piézomètres implantés sur le site a permis d'établir une représentation de la nappe de subsurface de la zone « verse / stockage » (cf. figure 5). L'historique du suivi piézométrique (relevés hebdomadaires de janvier à septembre 1993) repose sur les piézomètres numérotés de 1 à 9.

Les commentaires suivants sont extraits du dossier d'arrêt définitif des travaux miniers de 1995 :

*« La piézométrie suit globalement la topographie. L'allure des izopièzes met en évidence le caractère drainant du système hydrogéologique du vallon des Balaures. D'une manière générale, les niveaux de la nappe relevés en fond de vallée montrent de faibles fluctuations saisonnières alors que les fluctuations piézométriques sur les reliefs sont plus marquées. Un tel comportement est caractéristique d'un milieu de faible à très faible porosité. »*

### Remarque sur les caractéristiques hydrogéologiques des orthogneiss situé au droit de la verse :

Concernant le secteur « Verse / Stockage », l'étude, réalisée par ANTEA en 2002, portant sur la stabilité à long-terme de la verse à stériles [10], décrit les principales caractéristiques hydrogéologiques des orthogneiss, obtenues à partir de l'étude de 8 sondages effectués en 1993 dans ce secteur.

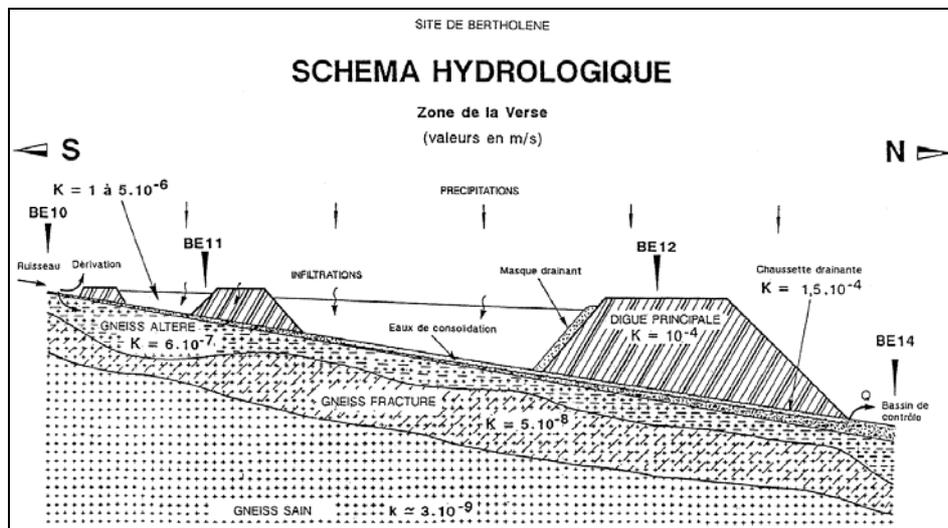
Trois niveaux présentant des perméabilités différentes ont ainsi été distingués au sein des orthogneiss, à savoir, du niveau le plus profond vers la surface :

- un substratum de gneiss très peu fracturé et pratiquement imperméable ( $K = 3.10^{-9}$  m/s) ;
- une zone superficielle de gneiss fracturés légèrement plus perméables ( $K = 5.10^{-8}$  m/s) ;
- une zone de gneiss arénisé où se concentre l'essentiel de la circulation de la nappe, avec une perméabilité moyenne de  $6.10^{-7}$  m/s.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 27/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

De plus, les mesures piézométriques réalisées dans ces sondages ont montré que la nappe est rabattue au niveau du terrain naturel du fait de la forte perméabilité des gneiss altérés, des alluvions et de la « chaussette drainante » (drain réalisé avec des galets surmontés d'un géotextile mis en place à l'emplacement de l'ancien lit du ruisseau des Balaures).

Le schéma suivant, extrait du rapport mentionné ci-dessus, décrit le schéma de circulation des eaux au droit de la verse :



Remarque sur la circulation des eaux au niveau de la mine à ciel ouvert :

Concernant la mine à ciel ouvert, les eaux météoritiques s'écoulant dans la fosse sont captées par un système de drains et s'écoulent dans les galeries situées sous la fosse. Elles trouvent leur exutoire au niveau du travers-banc TB680, via une canalisation indépendante de celle correspondant au débordement des travaux miniers souterrains.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 28/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 3 CADRE REGLEMENTAIRE

---

### 3.1 REGLEMENTATION EN VIGUEUR

Les différentes réglementations applicables à l'ensemble des activités minières (exploitation et fermeture des mines, stockage de résidus de traitement) s'organisent en deux grands types de police : les polices sectorielles et les polices transversales.

Les polices, dites « sectorielles » régissent les différentes activités afférentes aux mines telles que les autorisations d'exploitation, les conditions de fermeture d'une mine ou la gestion d'un stockage de résidus de traitement. Elles s'exercent de manière croisée avec les polices dites « transversales » qui correspondent notamment aux réglementations sur l'eau, la santé et les déchets.

#### 3.1.1 Polices sectorielles

Les principales polices sectorielles, s'appliquant aux mines d'uranium et installations associées, sont la police des mines, complétée par un chapitre dédié aux rayonnements ionisants dans le Règlement Général des Industries Extractives, et la police des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

##### *La police des mines :*

La police des mines, qui gère les activités d'extraction du minerai, s'applique à l'ensemble des sites miniers, incluant les anciens travaux miniers (mine à ciel ouvert ou travaux miniers souterrains) et les dépôts associés. Elle est établie par le **code Minier** et complétée par un chapitre dédié aux rayonnements ionisants dans le **Règlement Général des Industries Extractives** (RGIE), qui émet des prescriptions sur la protection du personnel et de l'environnement contre les effets de la radioactivité.

La police des mines concerne principalement l'ouverture et l'exploitation d'une mine, les risques miniers classiques. Elle encadre également les conditions de fermeture des sites.

##### *Ouverture et exploitation d'un site minier :*

Les travaux et installations d'extraction de minerais d'uranium relèvent du code Minier. Celui-ci a pour but de permettre l'extraction de substances minérales stratégiques renfermées dans le sous-sol. Une mine se définit comme un gîte reconnu pour contenir une substance concessible, indépendamment de la méthode d'extraction (mines souterraines ou mines à ciel ouvert).

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 29/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Pour rechercher et exploiter ces substances minérales (dont l'uranium), le code Minier prévoit deux procédures d'autorisation :

- obtention d'un titre minier : permis exclusif de recherches, permis d'exploitation (à durée limitée) ou concession (à durée illimitée), octroyés par décret après enquête publique ou par arrêté du ministre chargé des mines (Art. 104-2 code minier) ;
- obtention d'une autorisation préfectorale d'ouverture de travaux, qui en détermine les conditions techniques avant leur entreprise (Art. 83 code minier).

La durée d'une concession est limitée à cinquante ans, avec possibilité de prolongations successives, chacune d'une durée inférieure ou égale à vingt-cinq ans. Les alinéas III et IV de l'article 29 du code Minier précise que les concessions qui ont été octroyées avant 1977 et dont la durée était illimitée, expireront le 31 décembre 2018.

Les ouvertures des travaux miniers du département de l'Aveyron ont été autorisées conformément à la législation minière :

- par courrier de l'Ingénieur des Mines pour les sites exploités, à l'intérieur d'une concession minière, avant la loi n°70-1 du 2 janvier 1970 qui a mis fin au principe de la libre ouverture des carrières,
- par arrêtés préfectoraux par la suite,

et soumises à une surveillance administrative spécifique pendant l'exécution des travaux.

#### Procédures de fermeture des sites :

Au fil des années, les procédures d'arrêt des travaux définis par le Code Minier se sont précisées. En fonction de la date de fin d'exploitation, il existe trois grands types de procédures.

#### *→ Arrêt de l'exploitation avant mai 1980*

A l'origine, le code Minier ne prévoyait pas de procédure spécifique à la fermeture des sites. Dans le code Minier de l'époque, aucune mention n'existait sur l'arrêt des travaux. Cependant, comme les travaux d'exploitation et de recherche étaient réalisés dans le cadre d'un permis exclusif de recherche et/ou d'exploitation, la poursuite de ces travaux et par conséquent la prolongation du permis étaient maintenues ou non en fonction de :

- une note justificative de l'Ingénieur des Mines. Cette note prenait en compte notamment les derniers résultats obtenus par l'exploitant, l'économie du marché de l'uranium... Le non-renouvellement du permis impliquait ainsi l'arrêt des travaux miniers. La conformité du réaménagement était contrôlée par une visite sur site de l'Ingénieur des Mines mais ne donnait pas lieu à un courrier de type compte-rendu de visite.
- la demande de renonciation au permis de recherche ou d'exploitation par l'exploitant.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 30/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Le code Minier tel qu'il a été modifié en 1970 apporte des précisions notamment sur l'arrêt des travaux. Ainsi, l'Article 71-2 du code Minier indiquait : « *Après exécution des travaux, l'exploitant est tenu de remettre dans leur état antérieur les terrains de culture, en rétablissant la couche arable, et la voirie.* ».

→ Arrêt de l'exploitation à partir de mai 1980

Le **décret n°80-330 du 7 mai 1980** relatif à la police des mines et des carrières instaure deux procédures d'arrêt des travaux : le délaissement et l'abandon (Titre IV, Chapitre 1er : le délaissement - Titre IV, Chapitre 2 : l'abandon).

La procédure de délaissement correspondait à « *l'abandon volontaire des travaux avant le terme de validité du titre* ». L'exploitant qui voulait délaisser des travaux, en faisait la déclaration auprès du directeur interdépartemental de l'industrie (équivalent de l'actuel DREAL). Aussi longtemps que le titre minier restait en vigueur ou que ses effets juridiques n'étaient pas purgés au terme d'une procédure d'abandon, son titulaire était tenu de maintenir une surveillance sur les travaux délaissés. Dans le cas d'absence de prescription de travaux, le délaissement valait abandon.

La procédure d'abandon concernait les sites miniers dont le titre d'exploitation arrivait à terme. Cette procédure était l'équivalent de l'actuel arrêt des travaux et comprenait notamment les mesures de réaménagement envisagées par l'exploitant. Le préfet fixait par arrêté les travaux à exécuter et le délai d'achèvement. L'abandon effectif était subordonné à la réalisation des travaux prescrits par arrêté préfectoral.

→ Arrêt de l'exploitation à partir de mai 1995 [Le décret n°95-696 du 9 mai 1995 relatif à l'ouverture des travaux miniers et à la police des mines est abrogé par le décret du 2 juin 2006]

Le **Décret n°95-696 du 9 mai 1995** relatif à la police des mines et des carrières introduit la procédure actuelle d'arrêt définitif des travaux miniers (Titre III, Chapitre V). Cette procédure est reprise et décrite dans l'Article 91 du code Minier.

L'exploitant doit alors fournir un dossier dans lequel il présente « *les mesures qu'il envisage de mettre en œuvre pour préserver les intérêts mentionnés à l'article 79 [du code Minier], pour faire cesser de manière générale les désordres et nuisances de toute nature engendrés par ses activités, pour prévenir les risques de survenance de tels désordres, et pour ménager le cas échéant les possibilités de reprise de l'exploitation* ».

Il dresse également « *le bilan des effets des travaux sur la présence, l'accumulation, l'émergence, le volume, l'écoulement et la qualité des eaux de toute nature, évalue les conséquences de l'arrêt des travaux ou de l'exploitation sur la situation ainsi créée et sur les usages de l'eau et indique les mesures envisagées pour y remédier en tant que de besoin.* »

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 31/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Parmi les intérêts mentionnés à l'article 79 du code Minier on trouve notamment :

- la sécurité et la santé du personnel,
- la sécurité et la salubrité publiques,
- les caractéristiques essentielles du milieu environnant, terrestre ou maritime,
- les intérêts énumérés par les dispositions de l'article 1<sup>er</sup> de la Loi n°76-629 du 10 Juillet 1976 relative à la protection de la nature,
- les intérêts énumérés à l'article L.211-1 du code de l'environnement,
- les intérêts agricoles des sites et des lieux affectés par les travaux et par les installations afférents à l'exploitation.

L'Article 44 du décret n°95-696 du 9 mai 1995, relatif à l'ouverture des travaux miniers et à la police des mines a été abrogé par le décret n°2006-649 du 2 juin 2006. Néanmoins il reste applicable aux demandes d'autorisation et aux déclarations d'ouverture de travaux miniers ainsi qu'aux déclarations d'arrêt de travaux présentées avant la publication du décret n° 2006-649 du 2 juin 2006. Cet article modifié notamment, par le décret 2001-209 du 6 mars 2001 décrit les documents accompagnant la déclaration d'arrêt des travaux miniers :

- plan d'ensemble des travaux d'exploitation avec plans et coupes relatifs à la description du gisement,
- mémoire décrivant les différentes méthodes d'exploitation ;
- exposé des mesures déjà prises et de celles envisagées pour l'application de l'Article 91 : préservation des intérêts mentionnés à l'article 79, liste des désordres et nuisances de toute nature engendrés et susceptibles de se manifester du fait de l'activité minière. Il comprendra aussi les travaux à exécuter pour la fermeture des travaux, les ouvrages de traitement des eaux, les dispositifs de surveillance à maintenir ;
- bilan sur les eaux : réseau de surface et nappes avant exploitation, avant arrêt des travaux et étude prospective sur la modification du régime des eaux ;
- détermination des éventuels risques importants (au sens de l'article 93) subsistant après le donné acte d'arrêt des travaux ;
- liste exhaustive de tous les désordres et nuisances existants ou susceptibles de se manifester dans l'avenir ;
- analyse de chacun de ses désordres afin de déterminer les mesures prises, avec les moyens humains et matériels nécessaires, et la liste des servitudes à mettre en œuvre.

Après instruction du dossier (avis des services techniques de l'Etat et des municipalités concernées), il est donné acte à l'exploitant de sa déclaration par arrêté préfectoral. Cet acte peut être accompagné, si nécessaire, de conditions ou mesures particulières ; dans ce cas, il s'agit du « premier donné acte ».

Lorsque toutes les conditions et mesures ont été respectées par l'exploitant, un procès verbal de récolement est réalisé par la DRIRE (devenue DREAL), chargée de la police des mines, et le Préfet prend un « deuxième donné acte » constatant la bonne réalisation des mesures. Ces formalités mettent fin à l'exercice de la Police des Mines (article 91 du code Minier).

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 32/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Toutefois des mesures peuvent encore être prescrites après ce donner acte lorsque des évènements imputables aux anciens travaux miniers compromettent les intérêts mentionnés à l'article 79 du code Minier et ce tant que le titre minier demeure valide. Le concessionnaire pourra alors demander la renonciation au titre minier. Quand ce dernier n'est plus valide ou a été renoncé, c'est la police municipale de droit commun qui se substitue à la police des mines.

→ Décret n°2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et stockages souterrains.

Le décret n°2006-649 du 2 juin 2006 encadre les dispositions relatives :

- aux déclarations et autorisations d'ouverture des travaux miniers et des travaux de stockage souterrain (constitution des dossiers et procédures d'instruction) ;
- à la surveillance administrative et à la police des mines et stockages souterrains (obligations générales des exploitants, rapport annuel d'exploitation,...) ;
- à l'arrêt définitif des travaux et d'utilisation d'installations minières et de stockage.

Ce décret fixe donc le cadre réglementaire actuel, **cependant il ne s'applique pas aux activités minières de l'Aveyron, puisque l'ensemble des sites ont été fermés antérieurement. Les réglementations applicables à ces sites sont celles correspondant à leur date de fin d'exploitation.**

→ Tableau récapitulatif des procédures d'arrêt des travaux applicables en fonction de la date d'arrêt d'exploitation

Date de fin d'exploitation	Textes réglementaires	Procédures applicables
avant mai 1980	code minier (modifié en 1970 – Art. 71-2)	pas de procédure spécifique à l'arrêt des travaux. Modification du code minier en 1970 précisant : « Après exécution des travaux, l'exploitant est tenu de remettre dans leur état antérieur les terrains de culture, en rétablissant la couche arable, et la voirie. ».
mai 1980 à mai 1995	Décret n°80-330 du 7 mai 1980	Procédures de délaissement et d'abandon
A partir de mai 1995	Décret n°95-696 du 9 mai 1995	Procédure d'arrêt définitif des travaux miniers
<i>A titre indicatif : A partir de juin 2006</i>	<i>Décret n°2006-649 du 2 juin 2006</i>	<i>Procédure d'arrêt définitif des travaux et d'utilisation d'installations minières et de stockage.</i>

Obligations de l'exploitant après la fermeture des mines :

L'Article 91, alinéa III du code Minier précise : « *Dans le cas où il n'existe pas de mesures techniques raisonnablement envisageables permettant de prévenir ou faire cesser tout désordre, il incombe à l'explorateur ou à l'exploitant de rechercher si des risques importants susceptibles de mettre en cause la sécurité des biens ou des personnes subsisteront après l'arrêt des travaux. Si de tels risques subsistent, il étudie et présente les mesures, en particulier de surveillance, qu'il estime devoir être poursuivies après le donné acte de l'administration.* ».

La nature des « *risques importants* » évoqués ici est précisée dans l'article 93 du code Minier. Il s'agit uniquement des risques d'affaissement de terrain ou d'accumulation de gaz dangereux. Si de tels risques existent, l'exploitant doit alors mettre en place les équipements nécessaires à leur surveillance et à leur prévention et les exploiter.

**Le RGIE : Règlement Général des Industries Extractives :**

Outre le code Minier, il existe également un Règlement Général des Industries Extractives (décret n°80-331 du 7 Mai 1980 complété par le décret n°90-222 du 9 Mars 1990) qui complète la police des mines par un chapitre dédié aux rayonnements ionisants, qui émet des prescriptions sur la protection du personnel et de l'environnement contre les effets de la radioactivité.

Les réglementations édictées au niveau national sont ensuite appliquées à l'échelle locale par l'intermédiaire d'arrêtés préfectoraux, prescrivant la surveillance radiologique des sites miniers réaménagés de l'Aveyron. Ces arrêtés préfectoraux peuvent varier en fonction de la nature du site concerné (site avec ou sans résidus de traitement). Cependant, ils possèdent de nombreux points communs, notamment concernant les mesures prescrites en matière de contrôle des rejets et de surveillance de l'environnement.

Comme indiqué au paragraphe précédent, les arrêtés préfectoraux s'appliquant actuellement aux sites de l'Aveyron suivent les prescriptions du décret n°90-222 qui constitue la seconde partie, relative à la protection de l'environnement, du titre Rayonnements ionisants du RGIE.

En ce qui concerne les produits solides, de manière très générale, le décret n°90-222 précité dispose que « *Les dépôts de minerais et de déchets ayant une teneur en uranium supérieure à 0,03%, de minerais lixiviés, de résidus des opérations de traitement, de produits provenant des bassins de réception des eaux ou de leur voisinage, doivent être établis conformément à un plan de gestion de ces produits qui précise les dispositions prises pour limiter, pendant la période de l'exploitation et **après son arrêt définitif**, les transferts de radionucléides vers la population. Un dépôt doit faire l'objet d'une surveillance par l'exploitant jusqu'à ce qu'il soit constaté que son impact radiologique sur l'environnement est acceptable.* »

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 34/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

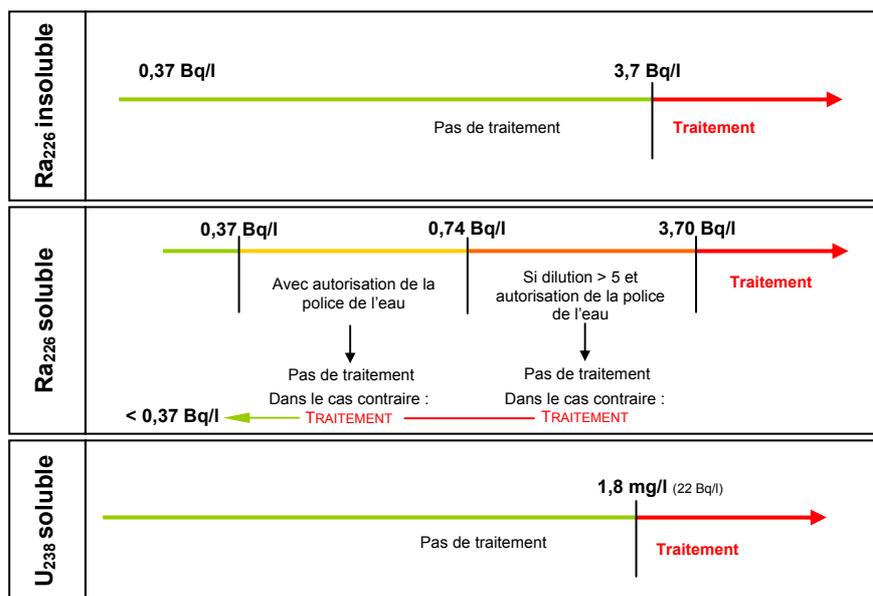
Concernant les produits liquides, le décret n° 90-222 précité, dispose que « toutes les eaux de l'exploitation, y compris les eaux de ruissellement, doivent être captées en vue d'une surveillance et d'un traitement éventuel ».

Les limites de rejets sont fixées par arrêtés préfectoraux, conformément aux limites fixées par le décret n° 90-222, soit en concentrations moyennes annuelles :

- 3,7 Bq/l pour le radium 226 insoluble,
- 1,8 µg/l pour l'uranium 238 soluble,
- pour le radium 226 soluble :
  - 0,37 Bq/l si l'eau doit être traitée, c'est-à-dire si l'eau brute a une concentration en radium 226 soluble supérieure à 0,74 Bq/l,
  - 0,74 Bq/l si la dilution du rejet par le cours d'eau récepteur est inférieure à 5,
  - 0,37 Bq/l si la dilution du rejet par le cours d'eau récepteur est supérieure à 5.

En général, les arrêtés préfectoraux retenant la valeur de 0,74 Bq/l quelque soit le rapport de dilution.

Le schéma suivant synthétise ces autorisations de rejets dans l'environnement :



## La police des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) :

La police des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement est codifiée aux articles L.511-1 à L.517-2 du code de l'environnement.

Au sens de ces dispositions, sont considérées comme ICPE « les usines, ateliers, dépôts, chantiers et, d'une manière générale, les installations exploitées ou détenues par toute personne physique ou morale, publique ou privée, qui peuvent présenter des dangers ou des inconvénients soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé, la sécurité, la salubrité publiques, soit pour l'agriculture, soit pour la protection de la nature et de l'environnement, soit pour la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique » (art. L.511-1 C. env.).

Sont soumises à autorisation préfectorale, les installations qui présentent de graves dangers ou inconvénients pour les intérêts précédemment énumérés (art. L.512-1 C. env.) ; sont soumises à déclaration, les installations, ne présentant pas de graves dangers ou inconvénients pour ces mêmes intérêts, mais qui doivent néanmoins respecter les prescriptions générales édictées par le préfet en vue d'en assurer la protection dans le département (art. L.512-8 C. env.).

La législation des ICPE définit une classification (nomenclature) des installations concernées par rubriques. Celles qui sont consacrées aux installations contenant des matières radioactives ont été réorganisées en 2006 et sont présentées dans le tableau suivant :

N°	A - Nomenclature des installation classées			B - Taxe générale sur les activités polluantes	
	Désignation de la rubrique	A, D, S C (1)	Rayon (2)	Capacité de l'activité	Coef.
1700	Substances radioactives (définitions et règles de classement des)  Définitions : Les termes « substance radioactive », « activité », « radioactivité », « radionucléide », « source radioactive non scellée » et « source radioactive scellée » sont définis dans l'annexe 13-7 de la première partie du code de la santé publique.  Règles de classement : 1° Les opérations visées à la rubrique 1715 font l'objet d'un classement au titre de la présente nomenclature dès lors qu'elles sont mises en œuvre dans un établissement industriel ou commercial, dont une installation au moins est soumise à autorisation au titre d'une autre rubrique de la nomenclature. 2° A chaque radionucléide est associé un « seuil d'exemption » (en Bq), défini en application de l'article L. 1333-4 du code de la santé publique à l'annexe 13-8 de la première partie de ce code. Pour les besoins des présentes règles de classement, la valeur de 1 000 Bq est utilisée pour les radionucléides non mentionnés par les dispositions précédentes. 3° Pour une installation dans laquelle un ou plusieurs radionucléides sont utilisés, le rapport Q (sans dimension) est calculé d'après la formule : $Q = \sum (A_i / A_{exi})$ dans laquelle : A <sub>i</sub> représente l'activité totale (en Bq) du radionucléide i A <sub>exi</sub> représente le seuil d'exemption en activité du radionucléide i				
1715	Substances radioactives (préparation, fabrication, transformation, conditionnement, utilisation, dépôt, entreposage ou stockage de) sous forme de sources radioactives, scellées ou non scellées à l'exclusion des installations mentionnées à la rubrique 1735, des installations nucléaires de base mentionnées à l'article 29 de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire et des installations nucléaires de base secrètes telles que définies par l'article 6 du décret n° 2001-592 du 5 juillet 2001 . 1. La valeur de Q est égale ou supérieure à 10 <sup>4</sup> .....  2. La valeur de Q est égale ou supérieure à 1 et strictement inférieure à 10 <sup>4</sup> .....	A  D	1	1. Le rapport Q tel que défini au 3°) de la rubrique e 1700 de la nomenclature étant : a) supérieur ou égal à 10 <sup>6</sup> ..... b) supérieur ou égal à 10 <sup>4</sup> .....	3 1
1735	Substances radioactives (dépôt, entreposage ou stockage de) sous forme de résidus solides de minerai d'uranium, de thorium ou de radium, ainsi que leurs produits de traitement ne contenant pas d'uranium enrichi en isotope 235 et dont la quantité totale est supérieure à 1 tonne .....	A	2	La quantité étant supérieure ou égale à 1 tonne .....	5

(1) A : Autorisation, D : Déclaration, S : Servitude d'utilité publique, C : soumis au contrôle périodique prévu par l'article L. 512-11 du code de l'environnement

(2) Rayon d'affichage exprimé en kilomètres

Version 18 - Janvier 2010

Les stockages de résidus de minerai d'uranium relèvent ainsi de la législation des ICPE sous la rubrique 1735. Il convient cependant de souligner que ce rattachement étant récent, l'ensemble des stockages de résidus ont à l'origine été créés, selon la pratique en usage dans d'autres secteurs miniers, comme des dépendances des mines. Ils n'ont donc pas fait l'objet d'une autorisation selon les règles applicables aux ICPE, mais d'une création par acte administratif au titre du code Minier.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 36/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Remarque : Le site de Bertholène est classé à la rubrique 1735 de la nomenclature des ICPE, tel que mentionné dans l'arrêté préfectoral n°07-295-5 du 22 octobre 2007.

Le régime d'ICPE n'emporte pas de dispositions spécifiques applicables à la fermeture d'installations de stockage.

### **3.1.2 Polices transversales**

Les prescriptions tirées des polices sectorielles applicables aux différents sites (code minier et ICPE) sont, dans la pratique, croisées avec l'application de polices dites transversales, visant des intérêts tels que la gestion des déchets ou la protection de l'eau.

#### ***La protection de l'eau :***

L'article L.211-1 du Code de l'environnement vise à mettre en place une gestion équilibrée des eaux ayant pour but d'assurer notamment :

- la préservation des écosystèmes aquatiques, des sites et des zones humides,
- la protection des eaux et la lutte contre toute pollution,
- la restauration de la qualité des eaux et leur régénération,
- le développement et la protection de la ressource en eau,

et de satisfaire ou concilier les exigences :

- de la santé, de la salubrité publique, de la sécurité civile et de l'alimentation en eau potable de la population,
- de la vie biologique du milieu récepteur, et notamment de la faune piscicole,
- de la conservation et du libre écoulement des eaux et de la protection contre les inondations,
- de toute activité humaine légalement exercée (pêche, sports nautiques, production d'énergie...).

#### ***La protection sanitaire :***

Les textes fondamentaux en matière de radioprotection sont les articles L.1333-1 à 20 et R.1333-1 et suivants du code de la santé publique. Ces dispositions sont issues de la transposition des Directives Euratom 96/29 et 97/43, introduit en droit français les principes de justification, d'optimisation et de limitation des doses reçues par les personnes du fait de l'utilisation des rayonnements ionisants.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 37/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

L'article R.1333-8 du code de la santé publique instaure également la limite annuelle de 1 mSv par an pour la dose ajoutée reçue par une personne du public du fait des « *activités nucléaires* ». Ces « *activités nucléaires* » sont définies comme étant « *les activités comportant un risque d'exposition des personnes aux rayonnements ionisants émanant soit d'une source artificielle, qu'il s'agisse de substances ou de dispositifs, soit d'une source naturelle lorsque les radionucléides naturels sont traités ou l'ont été en raison de leurs propriétés radioactives, fissiles ou fertiles, ainsi que les interventions destinées à prévenir ou réduire un risque radiologique consécutif à un accident ou à une contamination de l'environnement* ».

Les activités d'extraction et de traitement des minerais d'uranium rentrent donc parfaitement dans ce cadre.

### **La gestion des déchets radioactifs :**

L'article L.542-1-1 du code de l'environnement définit les déchets radioactifs comme « *des substances radioactives pour lesquelles aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée* ».

Au terme de cette évolution réglementaire, le statut des matières présentes en dépôts sur les sites des anciennes mines d'uranium apparaît en partie clarifié. Les résidus de traitement du minerai des stockages sont clairement des déchets radioactifs, dont la gestion est encadrée par la réglementation des ICPE et le Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs.

### **3.1.3 Tableau de synthèse des polices applicables aux sites miniers**

Le tableau suivant présente les principales polices applicables aux sites miniers (mines à ciel ouvert : MCO, travaux miniers souterrains : TMS, et stockage de résidus de traitement du minerai d'uranium) :

<b>Installations concernées</b>	<b>MCO – TMS</b>	<b>Stockages de résidus de traitement du minerai (à titre indicatif : usines de traitement du minerai)</b>	<b>MCO – TMS Stockage</b>
Polices sectorielles	Police des Mines	Police des ICPE	RGIE
Domaines d'application	Titres miniers Ouverture et exploitation des mines Procédures d'arrêt des travaux	Classement des installations soumises à autorisation ou à déclaration Conditions d'ouverture et de remise en état d'une ICPE	Rayonnements ionisants : Protection du personnel et de l'environnement
Polices transversales	<i>Protection de l'eau et de la nature, gestion des déchets</i>		
	<i>Radioprotection</i>		

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 38/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 3.2 PLANS D' ACTIONS DE L' ETAT

### 3.2.1 Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs (PNGMDR)

L'article L.542-1-2 du code de l'environnement définit les objectifs du Plan National de Gestion des Matières et des Déchets Radioactifs (PNGMDR) [11] :

- Dresser le bilan des modes de gestion existants des matières et déchets radioactifs,
- Recenser les besoins prévisibles d'installations d'entreposage ou de stockage, et préciser les capacités nécessaires ainsi que les durées d'entreposage,
- Déterminer les objectifs à atteindre pour les déchets radioactifs qui ne font pas encore l'objet d'un mode de gestion définitif.

Le plan organise en particulier les recherches et études à mener sur la gestion des déchets radioactifs, et fixe les échéances pour la mise en œuvre de nouveaux modes de gestion et pour la création ou la modification d'installations.

La gestion à long terme des stockages de résidus miniers du traitement d'uranium est prévue dans le PNGMDR.

La loi prévoit ainsi, dans son article 4, un programme de recherche et d'études dont les objectifs inclus « *un bilan en 2008 de l'impact à long terme des sites de stockage de résidus miniers d'uranium et la mise en œuvre d'un plan de surveillance radiologique renforcée de ces sites* ».

AREVA a présenté en janvier 2009, en application de cet article, un dossier comportant trois études, portant respectivement sur :

- l'impact dosimétrique à long terme sur la santé et sur l'environnement des stockages de résidus miniers d'uranium,
- l'évaluation de la tenue des digues de rétention des stockages de résidus,
- la caractérisation géochimique des résidus de traitement du minerai d'uranium et de leur évolution à long terme.

L'évaluation des impacts à long terme des sites est basée sur une étude d'impact dosimétrique qui constitue la première application de la méthodologie préconisée par la doctrine DPPR de 1999.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 39/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

### 3.2.2 MIMAUSA [12]

Désirant acquérir une vision complète des activités minières uranifères sur le territoire français, le MEEDDM a confié à l'IRSN, une mission de collecte et de synthèse de l'information sur la localisation, la situation administrative, le contexte environnemental, l'historique d'exploitation, l'état de réaménagement et les éventuels dispositifs de surveillance radiologique de chacun des sites miniers uranifères.

Le Programme MIMAUSA (Mémoire et Impact des Mines d'urAniUm : Synthèse et Archives) a été lancé en 2003 et s'articule autour de deux volets :

- Un volet « bilan des connaissances », destiné à rassembler les données existantes pour chacun des sites ; il se traduit aujourd'hui par l'*Inventaire national des sites miniers d'uranium* et la *base de données nationale des sites miniers d'uranium*.
- Un volet « études spécifiques » destiné à compléter la connaissance par des investigations de terrain sur certains sites identifiés par le comité de pilotage à l'issue du volet précédent.

Un premier rapport d'inventaire, sous forme d'éléments de contexte et de fiches synthétiques par sites, a été publié en 2004. Une deuxième version, enrichie de 30 sites et d'informations complémentaires, a été publiée en 2007. Cette publication a été suivie début 2009 par la mise en ligne, sur le site internet de l'IRSN, d'une section consacrée aux anciens sites miniers d'uranium proposant notamment un accès aux informations de l'inventaire MIMAUSA sous la forme d'une carte interactive donnant accès à une base de données.

Les informations collectées dans le cadre de MIMAUSA sont des informations descriptives sur la situation technique et administrative des sites qui n'apportent pas d'appréciation sur leur niveau de sécurité ou leurs impacts potentiels sur l'environnement.

### 3.2.3 Circulaire du 22 juillet 2009 sur la gestion des anciennes mines d'uranium

AREVA NC s'est engagé, par courrier du 12 juin 2009, à mettre en place un plan d'actions sur la gestion des anciennes mines d'uranium en France. La Circulaire du 22 juillet 2009, cosignée entre le MEEDDM et l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN), et relative à la gestion des anciennes mines d'uranium, vise à donner un cadre coordonné à la mise en œuvre de ce plan d'actions.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 40/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Dans le prolongement des actions déjà réalisées dans certaines régions, la circulaire présente un plan d'action comportant quatre axes principaux :

- **AXE 1 : le contrôle des anciens sites miniers** : « *Vérification des dispositions visant, selon les cas à interdire ou limiter l'accès à certains sites et à limiter leur impact sanitaire et environnemental* » (accessibilité des sites (clôtures), réutilisation des stériles, modalités de surveillance de l'environnement, état général des sites, modalités de confinement,...) ;
- **AXE 2 : l'amélioration de la connaissance de l'impact environnemental et sanitaire des anciennes mines d'uranium et la surveillance** : Réalisation d'un « *état des lieux environnemental de tous les sites dont [la société AREVA NC] est titulaire d'une autorisation administrative ou d'un acte de propriété* » avec un attention particulière pour les stockages de résidus de traitement et pour les sites n'ayant pas été exploités directement par AREVA NC mais dont elle a hérité de leur gestion ;
- **AXE 3 : la gestion des stériles, visant à mieux connaître leurs utilisations et à réduire leurs impacts si nécessaire** : « *Recensement des lieux de réutilisation des stériles [...] dans le cadre d'une démarche concertée associant les CLIS, ainsi que la population et les élus locaux* ». Vérification de la compatibilité d'usages des sols au plan environnemental et sanitaire, avec mise en place d'actions de remédiation si nécessaire (études au cas par cas).
- **AXE 4 : le renforcement de l'information et de la concertation** : Mise en place de panneaux d'affichage signalant la présence de sites miniers, création de Commissions Locales d'Information et de Surveillance (CLIS), réalisation de « porter-à-connaissance » du suivi radiologique des sites.

*NB* : Seuls les stockages de résidus de traitement du minerai et les sites faisant l'objet d'une surveillance par voie d'arrêté préfectoral sont à ce jour équipés de panneaux d'information.

Le bilan de fonctionnement de l'Aveyron s'inscrit parfaitement dans le cadre de l'axe 2 de cette circulaire.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 41/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 4 EXPLOITATION MINIERE ET TRAITEMENT DES MINERAIS

### 4.1 LES METHODES D'EXPLOITATION

La partie des filons la plus proche de la surface a été généralement exploitée par mine à ciel ouvert. La limite, en profondeur, entre exploitation à ciel ouvert et exploitation souterraine a généralement été une limite économique. Dans d'autres cas, ce sont occasionnellement des conditions particulières qui ont conduit à extraire en souterrain ce qui, sur les seuls critères économiques, aurait pu être exploité à ciel ouvert.

#### 4.1.1 Les travaux de reconnaissance

Les travaux de reconnaissance étaient réalisés afin d'estimer la faisabilité d'une exploitation future par des travaux de plus grande ampleur.

Les travaux de reconnaissance par petits chantiers, ont consisté à creuser :

- soit un puits de faible profondeur (10 à 15 m), accompagné, ou non, d'une galerie de longueur inférieure à une vingtaine de mètres,
- soit un travers-banc à flanc de coteau (galerie horizontale pouvant atteindre une centaine de mètres de longueur).

Le tableau suivant présente les sites ayant fait l'objet de travaux de reconnaissance par petit chantier et les tonnages bruts associés (minerai+stériles) :

Sites miniers	Période d'exploitation	Tonnage brut
Les Plagnes	1963 – 1964	1 300 t
La Boual	1958 – 1974	7 200 t
Le Roube	1977 – 1981	108 000 t
Cabanel	1958 – 1960	1 600 t *
Falquières	1957 – 1960	1 700 t
Margabal	1957 – 1960	1 365 t
Les Riailles	1955 – 1956	615 t
Soulouse	1955 – 1958	323 t
Méjannesse	1958 – 1960	480 t
Le Cayroux	1955 – 1956	105 t
Lifernet	1957 – 1960	175 t
Coursière	1956 – 1960	2 100 t *
Vic-Conquettes	1956 – 1960	2 070 t

\* tonnage brut total du site (TRPC+tranchée)

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 42/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 4.1.2 Exploitation à ciel ouvert

La grande diversité des gisements rencontrés sur le département a conduit à des projets de fosses de taille variable, depuis la tranchée de reconnaissance quelques centaines de tonnes brutes, jusqu'à la mine à ciel ouvert de plusieurs milliers de tonnes brutes.

Pour les tranchées de reconnaissance, la méthode d'exploitation retenue était, en fonction de la taille de tranchée, soit réalisé manuellement (exemple : Adrien Terrisse), soit en rétro avec petit godet (exemple : Lussagues).

Concernant le site de Bertholène, dont une partie du gisement a été exploité à ciel ouvert, l'exploitation a été menée par sous-gradins de 5 m accotés par trois. Après les tirs d'ébranlement, les matériaux foisonnés étaient enlevés à la pelle rétro. L'orientation des fronts de taille et la géométrie des tirs étaient déterminées par la minéralisation.

Sur les sites les plus importants et les plus récents, les zones minéralisées étaient délimitées par mesures de la radioactivité dans les trous de tir d'abattage. Après le tir, un contrôle radiométrique était fait au chargement des camions, suivi d'un contrôle en sortie de fosse par portique équipé d'un scintillomètre pour un tri des minerais selon leurs teneurs. Pour les sites les plus anciens, les zones minéralisées étaient délimitées par mesures de la radioactivité à même la paroi et en sortie de mine.

Cette méthode d'exploitation à ciel ouvert générait un ratio tonnes de minerai / tonnes brutes important, de l'ordre de 1/10 (1/1 pour les travaux souterrains).

Le tableau suivant présente les sites ayant fait l'objet d'une exploitation à ciel ouvert et les tonnages bruts associés (minerai + stériles) :

Sites miniers	Période d'exploitation	Type d'exploitation à ciel ouvert	Tonnage brut
Bertholène	1983 – 1994	Mine à ciel ouvert	2 825 034 t
Lussagues	1960 – 1961	Tranchées (4)	700 t
Cabanel	1958 – 1960	Tranchée	1 600 t *
Coursière	1956 – 1960	Tranchée	2 100 t *
Adrien Terrisse	1959 – 1960	Tranchées	Quelques tonnes

\* tonnage brut total du site (TRPC+tranchée)

## 4.1.3 Exploitation souterraine

L'infrastructure d'accès aux mines souterraines du département de l'Aveyron était constituée :

- soit d'un puits vertical (de 30 m à 40 m de profondeur) et de niveaux de galeries horizontales tous les 5 à 20 mètres,
- soit d'une entrée à flanc de coteau correspondant à l'entrée d'un travers-banc.

Le creusement de ces galeries, qui permettaient l'accès aux chantiers, se faisait sur une section de 4 à 10 m<sup>2</sup>.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 43/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

L'aération des travaux souterrains était assurée par des montages (souvent équipés de ventilateurs pour accélérer la circulation d'air frais) qui reliaient le réseau souterrain et la surface.

Le tableau suivant présente les différentes méthodes d'exploitation en souterrain utilisées dans le département de l'Aveyron :

Sites miniers	Périodes d'exploitation	Méthodes d'exploitation
Bertholène	1981 – 1992	<p>Deux méthodes différentes étaient utilisées en fonction de la puissance de la minéralisation :</p> <p><b>Puissance &gt; 2 m</b> : Tranches montantes remblayées :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Abattage sélectif du minerai par tranches horizontales prises en montant avec extraction du minerai par la descenderie</li> <li>- Remblayage de la tranche à 85% avec des produits tout-venant.</li> </ul> <p><b>Puissance &lt; 2 m ou minéralisation dispersée</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Foration des trous de mines en vue de l'ouverture d'une galerie au gabarit permettant le passage d'engin.</li> <li>- Localisation de la minéralisation par contrôle radiométrique dans les trous de foration et délimitation de la zone à abattre.</li> <li>- Abattage de la zone minéralisée économiquement intéressante par un premier tir et évacuation du minerai.</li> <li>- Elargissement de la galerie pour le passage d'engins par un second tir.</li> </ul>
Prévinquières	1949 – 1959	<p>Creusement de plusieurs travers-bancs à différents niveaux, recoupés par un puits.</p> <p><b>Dépilages sélectifs</b></p>
Sénergues	1959 – 1960	<p>Creusement d'un puits avec galeries et recoupes réparties sur 4 niveaux.</p> <p><b>Pas de dépilages</b></p>

Un siège minier était constitué en général d'un carreau minier sur lequel étaient implantés les bureaux, ateliers, stations de traitement des eaux et bassins de décantation, aires de stockage des minerais...

## 4.2 LE TRAITEMENT DU MINERAI

Les activités minières de l'Aveyron se sont déroulées de 1949 à 1995, par conséquent les expéditions de minerai ont été réalisées vers cinq usines de traitement en fonction de la période d'exploitation de chacun des sites :

- l'usine SIMO de Bessines-sur-Gartempe (Haute-Vienne),
- l'usine SCUMRA/TCMF de Saint-Pierre-du-Cantal (Cantal),
- l'usine CEA de Gueugnon (Saône-et-Loire),
- l'usine SMJ de Jouac (Haute-Vienne),
- les aires de lixiviation du site SMJ de Bertholène (Aveyron).

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 44/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

En outre, une faible quantité de minerai (900 tonnes) provenant du site des Plagnes, a été expédiée vers l'usine du Cellier en Lozère pour traitement. Pour le minerai provenant du site de Bertholène, ce dernier a été traité sur le site, par lixiviation statique à partir de 1984. Ce traitement était finalisé à l'usine de Jouac en Haute-Vienne.

Le tableau suivant résume les lieux d'expédition du minerai pour chaque site en fonction de leur période d'exploitation :

Lieu d'expédition		GUEUGNON	BESSINES	SAINT-PIERRE	JOUAC	BERTHOLENE	LE CELLIER
Sites Miniers							
Bertholène	Minerai		1982	1982-1984		1984-1995	
	Résines				1984-1995		
	Boues de traitement des eaux*				1995-2001*		
<b>Lussagues</b>		1960-1961					
<b>Les Plagnes</b>		1963-1964					1979
<b>Le Roube</b>						1977-1981 (tests)	
<b>Cabanel</b>			1958-1960				
<b>Falquières</b>	1957-1959	1959-1960					
<b>Sénergues</b>		1959-1960					
<b>Margabal</b>	1957-1959	1959-1960					
<b>Prévinquières</b>	1955-1959						
<b>Les Riailles</b>	1955-1956						
<b>Soulouse</b>	1955-1958						
<b>Méjannesserre</b>	1958-1959	1959-1960					
<b>Le Cayroux</b>	1955-1956						
<b>Lifernet</b>	1957-1959	1959-1960					
<b>Coursière</b>	1956-1959	1959-1960					
<b>Vic-Conquettes</b>	1956-1959	1959-1960					

\* A partir de 2005, les boues issues de la station de traitement des eaux ont été stockées sur le site de Bertholène, dans un bassin localisé sur la verse à stériles, conformément à l'arrêté préfectoral n°2005-032-4 du 1<sup>er</sup> février 2005.

Sur les sites de La Boual et Adrien Terrisse, il n'y a pas eu de minerai extrait.

**Remarque** : Pour la période d'exploitation avant 1955, le minerai était expédié à l'usine du Bouchet du CEA.

#### 4.2.1 Lixiviation statique

Au cours de l'exploitation du site de Bertholène, le minerai a été traité par des procédés différents selon la date d'extraction. Au début de l'exploitation souterraine, le minerai était envoyé à l'usine de Saint-Pierre du Cantal, puis celle de Bessines-sur-Gartempe, pour y subir un traitement dynamique.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 45/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

A partir de 1984, une unité de traitement par lixiviation statique a été mise en place sur le site de Bertholène. L'installation comportait quatre stalles et trois bassins ainsi qu'un bâtiment destiné à abriter les résines de fixation. La lixiviation statique consistait en une solubilisation du minerai par apport d'acide sulfurique. Ce procédé permettait d'avoir un rendement maximal de 95,5%.

Le minerai, préalablement concassé (granulométrie : 0 – 8 mm) était traité par stalle de 2 100 t. Un drain de galets roulés, contenant des tuyaux drainant pour le soutirage ou le recyclage des liqueurs, était disposé à la base du minerai. La hauteur du minerai était d'environ 2,5 m. Pendant la phase de recyclage des jus, le minerai était saturé à 100 % et la tranche d'eau sur celui-ci était de 30 cm. Le recyclage se faisait par pompage.

La lixiviation comprend trois cycles : la neutralisation (durée : 1 semaine), la mise en solution (durée : 2 semaines) et le lavage (durée : 2 semaines).

#### *La neutralisation :*

Cette opération avait pour rôle essentiel de faire passer l'acidité libre des jus provenant de l'attaque et du lavage 1, à un pH convenable pour la fixation sur résine. Les liqueurs étant suffisamment acides, il se produit une pré-attaque du minerai, d'où une remontée en teneur des jus.

Après la neutralisation, les jus étaient vidangés dans le bassin de production. Un rinçage rapide est fait avant attaque avec les jus provenant du bassin 2.

#### *L'attaque par apports d'acide sulfurique :*

Cette partie terminait la mise en solution. De l'acide sulfurique était ajouté en même temps que les jus du bassin 3. Suivant la provenance du minerai (MCO ou TMS) du chlorate était ajouté, cet ajout se faisait généralement 24 à 48 heures après l'acide. La durée de l'attaque était de deux semaines. La vidange en fin d'attaque se faisait dans le bassin 3.

Le recyclage des jus d'attaque permettait de réduire la consommation en acide.

#### *Lavage :*

Après un arrosage des jus d'attaque (48h au maximum), cinq lavages étaient nécessaires pour une bonne extraction. Les lavages se faisaient en circuit fermé, les liqueurs obtenues étaient recyclées pendant 24 h puis essorées.

Le lavage 1 était effectué avec les jus provenant du bassin 2. Après ce premier lavage, les jus étaient stockés dans le bassin 3 pour neutralisation. Les lavages 2 et 3, réalisés à l'eau, passaient dans le bassin de production. Enfin, les lavages 4 et 5 étaient stockés dans le bassin 2 dont la teneur en uranium était inférieure à 50 mg/l.

#### *Fixation de l'uranium sur les résines échangeuses d'ion :*

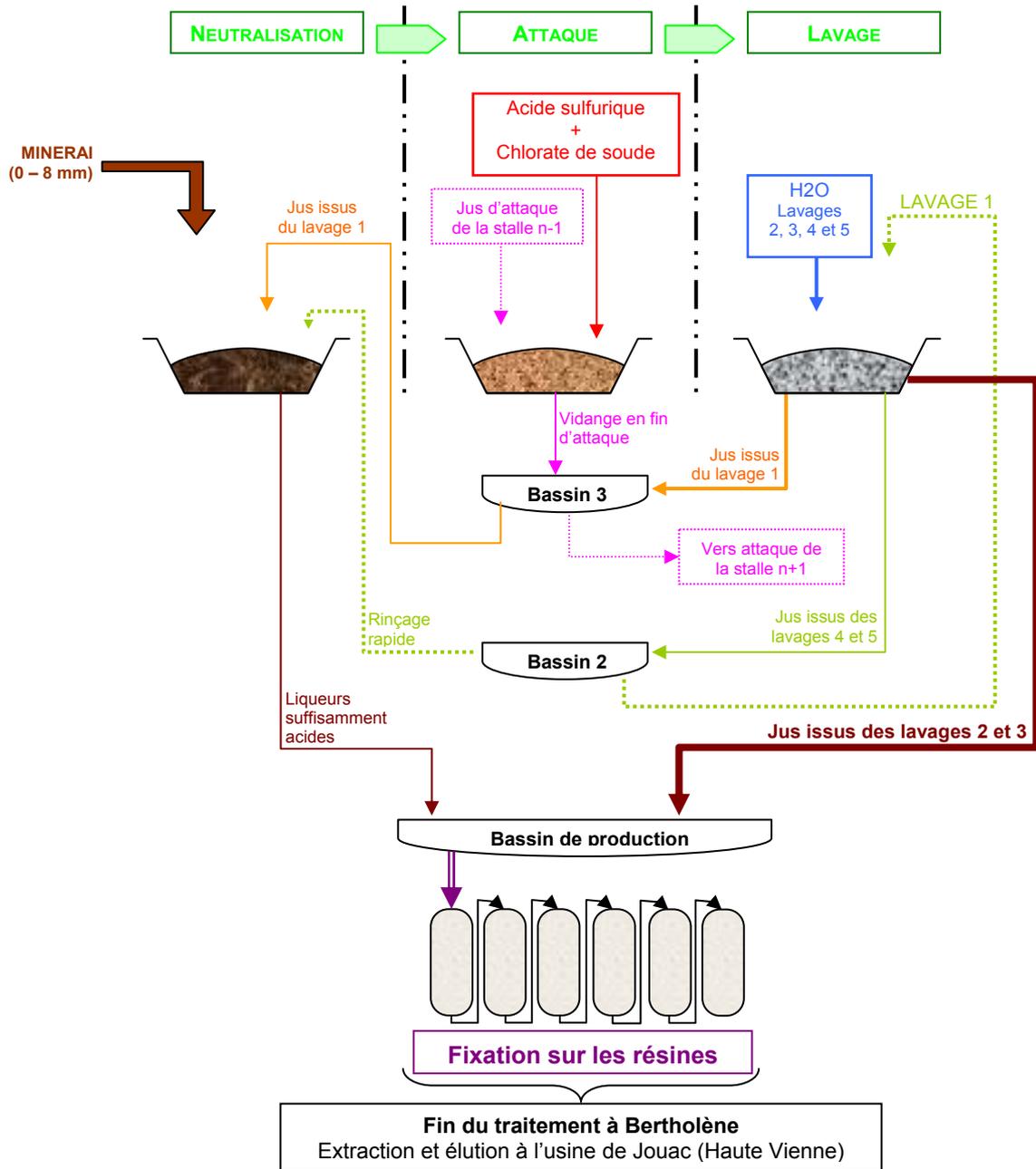
Les liqueurs stockées dans le bassin de production étaient passées sur des résines échangeuses d'ions. Une batterie de six conteneurs remplis chacun de 1,5 m<sup>3</sup> de résine assurait la fixation de l'uranium. Les conteneurs étaient transportés par six sur camion pour être élués à l'usine SMJ de Jouac. L'opération de l'éluition consistait à faire passer une saumure d'acide sur les résines et de récupérer l'uranium dans cette saumure.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 46/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

*Traitement des effluents :*

La neutralisation de l'acide se faisait dans une cuve agitée de 7,5 m<sup>3</sup> recevant de la chaux pulvérulente. La pulpe était ensuite envoyée dans les bassins de décantation.

Le schéma de principe suivant résume le principe de traitement par lixiviation statique effectué sur le site de Bertholène :



Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 47/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 4.2.2 Traitement dynamique

La description de ce procédé de traitement du minerai est donnée à titre indicatif. Il n'y a pas eu d'usine de traitement de ce type sur le territoire de l'Aveyron.

Cependant, la production de la plupart des sites a été acheminée dans des usines de traitement employant un procédé de traitement dynamique. Le procédé décrit ci-après concerne l'usine du Bernardan à Jouac en Haute-Vienne, qui recevait les résines provenant du site de Bertholène pour effectuer la fin du traitement.

Ces procédés ont varié selon les usines tout en restant identiques dans les grandes lignes.

Le procédé de traitement dynamique consistait en une attaque acide, en cuves agitées, du minerai broyé à environ 500  $\mu\text{m}$ , suivie d'une extraction par solvant et d'une réextraction par saumure de l'uranium des jus d'attaque. A partir de la saumure uranisée, on précipitait le diuranate de magnésie, qui était filtré, séché et enfûté. Les différentes étapes du traitement se déroulaient comme suit :

### *Préparation mécanique :*

Le minerai tout-venant subissait différentes étapes de concassage, débourbage et criblage jusqu'à obtention d'une granulométrie variant autour de 500  $\mu\text{m}$  en fonction de la nature du minerai tout-venant.

### *Attaque acide et filtration :*

Le gâteau issu de la préparation mécanique était repulpé, puis une attaque à l'acide sulfurique en présence d'un oxydant était réalisée à 65°C. La pulpe acide ainsi obtenue était filtrée et lavée, puis les résidus d'attaque étaient envoyés vers une zone de stockage intermédiaire puis dans une zone de confinement par camion. Les jus pauvres étaient recyclés en tête de l'attaque et les jus riches alimentaient directement la phase d'extraction, sans clarification intermédiaire.

### *Purification par solvant :*

Cette phase du traitement consistait à extraire l'uranium contenu dans les jus d'attaque par un solvant aminé, puis à le réextraire du solvant par une saumure. L'uranium était enfin précipité sous forme de diuranate de magnésie après épaissement, filtration et lavage. Le diuranate était séché dans un atomiseur puis enfûté.

### *Traitement des effluents :*

Une fraction des eaux mères de la précipitation magnésienne était réutilisée pour la préparation de la saumure de réextraction. La fraction restante était stockée en bassin étanche puis rejoignait l'effluent de l'extraction pour traitement au chlorure de baryum et neutralisation à la chaux éteinte. Les effluents étaient ensuite décantés : la sousverse rejoignait le gâteau de la filtration acide et la surverse, un bassin intermédiaire permettant un contrôle de qualité avant d'être redirigés vers la rivière.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 48/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 5 PRESENTATION DES SITES MINIERES

---

### 5.1 GENERALITES

Les activités minières uranifères du département de l'Aveyron comprennent 18 sites d'importance inégale. Les petits sites correspondent à des travaux de recherche constitués essentiellement de travers-banc de quelques dizaines de mètres de long et de puits associés à des tronçons de galerie. Le site le plus important, Bertholène, a consisté en l'exploitation :

- d'une mine à ciel ouvert d'environ 90 m de diamètre,
- de travaux miniers souterrains : un peu plus de 2 km de galeries ont été creusées,
- d'une aire de lixiviation statique, comprenant quatre stalles de traitement,
- et, d'un stockage de résidus de traitement du minerai, associé à la verse à stériles.

L'emprise des terrains concernés par les sites miniers aveyronnais représente une surface totale d'environ 63 ha.

Afin d'établir ce bilan environnemental des sites miniers du département de l'Aveyron, le système de documents établi pour l'ensemble des bilans environnementaux départementaux a été repris. Ont été définis préalablement aux travaux :

*La notion de chantier :*

On dénomme chantier, toute zone géographique restreinte sur laquelle se sont déroulés des travaux miniers. Exemple : des travaux souterrains liés au même puits d'accès ou une mine à ciel ouvert dont l'exploitation s'est poursuivie en travaux souterrains ...

*La notion de site minier :*

Un site minier est un chantier ou un ensemble de chantiers dont la proximité géographique, l'exploitation conjointe, la couverture réglementaire, l'unité de production ou l'histoire en font une entité cohérente et indépendante. Les sites, arrêtés après 1980, ont fait l'objet d'un dossier de déclaration d'arrêt des travaux (ou de délaissement, ou d'abandon) séparé, au titre de la Police des Mines.

Le détail de la production (minerai et pseudo minerai, stériles) est présenté sur la figure 6.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 49/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Pour chaque site, une fiche synthétique a été établie. Ces fiches permettent une lecture rapide :

- de la nature des travaux engagés et de la période d'exploitation,
- du contexte géographique, géologique, démographique, environnemental,
- de la situation administrative au regard de la réglementation locale depuis l'origine des travaux,
- du plan d'occupation des sols, des contraintes ou des engagements pris vis-à-vis des parties prenantes,
- des travaux de réaménagement ou de mise en sécurité,
- de la situation hydrologique et hydrogéologique (en faisant référence aux études qui s'y rapportent),
- des incidents connus survenus sur le site pendant ou après l'exploitation.

L'ensemble de ces fiches de sites constitue l'annexe 1. Elles ont été numérotées de 600 à 617.

A chaque fiche de site sont rattachées des fiches de chantier. Ces dernières contiennent des informations plus techniques relatives à l'exploitation du chantier et des informations relatives à l'état actuel des sites. L'existence d'Installations Classées pour la Protection de l'Environnement a conduit également à l'établissement d'une fiche ICPE annexée à la fiche de site. Sont mentionnés la nature de l'installation, la rubrique et le libellé auxquels elle est rattachée, son régime (déclaration, autorisation).

Des planches photographiques historiques, ou prises au cours des visites effectuées de novembre 2009 à mars 2010, sont également présentées en annexe 2.

L'emplacement des sites miniers et des concessions en cours de validité est figuré sur le plan n°1. Des zooms cartographiques replaçant les sites dans leur environnement proche sont présentés en annexe 3. Ces cartes, ont été réalisées sur fonds IGN géoréférencés à partir de cartes détaillées d'exploitation et de fonds topographiques précis.

Une deuxième série de plans, présentés sur fonds cadastraux en annexe 4, font apparaître :

- l'emprise des terrains occupés par l'exploitation (stériles miniers, plates-formes, carreaux, verses, pistes ...),
- l'emprise des mines à ciel ouvert et leur mode de remblayage (partiel avec parements résiduels, total, en eau),
- une représentation schématique du réseau de galeries dans leur plus grande extension,
- les ouvrages de liaison fond jour (puits, montages, descenderies),
- les périmètres et clôtures de sécurité,
- les lieux de stockage des résidus de traitement.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 50/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 5.2 SITUATION REGLEMENTAIRE DES SITES ET INSTALLATIONS ARRETES

### 5.2.1 Titres miniers

Ces sites miniers ont été exploités sur différents permis de recherche, permis d'exploitation ou concessions, comme montré dans le tableau suivant :

Sites miniers	Dernier titre minier auquel a appartenu le site à la fin de son exploitation
Les Riailles	Permis de recherches de Prévinières
Margabal	
Soulouse	
Prévinières	
Lifernet	
Le Cayroux	
Mejannerre	Permis de recherches d'Entraygues
Falquières	Permis de recherches d'Espéyrac
Sénergues	Permis de recherches de Sénergues
Cabanel	
Coursière	Permis de recherches du Nayrac
Vic-Conquettes	
Adrien Terrisse	
Bertholène	Concession des Balaures
Lussagues	Permis d'exploitation de Bennac
La Boual	Permis de recherches de Saint-Martin
Le Roube	
Les Plagnes	Permis d'exploitation des Plagnes

L'ensemble des titres miniers mentionnés ci-dessus ne sont plus valides, y compris la concession des Balaures (échéance le 09/12/2006).

Cependant, sur le département de l'Aveyron, il existe 5 concessions en cours de validité. Elles sont présentées dans le tableau suivant :

Titres Miniers	Détenteurs	Octroi	Echéance	Sites miniers
Concession de Fabreguettes	COGEMA	29/08/1991	24/08/2016	Aucun
Concession des Plagnes	CFM	18/08/1993	24/08/2018	Les Plagnes
Concession du Cambon	SMJ	12/10/1993	14/10/2013	Aucun
Concession de Plaines	SMJ	12/10/1993	15/05/2012	Lussagues
Concession du Roube	SMJ	12/10/1993	17/09/2018	Le Roube La Boual

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 51/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 5.2.2 Situation administrative relative à la fermeture des sites

Sur les 18 sites miniers uranifères aveyronnais, 15 d'entre eux ont été fermés au début des années 1960. Avant mai 1980, le code Minier ne prévoyait pas de procédure spécifique à la fermeture des sites (cf. paragraphe 3.1.1 : La police des Mines – Procédures de fermeture de sites). Les sites concernés sont repris dans le tableau suivant :

Sites miniers	Nature des Travaux	Période d'exploitation
Les Riailles	TRPC	1955 - 1956
Margabal	TRPC	1957 - 1960
Soulouse	TRPC	1955 - 1958
Prévinquières	TMS	1955 - 1959
Mejannesserre	TRPC	1958 - 1960
Lifernet	TRPC	1957 - 1960
Le Cayroux	TRPC	1955 - 1956
Falquière	TRPC	1957 - 1960
Sénergues	TMS	1959 - 1960
Cabanel	TRPC	1958 - 1960
Coursière	TRPC	1957 - 1960
Vic-Conquettes	TRPC	1957 - 1960
Bertholène	MCO + TMS	1982 - 1995
La Lussagues	TRPC	1960 - 1961
La Boual	TRPC	1958 - 1974
Le Roube	TRPC	1977 - 1981
Les Plagnes	TRPC	1963 – 1964 puis 1979

Trois sites miniers aveyronnais ont fait l'objet de procédures d'arrêt des travaux miniers après 1980. Ces procédures sont décrites dans le chapitre 3. Pour les trois sites concernés, le tableau suivant met en évidence :

- les différentes procédures et les actes administratifs correspondants,
- la mise en place d'une surveillance réglementaire,
- et, la mise en place de servitudes sur certains terrains liés à l'exploitation.

Sites miniers	Procédures	Actes Administratifs	Surveillance réglementaire	Servitudes
Le Roube	Arrêt Déf. Trvx	AP du 16/06/2003	Non	Non
La Boual	Arrêt Déf. Trvx	AP du 16/06/2003	Non	Non
Bertholène	Arrêt Déf. Trvx	AP du 19/03/1999 modifié par AP du 22/10/2007 <sup>(*)</sup>	AP du 19/03/1999 modifié par AP du 19/12/2005 <sup>(*)</sup>	Oui

<sup>(\*)</sup> L'arrêté préfectoral du 19/03/1999 acte de l'arrêt définitif des travaux miniers sur le site Bertholène, prescrit une surveillance sur les vecteurs eau et air avec une évaluation de l'impact du site sur l'environnement et classe le site à la rubrique 167b de la nomenclature des ICPE. L'arrêté préfectoral du 22/10/2007 modifie le classement ICPE du site à la rubrique 1735, suite à une modification de la nomenclature. Les modalités réglementaires de la surveillance du site et de son environnement restent celles fixées par l'AP du 19/03/1999 modifié par l'AP du 19/12/2005 (limite de la DEAA à 1mS/an).

Pour le site de Bertholène, le stockage des boues issues du traitement des eaux, dans un bassin tampon localisé sur la verse à stériles, a été autorisé par l'arrêté préfectoral du 01/02/2005. Cet arrêté fixe :

- la quantité annuelle maximale de boues autorisée à être stockées à 120 m<sup>3</sup> après dessiccation et essorage (soit 50 tonnes de boues contenant au maximum 5 tonnes d'uranium) ;
- la durée maximale autorisée pour la mise en dépôt de ces boues à 10 ans.

Les servitudes (ou restrictions d'usage) ont été inscrites au Registre des Hypothèques. Ce sont des servitudes de type « restrictions d'usage conventionnelle au profit de l'Etat ». Ces servitudes interdisent, en outre, de construire des locaux (atelier, habitations,...), de forer, effectuer des fouilles, au droit des travaux miniers souterrains, de réaliser des fondations.

### 5.3 SITES MINIERES ET BASSINS VERSANTS

L'emprise des sites miniers d'une part, la localisation des points d'exutoire (naturels ou forcés) d'autre part, permettent d'envisager le regroupement des sites miniers par bassin versants, en fonction des milieux récepteurs impactés.

Ces impacts potentiels ou identifiés sur le milieu aquatique peuvent avoir de multiples origines :

- **Eaux de surverse gravitaire** après noyage de mines à ciel ouvert ou des travaux miniers souterrains. Leurs points d'exutoire peuvent être créés par :
  - la surverse du plan d'eau constituée par une mine à ciel ouvert isolée (pas de sites concernés sur l'Aveyron),
  - une émergence au niveau d'un ouvrage de liaison fond-jour de type puits, entrée de descenderie ou de travers-banc situé au point bas topographique du site. (Coursière, Bertholène, Le Roube, La Boual, Cabanel)
- **Eaux de ruissellement avec un point de rejet identifié** : ces eaux peuvent éventuellement s'infiltrer dans les remblais stériles et réapparaître sous forme de sources de pied de vers. Leur débit est intermittent. (Lifernet)
- **Eaux de ruissellement ou écoulements souterrains avec points de rejets non identifiés** : leur impact est jugé potentiel. (Sénergues, Falquières, Soulouse, Méjannesse, Prévinquières, Margabal, Les Riailles, Le Cayroux, Vic-Conquettes, Les Plagnes, Lussagues, Adrien-Terrisse)

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 53/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Il faut également noter la présence de plans d'eau, hydrauliquement reliés à ces milieux récepteurs, qu'ils soient privés et de petites tailles, ou destinés comme réserve naturelle et de plus grande importance. Sur le département de l'Aveyron, seul un plan d'eau (Etang du Nayrac à vocation de base de loisirs) est alimenté par un ruisseau potentiellement impacté par le rejet de Vic-Conquettes.

L'influence des sites miniers sur le réseau hydrographique local et les plans d'eau qui leur sont associés, est présentée sur les figures 3 et 4, et peut être résumée dans le tableau suivant :

Sites	Type d'écoulement	Plans d'eau	Cours d'eau secondaires			Cours d'eau principaux
Coursière	Identifié	Aucun	Ruisseau de Liacouze	Ruisseau de la Coussane		Le Lot
Vic-Conquettes	Potentiel	Etang du Nayrac	Ruisseau			
Adrien-Terrisse	Potentiel	Aucun	Ruisseau d'Amarou			
Le Cayroux	Potentiel	Aucun	Ruisseau	Ruisseau de la Cage	Ruisseau de la Lygole	
Les Riailles	Potentiel	Aucun	Ruisseau		Ruisseau des Tours	
Prévinquières	Potentiel	Aucun	/			
Margabal	Potentiel	Aucun	Ruisseau de Margabal			
Lifernet	Potentiel	Aucun	Ruisseau de Lifernet			
Soulouse	Potentiel	Aucun	Ruisseau			
Mejannesserre	Potentiel	Aucun	Ruisseau de Méjannesserre	Ruisseau de l'Estampes		
Sénergues	Potentiel	Aucun	Ruisseau du Tayrac	Ruisseau de la Daze		
Falquières	Potentiel	Aucun	Ruisseau de Besseyrol			
Cabanel	Identifié	Aucun				
Les Plagnes	Potentiel	Aucun	Ruisseau du Coulet	Ruisseau Le Rieutord		L'Argence Morte
	Potentiel	Aucun	Ruisseau			
Bertholène	Identifié	Aucun	Ruisseau des Balaures			L'Aveyron
	Potentiel	Aucun	Ruisseau de Gatites			
Lussagues	Potentiel	Aucun	Ruisseau Del Bieu	Ruisseau des Plaines		
	Potentiel	Aucun	/			
Le Roube	Identifié	Aucun	Ruisseau du Roube	Ruisseau de la Layrole		Le Tarn
La Boual	Potentiel	Aucun	/			

## 5.4 PRESENTATION DES SITES

Afin d'améliorer les connaissances et d'effectuer un état des lieux, une visite des sites aveyronnais ainsi qu'une campagne de prélèvements a été organisée de novembre 2009 à mars 2010.

Pour des informations plus détaillées, il convient de se reporter aux fiches de sites, chantiers et ICPE reportées en annexe 1.

### 5.4.1 Bassin versant du Lot

- *Site de Coursière (fiche 615, annexes 2.16 – 3.4 – 4.14 et 5.5)*

Le site de Coursière se trouve à 4,5 km au Nord-Est d'Estaing. Le paysage environnant est vallonné et constitué de bois et de champs.

Les travaux miniers ont consisté, entre 1956 et 1960, au creusement de deux travers-bancs distants l'un de l'autre de 350 m et d'une tranchée. Le travers-banc de Coursière 1 (TB1), d'une longueur de 28 m, n'est plus visible aujourd'hui, seule la présence d'un cadre métallique de soutènement témoigne de son emplacement. L'entrée du travers-banc de Coursière 2 (TB2) avait été murée à la fin des travaux. Ce mur a été aujourd'hui partiellement démoli, donnant accès à la galerie. Le carreau de la mine est encore visible.

La tranchée, localisée sur le chantier de Coursière 1, a été entièrement remblayée. A l'aplomb de la galerie du TB1 et dans l'emprise de la tranchée, un fontis de 2,5 m de diamètre et de 1,5 m de profondeur, a été repéré.

Un écoulement d'eau a été identifié à proximité du TB1. Cet écoulement rejoint le ruisseau de Liacouze qui coule en contrebas du site, à 150 m au Sud-Ouest.

Des mesures au SPP $\gamma$  ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux en janvier 2010. Le milieu naturel est de l'ordre de 110 c/s. Les mesures effectuées sur le site et dans son environnement immédiat sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Zone de mesures	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP $\gamma$
Chemin d'accès au site de Coursière 1	entre 300 et 800 c/s
Ancien carreau	entre 600 et 2000 c/s
Entrée du TB1	entre 300 et 700 c/s
Entrée du TB2	entre 230 et 700 c/s

**Remarque :** Un indice lié à un affleurement minéralisé (21 000 c/s SPP $\gamma$ ) a été repérée en bordure de la route à la sortie ouest du hameau de La Coursière.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 55/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- *Site de Vic-Conquettes (fiche 616, annexes 2.17 – 3.4 – 4.15 et 5.5)*

Le site de Vic-Conquettes se trouve à 1,7 km au Nord-Est du Nayrac. Le paysage environnant est légèrement vallonné constitué de bois et de champs.

Les travaux miniers ont consisté, entre 1956 et 1960, au creusement d'un puits de 30 m de profondeur, accompagné d'une galerie, au niveau N-25, de 130 m de longueur. Aucune trace de l'emplacement puits n'est visible. Aucun désordre de surface n'a été observé à l'aplomb des galeries.

Aucune arrivée d'eau n'a été observée sur le site. Cependant, une source a été repérée à 200 m au Sud du site.

Des mesures au SPP $\gamma$  ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux en janvier 2010. Le milieu naturel est de l'ordre de 100 c/s. Les valeurs relevées sur l'ensemble du site sont comprises entre 200 et 1400 c/s, avec une moyenne de 700 c/s.

- *Site d'Adrien-Terrisse (fiche 617, annexes 2.18 – 3.4 – 4.16 et 5.5)*

Le site d'Adrien-Terrisse se trouve à 3,9 km au Nord-Est du Nayrac. Le paysage environnant est légèrement vallonné et constitué principalement de bois et de champs.

Les activités de ce site ont consisté uniquement en un travail de prospection, à savoir au creusement de plusieurs petites tranchées de reconnaissance (profondeur de l'ordre du mètre) entre 1959 et 1960. Aucune trace de ces tranchées n'est visible aujourd'hui.

Aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site. Cependant, le ruisseau d'Amarou traverse le site et est canalisé sur environ 50 m à l'emplacement supposé des travaux.

Des mesures au SPP $\gamma$  ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux en janvier 2010. Le milieu naturel est de 100 c/s. Les valeurs relevées sur le site sont proches du milieu naturel, soit environ 130 c/s.

- *Site du Cayroux (fiche 613, annexes 2.14 – 3.5 – 4.13 et 5.6)*

Le site du Cayroux se trouve à 1,5 km du village de Golin hac. Le paysage environnant est accidenté et constitué essentiellement de bois.

Les anciens travaux miniers ont consisté au creusement d'un travers-banc de 7 m de longueur, entre 1955 et 1956, et en l'exploitation d'une petite tranchée. L'entrée du travers-banc n'est plus visible.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 56/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Aucun écoulement d'eau n'a été observé au niveau du travers-banc. Un ruisseau coule, en cascade, à 5 m de l'ancienne entrée du travers-banc.

Des mesures au  $SPP_{\gamma}$  ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux en mars 2010. Le milieu naturel est de 100 c/s. Les mesures réalisées sur le site présentent des valeurs comprises entre 150 et 350 c/s. A proximité, la tranchée présente une valeur maximale de 2400 c/s.

- *Site des Riailles (fiche 610, annexes 2.11 – 3.5 – 4.11 et 5.6)*

Le site des Riailles se trouve à 2,4 km au Sud-Est d'Entraygues-sur-Truyère. Le paysage environnant est vallonné et constitué essentiellement de bois.

Les travaux miniers ont consisté au creusement de deux travers-bancs, entre 1955 et 1956. Ces deux travers-bancs sont disposés sur deux niveaux (TB1 pour le niveau 1 et TB2 pour le niveau 2). Ils débouchent au jour. Pour le TB2, un montage M1 débouchant au jour a été percé. Ce montage d'une profondeur d'environ 4 m, n'est pas remblayé.

Aucune arrivée d'eau n'a été observée à l'entrée des travers-bancs. Un ruisseau prend sa source à environ 10 m au SW du site.

Des mesures au  $SPP_{\gamma}$  ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux en janvier 2010. Le milieu naturel est de 100 c/s. Les mesures réalisées sur le site et dans son environnement immédiat sont résumées dans le tableau ci-après.

<b>Zone de mesures</b>	<b>Ordre de grandeur des valeurs mesurées au <math>SPP_{\gamma}</math></b>
Talweg en contrebas du site	entre 100 et 150 c/s
Verse	entre 200 et 600 c/s
Carreau du TB1	entre 300 et 1800 c/s
Carreau du TB2	entre 200 et 1000 c/s

- *Site de Prévinières (fiche 609, annexe 2.10 – 3.5 – 4.9 et 5.6)*

Le site de Prévinières se trouve à 4,3 km à l'Ouest de Florentin-La-Capelle. Il est situé à flanc de coteau sur la rive droite du Lot qui coule à environ 100 m en contrebas du site. Le paysage est fortement accidenté et constitué de bois jonchés essentiellement de fougères et de ronces.

Les travaux miniers ont consisté au creusement de 5 travers-bancs répartis sur 4 niveaux (N-10, N-20, N-30 et N-50) (cf. photo de 1959 en annexe 2.10). Ces travaux se sont déroulés de 1949 à 1959.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 57/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Le premier niveau (N-50) correspond à l'emplacement du travers-banc TB1, localisé en contrebas de la route de Prévinières. L'entrée du TB1 débouche au jour.

Le second niveau (N-30) est situé juste au-dessus de la route de Prévinières et deux travers-bancs (TB2a et TB2b) y ont été creusés. Les entrées des TB2a et TB2b ont été grossièrement remblayés à l'arrêt des travaux et l'accès aux galeries est aujourd'hui possible.

Le troisième niveau (N-20) correspond à l'entrée du travers-banc TB3 et à l'emplacement du puits. La dalle de béton servant d'assise au treuil est toujours visible. Le puits présente un fontis d'environ 1,5 m de diamètre, à l'aplomb de la galerie du TB2a.

Le dernier niveau (N-10) correspond au travers-banc TB4 dont l'entrée n'est plus visible aujourd'hui.

Le carreau de la mine se situait au niveau de la route de Prévinières.

Aucun écoulement d'eau lors de la visite d'état des lieux en janvier 2010, n'a été repéré sur le site.

Des mesures au SPP $\gamma$  ont été effectuées au cours de la visite du site en janvier 2010. Le milieu naturel est de 90 c/s. Les mesures réalisées sur le site et dans son environnement immédiat sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Zone de mesures	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP $\gamma$
Ancien carreau	entre 500 et 600 c/s
Pente entre la route et le TB1	entre 400 et 1000 c/s
Entrée TB1	400 c/s
Ancienne aire de stockage du minerai, entre la route et le niveau 2	1600 c/s
Entrée du TB2a	4000 c/s
Au niveau du puits	entre 200 et 1600 c/s
Au niveau TB4	entre 150 et 500 c/s
Pente entre TB3 et TB4	entre 90 et 150 c/s

- *Site de Margabal (fiche 608, annexe 2.9 – 3.5 – 4.8 et 5.6)*

Le site de Margabal se trouve à 1,9 km d'Entraygues-sur-Truyère. Il est situé à flanc de coteau sur la rive gauche du Lot. Le paysage environnant est accidenté et constitué de bois jonchés de fougères et de ronces.

Les anciens travaux miniers ont consisté au creusement d'un travers-banc d'une longueur de 91 m, de 1957 à 1960. Ces travaux ont été obstrués à la fin de l'exploitation. Néanmoins, une entrée de galerie (ouverture 1 × 0,8 m) est visible aujourd'hui. Elle a été creusée après l'exploitation, probablement pour la recherche de cristaux par les minéralogistes amateurs.

Aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur et à proximité du site de Margabal. Le ruisseau de Margabal coule en contrebas à 150 m au Sud-Est du site.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 58/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Des mesures au SPP $\gamma$  ont été effectuées au cours de la visite du site en janvier 2010. Le milieu naturel est de 100 c/s. Le chemin menant au site ne présente pas d'anomalies radiométriques. Le talus permettant d'accéder à l'entrée de la galerie débouchant au jour présente des valeurs autour de 6000 c/s. L'entrée de la galerie présente une valeur moyenne de 2200 c/s avec une valeur ponctuelle de 8000 c/s.

- *Site de Lifernet (fiche 614, annexe 2.15 – 3.5 – 4.12 et 5.6)*

Le site de Lifernet se trouve à 1,7 km d'Entraygues-sur-Truyère. Le paysage environnant est constitué de bois et de broussailles (ronces et de fougères). Le site est localisé dans un talweg au milieu des bois où coule le ruisseau de Lifernet.

Les travaux miniers ont consisté au creusement d'un travers-banc d'une longueur de 11,5 m, entre 1957 et 1960. Ce travers-banc a été grossièrement remblayé à l'arrêt des travaux et laisse aujourd'hui apparaître une large ouverture (1,5 m de hauteur sur 1,6 m de largeur), offrant un accès à la galerie.

Aucune arrivée d'eau n'a été constatée à l'entrée du travers-banc. Le ruisseau de Lifernet coule à 2 m en contrebas du site.

Des mesures au SPP $\gamma$  ont été effectuées au cours de la visite du site en janvier 2010. Le milieu naturel est de 110 c/s. Les mesures effectuées à proximité de l'entrée du travers-banc oscillent entre 200 et 600 c/s (avec ponctuellement une valeur relevée à 1900 c/s). Les mesures réalisées sur les bords du ruisseau et à proximité de l'entrée du travers-banc sont de l'ordre de 750 c/s.

- *Site de Soulouse (fiche 611, annexe 2.12 – 3.5 – 4.11 et 5.6)*

Le site de Soulouse se trouve à 1,6 km d'Entraygues-sur-Truyère. Le paysage environnant est vallonné et constitué de champs et de bois.

Les activités minières de ce site se sont déroulées, de 1955 à 1958, sur deux chantiers : « Soulouse » et « Soulouse Bas ».

Le chantier de Soulouse-Bas a consisté au creusement d'un travers-banc de 16,5 m de longueur. Aucune trace visible de ce travers-banc n'a été repérée au cours de la visite d'état des lieux.

Le chantier de Soulouse a principalement consisté au fonçage d'un puits P1 de 3 m de profondeur accompagné de 5 m de galerie. L'emplacement de ce puits a été retrouvé et ne présente aucun désordre de surface. Les plans de l'époque mentionnaient également deux amorces de galeries (G1 et G2) et d'un second puits P2. Aucune trace de ces ouvrages n'a été observée sur le terrain.

Aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site. Un ruisseau, affluent de la rivière Le Lot, coule en contrebas, à 150 m au Nord-Ouest.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 59/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Des mesures au SPP $\gamma$  ont été effectuées lors de la visite d'état des lieux en janvier 2010. Le milieu naturel est de 110 c/s. L'emplacement du puits P1 présente des valeurs comprises entre 120 c/s et 220 c/s. L'emplacement supposé du travers-banc TB1, présente des valeurs sensiblement égales au milieu naturel.

Remarque : Un affleurement en bordure du chemin reliant les deux sites, présente des valeurs allant jusqu'à 9 000 c/s.

- *Site de Méjannesserre (fiche 612, annexe 2.13 – 3.5 – 4.13 et 5.6)*

Le site de Méjannesserre se trouve à 1,1 km d'Entraygues-sur-Truyère. Le paysage environnant est vallonné et constitué de champs et de bois. Le site est localisé dans un talweg.

Les travaux miniers ont consisté au creusement, de 1958 à 1960, d'un travers-banc de 32 m de longueur. Le site est actuellement envahi par les ronces et il n'a pas été possible de connaître l'état du réaménagement effectué à la fin des travaux.

Aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site. Le ruisseau de Méjanasserre coule à 30 m à l'Ouest et en contrebas de l'entrée du travers-banc.

Des mesures au SPP $\gamma$  ont été effectuées au cours de la visite du site en janvier 2010. Le milieu naturel est de 110 c/s. Les mesures effectuées sur le site sont de même ordre de grandeur que celui-ci.

- *Site de Cabanel (fiche 605, annexe 2.6 – 3.6 – 4.6 et 5.7)*

Le site de Cabanel se trouve à 500 m d'Espeyrac. Le paysage environnant est vallonné et constitué de bois et de prés.

Les travaux miniers ont consisté au creusement d'un travers-banc d'une centaine de mètres de longueur et en l'exploitation d'une tranchée. Ces activités se sont déroulées de 1958 à 1960. L'entrée du travers-banc débouche au jour (ouverture de 2,5 × 1 m). La tranchée n'a pas été remblayée : de l'eau stagnante est présente au fond. La verse à stériles est encore visible à l'Ouest de la tranchée.

Une arrivée d'eau a été identifiée à la sortie du travers-banc. Cet écoulement se dirige ensuite vers le ruisseau de Besseyrol qui coule 40 m en contrebas du site.

Des mesures au SPP $\gamma$  ont été effectuées au cours de la visite du site en février 2010. Le milieu naturel est de 100 c/s. Les mesures effectuées sur la verse à stériles sont de l'ordre de 1400 c/s. A l'entrée du travers-banc, les valeurs oscillent entre 400 et 500 c/s.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 60/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- *Site de Falquières (fiche 606, annexe 2.7 – 3.6 – 4.6 et 5.7)*

Le site de Falquières se trouve à 450 m d'Espeyrac. Le paysage environnant est vallonné et constitué essentiellement de prés et de bois.

Les travaux miniers se sont déroulés de 1957 à 1960. Ils ont consisté au creusement de deux puits (P1 : 20 m de profondeur et P2 : 15 m de profondeur) accompagné d'une petite descenderie rejoignant le niveau N-7 et d'une amorce de travers-banc TB0 au niveau 0.

Ces travaux ont été creusés à flanc de coteau. Les talus ont été partiellement adoucis notamment au niveau de l'amorce de galerie TB0 (il subsiste tout de même une petite ouverture à cet endroit mais sans accès possible). Une légère dépression témoigne de l'emplacement du puits P1. Il ne reste aucune trace du puits P2 et de la descenderie.

Aucun écoulement n'a été identifié sur ou à proximité du site. Le ruisseau de Besseyrol coule à 110 m au Nord-Est du site.

Des mesures au SPP $\gamma$  ont été effectuées au cours de la visite du site d'état des lieux en février 2010. Le milieu naturel est de 100 c/s. Les mesures réalisées sur l'ensemble du site montrent une moyenne de 500 c/s (avec ponctuellement une valeur relevée à 1900 c/s).

- *Site de Sénergues (fiche 607, annexe 2.8 – 3.6 – 4.7 et 5.7)*

Le site se trouve à 400 m du village de Sénergues. Le paysage environnant est vallonné et constitué de bois et de prés.

Il s'agit de travaux miniers souterrains réalisés entre 1959 et 1960. Un puits de 28 m de profondeur a été creusé ainsi que quatre niveaux de galeries (N-5, N-12, N-17 et N-25). Un fontis, de 3 m de diamètre et de 1 m de profondeur, a été observé à l'emplacement du puits. Un tassement, de 2 m de diamètre pour une vingtaine de centimètres de profondeur, est visible à 15 m au Nord-Ouest du puits. La verse à stériles est localisée à une vingtaine de mètres à l'Est du site.

Aucune arrivée d'eau n'a été observée sur le site. En revanche, le nord de la parcelle 57 est équipé d'un système de drains dont les eaux s'écoulent vers le ruisseau du Tayrac.

Des mesures au SPP $\gamma$  ont été effectuées au cours de la visite du site en février 2010. Le milieu naturel est de 100 c/s. L'ordre de grandeur des valeurs relevées sur le site est de 650 c/s avec une valeur maximale relevée à 2100 c/s. Les mesures effectuées sur la verse à stériles sont comprises entre 180 et 220 c/s.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 61/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 5.4.2 Bassin versant de l'Argence Morte

- *Site des Plagnes (fiche 602, annexe 2.3 – 3.2 – 4.3 et 5.3)*

Le site des Plagnes se trouve à 4,6 km de Graissac. Le paysage environnant est légèrement vallonné et constitué principalement de prairies et de quelques bois.

Les travaux miniers ont consisté en l'exploitation de plusieurs chantiers à différentes périodes. De 1963 à 1964, un puits a été creusé ainsi que plusieurs galeries d'une longueur totale de 196 m. Aujourd'hui, l'emplacement du puits n'est pratiquement plus visible : un léger tumulus laisse présumer de son emplacement. En 1979, une tranchée pilote a été exploitée. Il ne reste plus de trace de cette tranchée.

Un système de drains a été posé sur la parcelle concernée par les travaux miniers. Ces eaux arrivent au niveau du fossé de la route et rejoignent ensuite le ruisseau du Rieutord.

Des mesures au SPP $\gamma$  ont été effectuées au cours de la visite du site en février 2010. Le milieu naturel est de 100 c/s. Les mesures effectuées sur le site présentent des valeurs comprises entre 280 et 1300 c/s. Autour du puits, la moyenne des valeurs mesurées est de 800 c/s.

## 5.4.3 Bassin versant de l'Aveyron

- *Site de Bertholène (fiche 600, annexe 2.1 – 3.1 – 4.1 et 5.2)*

Le site de Bertholène est localisé à 1,2 km au Sud de la commune de Bertholène. Le site est situé dans la forêt des Palanges, dans la vallée du ruisseau des Balaures.

Des travaux de recherche ont commencé en 1977 avec l'exploitation du travers-banc TB740 (travaux repris ensuite par l'exploitation de la mine à ciel ouvert). Les travaux miniers ont été réalisés :

- en souterrain, de 1982 à 1991 : l'accès aux galeries et chantiers de dépilages se faisait alors par le travers-banc TB680 ;
- puis, par mine à ciel ouvert, de 1983 à 1994.

Une verse à stériles a été aménagée après édification d'une digue barrant le lit du ruisseau des Balaures, qui a été dévié et canalisé sur le site. A partir de 1984, le minerai a été traité par lixiviation statique sur le site. Les résidus de traitement ont été stockés dans des alvéoles de stockage aménagées dans la verse à stériles (476 000 tonnes – fiche ANDRA n° MIP 1).

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 62/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les travaux de réaménagement ont été réalisés de 1994 à 1996 et ont consisté en (cf. dossier d'arrêt définitif des travaux miniers de 1995) :

- pour les travaux miniers souterrains, la mise en sécurité des ouvrages de liaisons fond-jour par une pose d'un bouchon grave ciment à 10 m de l'entrée et un remblayage par du tout venant. Les dépilages ont été remblayés à 85% lors de l'exploitation puis ont été noyées.
- pour la mine à ciel ouvert, un remblayage partiel a été effectué (sur environ 30 m) et un merlon a été construit à 10 m en bordure Sud et Ouest, pour empêcher l'accès à la fosse aux véhicules motorisés.
- pour la verse à stériles et le stockage de résidus, un reprofilage de la pente de la digue a été effectué, avec la mise en place d'une couverture en stériles de basse radiométrie sur les alvéoles de stockage de résidus.
- pour l'unité de traitement du minerai, les stalles et les bassins de production ont été curés puis remblayés, l'atelier de fixation et le concasseur ont été démantelés.
- les aires de stockage du minerai provenant de la mine à ciel ouvert et des travaux miniers souterrains, ont été décapées afin de ramener le fond radiométrique à sa valeur d'origine.

Le dossier d'arrêt définitif des travaux miniers de 1995, mentionne une deuxième phase de réaménagement, au-delà de l'an 2000. Celle-ci consistait à recouvrir, le fond de la mine à ciel ouvert et la verse, d'une couche de finition accompagnée d'une revégétalisation herbacée. Cependant, en 2002, l'étude « *Réévaluation de l'évolution hydrogéologique et hydrochimique du site de Bertholène* » réalisée par l'Ecole des Mines de Paris [13] a conclu que : « *la mise en place d'une couverture, sur la verse comme sur la MCO, paraît inutile, voire inopportune pour la gestion à terme du système* ». Par conséquent, cette couverture n'a pas été réalisée (cf. paragraphe 8.1.5).

La station de traitement des eaux a été conservée et un filtre-presse a été installé afin de pouvoir déshydrater les boues de traitement de la station. De 1995 à 2001, ces boues ont été transportées à l'usine SMJ de Jouac (Haute-Vienne) pour traitement afin de récupérer l'uranium contenu dans celles-ci. Cette activité s'est arrêtée en 2001 avec la fermeture de l'usine de Jouac. A partir de cette date, les boues ont été entreposées stockées dans un bassin situé sur la verse à stériles (situation au 31/12/2008 : 113 tonnes). Cette activité a été autorisée par l'arrêté préfectoral n°2005-032-4 du 1<sup>er</sup> février 2005.

Le site de Bertholène est soumis à une surveillance réglementaire (eau, air et bioindicateurs) dans le cadre de l'arrêté préfectoral n°99-0517 du 19 mars 1999 modifié par l'arrêté préfectoral n°2005-353-2 du 19 décembre 2005.

Un plan compteur après réaménagement (maille 10 × 10 m) a été effectué. Le milieu naturel est compris 90 et 110 c/s SPPγ. Les mesures effectuées sont résumées dans le tableau ci-dessous.

<b>Zone de mesures</b>	<b>Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP2</b>
Stockage de résidus	300 – 800 c/s (quelques points compris entre 900 et 1500c/s)
Carreau/Station de traitement des eaux	250 – 750 c/s
Ancien atelier de traitement du minerai	250 – 650 c/s
Anciennes stalles de lixiviation	250 – 350 c/s
Mine à ciel ouvert	800 – 2500 c/s
Verse à stériles	250 – 700 c/s (quelques points compris entre 800 et 1200 c/s)

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 63/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- *Site de Lussagues (fiche 601, annexe 2.2 – 3.1 – 4.2 et 5.2)*

Le site de Lussagues est localisé à 3,2 km de la commune de Montrozier. Le paysage est vallonné et constitué de bois et de champs.

Les travaux miniers ont consisté, entre 1960 et 1961, en l'exploitation de quatre tranchées P1, P1bis, P2 et S17. Les tranchées P1, P1bis et S17 dont une partie est en eau sont encore visibles. Des tas de stériles miniers sont encore présents autour de celles-ci.

Aucun écoulement n'a été constaté sur le site ainsi que dans l'environnement proche du site. Le ruisseau Del Bieu coule à 100 m au Nord du site.

Des mesures au SPP $\gamma$  ont été effectuées au cours de la visite du site en février 2010. Le milieu naturel est de 90 c/s. Les mesures effectuées sur le site et dans son environnement immédiat sont résumées dans le tableau ci-dessous.

<b>Zone de mesures</b>	<b>Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP<math>\gamma</math></b>
Carrière P1 et P1 bis	entre 600 et 4000 c/s
Carrière S17	entre 700 et 2500 c/s
Carrière P2	entre 700 et 2500 c/s

**Remarque :** Le site n'a pu être visité dans sa totalité (notamment la verse à stériles et l'ancien carreau minier), le propriétaire a refusé l'accès à sa parcelle (n° 402 section F2 commune de Montrozier) aux agents d'AREVA NC.

#### **5.4.4 Bassin versant du Tarn**

- *Site du Roube (fiche 604, annexe 2.5 – 3.3 – 4.5 et 5.4)*

Le site du Roube se trouve à 1,5 km du village de Brousse-le-Château. Le paysage environnant est vallonné et constitué essentiellement de taillis.

Les anciens travaux miniers ont consisté au creusement d'un travers-banc TB350 et de deux galeries de reconnaissances G1 et G2, entre 1977 et 1981. Ces ouvrages ont été obturés lors des travaux de réaménagement en 1994.

Les travaux de réaménagement ont consisté pour la galerie TB350, à confectionner un bouchon de grave béton à une distance de l'entrée telle que le recouvrement à cet emplacement soit d'au moins 3 fois la hauteur de la galerie. La partie de la galerie entre l'entrée et ce bouchon a été remblayée avec des stériles pris sur place. Des drains ont été installés permettant ainsi de récupérer les eaux des anciens travaux. Ces eaux sont busées jusqu'au ruisseau du Roube et constituent l'exhaure de la galerie (cf. dossier d'arrêt définitif des travaux miniers de 2002).

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 64/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les galeries G1 et G2 ont été remblayées en totalité. Les installations de surface du site (station de pompage, compresseur, bâtiments..) ont été démantelées.

Le ruisseau du Roube traverse le site et sépare l'ancien carreau de la verse à stériles. Ce ruisseau a été busé lors de l'exploitation, et a retrouvé son lit d'origine après le réaménagement du site.

Des mesures au SPP $\gamma$  ont été effectuées au cours de la visite du site en mars 2010. Le milieu naturel est de 100 c/s. Les mesures réalisées sur la piste d'accès au site montrent des valeurs comprises entre 170 et 600 c/s. L'ancien carreau du site ainsi que la verse présente des valeurs comprises entre 240 et 1150 c/s, avec une moyenne de 500 c/s. Les valeurs trouvées sont en concordance avec le plan compteur réalisé par SMJ après le réaménagement en 1994

Remarque : Des mesures réalisées sur un affleurement situé à proximité de l'ancien travers-banc, montrent des valeurs plus élevées allant de 2500 à 4550 c/s.

- *Site de La Boual (fiche 603, annexe 2.4 – 3.3 – 4.4 et 5.4)*

Le site de La Boual se trouve à 1,5 km du village de Brousse-le-Château. Le paysage environnant est vallonné et constitué essentiellement de taillis. Le site est actuellement recouvert une végétation importante et son accès est rendu impossible.

Les travaux miniers ont consisté au creusement d'un travers-banc TB254, de 480 m de longueur, entre 1958 et 1974. Cet ouvrage a été bouché lors des travaux de réaménagement en 1994.

Les travaux de réaménagement ont consisté à confectionner un bouchon de grave béton à une distance de l'entrée telle que le recouvrement à cet emplacement soit d'au moins 3 fois la hauteur de la galerie. La partie de la galerie entre l'entrée et ce bouchon a été remblayée avec des stériles pris sur place. Des drains ont été installés permettant ainsi de récupérer les eaux des anciens travaux. Ces eaux sont busées jusqu'au ruisseau du Layrolle et constituent l'exhaure de la galerie (cf. dossier d'arrêt définitif des travaux miniers de 2002).

Aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site et il n'a pas été possible de localiser l'éventuel exhaure du TB254.

Des mesures au SPP $\gamma$  ont été effectuées au cours de la visite du site en mars 2010. Le milieu naturel est de 100 c/s. Aucune mesure n'a été effectuée sur le site du fait de la présence d'une végétation importante. Un plan compteur a été réalisé par SMJ lors des travaux de réaménagement en 1994. Ce dernier a mis en évidence des valeurs comprises entre 140 et 550 c/s SPP2 sur l'ancien carreau.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 65/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 6 RESIDUS ET DECHETS D'EXPLOITATION

---

### 6.1 LES STERILES MINIERES

#### 6.1.1 Généralités – Teneur en uranium

Suivant la position du gisement et ses caractéristiques géométriques, le minerai a été extrait par mines à ciel ouvert par travaux souterrains. Dans tous les cas, la réalisation d'accès au minerai a conduit tout d'abord à l'extraction de stériles miniers correspondant à la roche encaissante du gisement. Ces roches peuvent contenir, ou non, de l'uranium ou du minerai d'uranium, en fonction de leur proximité avec le filon.

Dans la pratique, il était défini une teneur de coupure, assimilable à une certaine concentration en uranium contenue dans la roche. Cette teneur de coupure était définie selon les critères économiques du moment. En dessous de cette teneur, les roches étaient considérées comme des stériles. Le tri radiométrique avait pour objet de les extraire séparément, pour éviter de « salir » le minerai.

Dans la base documentaire actuelle, il n'y pas d'informations disponibles sur les teneurs de coupures « STERILE – MINERAL » en fonction de chaque site (sauf pour le site de Bertholène). Cependant, il est possible de donner une estimation de ces teneurs en se basant sur celles ayant servis à l'exploitation des sites de Cruzille (Haute-Vienne) par le CEA, à la même époque.

En règle générale, la teneur de coupure était fixée à 200 ppmU pour les travaux miniers souterrains et 100 ppmU pour les mines à ciel ouvert.

Concernant le site de Bertholène, le dossier d'arrêt définitif des travaux de 1995 mentionne que :

- les stériles issus de la mine à ciel ouvert possèdent une teneur en uranium inférieure à 300 ppmU ;
- et, la digue principale de la verse a été confectionné avec des stériles ayant une teneur moyenne de 160 ppmU.

L'ensemble des stériles ont été mis en verses à proximité des lieux d'extraction pendant l'exploitation, puis repris, partiellement ou totalement au moment du réaménagement, comme remblai dans les mines à ciel ouvert et/ou les travaux miniers souterrains.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 66/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 6.1.2 Réaménagement des verses à stériles

Plus de 2,6 millions de tonnes de stériles, dont près de 95 % d'entre eux proviennent du site de Bertholène, ont été ainsi extraites sur le département de l'Aveyron.

Pour la grande majorité des sites aveyronnais, les stériles extraits n'ont pas été mis en verse, mais ont servi le plus souvent à l'aménagement du site (carreau, piste d'accès...). A la fin de leur exploitation une partie des stériles stockés a été utilisée pour remblayer les ouvrages débouchant au jour (puits, travers-banc...), et pour certains sites, comme Cabanel et Sénergues, laissée sur place sans remodelage particulier.

### Réaménagement des verses sur le site de Bertholène :

Sur le site de Bertholène, les stériles miniers ont été répartis sur deux verses : l'une située au Nord de la mine à ciel ouvert et la seconde localisée dans le vallon des Balaures.

Au moment du réaménagement, les stériles ont été répartis sur le site de la manière suivante :

- les matériaux issus de la découverte de la mine à ciel ouvert ont été répartis sur le carreau et les pistes,
- les stériles provenant de la mine à ciel ouvert (teneur < 300 ppmU) ont été utilisés :
  - pour la construction de la digue principale barrant le vallon des Balaures,
  - à compléter le comblement de la fosse pour ramener la cote finale du plancher à 748 m NGF,
  - à recouvrir l'ensemble des bassins de stockage des résidus de traitement du minerai.
- à partir de 1993, les stériles de la mine à ciel ouvert ont été laissés dans la fosse (principe de l'auto-remblayage).

A noter également, les stériles ayant une activité radiologique significative ont été placés dans les alvéoles de stockage de résidus de traitement statique (alternance de résidus, précipités de neutralisation et stériles miniers). Pendant l'exploitation, ces bassins de stockage étaient arrosés par des eaux issues de la surverse du décanteur du traitement des eaux. Ces eaux ayant percolées au contact des résidus et stériles, et par conséquent, contenant de l'uranium, passaient à nouveau en station de traitement des eaux, où l'uranium était récupéré et fixé sur des résines.

Le talus aval de la digue principale a été reprofilé en 1995, pour ramener la pente à environ 18°, afin de réduire la vitesse des écoulements sur le talus et par là même maîtriser les érosions et d'assurer également une meilleure stabilité de la digue.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 67/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## Radiométrie des verses à stériles :

Pour les sites concernées par la présence de verse à stériles, des mesures radiométriques ont été effectuées au SPP $\gamma$  lors de la campagne de visite (novembre 2009 – mars 2010). Pour les sites du Roube, de La Boual et de Bertholène, les valeurs ont été extraites des plans compteurs réalisés pour la SMJ après le réaménagement de ces sites. Le tableau ci-dessous présente les résultats de ces mesures :

Sites présentant une verse à stériles		Radiométrie (au SPP $\gamma$ en c/s)
Bertholène	Verse au Nord de la MCO	250 – 800*
	Fond de fosse	800 – 3000*
	Verse/stockage	450 – 800* Quelques points à 1200 – 1600* c/s
Sénergues		180 – 200
Cabanel		300 – 2500
Vic-Conquettes		300 – 1400
Coursière		400 – 2000
Le Roube		200 – 800*
La Boual		140 – 900*
La Lussagues		600 – 4000

\*mesures effectuées au compteur SPP2

### 6.1.3 Réutilisation des stériles

S'agissant du risque de dispersion des stériles miniers dans le domaine public, aucune cession n'a été enregistrée de ces matériaux pour l'ensemble des sites aveyronnais. Cependant, il n'est pas exclu que des particuliers, aient pu prélever des stériles sans l'autorisation des exploitants ou dans le cadre d'une politique de bon voisinage, notamment pour les sites exploités à la fin des années 50 et début des années 60.

Concernant le site de Bertholène ayant produit près de 95% des stériles du département, les stériles possédaient une valeur marchande : ceux ayant une activité radiologique significative étaient traités via le stockage de résidus de traitement (cf. paragraphe 6.1.2). De plus, ils étaient utiles à l'aménagement et au réaménagement du site. De ce fait, aucune cession de matériaux n'a été effectuée pendant exploitation ou après réaménagement.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 68/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 6.2 LES RESIDUS DE TRAITEMENT

Dans l'ensemble du département de l'Aveyron, seul le site de Bertholène a fait l'objet d'un stockage de résidus de traitement de minerai. Ce stockage a été créé en 1984, date de démarrage de l'atelier de traitement par lixiviation statique du site. La surface totale du stockage est d'environ 6 ha.

Ce stockage a été aménagée au sein de la verse à stériles. Il comporte deux bassins possédant chacun deux alvéoles de stockage. Le remplissage des alvéoles a été réalisé par couches alternant :

- des résidus de traitement statique (quantité : 476 000 tonnes) : ce sont des matériaux d'une granulométrie comprise entre 0 et 8 mm et dont la teneur résiduelle en uranium est de 65 ppm (soit 840 Bq par kg de résidu) ;
- des précipités résultant de la neutralisation à la chaux des effluents acides de l'atelier de fixation. Ce précipité referme du gypse et des hydroxydes de métaux en solution dans l'effluent. (quantité : 33 000 tonnes sèches) ;
- des stériles miniers ayant une activité radiologique significative provenant de la mine à ciel ouvert.

L'activité en radium 226 de ces résidus est de 7,6 TBq, représentant une activité massique de 16 kBq par kg de résidus.

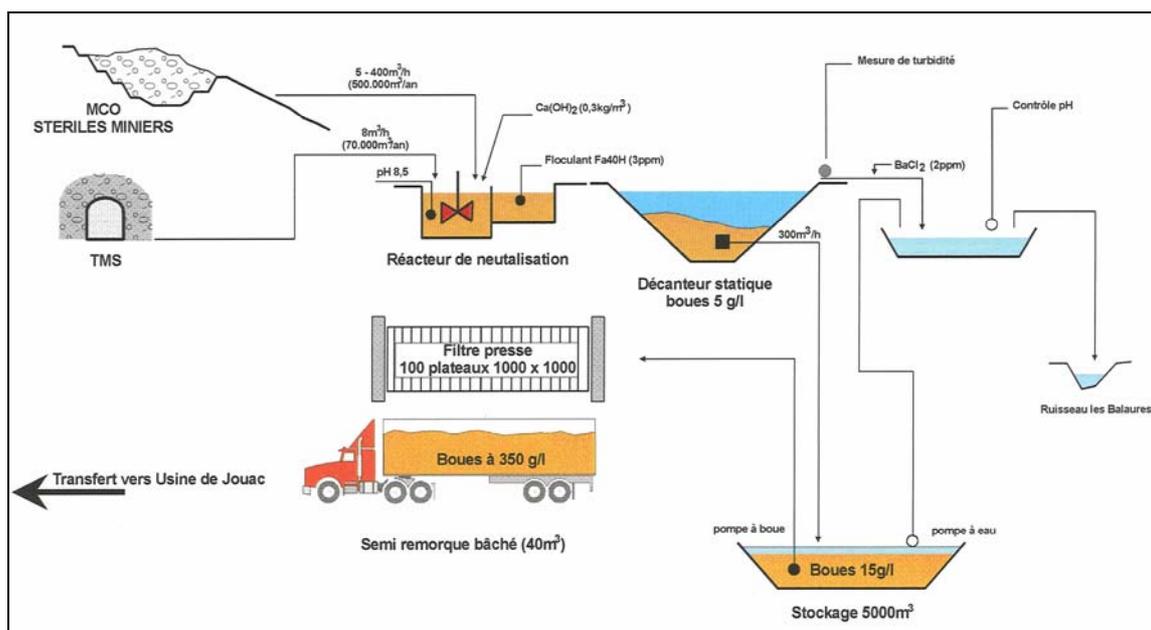
Ce stockage (fiche ANDRA n°MIP 1) est soumis à la réglementation relative aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (classement à la rubrique 1735) et soumis à un arrêté préfectoral concernant la surveillance de l'environnement (AP n°99-0517 du 19/03/1999 modifié par l'AP n°2005-353-2 du 19/12/2005).

## 6.3 LES BOUES DE TRAITEMENT DES EAUX

Après la fin de l'exploitation en 1995, les eaux d'exhaure du site de Bertholène ont continué à être traitées. Ces eaux proviennent de la percolation des eaux météoriques dans la verse à stériles (contenue par la digue), et des eaux de surverse des travaux miniers (intégrant celles infiltrées dans la mine à ciel ouvert partiellement remblayée).

En 1995, la masse de boues générées par le traitement des eaux était évaluée à 500 tonnes par an. Celles-ci contenaient à l'époque des quantités non négligeables d'uranium (1/3 de la production du site avant sa fermeture). C'est pourquoi, SMJ a voulu valoriser ces boues, dans le but de récupérer l'uranium contenu. Une installation de filtration sous pression a alors été implantée sur le site. A partir de cette date, les boues ont été consolidées par passage au filtre presse et expédiées à l'usine de traitement de Jouac (Haute-Vienne) pour en récupérer l'uranium. Le schéma suivant illustre la gestion de ces boues sur le site de Bertholène.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 69/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0



**Schéma de principe concernant la gestion des boues issues du traitement des eaux sur le site de Bertholène de 1995 à 2001**

La production d'uranium à partir des boues est récapitulée dans le tableau ci-dessous.

	Production d'uranium métal produite à partir des boues de Bertholène						
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	TOTAL
<b>Tonnage sec</b>	209	217	151	143	83	35	<b>838</b>
<b>Uranium contenu en Kg</b>	7 304	5 577	3 930	3 122	1 683	697	<b>22 313</b>

En 2001, la fermeture de l'usine de traitement de Jouac met fin au traitement et à la revalorisation de l'uranium contenu dans ces boues. L'option de stocker ces boues sur le site de Bertholène est alors choisie.

A partir de 2005, ces dernières sont donc stockées dans un casier d'un volume de 1 500 m<sup>3</sup> situé sur la verse à stériles du site. L'autorisation et les conditions de stockage sont régies par l'arrêté préfectoral n°2005-032-4 du 1<sup>er</sup> février 2005.

**Remarque :** De 2001 à 2005, la faible quantité de boues produites a permis de les stocker dans le bassin tampon en attendant la construction du casier localisé sur la verse.

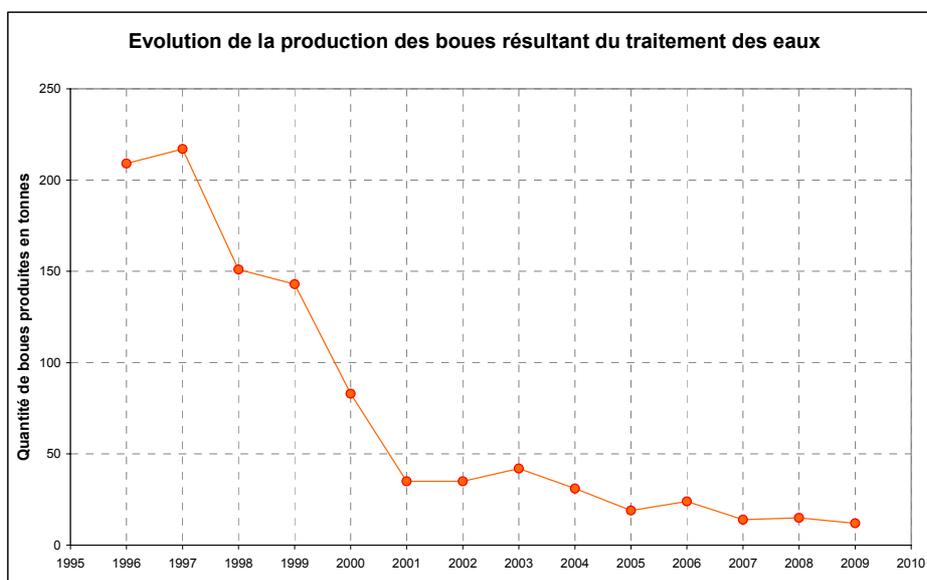
Le traitement des boues sur le site de Bertholène obéit au mode opératoire suivant. Les boues provenant du bac de décantation R541 sont pompées dans le bassin de décantation R543 dit bassin tampon. Une fois par an, ce bassin est vidé, et les boues sont pompées vers le casier situé sur la verse.

Le tableau suivant présente la quantité annuelle de boues issues du traitement des eaux, produite sur le site de Bertholène :

Tonnage des boues produites par la station de traitement des eaux de Bertholène									
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	TOTAL
Tonnage	35	42	31	19	24	14	15	12	192

A la fin de l'année 2009, 3 920 m<sup>3</sup> de boues ont été transférées vers le casier de la verse, soit 155,5 tonnes sèches de boues contenant 3 654 kg d'uranium.

Depuis 1995, la quantité de boues résultant du traitement des eaux a tendance à diminuer progressivement, comme le montre le graphique suivant.



## 7 EVALUATION DES IMPACTS EN TERME DE SECURITE PUBLIQUE

---

### 7.1 INTRODUCTION

L'abandon d'un site minier passe nécessairement par la mise en sécurité de l'ensemble des ouvrages miniers. Cette mise en sécurité, destinée prioritairement à assurer la sécurité du public et de l'environnement est prévue par le Code Minier, complété et modifié en particulier par :

- le décret n° 95-696 du 9 mai 1995 relatif à l'ouverture des travaux miniers qui, dans son article 44, précise que le document accompagnant la déclaration d'arrêt des travaux et installations devait comporter « *un document relatif aux incidences prévisibles des travaux effectués sur la tenue des terrains de surface* »,
- la loi n° 99-245 du 30 mars 1999 relative à la responsabilité en matière de dommages consécutifs à l'exploitation minière et à la prévention des risques miniers après la fin de l'exploitation qui, dans la reprise de l'article 93 du Code Minier, dispose que « *lorsque des risques importants d'affaissement de terrains [...] ont été identifiés lors de l'arrêt des travaux, l'exploitant met en place les équipements nécessaires à leur surveillance et à leur prévention et les exploite* »,
- le décret n° 2001-209 du 6 mars 2001, modifiant le décret n° 95-696 et en particulier l'article 44 du Code Minier, qui impose « *la réalisation d'une étude ayant pour objet de déterminer si des risques importants [...] subsisteront après le donner acte mentionné au neuvième alinéa de l'article 91 du Code Minier* ».

Les risques sont liés à :

- l'existence d'ouvrages de liaison fond-jour (puits, galeries, montages ...),
- les risques de fontis, d'affaissement en surface pour les travaux souterrains,
- les risques de chutes de personnes à partir des têtes de parois des mines à ciel ouvert,
- les risques d'instabilité des parois pour les exploitations à ciel ouvert,
- les risques d'instabilité ou de rupture pour les digues de retenue de stockage,
- les risques d'instabilité des verses à stériles.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 72/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 7.2 LES RISQUES LIES AUX TRAVAUX SOUTERRAINS

### 7.2.1 Les ouvrages de liaison fond-jour

L'inventaire des ouvrages fond-jour a été réalisé sur la base des documents d'archives et de repérage de terrain. Il a mis en évidence 9 ouvrages verticaux et 26 galeries débouchant au jour. La liste est figurée par site dans le tableau suivant :

Sites	Périodes d'exploitation	Nature de l'ouvrage	Dénomination	Section (l × h)
Bertholène	1982 - 1994	Travers-banc	TB680	3×3 m
		Travers-banc	TB740	3×3 m
		Retour d'air	Retour d'air 720	3×3 m
Les Plagnes	1963 - 1964	Puits	/	2,5×2 m
La Boual	1958 - 1974	Travers-banc	TB254	4×2,5 m
Le Roube	1977 - 1981	Travers-banc	TB350	4×2,5 m
		Amorce de galerie	G1	4×2,5 m
		Amorce de galerie	G2	4×2,5 m
Cabanel	1958 - 1960	Travers-banc	/	2×2 m
Falquières	1957 - 1960	Puits	P1	3×2 m
		Puits	P2	2×2 m
		Descenderie	/	2×2 m
		Travers-banc	TB0	2×2 m
Sénergues	1959 - 1960	Puits	/	3×2 m
Prévinquières	1949 - 1959	Puits	/	2,5×2 m
		Travers-banc	TB1	2×2 m
		Travers-banc	TB2a	2×2 m
		Travers-banc	TB2b	2×2 m
		Travers-banc	TB3	2×2 m
		Travers-banc	TB4	2×2 m
Margabal	1957 - 1960	Travers-banc	/	2×2 m
Les Riailles	1955 - 1956	Travers-banc	TB1	2×2 m
		Travers-banc	TB2	2×2 m
		Montage	M1	2,5×2 m
Soulouse	1955 - 1958	Travers-banc	TB1	2×2 m
		Amorce de galerie	G1	2×2 m
		Amorce de galerie	G2	2×2 m
		Puits	P1	2,5×2 m
		Puits	P2	2×2 m
Lifernet	1957 - 1960	Travers-banc	/	2×2 m
Méjannesse	1958 - 1960	Travers-banc	/	1,5×2 m
Le Cayroux	1955 - 1956	Travers-banc	/	2×2 m
Coursière	1956 - 1960	Travers-banc	TB1	2×2 m
		Travers-banc	TB2	2×2 m
Vic-Conquettes	1956 - 1960	Puits	/	3×2 m

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 73/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les risques de chutes de personnes ou d'animaux, les risques d'intrusion dans les travaux souterrains conduisent généralement les exploitants à obturer tous les ouvrages par comblement :

- total des ouvrages verticaux,
- de l'entrée des galeries et descenderies avec localement drainage pour maintenir un exutoire contrôlable des eaux,

par des produits tout-venant (stériles miniers).

L'ensemble de ces ouvrages a fait l'objet d'une auscultation visuelle réalisée en 2010. Lors de cette visite, il est apparu qu'un certain nombre d'ouvrages de liaison fond-jour ne présentait pas des travaux de mise en sécurité.

Le tableau suivant liste les sites présentant des défauts de réaménagement de leurs ouvrages de liaison fond-jour :

Sites	Ouvrages concernés	Nature des défauts	Causes
Cabanel	Travers-banc	Ouverture (L = 2,5 m et H = 1 m) avec accès à la galerie possible.	Remblayage de l'entrée du travers-banc insuffisante et tassement des matériaux au fil des années.
Falquières	Puits	Léger tassement de l'ordre d'une dizaine de centimètres	Tassement des matériaux au fil des années.
	Travers-banc TB0	Petite ouverture d'une vingtaine de centimètres de diamètre sans accès possible à la galerie.	Tassement des matériaux au fil des années.
Sénergues	Puits	Fontis de 3 m de diamètre et de 1 m de profondeur.	Tassement de matériaux. Possibilité de soutirage des matériaux dans les travaux miniers souterrains
Margabal	Travers-banc	Présence d'une petite galerie (ouverture 1 m de largeur et de 0,8 m de hauteur) rejoignant vraisemblablement la galerie. Entrée du travers-banc entièrement obturée.	Réouverture volontaire après réaménagement par des minéralogistes amateurs.
Prévinquières	Travers-bancs TB1, TB2a et TB2b	Travers-bancs ouverts : TB1 : L = 1,8 m et H = 2 m TB2a : L = 1 m et H = 0,5 m TB2b : L = 1,5 m et H = 1,8 m Accès possible aux galeries.	Remblayage de l'entrée du travers-banc insuffisante et tassement des matériaux au fil des années. Possibilité de réouverture volontaire après réaménagement par des minéralogistes amateurs.
	Puits	Fontis de 1,5 m de diamètre. (profondeur non évaluée compte tenu de l'importance de la végétation)	Affaissement dû au tassement des matériaux.
Les Riailles	Travers-bancs TB1 et TB2	Ouverture (L = 1,5 m et H = 1 m) des deux travers-bancs avec accès possible aux galeries.	Remblayage de l'entrée du travers-banc insuffisante et tassement des matériaux au fil des années.
	Montage M1	Montage non comblé (profondeur estimée à 4 m) débouchant sur la galerie du TB2, visible depuis la surface.	Absence de réaménagement.
Lifernet	Travers-banc	Ouverture (L = 1,6 m et H = 1,5 m) avec accès restreint à la galerie.	Remblayage de l'entrée du travers-banc insuffisante et tassement des matériaux au fil des années.
Coursière	Travers-banc TB2	Entrée du travers-banc partiellement murée. Ouverture : L = 1,6 m et H = 2 m.	Réouverture volontaire après réaménagement.

Remarque : Ces défauts de réaménagement ont fait l'objet de photographies présentées en annexe 2.

L'obturation de ces ouvrages apparaît donc nécessaire. Le choix de la méthode employée (remblayage ou foudroyage) sera discuté avec les services de la DREAL.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 74/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 7.2.2 Les infrastructures et chantiers souterrains

Dans le cadre d'abandon des exploitations, des problèmes de stabilité des anciens chantiers peuvent se poser, notamment par le fait de la remontée de l'eau, qui modifie les caractéristiques mécaniques des roches.

Dans les exploitations ayant assuré un traitement intégral des vides, il ne subsiste, après fermeture, que l'évolution possible des produits de remblayage ainsi que quelques vides liés aux galeries d'infrastructures pouvant donner naissance à des effondrements localisés.

Dans les exploitations permettant la persistance des vides résiduels, la résistance des anciens travaux peut être remise en cause par la fragilité du bâti minier. Du fait de la persistance de ces vides, ces exploitations peuvent être à l'origine d'affaissement de surface, dont les extensions dépendent de la configuration et de la taille du gisement exploité.

L'analyse des effondrements passés, notamment sur l'ancienne Division Minière de la Crouzille (Haute-Vienne), a conclu, pour des exploitations de type « filonien » à deux types d'effondrements :

- des effondrements « classiques » par rupture progressive de la voûte,
- des effondrements en tiroirs (glissement complet du bloc situé au-dessus de la chambre exploitée).

### **Les effondrements « classiques »**

Ils concernent les chantiers exploités dans des amas laissés vides, sans épontes (structures subplanaires délimitant la minéralisation), ainsi que les galeries d'accès et d'infrastructures. Dans ces effondrements « en cloche », la voûte se déstabilise et se désagrège peu à peu. Il y a chute de blocs constituant un enchevêtrement de produits foisonnés, qui progressivement comble le vide minier.

Si l'on considère un coefficient de foisonnement  $F$  et une hauteur de vide  $H$ , la hauteur  $H_1$  de terrain susceptible de tomber et de remplir le vide est donnée par la formule :

$$H_1 = \frac{H}{F - 1}$$

Pour différentes valeurs du coefficient de foisonnement  $F$ , on obtient :

$F$	$H_1$
1,4	2,5 $H$
1,5	2,0 $H$
1,6	1,7 $H$

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 75/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Si l'on veut avoir un coefficient de sécurité maximum, on appliquera comme critère la règle de TINCELIN (« La mécanique du foudroyage »... TINCELIN – FINE – BENYAKHLEF – 12ème congrès minier mondial – NEW DEHLI – novembre 1984) qui considère que la hauteur totale du vide disponible et du fontis (H et H<sub>1</sub>) est environ égale à quatre fois la hauteur du vide initial (H) (F < 1,4).

Dans le rapport d'études DRS-06-51198/R01 du 4 mai 2006 relatif à l'évaluation des Plans de Prévention des Risques Miniers, l'INERIS estime que « lorsque la voûte initiée par la rupture du toit de l'excavation ne se stabilise pas mécaniquement [...], elle se propage progressivement vers la surface et, si l'espace disponible au sein des vieux travaux est suffisant pour que les matériaux éboulés et foisonnés puissent s'y accumuler sans bloquer le phénomène par "autoremblayage", la voûte peut atteindre la surface du sol ». « L'apparition de ce type de désordres en surface ne concernent que les travaux peu profonds. » « Le retour d'expérience disponible montre qu'au-delà d'une profondeur d'une cinquantaine de mètres, la prédisposition d'anciens travaux miniers aux remontées de fontis jusqu'en surface devient négligeable pour des galeries de hauteur habituelle (inférieure à 4 m) » (ndlr : Soit plus de 10 fois la hauteur de la galerie).

Les risques de mouvement de terrains sont donc théoriquement envisageables sur les sites mentionnés dans le tableau suivant :

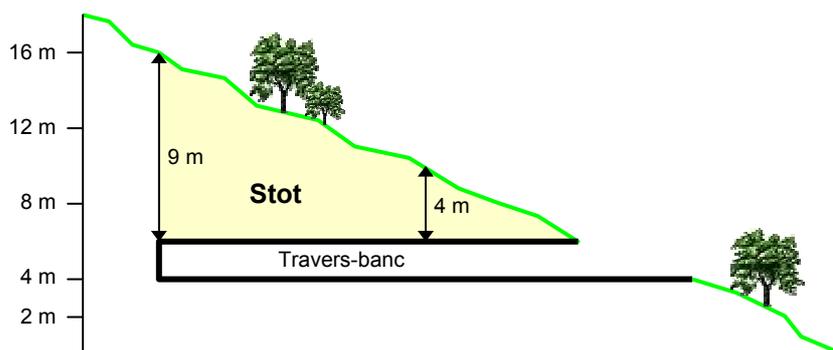
Sites	Période d'exploitation	Dépilage associé	Type d'ouvrage	Niveaux	Sections (l×h en m)	Remblayage
Soulouse	1955 - 1958	non	Travers-banc Galerie	N-10 N-3	2×2 m	oui
Le Cayroux	1955 - 1956	non	Travers-banc	N-7	2×2 m	non
Méjannes	1958 - 1960	non	Travers-banc	N-10	2×2 m	non
Lifernet	1957 - 1960	non	Travers-banc	N-8	2×2 m	non
Les Riailles	1955 - 1956	non	Travers-banc	N-5 et N-15	2×2 m	non
Margabal	1957 - 1960	non	Travers-banc	N-50	2×2 m	non
Prévinquières	1949 - 1959	oui	Travers-banc	N-10, N-20, N-30 et N-50	2×2 m	partiel
Sénergues	1959 - 1960	oui	Galeries	N-5, N-12, N-17 et N-25	2×2 m	non
Cabanel	1958 - 1960	non	Travers-banc	N-12	2×2 m	non
Falquières	1957 - 1960	oui	Galeries	N-7 et N-15	2×2 m	partiel
Vic-Conquettes	1956 - 1960	non	Galeries	N-25	2×2 m	non
Coursière	1956 - 1960	non	Travers-bancs	N-30 et N-35	2×2 m	non
Le Roube	1977 - 1981	non	Travers-banc	N350	2,5×2 m	non
La Boual	1958 - 1974	non	Travers-banc	N254	2,5×2 m	non
Les Plagnes	1963 - 1964	non	Galeries	N-25	2×2 m	non
Bertholène	1977 - 1995	oui	Travers-bancs et descenderies	N 740, N680, N650, N620, N560 et N490	3×3 m	partiel (à 85 %)

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 76/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les hauteurs de galeries de reconnaissance ou d'accès sont toutes limitées à 2 m de hauteur (hormis le site de Bertholène dont la hauteur de galerie est de 3 m).

L'application de la règle « Tincelin » écarte tout risque de désordre de surface au-delà d'un stot de 8 m (12 m pour Bertholène). L'application de la règle « INERIS » porte ce stot à 20 m (30 m pour Bertholène).

Quelque soit la méthode de calcul, l'ensemble des sites listés dans le tableau ci-dessus (à l'exception des Plagnes et de Vic-Conquettes possédant un stot de 25 m) sont donc concernés, du fait qu'il s'agit, pour la plupart, d'ouvrages de type travers-banc, qui correspondent à des galeries horizontales situées à flanc de coteau : le stot au dessus varie donc en fonction de la longueur de la galerie, comme l'illustre le schéma suivant :



Toutefois, ces risques d'affaissement du bâti minier peuvent être relativisés :

- **Pour le site de Bertholène** : La totalité des galeries partant du travers-banc TB740 a été reprise par les travaux de la mine à ciel ouvert. Concernant le travers-banc TB680, son entrée a été remblayée en appliquant la règle Tincelin : les stériles ont été mis en place dans la galerie de sorte que la longueur remblayée couvre toute zone égale à au moins 4 fois la hauteur de la galerie (cf. dossier d'arrêt définitif des travaux miniers). De plus, l'absence de désordre de surface (fontis à l'aplomb de galerie), plaide en faveur de la stabilité du bâti minier.
- **Pour les sites de La Boual et Le Roube** : Les travers-bancs ont été remblayés en appliquant la règle Tincelin (cf. ci-dessus et dossier d'arrêt définitif des travaux miniers). De plus, l'absence de désordre de surface (fontis à l'aplomb de galerie), plaide en faveur de la stabilité du bâti minier.
- **Pour les chantiers de Soulouse et Le Cayroux** : La longueur totale des travers-bancs étant inférieurs à 16 m, les entrées sont entièrement remblayées et l'absence de désordre à l'aplomb de la galerie, plaident en faveur du bâti minier.

Pour les sites de Coursière 1 et Sénergues, les visites d'état des lieux ont permis de constater la présence de fontis, de l'ordre de 1 à 1,5 m de profondeur, à l'aplomb des galeries dont le stot est égale à 5 m pour Sénergues et 12 m pour Coursière 1. Ce constat conduit à penser que les matériaux constituant le stot possèdent une moins tenue due à l'altération des terrains en surface. Ce phénomène est susceptible de se reproduire sur ces sites.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 77/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Pour les autres sites, l'absence de remblayage des galeries et de leurs entrées, et la faible profondeur des galeries, peuvent conduire à penser que des effondrements de ce type ne sont pas à exclure. Cependant, les visites d'état des lieux de 2010 n'ont pas mis en évidence de fontis à l'aplomb des galeries, ce qui laisse présumer une bonne stabilité du bâti minier.

Toutefois, l'autorembayage par foisonnement est un phénomène progressif qui limite l'ampleur de l'affaissement potentiel de surface au fur et à mesure de la progression de la déstabilisation de la voute vers la surface. Ainsi pour une galerie située à 10 m de profondeur, le fontis de surface ne peut excéder le mètre, pour une galerie située à 15 m, le fontis est limité à 0,5 m, ... (application de la règle INERIS pour une galerie de 2 m de hauteur).

### **Les effondrements « en tiroir »**

Ils concernent tous les chantiers exploités sur des structures filoniennes. Le phénomène est brutal, à l'inverse de l'effondrement « en cloche » qui est progressif. Il est lié au glissement, le long des épontes, du bloc non exploité, dans le vide généré par l'exploitation. Les répercussions en surface, observées sur des effondrements survenus sur l'ancienne Division Minière de la Crouzille (Haute-Vienne), ont confirmé qu'elles ne se situaient pas à l'aplomb du vide, mais bien à la trace en surface de la structure exploitée.

Les sites ayant fait l'objet de travaux d'exploitation de chantiers (hors extraction par galerie de reconnaissance) sont :

### SENERGUES

- Méthode d'exploitation : Abattage sélectif.
- Nombres de quartiers : Absence d'informations dans la base documentaire actuelle.
- Remblayage des dépilages : Absence d'informations dans la base documentaire actuelle.
- Remarques : En l'absence de données concernant la localisation et le remblayage des zones dépilées, l'analyse des problèmes de stabilité de surface liés à la présence de travaux miniers souterrains conduit à envisager le scénario le plus pessimiste : la présence de chantiers vides et la possibilité de rupture de la voute des dépilages, se traduisant par le soutirage des produits sus-jacents vers le fond.

Une étude d'évaluation des risques miniers pourra être réalisée par un expert indépendant afin d'évaluer les zones potentiellement soumises à des mouvements de surface, mais aussi, le type de travaux à réaliser si nécessaire (remblayage des galeries par injection de béton ou gravillons via un forage, pose d'un périmètre de sécurité,...).

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 78/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

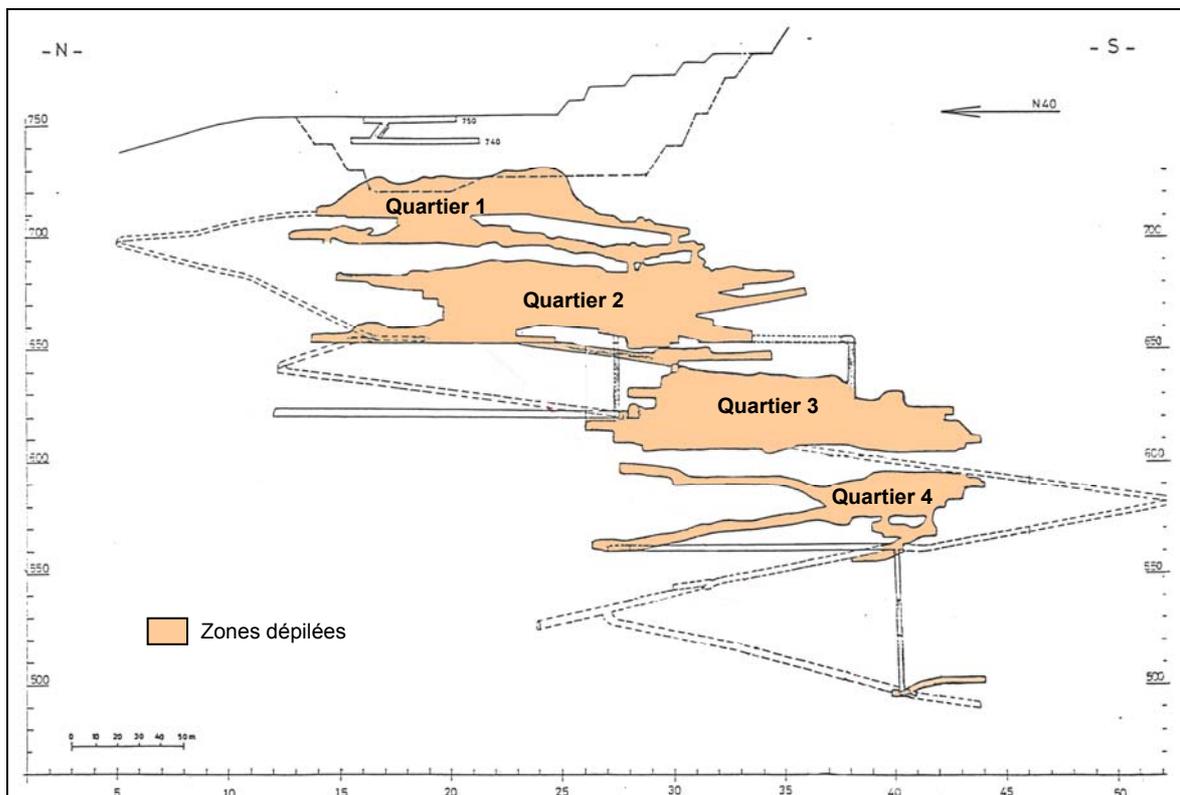
## PREVINQUIERES

- Méthode d'exploitation : Surcreusement des galeries et abattage sélectif.
- Nombres de quartiers : Trois au total. (Un entre les niveaux N-10 et N-20 – Deux situés entre les niveaux N-20 et N-30).
- Remblayage des dépilages : à priori non (absence d'informations en l'état actuelle des connaissances)
- Remarques : En l'absence de données concernant le remblayage des chantiers, l'analyse des problèmes de stabilité de surface liés à la présence de travaux miniers souterrains conduit à envisager le scénario le plus pessimiste : la présence de chantiers vides et la possibilité de rupture de la voute des dépilages, se traduisant par le soutirage des produits sus-jacents vers le fond.

Le comblement des accès aux chantiers par foudroyage ou remblayage apparait donc nécessaire et permettra de pallier d'éventuels problèmes liés à la stabilité des terrains. Le choix de la méthode employée sera discuté avec les services de la DREAL.

## BERTHOLENE

- Méthode d'exploitation :
  - Puissance du filon > 2 m : Tranches montantes remblayées.
  - Puissance du filon < 2 m : Abattage sélectif par traçage de galeries directement dans la zone filonienne.
- Nombres de quartiers : 4 dont la localisation est présentée sur la coupe ci-dessous :



**Coupe longitudinale des travaux miniers souterrains du site de Bertholène – Localisation des zones dépilées**

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 79/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- Remblayage des dépilages : à 85 % (dû à la méthode d'exploitation)
- Remarques : L'analyse des problèmes de stabilité de surface, liés à la présence de travaux miniers souterrains, met en évidence que les travaux sont remblayés à 85 % et les seuls vides résiduels existants sont ceux correspondant aux ouvrages d'infrastructures (cf. paragraphe sur les effondrements classiques).

En conséquence, on peut raisonnablement considérer que les dépilages du site de Bertholène ne présentent pas de problème de stabilité pouvant affecter la surface.

De plus, les travaux souterrains les plus proches de la surface sont localisés dans l'emprise de la mine à ciel ouvert. Cette zone est soumise à servitudes (cf. plan cadastral en annexe 4.1). Les chantiers les plus profonds ont été réalisés légèrement plus au Sud.

### 7.3 LES RISQUES LIES AUX MINES A CIEL OUVERT

Ces risques sont liés à la présence de parements résiduels pour les fosses non remblayées ou mises en eau et accessibles au public (risques de chute). Sur le département de l'Aveyron, trois sites sont concernés par de tels risques : Bertholène (MCO), Lussagues et Cabanel (tranchées).

**Pour les sites de Cabanel et Lussagues**, il s'agit de tranchées présentant de petits parements d'une hauteur inférieure ou égale à 5 m, facilement accessibles par le public. Afin, d'écartier tout risque de chute, le remblayage ou la pose d'une clôture périphérique pourra être envisagée. Le choix de la solution à adopter sera discuté avec les services de la DREAL.

**Concernant le site de Bertholène**, la mine à ciel ouvert a été partiellement remblayée, sur une hauteur de 30 m, au cours du réaménagement du site. Actuellement, il reste donc des parements visibles ayant une hauteur totale maximale de 60 m.

Afin de marquer de façon pérenne la présence de la fosse, un merlon de 2 m de hauteur a été confectionné à 10 m de la bordure Sud et Ouest de la mine à ciel ouvert. Son objectif principal est de réaliser un obstacle difficilement franchissable pour des véhicules tout-terrain (cf. plan cadastral en annexe 2.1). De plus, l'ensemble du site, comprenant la fosse, est clôturé conformément à l'arrêté préfectoral du 19 mars 1999. Une révision de cette clôture a été effectuée en 2009, avec pose de panneaux préventifs supplémentaires.

Dans le cadre du dossier d'arrêt définitif des travaux, une étude portant sur la stabilité à long terme de la mine à ciel ouvert réalisé par l'Ecole des Mines de Paris [14] a été réalisé en 1992. La méthodologie employée a comporté :

- une étude de terrain détaillée, axée sur l'analyse du système de discontinuités présentes au sein du massif d'orthogneiss ;
- des calculs de stabilité en prenant en compte différentes échelles d'analyse, les mécanismes potentiels de déstabilisation des talus les plus réalistes et l'action de l'eau.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 80/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0



## 7.4 LES RISQUES LIES AUX VERSES A STERILES

La déstabilisation d'une verse à stériles peut se traduire par une rupture d'un flanc de talus, lorsque les forces motrices (de pesanteur et hydraulique) qui tendent à le mettre en mouvement deviennent supérieures aux forces résistantes (résistance aux cisaillements des matériaux) qui s'opposent pour leur part aux déformations et aux glissements de terrain.

Dans le cas des verses à stériles constituées de blocs rocheux, comme pour les sites aveyronnais, il peut s'agir de phénomènes mettant en jeu des volumes de matériaux restreints (quelques dizaines de m<sup>3</sup>) et prenant principalement la forme de glissement pelliculaire. De tels phénomènes n'ont pas été observés sur les verses des sites miniers visés par ce présent bilan de fonctionnement.

Dans le cas des sites miniers de l'Aveyron (hors site de Bertholène), il s'agit de petites verses résiduelles, assimilables à des tas de blocs d'une hauteur n'excédant pas 5 m. Par conséquent, de tels phénomènes de déstabilisation des verses tels que décrit précédemment sont peu envisageables.

Pour le site de Bertholène, la majorité des matériaux constituant la verse à stériles située au Nord de la mine à ciel ouvert ont servis au remblayage de la fosse. De plus, la verse restante a fait l'objet d'un remodelage paysage avec plantation d'arbres à croissance rapide. Cette mesure favorise la stabilité des blocs de la verse. S'agissant de la zone « verse / stockage », la majorité des stériles a servi la construction de la digue poids. La stabilité de cet ouvrage est présentée dans le chapitre 7.5.

## 7.5 LES RISQUES LIES AUX DIGUES DE RETENUE DE STOCKAGE

Sur le département de l'Aveyron, seul le site de Bertholène est concerné par ce type de risque. Le stockage de résidus de traitement du minerai est localisé dans le vallon du ruisseau des Balaures, qui a été dévié et canalisé sur l'ensemble du site. Ces résidus ont été placés en amont d'une digue poids barrant ce vallon.

Ce chapitre vise à étudier la tenue de la digue dans le temps, à savoir les risques éventuels de déstructuration de l'ouvrage (rupture de digue, sapement de la base de l'ouvrage, ...)

### CARACTERISTIQUES DE LA DIGUE-POIDS

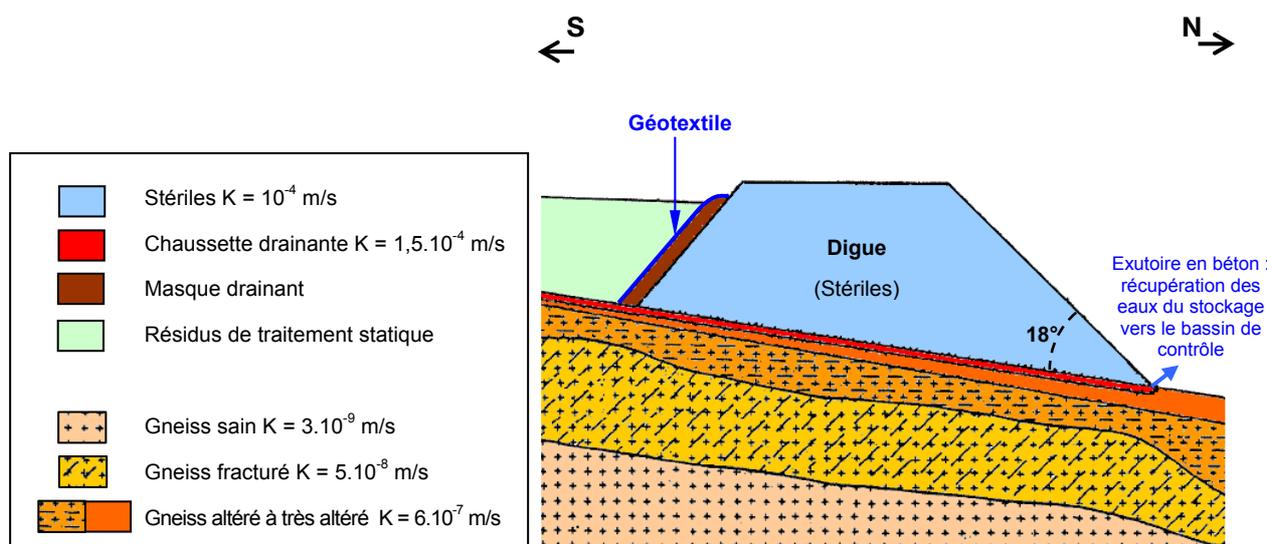
Cette digue a été édifée entre 1985 et 1991. La digue principale est un barrage poids massif, réalisé avec des blocs décimétriques à métriques de stériles issus de la mine à ciel ouvert. Cette digue a une longueur de 110 m pour une hauteur totale de 60 m. Le parement aval présentait une pente initiale de 2H/1V avec 5 risbermes intermédiaires. En 1995, un reprofilage du parement aval a été entrepris, donnant à ce jour une pente aval définitive de 18°.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 82/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

La digue en enrochement a été construite sur un lit de matériaux drainant (« chaussette drainante ») localisé au niveau de l'ancien du ruisseau des Balaures.

Le parement amont de la digue possède une pente de 3H/2V avec 2 risbermes intermédiaires. Les enrochements de la digue sont protégés des infiltrations de fines venant des résidus par un masque filtrant de 2 m d'épaisseur, complété par un géotextile (bidim).

La figure suivante illustre les principales caractéristiques de la digue :



### ANALYSE DE LA TENUE A LONG TERME DE LA DIGUE DU STOCKAGE DE BERTHOLENE

Deux études ont été menées afin d'évaluer la stabilité à long terme de la digue :

- ANTEA, *Calculs de la stabilité à long terme de la verse à stériles de Bertholène (Aveyron)*, Rapport 29101/A, Décembre 2002. Cette étude a été réalisée à la demande de la DRIRE Midi-Pyrénées, suite la parution du rapport BRGM « Méthodologie d'évaluation de la stabilité des digues » de 2001.
- AREVA NC, *Analyse de la tenue à long termes des digues de rétention de stockage de résidus de traitement de minerais uranifères*, Réf. BUM/DO/DQSE RT 07/062, Janvier 2009. Cette étude a été réalisée dans le cadre du Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs (PNGMDR).

Les conclusions de ces études sont présentées ci-dessous.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 83/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

### **Etude ANTEA de 2002 :**

« Les différents calculs de stabilité montrent que la stabilité du corps de la verse est assurée à long terme. Le coefficient de sécurité minimal ( $FS = 1,73$ ), calculé en retenant que des hypothèses pessimistes (niveau d'eau élevé sous le corps de la verse, lithologie défavorable, caractéristiques mécaniques faibles) est largement supérieur à 1,5, valeur généralement admise pour le coefficient de sécurité à long terme.

Sous sollicitations sismiques, le coefficient de sécurité est réduit à 1,34, valeur cependant très supérieur au coefficient de sécurité minimale généralement admis (1,0).

De part sa conception massive en enrochements non évolutifs dans le temps et très perméables (pas de colmatage envisageable), la stabilité à long terme de la verse à stérile de Bertholène est donc bien assurée. »

### **Etude AREVA de 2009 :**

« Les différents calculs de stabilité montrent que la stabilité du corps de la verse est assurée à long terme. La pente après réaménagement a été ramenée à 18°.

A l'heure actuelle, on n'observe aucune trace de ravinement ou de zone humide sur le parement, seulement quelques petits arrachements superficiels dans le versant rive droite, au dessus du pied de digue.

Le bon fonctionnement du drain de fond de thalweg est attesté par le suivi piézométrique traversant la verse et confirme la validité de ce concept original de digue perméable.

Le canal de dérivation des Balaures est largement dimensionné :

- pour le débit normal qui transite par une cuvette en béton armé
- pour le débit de crue qui est absorbé par un fossé rocheux rocheux non érodable (dimensionné pour recevoir un débit supérieur au débit centennal)

En cas de crue millénaire, un débordement éventuel du ruisseau serait sans effet sur la stabilité de la digue.

Quelle que soit l'évolution future des écoulements, un charriage massif ou même progressif, l'implantation de la digue de Bertholène présente un certain nombre d'atouts extrêmement favorables, à savoir :

- Bassin versant limité sans apport solides par ruissellement
- Pas d'aléa géologique notable
- Pas d'anciens travaux miniers à l'aplomb ou au voisinage immédiat de la verse

De part sa conception massive en enrochements non évolutifs dans le temps et très perméables (pas de colmatage envisageable), la stabilité à long terme de la verse à stérile de Bertholène est donc bien assurée.

Le concept de la digue de Bertholène est en soi très sécuritaire, à la fois par sa géométrie très massive, par la qualité des matériaux employés, par son fonctionnement hydraulique original et par l'environnement du site. »

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 84/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 8 EVALUATION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

---

### 8.1 IMPACT SUR LE VECTEUR EAU

#### 8.1.1 Voie de contamination sur le milieu aquatique

##### *Voies de contamination de l'eau*

Après l'arrêt des activités minières et industrielles, le marquage potentiel du vecteur eau peut se faire de deux manières différentes :

- Lorsque le niveau d'eau remonte dans les travaux remblayés (TMS ou MCO), il est possible que les eaux émergent en surface, comme à l'entrée des descenderies ou des travers-bancs ou encore à l'emplacement de certains ouvrages de liaison fond-jour (puits, montages). Durant leur parcours souterrain, ces eaux peuvent en effet se charger au contact des minéralisations encore présentes dans l'encaissant granitique.
- Les eaux météoriques peuvent également se charger par lixiviation des métaux contenus dans les stériles miniers et les résidus de traitement, lorsque ces eaux percolent à travers ces derniers. Elles peuvent aussi être marquées par entraînement de particules en suspension sur lesquelles sont adsorbés des éléments toxiques.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 85/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Pour les sites aveyronnais, les possibilités de marquage du vecteur eau sont résumés dans le tableau suivant :

Sites	Possibilités de marquage du vecteur eau
Prévinquières	→ Drainage des terrains situés en amont topographique via les travaux souterrains en direction du Lot situé en contrebas.
Les Riailles	→ Drainage des terrains situés en amont topographique via les travaux souterrains en direction du ruisseau situé en contrebas.
Lifernet	→ Percolation des eaux météoriques dans la galerie et écoulement vers le ruisseau situé à proximité immédiate de l'entrée du travers-banc
Méjannesserre	→ Drainage des terrains situés en amont topographique via le travers-banc, en direction du ruisseau situé en contrebas.
Margabal	→ Drainage des terrains situés en amont topographique via le travers-banc, en direction du ruisseau situé en contrebas.
La Cayroux	→ Drainage des terrains situés en amont topographique via le travers-banc, en direction du ruisseau situé à proximité immédiate de l'entrée du travers-banc
Soulouse	→ Drainage des terrains situés en amont topographique via les travaux souterrains, en direction du ruisseau situé en contrebas.
Falquières	→ Drainage des terrains situés en amont topographique via les travaux souterrains en direction du ruisseau situé en contrebas.
Sénergues	→ Percolation des eaux météoriques dans les travaux souterrains. <i>Remarque : La parcelle localisée en aval immédiat du site possède un système de drainage dont les eaux s'écoulent également vers ce ruisseau.</i> → Ecoulement des eaux souterraines des travaux miniers vers la nappe.
Cabanel	→ Drainage des terrains situés en amont topographique via le travers-banc, en direction du ruisseau situé en contrebas. <i>Remarque : Présence d'eaux stagnantes dans la tranchée qui s'infiltrent dans la galerie située en dessous d'où la présence d'un écoulement en sortie du travers-banc.</i>
Coursière	→ Drainage des terrains situés en amont topographique via le travers-banc, en direction du ruisseau situé en contrebas. → Ecoulement (non capté) en sortie du travers-banc TB1 en direction du ruisseau situé en contrebas.
Vic-Conquettes	→ Percolation des eaux météoriques dans les travaux souterrains. → Ecoulement des eaux souterraines des travaux miniers vers la nappe.
Les Plagnes	→ Percolation des eaux météoriques dans les travaux souterrains. <i>Remarque : La parcelle concernée par les travaux miniers possède un système de drainage des terrains en surface.</i> → Ecoulement des eaux souterraines des travaux miniers vers la nappe.
La Boual	→ Drainage des terrains situés en amont topographique via le travers-banc, en direction du ruisseau situé en contrebas. → Captage des eaux minières au niveau du travers-banc (non repéré au cours de la visite d'état des lieux de 2010).
Le Roube	→ Drainage des terrains situés en amont topographique via le travers-banc, en direction du ruisseau situé en contrebas. → Captage des eaux minières au niveau du travers-banc.
Lussagues	→ Percolation des eaux météoriques dans les tranchées et infiltrations vers la nappe
Bertholène	→ Captage des eaux minières (TMS et MCO) au niveau du TB680 → Ecoulement des eaux souterraines dans les TMS vers la nappe → Percolation des eaux météoriques dans le stockage → Percolation des eaux météoriques dans la fosse partiellement remblayée
Adrien Terrisse	→ Percolation des eaux météoriques dans les tranchées remblayées et écoulement des eaux superficielles vers la nappe du ruisseau traversant le site.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 86/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## **Voies de contamination des sédiments**

Lorsque certains exutoires présentent des débits moyens relativement élevés (plusieurs dizaines de m<sup>3</sup>/h), ils peuvent conduire à des flux de radioéléments importants susceptibles d'engendrer des marquages dans l'environnement, notamment liés à l'accumulation de ces radionucléides dans le compartiment sédimentaire. Ils sont associés à la fraction fine des sédiments et le marquage peut être d'autant plus important que le régime hydrodynamique est favorable au dépôt. De ce fait, les retenues constituent des zones d'accumulation privilégiées des particules marquées.

Les processus conduisant à la mise en place de ce marquage peuvent avoir deux origines :

- Le traitement des eaux, basé sur l'insolubilisation physico-chimique des radioéléments, peut laisser échapper une partie des particules formées qui sont ainsi restituées au milieu et sont susceptibles de décanter lorsque le régime hydrodynamique est favorable.
- Les radioéléments contenus dans les eaux minières (exutoires miniers, verses à stériles), qui sont à large dominante sous forme soluble, peuvent s'adsorber (puis à désorber pour se réadsorber) sur les particules d'argile et de matière organique naturellement présentes dans le cours d'eau. Ces particules, servant de matrice aux radioéléments (préférentiellement l'uranium), vont décanter selon un processus classique de sédimentation dans les plans d'eau.

L'absence de station de traitement pour les sites miniers de l'Aveyron (hormis le site de Bertholène) tend à favoriser cette deuxième option. Les débits faibles estimés au cours de la campagne de terrain 2009-2010 (< 10 m<sup>3</sup>/h) semblent plaider, à priori, en faveur d'un faible impact radiologique sur ce compartiment sédimentaire.

### **8.1.2 Valeurs de référence « milieu naturel »**

#### **Références « Milieu Naturel » EAU :**

En l'absence de point zéro, il a été réalisé en janvier 2010, des prélèvements en amont hydraulique des sites miniers – c'est-à-dire hors influence des sites – afin d'obtenir des valeurs de référence pour le milieu naturel.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 87/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

L'emplacement des points de prélèvements figure sur les cartes IGN en annexe 3. Les résultats d'analyses sont présentés dans le tableau suivant :

Points de prélèvement	Localisation	U <sub>238</sub>	Ra <sub>226</sub>
COR LIA A	Ruisseau La Liacouze A 600 m au NW du village de Cauvin et en amont hydraulique des sites de la Région d'Entraigues-sur-Truyère	< 1 µg/l (soit < 0,012 Bq/l)	0,05 Bq/l
PLA SCE	Source du hameau des Plagnes En amont hydraulique du site des Plagnes	6,9 µg/l (soit 0,08 Bq/l)	0,16 Bq/l
POINT K	Ruisseau des Balaures En amont du site de Bertholène	9,9 µg/l * (soit 0,12 Bq/l)	<0,02 Bq/l *
POINT F	Rivière l'Aveyron En amont de la confluence avec le ruisseau des Balaures	3 µg/l * (soit 0,04 Bq/l)	<0,02 Bq/l *

\* pour l'année 2009

### Références « Milieu Naturel » SEDIMENTS :

En l'absence de point zéro, l'IRSN propose dans sa tierce expertise [15] des valeurs de référence pour le milieu naturel pour la Division Minière de la Crouzille (Haute-Vienne) qui présente des terrains géologiquement proches de ceux rencontrés dans le département de l'Aveyron :

- U<sub>238</sub> compris entre 180 et 1100 Bq/kg de matière sèche,
- Ra<sub>226</sub> compris entre 150 et 800 Bq/kg de matière sèche.

Pour la référence milieu naturel du site de Bertholène, des prélèvements de sédiments sont effectués en amont hydraulique du site dans le ruisseau des Balaures et dans l'Aveyron, dans le cadre de la surveillance réglementaire. Les résultats sont les suivants pour l'année 2008 :

Points de prélèvement	Localisation	U <sub>238</sub> en Bq/kg m.s.	Ra <sub>226</sub> en Bq/kg m.s.	Pb <sub>210</sub> en Bq/kg m.s.
POINT K	Ruisseau des Balaures	<70	50	<90
POINT F	Rivière l'Aveyron	30	40	80

Les analyses sur les sédiments sont effectuées tous les 2 ans conformément à l'arrêté préfectoral du 19 mars 1999. Les moyennes annuelles de 2002 à 2008 sont présentées à la figure 15.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 88/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

### 8.1.3 Analyse par bassin versant de l'impact réel sur le milieu aquatique

Compte tenu du manque d'informations sur certains sites miniers, une campagne de prélèvements (eau + sédiments) a été réalisée lors de l'hiver 2009-2010, principalement sur les cours situés en aval hydraulique des sites et sur les émergences observées sur les sites. L'emplacement des points de prélèvements est présenté sur les cartes IGN figurant en annexe 3 et le détail des résultats analytiques des figures 7 à 19.

Dans le cadre de contrôles inopinés engagés par la DREAL Midi-Pyrénées, l'IRSN a effectué une campagne de contrôles radiologiques autour des anciens sites miniers d'uranium aveyronnais [16]. Ces investigations ont été menées autour des sites répertoriés dans MIMAUSA. Les résultats d'analyse des eaux mentionnés dans le rapport de l'IRSN seront repris par la suite pour les sites concernés.

Les synoptiques des figures 3 et 4 présentent les rejets successifs, potentiels ou avérés, dans les différents cours d'eau récepteurs du fait des anciens sites réaménagés.

Les sites sont présentés de l'amont vers l'aval hydraulique des cours d'eau principaux à savoir : Le Lot, l'Argence Morte, L'Aveyron et Le Tarn.

#### BASSIN VERSANT DU LOT

- *Site de Coursière*

Le premier site susceptible d'impacter la rivière Le Lot est le site de Coursière. Ce site a fait l'objet de travaux de reconnaissance par petits chantiers (deux travers-banc d'une longueur totale de 60 m).

Lors de la visite en 2010, un écoulement d'eau a été repéré au niveau de l'ancien travers-banc TB1 (prélèvement COR TBEXU), qui rejoint le ruisseau de la Liacouze (prélèvement COR LIA B), affluent du ruisseau de Coussane lui-même affluent du Lot. Le ruisseau de la Liacouze coule à 100 m au Nord-Ouest du site.

Le prélèvement COR TBEXU présente une teneur en  $U_{238}$  soluble (3,8  $\mu\text{g/l}$  soit 0,05 Bq/l) proche de celles rencontrées dans le milieu naturel et un marquage en  $Ra_{226}$  soluble (0,14 Bq/l), caractéristique des eaux minières.

Les eaux prélevées dans le ruisseau de la Liacouze prélèvement effectué en aval du site (COR LIAB) présentent des teneurs en uranium 238 et radium 226 solubles du même ordre de grandeur que celles relevées dans le milieu naturel ( $U_{238\text{sol}} < 1 \mu\text{g/l}$  soit  $< 0,01 \text{ Bq/l}$  et  $Ra_{226\text{sol}} < 0,02 \text{ Bq/l}$ ).

Ces résultats sont confirmés les analyses effectuées par l'IRSN (prélèvement CoursB5 :  $U_{238\text{sol}} = 0,423 \mu\text{g/l}$  et  $Ra_{226\text{sol}} < 0,015 \text{ Bq/l}$ ).

Les résultats d'analyses (AREVA NC et IRSN) effectuées sur et à proximité du site de Coursière sont présentés dans les tableaux de la figure 7.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 89/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- *Site de Vic-Conquettes*

Le site de Vic-Conquettes, ayant fait l'objet de travaux de reconnaissance par petit chantier, est susceptible d'impacter la rivière Le Lot, via le ruisseau Le Grand Rieu. Un prélèvement (VIC SCE) a été réalisé dans une source située à 200 m au Sud et en aval hydraulique du site. Cette source alimente le ruisseau le Grand Rieu.

Aucun écoulement d'eau n'a été observé sur le site au cours de la visite d'état des lieux de 2010.

Les eaux prélevées à cette source possèdent des teneurs en uranium 238 et radium 226 soluble du même ordre de grandeur que celles relevées dans le milieu naturel ( $U_{238sol} < 1 \mu\text{g/l}$  et  $Ra_{226sol} = 0,02 \text{ Bq/l}$ ).

Les résultats d'analyses (AREVA NC) effectuées à proximité du site de Vic-Conquettes sont présentés dans le tableau de la figure 7.

- *Site d'Adrien Terrisse*

Ce site a fait l'objet de travaux de reconnaissance par petit chantier, à savoir des tranchées de reconnaissance dont la profondeur n'excédait pas 2 m. Aucun écoulement d'eau n'a été observé sur le site au cours de la visite d'état des lieux de 2010. Le ruisseau d'Amarou, affluent du Lot, traverse le site, via une canalisation enterrée.

Aucun prélèvement d'eau n'a été effectué en raison de l'absence d'écoulement sur le site, et d'une radiométrie au sol identique à celle relevée dans le milieu naturel.

- *Site du Cayroux*

Le site du Cayroux est susceptible d'impacter le ruisseau de la Cage (prélèvements eau et sédiments : CAY RU et CAY RUSD), affluent du ruisseau de la Lygole, lui-même affluent du Lot. Les travaux ont consisté au creusement d'un travers-banc de 7 m de long, dont l'entrée se situe à environ 5 m du ruisseau de la Cage. Un second prélèvement d'eau (CAY SCE) a été réalisé dans une source du hameau de Belluoc.

Aucun écoulement d'eau n'a été observé sur le site au cours de la visite d'état des lieux de 2010.

Les eaux prélevées dans le ruisseau de la Cage ( $U_{238sol} = 2,2 \mu\text{g/l}$  soit  $0,03 \text{ Bq/l}$  et  $Ra_{226sol} = 0,03 \text{ Bq/l}$ ) et dans la source du hameau de Belluoc ( $U_{238sol} = 3,2 \mu\text{g/l}$  soit  $0,04 \text{ Bq/l}$  et  $Ra_{226sol} = 0,03 \text{ Bq/l}$ ) présentent des teneurs en radioéléments du même ordre de grandeur que celles relevées dans le milieu naturel.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 90/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les sédiments prélevés dans le ruisseau de la Cage montrent des teneurs en radioéléments ( $U_{238}$ ,  $Ra_{226}$  et  $Pb_{210}$ ) à l'équilibre séculaire (de l'ordre de 130 Bq/kg de matière sèche) : le site n'a pas d'impact sur le compartiment sédimentaire de ce cours d'eau.

Les résultats d'analyses (AREVA NC) effectuées à proximité du site du Cayroux sont présentés dans les tableaux de la figure 8.

- *Site des Riailles*

Le site des Riailles est susceptible d'impacter la rivière Le Lot, via un ruisseau affluent du ruisseau les Tours, lui-même affluent du Lot. Les travaux ont consisté au creusement de deux travers-bancs et d'un montage. Un prélèvement (RIA RU) a été réalisé dans l'affluent du ruisseau des Tours, situé à 130 m au Sud-Ouest et en contrebas du site.

Aucun écoulement d'eau n'a été observé sur le site au cours de la visite d'état des lieux de 2010.

Les concentrations en uranium 238 et radium 226 solubles mesurées au point de prélèvement RIA RU ( $U_{238sol} < 1 \mu\text{g/l}$  soit 0,01 Bq/l et  $Ra_{226sol} < 0,02 \text{ Bq/l}$ ) sont du même ordre de grandeur que celles relevées dans le milieu naturel et montrent que le site n'a pas d'impact sur la qualité de l'eau de ce ruisseau.

Les résultats d'analyses (AREVA NC) effectuées à proximité du site des Riailles sont présentés dans le tableau de la figure 8.

- *Site de Prévinquières*

Le site de Prévinquières est situé à flanc de coteau dans la vallée du Lot qui coule à une cinquantaine de mètres en contrebas. Les travaux ont consisté au creusement de quatre travers-bancs et d'un puits de 40 m de profondeur.

Aucun écoulement d'eau n'a été observé sur le site au cours de la visite d'état des lieux de 2010.

Aucun prélèvement d'eau n'a été effectué dans la rivière Lot du fait du débit élevé de la rivière qui entraîne alors une dissolution importante : aucune trace significative n'aurait pu être décelée.

- *Site de Margabal*

Le site de Margabal dont les travaux ont consisté en l'exploitation d'un travers-banc, est susceptible d'impacter la rivière Le Lot via le ruisseau de Margabal. Un prélèvement (MAG RU) a été réalisé dans ce ruisseau.

Aucune arrivée d'eau n'a été observée sur le site lors de la visite de terrain en 2010.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 91/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les teneurs en uranium 238 et radium 226 solubles mesurées dans le ruisseau sont du même ordre de grandeur que celles relevées dans le milieu naturel ( $U_{238sol} = 2,5 \mu\text{g/l}$  soit  $0,03 \text{ Bq/l}$  et  $Ra_{226sol} = 0,04 \text{ Bq/l}$ ) et confirment les valeurs relevées par l'IRSN ( $U_{238sol} = 0,372 \mu\text{g/l}$  et  $Ra_{226sol} < 0,015 \text{ Bq/l}$ ).

Les résultats d'analyses (AREVA NC et IRSN) effectuées à proximité du site de Margabal sont présentés dans les tableaux de la figure 8.

- *Site de Lifernet*

Le site de Lifernet a fait l'objet de travaux de reconnaissance par petit chantier (creusement d'un travers-banc). Le site est susceptible d'impacter la rivière Le Lot via le ruisseau de Lifernet. Ce ruisseau coule à 5 mètres en contrebas de l'entrée du travers-banc. Un prélèvement (LIF RU) situé à 40 m en aval hydraulique de l'entrée du travers-banc a été réalisé.

Aucune arrivée d'eau n'a été observée en sortie du travers-banc lors de la visite d'état des lieux de 2010.

Les eaux prélevées dans le ruisseau de Lifernet possèdent des teneurs en uranium 238 et radium 226 solubles du même ordre de grandeur que celles relevées dans le milieu naturel ( $U_{238sol} = 3,1 \mu\text{g/l}$  soit  $0,04 \text{ Bq/l}$  et  $Ra_{226sol} = 0,04 \text{ Bq/l}$ )

Les résultats d'analyses (AREVA NC) effectuées à proximité du site de Margabal sont présentés dans le tableau de la figure 9.

- *Site de Soulouse*

Le site de Soulouse a fait l'objet de travaux de reconnaissance par petits chantiers (creusement de travers-bancs et d'un puits associé à un tronçon de galerie). Le site est susceptible d'impacter la rivière Le Lot via un ruisseau affluent. Un prélèvement (SOU RU) a été effectué dans ce ruisseau à 100 m au Nord-Est de l'ancien puits.

Aucune arrivée d'eau n'a été observée sur le site lors de la visite de terrain en 2010.

Les eaux prélevées dans le ruisseau, affluent du Lot, possèdent des teneurs en uranium 238 et radium 226 solubles du même ordre de grandeur que celles relevées dans le milieu naturel ( $U_{238sol} = 2,5 \mu\text{g/l}$  soit  $0,03 \text{ Bq/l}$  et  $Ra_{226sol} = 0,03 \text{ Bq/l}$ ).

Les résultats d'analyses (AREVA NC) effectuées à proximité du site de Soulouse sont présentés dans le tableau de la figure 9.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 92/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- *Site de Méjannesserre*

Le site de Méjannesserre a fait l'objet de travaux de reconnaissance par petit chantier (creusement d'un travers-banc). Le site est susceptible d'impacter le ruisseau de Méjanasserre (prélèvement MEJ RU), affluent du ruisseau de l'Estampes, lui-même affluent du Lot.

Aucun écoulement n'a été repéré sur le site au cours de la visite d'état des lieux en 2010.

Les teneurs en  $U_{238}$  et  $Ra_{226}$  solubles mesurées dans le ruisseau de Méjanasserre sont du même ordre de grandeur que celles relevées dans le milieu naturel ( $U_{238sol} = 1,5 \mu\text{g/l}$  et  $Ra_{226sol} < 0,02 \text{ Bq/l}$ ).

Les résultats d'analyses (AREVA NC) effectuées à proximité du site de Méjannesserre sont présentés dans le tableau de la figure 9.

- *Site de Falquières*

Les travaux miniers du site de Falquières ont consisté au creusement d'une descenderie et de deux puits accompagnés de galeries et recoupes. Aucun écoulement d'eau, sur et à proximité du site, n'a été repéré lors de la visite en 2010.

Le site de Falquières est susceptible d'impacter le ruisseau de Besseyrol, affluent du ruisseau de la Daze, lui-même affluent du Lot.

Du fait, de sa position topographique par rapport au site de Cabanel (100 m en amont), le prélèvement d'eau dans le ruisseau de Besseyrol en aval du site correspond à celui effectué pour le site de Cabanel (CAB RU). Le prélèvement CAB RU est donc représentatif de l'impact potentiel cumulé des deux sites (cf. figure 3).

- *Site de Cabanel*

Le site de Cabanel a fait l'objet de travaux miniers qui ont consisté au creusement d'un travers-banc et en l'exploitation d'une tranchée. Le site est susceptible d'impacter le ruisseau de Besseyrol (prélèvement CAB RU), affluent du ruisseau de la Daze, lui-même affluent du Lot.

Un écoulement d'eau (prélèvement CAB EXU) a été repéré à l'entrée du travers-banc, les eaux se dirigent vers le ruisseau de Besseyrol.

*N.B. : Le prélèvement CAB RU correspond également au prélèvement « aval site » de Falquières (cf. paragraphe ci-dessus).*

Les eaux issues du travers-banc (CAB EXU) présentent un marquage en uranium 238 et radium 226 solubles ( $U_{238sol} = 45 \mu\text{g/l}$  soit  $0,55 \text{ Bq/l}$  et  $Ra_{226sol} = 0,35 \text{ Bq/l}$ ).

L'IRSN a également effectué une analyse sur ces eaux (prélèvement Caban1 :  $U_{238sol} = 89,4 \mu\text{g/l}$  et  $Ra_{226sol} = 0,23 \text{ Bq/l}$ ) : les résultats mettent également en évidence ce marquage des eaux avec cependant une concentration en  $U_{238sol}$  sensiblement plus élevée que celle mesurée par AREVA NC.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 93/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les eaux prélevées au point CAB RU présentent des teneurs en uranium 238 et radium 226 solubles ( $U_{238sol} = 1,4 \mu\text{g/l}$  soit  $0,02 \text{ Bq/l}$  et  $Ra_{226sol} = 0,03 \text{ Bq/l}$ ) du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le milieu naturel. Par conséquent, les eaux issues du travers-banc n'influence pas la qualité radiologique des eaux du ruisseau de Besseyrol.

Les résultats d'analyses (AREVA NC et IRSN) effectuées sur et à proximité du site de Cabanel sont présentés dans les tableaux de la figure 10.

- *Site de Sénergues*

Le site de Sénergues a fait l'objet de travaux miniers souterrains consistant au fonçage d'un puits associé à trois niveaux de galeries. Le site est susceptible d'impacter le ruisseau du Tayrac (prélèvement SNG RU), affluent du ruisseau de la Daze, lui-même affluent du Lot.

Aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site. Cependant, un système de drainage a été mis en place sur la parcelle voisine située au Nord du site. Par conséquent, ces drains sont susceptibles de capter des eaux de subsurface ayant transité par les travaux miniers. Un prélèvement d'eau (SNG EXU) a donc été effectué en sortie de ce système de drainage.

Les eaux prélevées aux points SNG EXU et SNG RU possèdent des teneurs en uranium 238 et radium 226 solubles du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le milieu naturel :

- SNG EXU :  $U_{238sol} < 1 \mu\text{g/l}$  soit  $0,01 \text{ Bq/l}$  et  $Ra_{226sol} = 0,03 \text{ Bq/l}$  ;
- SNG RU :  $U_{238sol} < 1 \mu\text{g/l}$  soit  $0,01 \text{ Bq/l}$  et  $Ra_{226sol} = 0,04 \text{ Bq/l}$ .

Les mesures effectuées au point SNG EXU sont confirmées par le prélèvement Sénerg2 de l'IRSN, ( $U_{238sol} = 0,077 \mu\text{g/l}$  et  $Ra_{226sol} < 0,015 \text{ Bq/l}$ ).

Les résultats d'analyses (AREVA NC et IRSN) effectuées à proximité du site de Senergues sont présentés dans les tableaux de la figure 10.

## **BASSIN VERSANT DE L'ARGENCE MORTE**

- *Site des Plagnes*

Le site des Plagnes a fait l'objet de travaux de reconnaissance par petit chantier (creusement d'un puits associé à un niveau de galeries). Les Plagnes est le seul site susceptible d'impacter :

- le ruisseau du Coulet (prélèvement PLA RUN), affluent du ruisseau du Rieutord ;
- et directement le ruisseau du Rieutord (prélèvement PLA RUS), affluent de la rivière de l'Argence Morte.

Un système de drainage a été mis en place sur la parcelle concernée par les travaux miniers. L'exutoire de ces drains (prélèvement PLA EXU) se situe dans un fossé, rejoignant le ruisseau du Rieutord.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 94/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Un prélèvement (PLA ABR) a été également réalisé dans l'abreuvoir de la ferme de la Cassagne, qui serait alimenté par une source à proximité.

Les eaux prélevées en sortie de drains présentent un léger marquage en uranium 238 et radium 226 solubles ( $U_{238sol} = 16 \mu\text{g/l}$  soit  $0,20 \text{ Bq/l}$  et  $Ra_{226sol} = 0,13 \text{ Bq/l}$ ). L'IRSN a également fait ce constat (prélèvement Plag3 :  $U_{238sol} = 19,7 \mu\text{g/l}$  et  $Ra_{226sol} = 0,23 \text{ Bq/l}$ ) et mentionne dans son rapport [16] : « Ces valeurs restent toutefois dans la gamme de valeurs rencontrées pour des eaux d'origine souterraine. Elles restent par ailleurs dans le même ordre de grandeur que la valeur guide définie dans les recommandations de l'OMS pour les eaux de boisson ( $15 \mu\text{g/l}$ ) ».

Les eaux prélevées dans l'abreuvoir de la ferme (PLA ABR) et dans les ruisseaux du Coulet (PLA RUN) et du Rieutord (PLA RUS) possèdent des teneurs en uranium 238 et radium 226 solubles du même ordre de grandeur que celles relevées dans le milieu naturel ( $U_{238sol} < 1 \mu\text{g/l}$  soit  $0,01 \text{ Bq/l}$  et  $Ra_{226sol} \leq 0,03 \text{ Bq/l}$ ).

L'IRSN a également effectué des analyses en 3 points sur le ruisseau du Rieutord et confirme les résultats acquis par AREVA NC :

- Plag4 (amont du site) :  $U_{238sol} = 0,089 \mu\text{g/l}$  et  $Ra_{226sol} < 0,013 \text{ Bq/l}$  ;
- Plag5 (amont du site) :  $U_{238sol} = 0,065 \mu\text{g/l}$  et  $Ra_{226sol} < 0,017 \text{ Bq/l}$  ;
- Plag6 (aval des eaux provenant du site et en amont du prélèvement PLA RUS) :  $U_{238sol} = 0,167 \mu\text{g/l}$  et  $Ra_{226sol} < 0,015 \text{ Bq/l}$ .

Les résultats d'analyses (AREVA NC et IRSN) effectuées sur et à proximité du site des Plagnes sont présentés dans les tableaux de la figure 11.

## BASSIN VERSANT DE L'AVEYRON

- Site de Bertholène

Le site de Bertholène possède un stockage de résidus de traitement et a connu l'exploitation d'une mine souterraine et d'une mine à ciel ouvert. Le ruisseau des Balaures coule sur le site du Sud vers le Nord. Ce ruisseau a été dévié et canalisé sur toute la traversée du site puis se jette dans la rivière l'Aveyron.

Les eaux du site proviennent : des travaux souterrains, des infiltrations météoriques dans la mine à ciel ouvert et du stockage de résidus de traitement du minerai.

L'exutoire des eaux issues des travaux souterrains se trouve au niveau de l'ancienne entrée du travers-banc TB680. Les eaux provenant de la mine à ciel ouvert arrivent également au niveau du TB680 mais par une canalisation indépendante de celle véhiculant les eaux issues des TMS (cf. paragraphe 2.5.2).

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 95/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les eaux issues des travaux miniers du site (TMS + MCO) sont ensuite dirigées vers le bassin R570, avant passage en station de traitement.

Les eaux provenant du stockage sont recueillies en pied de digue, via une canalisation béton, puis sont dirigées vers le bassin de contrôle BC, avant passage en station de traitement.

Le fonctionnement de la station de traitement des eaux est décrit au chapitre 10.2.

Après passage en station de traitement, les eaux du site passent dans un bassin de décantation R541, puis dans le bassin de rejet B4. Il existe un bassin de sécurité B5 qui permet de diriger les eaux issues de la station de traitement vers un nouveau cycle en cas de problème. Le rejet du bassin B4 se fait gravitairement vers le ruisseau des Balaures.

La gestion de la station de traitement du site est sous-traitée à la SAUR.

Le site fait l'objet d'une surveillance réglementaire dans le cadre de l'arrêté préfectoral n°99-0517 du 19 mars 1999. Cinq points de prélèvements permettent de suivre les éventuels impacts du site sur le milieu naturel :

- Le point A : Ruisseau des Balaures en sortie de site,
- Le point K : Ruisseau des Balaures en amont du site,
- Le point E : Ruisseau des Balaures en aval du site (avant le passage souterrain du ruisseau),
- Le point F : Rivière l'Aveyron, en amont de la confluence avec le ruisseau des Balaures,
- Le point G : Rivière l'Aveyron, en aval de la confluence avec le ruisseau des Balaures.

Un suivi des eaux souterraines en sortie du site est aussi effectué au niveau du piézomètre P9. La localisation de ce dernier est présentée à la figure 20.

La fréquence et le type des analyses réalisées à ces points ont été définis de la manière suivante :

Tableau de fréquence des analyses							
	EAU				SEDIMENTS ET VEGETAUX AQUATIQUES		
	U <sub>238</sub> soluble	U <sub>238</sub> insoluble	Ra <sub>226</sub> soluble	Ra <sub>226</sub> insoluble	U238	Ra226	Pb210
<b>Point A</b>	T	T	T	T	/		
<b>Point K</b>	S	S	S	S	Tous les deux ans		
<b>Point E</b>	S	S	S	S			
<b>Point F</b>	S	S	S	S			
<b>Point G</b>	S	S	S	S			
<b>P9</b>	T	T	T	T	/		

T = Trimestrielle S= Semestrielle

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 96/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Conformément à l'arrêté préfectoral, le point A fait également l'objet de contrôles :

- hebdomadaires ( $U_{238}$  et  $Ra_{226}$  solubles, métaux : Fe, Cr, Cd, Ni, Cu, Al, Zn, Pb et Mn) réalisés par AREVA NC ;
- trimestriels, réalisés de manière contradictoire, portant sur :
  - $U_{238}$  soluble,  $Ra_{226}$  soluble et insoluble effectués par le laboratoire ALGADE (Groupe CARSO),
  - Métaux et MES (Matières en Suspension) effectués par Aveyron Labo à Rodez.

Résultats des analyses effectuées sur l'eau :

Les résultats d'analyses effectuées sur le compartiment « eau », sur et dans l'environnement proche du site de Bertholène sont présentés dans les tableaux des figures 12 à 15.

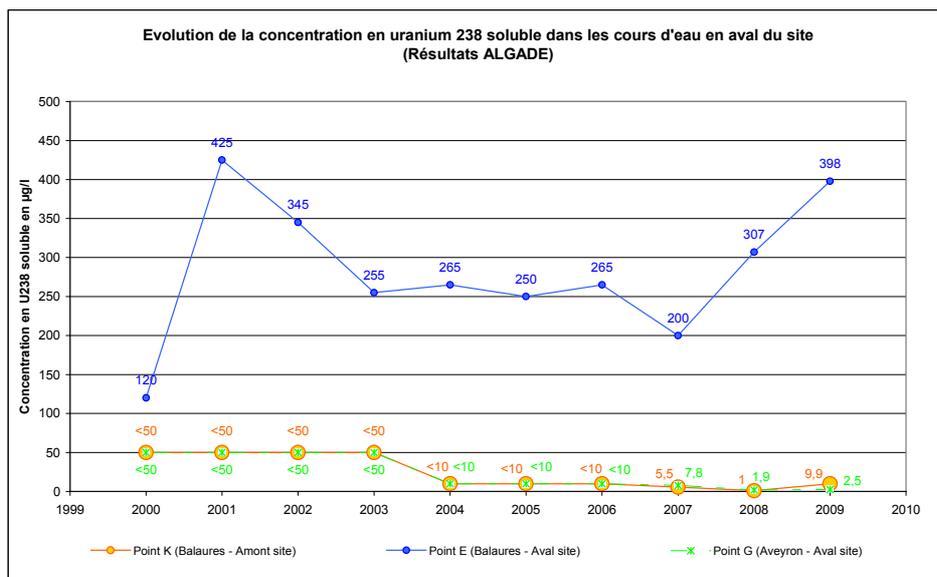
→ Qualité radiologique de l'eau

Sur la période 2000 – 2009, les eaux prélevées en sortie du site (point A) présentent :

- des concentrations en uranium 238 soluble comprises entre 160 et 453  $\mu\text{g/l}$  soit 1,97 et 5,57 Bq/l (résultats AREVA NC) ;
- des teneurs en radium 226 soluble comprises entre 0,05 et 0,10 Bq/l (résultats AREVA NC).

Globalement, on constate que les teneurs en radioéléments du rejet du site diminuent au fil des années, avec cependant un pic en uranium 238 soluble à 453  $\mu\text{g/l}$  mesuré en 2009. Cette tendance est confirmée par les analyses contradictoires effectuées par ALGADE.

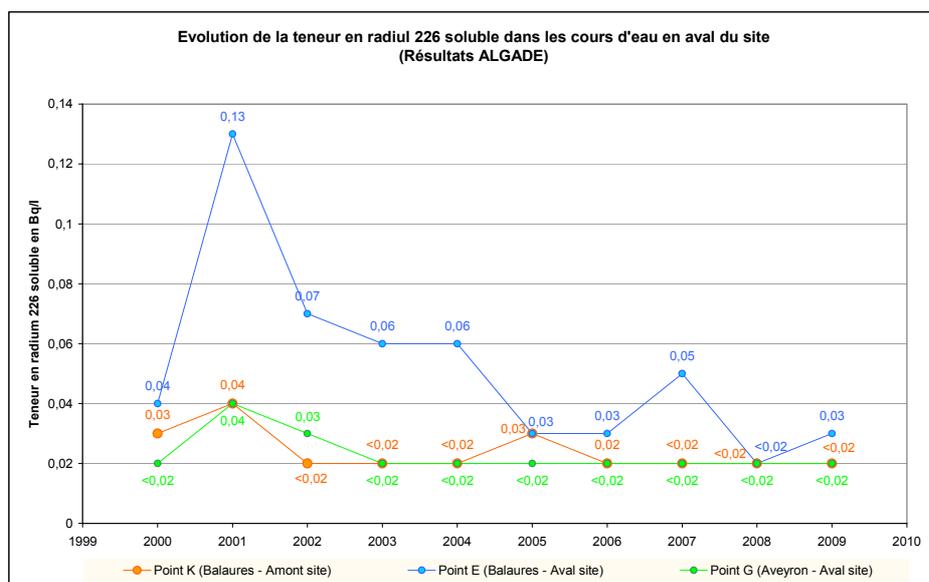
Le graphique suivant montre l'évolution de la concentration en  $U_{238}$  soluble en aval du site dans le ruisseau des Balaures (point E) et dans la rivière l'Aveyron (point G) :



Ce graphique met en évidence que le site a un impact significatif sur la qualité radiologique du ruisseau des Balaures qui, en raison de son faible débit, possède un faible pouvoir de dissolution.

Cependant, ce marquage significatif n'est plus observable sur la rivière l'Aveyron, qui présente, sous l'effet d'une dilution importante (fort débit), des valeurs de même ordre de grandeur que celles observées en amont du site de Bertholène.

Le graphique suivant présente l'évolution de la teneur en  $Ra_{226}$  soluble en aval du site dans le ruisseau des Balaures (point E) et dans la rivière l'Aveyron (point G) :



La teneur en radium 226 soluble dans les eaux dans le ruisseau des Balaures ( $Ra_{226sol} < 0,07$  Bq/l) est légèrement supérieure à celle relevée au point K, en amont du site mais reste toute de même du même ordre de grandeur (à l'exception de l'année 2001 :  $Ra_{226sol} = 0,13$  Bq/l).

Ce graphique met également met également en évidence que le site de Bertholène n'a pas d'impact sur la teneur en  $Ra_{226}$  soluble dans la rivière l'Aveyron : les teneurs mesurées sont équivalentes à celles rencontrées en amont du site.

→ Résultats d'analyses sur les métaux au point A

Le tableau suivant présente un synthèse des mesures effectuées sur les métaux dans les eaux prélevées au point A, sur la période 2000 – 2009 :

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 98/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

		Fe	Cr	Cd	Ni	Cu	Al	Zn	Pb	Mn	Métaux totaux
		mg/l									
Analyses AREVA	2000	0,022	0,010	0,010	0,010	0,010	0,079	0,015	0,030	0,696	0,794
	2001	0,021	0,011	0,011	0,011	0,010	0,085	0,016	0,030	0,772	0,880
	2002	0,020	0,010	0,010	0,010	0,010	0,055	0,015	0,030	0,420	0,490
	2003	0,023	0,011	0,021	0,011	0,012	0,045	0,029	0,030	0,225	0,429
	2004	0,037	0,011	0,011	0,014	0,011	0,050	0,070	0,025	0,534	0,683
	2005	0,231	0,010	0,010	0,010	0,012	0,153	0,017	0,031	1,486	1,881
	2006	0,051	0,010	0,010	0,011	0,012	0,085	0,030	0,017	0,374	0,538
	2007	0,018	0,010	0,010	0,010	0,010	0,050	0,020	0,010	0,283	0,368
	2008	0,026	0,010	0,010	0,010	0,012	0,064	0,033	0,010	0,258	0,433
	2009	0,013	0,007	0,007	0,008	0,008	0,094	0,019	0,007	0,282	0,447
	<b>Moyenne 2000-2009</b>	<b>0,046</b>	<b>0,010</b>	<b>0,011</b>	<b>0,011</b>	<b>0,011</b>	<b>0,076</b>	<b>0,026</b>	<b>0,022</b>	<b>0,533</b>	<b>0,694</b>
Analyses contradictoires Labo Aveyron (Rodez)	2000	0,100	0,002	0,001	0,008	0,100	0,083	0,021	0,005	0,696	0,786
	2001	0,053	0,002	0,001	0,010	0,029	0,112	0,027	0,005	1,339	1,488
	2002	0,010	0,002	0,001	0,006	0,005	0,020	0,018	0,005	0,444	0,485
	2003	0,010	0,002	0,001	0,006	0,005	0,020	0,018	0,005	0,444	0,485
	2004	0,013	0,002	0,001	0,005	0,005	0,048	0,005	0,005	0,523	0,586
	2005	0,014	0,002	0,001	0,006	0,005	0,015	0,005	0,005	0,467	0,493
	2006	0,012	0,002	0,001	0,006	0,005	0,032	0,006	0,005	0,480	0,523
	2007	0,021	0,002	0,001	0,005	0,005	0,066	0,007	0,005	0,465	0,559
	2008	0,013	0,001	<0,001	0,003	0,005	0,045	0,007	0,001	0,284	0,351
	2009	0,014	0,001	0,001	0,003	0,005	0,055	0,008	0,001	0,367	0,460
	<b>Moyenne 2000-2009</b>	<b>0,026</b>	<b>0,002</b>	<b>0,001</b>	<b>0,006</b>	<b>0,017</b>	<b>0,050</b>	<b>0,012</b>	<b>0,004</b>	<b>0,551</b>	<b>0,621</b>

L'ensemble des résultats d'analyses effectuées sur la période 2000 – 2009 respecte la limite annuelle pour les métaux totaux de 15 mg/l, fixée par l'arrêté préfectoral n°99-0517 du 19 mars 1999.

→ Traitement des eaux

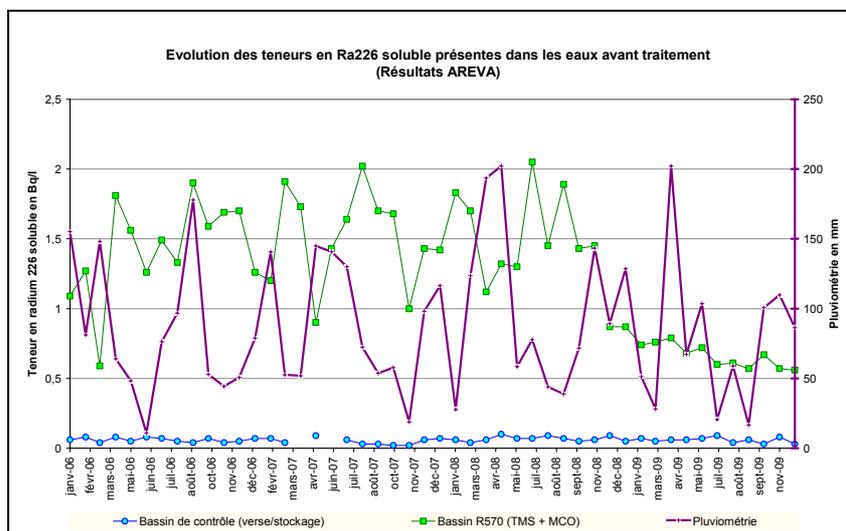
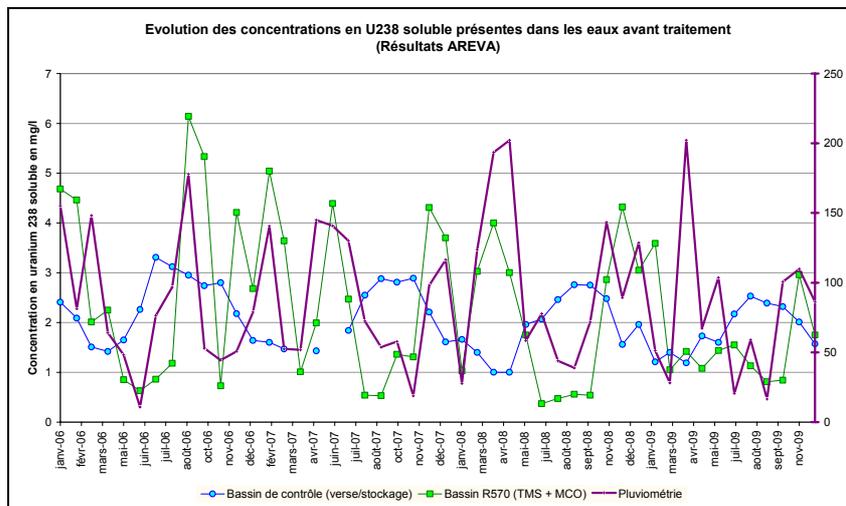
Le tableau suivant présente la répartition des volumes d'eau traitée en fonction de leur provenance pour chaque année et la répartition du traitement sur le volume total :

Années	stockage/verse		Travaux miniers (TMS+MCO)		Volume total traité en m <sup>3</sup>	% traité à la chaux	% traité à la soude	Pluviométrie annuelle en mm
	Volume en m <sup>3</sup>	Part	Volume en m <sup>3</sup>	Part				
2000	234 744	69%	106 998	31%	341 742	90	10	1204
2001	184 284	66%	94 942	34%	279 226	88	12	1037
2002	143 841	65%	77 987	35%	221 828	Absence d'information		921
2003	146 989	67%	73 339	33%	220 328	80	20	927
2004	209 713	74%	74 547	26%	284 260	77	23	1122
2005	129 646	69%	59 540	31%	189 186	89	11	769
2006	175 355	72%	67 889	28%	243 244	73	27	1007
2007	155 447	75%	53 049	25%	208 496	80	20	1041
2008	194 733	78%	54 072	22%	248 805	80	20	1187
2009	145 295 *	70% *	37 325 *	18% *	206 283 *	58	42	974

\* A partir de juin 2009, les eaux provenant du drain sous concasseur présentait des concentrations uranium 238 soluble proche de la valeur limite de rejet de 1,8 mg/l. Par conséquent, ces eaux ne sont plus rejetées directement dans le ruisseau des Balaures, mais passent en station de traitement, via le bassin de sécurité B5. Pour l'année 2009, le volume d'eau traité provenant du rejet du drain sous concasseur est de 23 663 m<sup>3</sup>, soit 11 % du volume total traité.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 99/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les graphiques suivants présentent l'évolution des teneurs en  $U_{238}$  et  $Ra_{226}$  solubles au niveau des rejets avant traitement, à savoir le bassin de contrôle pour le rejet du stockage/verse et le bassin R570 pour le rejet des TMS et MCO, sur la période 2006 – 2009 :



D'une manière générale, on peut dire que :

- près de 70% des eaux traitées en station proviennent du stockage de résidus de traitement ;
- le volume total traité annuellement est fonction de la pluviométrie ;
- la qualité radiologique des eaux provenant des travaux miniers (TMS+MCO) présentent des variations plus importantes que celle des eaux provenant du stockage :
  - o les teneurs en radium 226 soluble mesurées dans les eaux provenant du stockage sont, d'une part, nettement inférieures à celles des eaux provenant des travaux miniers et d'autres, plus stables dans le temps.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 100/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- les concentrations en uranium 238 soluble mesurées dans les eaux de stockage se répètent de manière cyclique, en fonction des saisons (de mai à décembre, les concentrations en  $U_{238sol}$  sont plus élevées que de janvier à avril).
- les teneurs en radioéléments ( $U_{238}$  et  $Ra_{226}$ ) mesurées dans les eaux des travaux miniers présentent de fortes variations qui ne sont pas fonction des saisons.

En comparant ces teneurs à la pluviométrie mensuelle, on constate que globalement un pic « pluviométrie » entraîne un pic « concentration en uranium » : des concentrations élevées en uranium correspondraient donc à un phénomène de lixiviation plus marquée, vraisemblablement au niveau des terrains de la MCO. En revanche, ce constat n'est pas observé sur les teneurs en radium 226.

- concernant la concentration en uranium 238 soluble des eaux issues du stockage, les maximums de concentrations observées tendent à diminuer chaque année :

Année	$[U_{238}]_{maxi}$
2006	3,31 mg/l
2007	2,89 mg/l
2008	2,76 mg/l
2009	2,53 mg/l

- la teneur en radium 226 soluble des eaux issues des travaux miniers tend à se stabiliser depuis décembre 2008.

→ Flux en uranium 238 dans le ruisseau des Balaures en aval du rejet (point A)

Le tableau suivant présente les flux en uranium 238 rejetés pour chaque année :

Années	Débit annuel Balaures Aval après rejet (au point A)	Concentrations moyennes annuelles	Flux	% du volume total traité à la chaux	% du volume total traité à la soude
	m <sup>3</sup> /an	en µg/l	kg/an		
2000	1 582 169	260	411	90	10
2001	1 248 405	310	387	88	12
2002	886 598	160	142	Absence d'information	
2003	528 920	260	138	80	20
2004	1 574 466	290	457	77	23
2005	945 083	240	227	89	11
2006	1 425 284	230	328	73	27
2007	1 480 758	230	341	80	20
2008	1 915 682	280	536	80	20
2009	1 390 977	453	630	58	42

L'efficacité du traitement à la chaux semble supérieure à celui effectué à la soude (qui n'est généralement mis en œuvre que pour de très faible débit saisonnier (ex : année 2009))

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 101/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

### Résultats des analyses effectuées sur le compartiment sédimentaire :

Les résultats d'analyses dans l'environnement proche du site de Bertholène sont présentés dans les tableaux de la figure 15.

Au vu des résultats, sur la période 2000 – 2008, il apparaît que :

- les sédiments prélevés en amont du site dans le ruisseau des Balaures (point K) et dans la rivière l'Aveyron, en amont (point F) et en aval (point G) de la confluence avec le ruisseau des Balaures, présentent des valeurs le plus souvent en limite de détection.
- un marquage radiologique des sédiments du ruisseau des Balaures (point E), notamment en uranium 238. Ce marquage est plus ou moins important selon les années (de 1 390 à 17 600 Bq/kg de matière sèche).

Les sédiments sont prélevés de manière à constituer un échantillon composite sur un linéaire de plusieurs dizaines de mètres. Ce mode de prélèvement ne permet pas systématiquement de s'affranchir des hétérogénéités liées principalement à la nature même du sédiment (% en matière organique, % en matière argileuse). Il en résulte que la comparaison stricte des niveaux d'activité est un exercice délicat pouvant conduire à des conclusions erronées (exemple de l'activité mesurée au point K en 2006 en amont du site).

Malgré ces difficultés d'interprétation, on peut établir les constats suivants :

- les fortes activités sont accompagnées d'un déséquilibre entre le radium et l'uranium tandis que dans le milieu de référence, ces radionucléides sont sensiblement à l'équilibre. Le rapport d'activité constitue donc, au même titre que le niveau d'activité, un indice de l'influence minière,
- le très faible rapport de dilution dans le ruisseau des Balaures, contribue à ce marquage significatif,
- les zones de faible courant (intérieurs des méandres) permettent la décantation des particules les plus fines sur lesquelles les radionucléides sont adsorbés.

### Résultats des analyses effectuées sur les végétaux aquatiques :

Les résultats d'analyses dans l'environnement proche du site de Bertholène sont présentés dans les tableaux de la figure 16.

Au vu des résultats, sur la période 2000 – 2008, il apparaît que :

- les végétaux aquatiques présentent des valeurs le plus souvent en limite de détection aux points K (amont ruisseau des Balaures), F (amont Aveyron) et G (aval Aveyron).
- l'absence d'impact significatif sur les végétaux aquatique du ruisseau des Balaures, notamment en 2006, en dépit de prélèvements ciblés sur des mousses aquatiques (fontinales) à fort potentiel de concentration en métaux lourds.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 102/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- *Site de Lussagues*

Le site de Lussagues a fait l'objet de travaux miniers qui ont consisté en l'exploitation de quatre tranchées. Le site est susceptible d'impacter l'Aveyron, via le ruisseau del Bieu (prélèvement LUS RUN) coulant à 100 m au nord du site et via le ruisseau des Plaines (prélèvement LUS RUS) coulant à 150 m au sud du site. Ces deux ruisseaux confluent à 650 m au Nord-Ouest.

Aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site.

Les eaux prélevées dans ces deux ruisseaux présentent des teneurs en uranium 238 et radium 226 solubles du même ordre de grandeur que celles relevées dans le milieu naturel ( $U_{238sol} = 5 \mu\text{g/l}$  soit  $0,06 \text{ Bq/l}$  et  $Ra_{226sol} = 0,03 \text{ Bq/l}$ ) et que celles relevées par l'IRSN sur le prélèvement Lussag2 ( $U_{238sol} = 7,46 \mu\text{g/l}$  et  $Ra_{226sol} = 0,018 \text{ Bq/l}$ ).

Les résultats d'analyses (AREVA et IRSN) effectuées à proximité du site de Lussagues sont présentés dans les tableaux de la figure 17.

## **BASSIN VERSANT DU TARN**

- *Site du Roube*

Les travaux miniers ont consisté au creusement d'un travers-banc (TB350) et de deux amorces de galeries (G1 et G2). Le site est susceptible d'impacter la rivière Tarn via le ruisseau du Roube, affluent du ruisseau de la Layrolle.

Aucun écoulement d'eau n'a été repéré au niveau des entrées des galeries G1 et G2. En revanche, lors du réaménagement du travers-banc TB350, une canalisation enterrée a été posée afin de créer un exutoire pour les eaux provenant des travaux miniers. La sortie de cette canalisation est localisée en bordure du ruisseau du Roube. Les eaux provenant de cette canalisation ont fait l'objet d'un prélèvement (ROB EXU).

Un second prélèvement (ROB ROU) a été réalisé dans les eaux du ruisseau du Roube, en aval hydraulique du site.

Les eaux prélevées à l'exutoire du travers-banc (ROB EXU) présentent un marquage significatif en radioéléments ( $U_{238sol} = 747 \mu\text{g/l}$  soit  $9,19 \text{ Bq/l}$  et  $Ra_{226sol} = 0,44 \text{ Bq/l}$ ). Ce marquage, notamment en uranium 238, est toujours visible, dans une moindre mesure, dans les eaux du ruisseau du Roube ( $U_{238sol} = 92 \mu\text{g/l}$  soit  $1,13 \text{ Bq/l}$  et  $Ra_{226sol} = 0,05 \text{ Bq/l}$ ).

Pour le site du Roube, l'IRSN a effectué un prélèvement en amont hydraulique de l'exutoire du site, les résultats d'analyse sont représentatifs du milieu naturel ( $U_{238sol} = 1,69 \mu\text{g/l}$  et  $Ra_{226sol} < 0,014 \text{ Bq/l}$ ).

Les résultats d'analyses (AREVA et IRSN) effectuées sur et à proximité du site du Roube sont présentés dans les tableaux de la figure 18.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 103/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- *Site de La Boual*

Les travaux miniers ont consisté au creusement d'un travers-banc (TB254). Le site est susceptible d'impacter la rivière Tarn via le ruisseau de la Layrolle. Le site de la Boual est localisé en aval hydraulique du site du Roube.

Le dossier d'arrêt définitif des travaux miniers mentionne qu'une canalisation a été mise en place au niveau du travers-banc, au moment du réaménagement, comme pour le TB350 du Roube. Cependant, la présence d'une végétation abondante sur le site lors de la visite d'état des lieux, n'a pas permis de localiser précisément l'exutoire du TB254. Aucun prélèvement n'a donc pu être réalisé.

Un prélèvement d'eau dans le ruisseau de la Layrolle (BOU LAY) a été effectué en aval du site. Les eaux prélevées présentent un marquage en uranium 238 soluble (59 µg/l soit 0,73 Bq/l). La teneur en radium 226 soluble mesurée (0,03 Bq/l) en ce point est du même ordre de grandeur que celle relevée dans le milieu naturel.

Ce marquage en  $U_{238}$  soluble a également été observé par l'IRSN en 2009, au point Boul3 ( $U_{238sol} = 34 \mu\text{g/l}$  et  $Ra_{226sol} = 0,016 \text{ Bq/l}$ ).

Ce marquage en  $U_{238}$  des eaux du ruisseau de la Layrolle peut être causé par les eaux du ruisseau du Roube (cf. paragraphe sur le site du Roube) qui se jette dans la Layrolle en amont du site de la Boual. L'exutoire du site de La Boual, qui n'a pas été localisé, peut aussi contribuer à ce marquage.

Dans l'hypothèse où le marquage du ruisseau de la Layrolle serait uniquement dû à l'exutoire du Roube, il est important de signaler la bonne dilution de ces eaux marquées. Le facteur de dilution des eaux issues du TB350 (prélèvement ROB EXU) est de 8 dans le ruisseau du Roube (au point ROB ROU) et de 12 dans le ruisseau de La Layrolle (au point BOU LAY).

Les résultats d'analyses (AREVA et IRSN) effectuées à proximité du site de La Boual sont présentés dans les tableaux de la figure 19.

#### **8.1.4 Bilan des impacts sur le milieu aquatique**

Le contrôle des eaux réalisé au cours des visites de terrain de 2010 a porté sur des prélèvements réalisés :

- au niveau des rejets identifiés des travaux miniers souterrains (Coursière, Cabanel, Bertholène et La Roube),
- au niveau des exutoires de drains de parcelles concernées par les travaux miniers (Les Plagnes) ou situées en aval hydraulique (Senergues),
- au niveau des ruisseaux récepteurs des rejets,
- au niveau des ruisseaux potentiellement impactés en aval hydraulique des sites,
- sur quelques sources situées à proximité des sites (Vic-Conquettes, Le Cayroux, Les Plagnes).

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 104/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les résultats sont synthétisés comme suit :

Sites	Rejet		Ruisseau récepteur 1		Ruisseau récepteur 2		Ruisseau aval hydraulique	
Coursière	3,8	0,14	→ <1	<0,02				
Vic-Conquettes							<1	0,02 *
Le Cayroux							3,2	0,03 *
							2,2	0,03
Les Riailles							<1	<0,02
Margabal							2,5	0,04
Lifernet							3,1	0,04
Soulouse							2,5	0,03
Mejannesserre							1,5	<0,02
Falquières / Cabanel	45	0,35	→ 1,4	0,03				
Sénergues	<1	0,03	→ <1	0,04				
Les Plagnes	16	0,13					<1	<0,02 *
							<1	<0,02
Bertholène	510	0,03	→ 400	0,03			→ <10	<0,02
Lussagues							5	0,03
							<1	0,05
Le Roube	747	0,44	→ 92	0,05	→	59	0,03	
La Boual								

Légende : en vert : U<sub>238</sub> soluble en µg/l - en noir : Ra<sub>226</sub> soluble en Bq/l - \* prélèvements effectués sur des sources

Les sites de Prévinquières et Adrien Terrisse n'ont pas fait l'objet de prélèvements d'eau (cf. paragraphe des sites concernés au chapitre 8.1.3).

En résumé, on peut dire que :

- a) Les rejets des sites de Bertholène et Le Roube présentent un marquage significatif en uranium 238 soluble (respectivement 510 µg/l et 747 µg/l). Dans une moindre mesure, le rejet de Cabanel présente également un marquage en U<sub>238</sub> soluble (45 µg/l).

Seuls les rejets de Cabanel et du Roube présente un marquage en radium 226 soluble (respectivement 0,35 Bq/l et 0,44 Bq/l).

- b) Pour le site des Plagnes, le système de drainage a été mis en place au niveau du carreau minier. De ce fait, les eaux présentent un léger marquage en U<sub>238</sub> soluble (16 µg/l) et en Ra<sub>226</sub> soluble (0,13 Bq/l).

Pour le site de Sénergues, les eaux provenant des drains présentent des caractéristiques radiologiques similaires à celles rencontrées dans le milieu naturel.

- c) Seuls les ruisseaux récepteurs des rejets de Bertholène, Le Roube et La Boual possèdent un marquage en uranium 238 soluble significatif (de 59 à 400 µg/l), attribuable au rejet minier. La teneur en radium 226 soluble des eaux de ces ruisseaux est du même ordre de grandeur que celles relevées dans le milieu naturel.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 105/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- d) Les eaux des ruisseaux situés en aval hydraulique présentent une qualité radiologique similaire à celle du milieu naturel. Les sites du Cayroux, Margabal, Les Riailles, Lifernet, Soulouse, Méjannesserre, Les Plagnes, Lussagues et Bertholène (pour l'Aveyron) n'ont donc pas d'impact sur ces cours d'eau.
  
- e) Les sources situées à proximité des sites de Vic-Conquettes, Le Cayroux et Les Plagnes présentent des teneurs en radioéléments du même ordre de grandeur que celles relevées dans le milieu naturel. Ces sites miniers n'ont donc pas d'impact sur la qualité radiologique de ces sources.

### **8.1.5 Evaluation de l'évolution hydrogéologique et hydrochimique du site de Bertholène**

Afin d'évaluer l'évolution hydrogéologique et hydrochimique du site de Bertholène, deux études ont été confiées à l'Ecole des Mines de Paris :

- l'une réalisée en 1993 dans le cadre du dossier d'arrêt définitif des travaux,
- la seconde réalisée en 2002 afin de prendre en compte la totalité du site et de juger la pertinence de la mise en place d'une couverture visant à réduire les infiltrations au niveau du stockage et de la mine à ciel ouvert.

#### **Etude de 1993 [17] :**

L'Ecole des Mines devait fournir une étude prévisionnelle du fonctionnement hydrologique et hydrochimique à long terme de la zone « verse / stockage ». Les objectifs étaient :

- d'établir un modèle apte à prévoir en qualité et en quantité les rejets émis en pied de verse et à l'exutoire du site après l'arrêt des activités minières.
- d'apprécier grâce à ce modèle l'efficacité des différentes mesures envisagées pour réduire les impacts du site sur l'environnement (mise en place d'une couverture végétalisée sur le stockage).

Les modèles hydrologique et hydrochimique ont été conçus de sorte à prendre en compte :

- le fait que le stockage est le siège d'un phénomène classique de drainage acide qui conduit à la production d'effluents à pH faible et à contenu élevé en sulfate et métaux (Fe, Mn, Al et U).
- les différents apports en eau, naturels ou artificiels, qui participe au bilan hydrique du stockage.
- la nécessité de décrire dans le temps l'évolution des flux de métaux émis.
- les différents scénarios de réaménagement.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 106/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les conclusions et les modèles hydrologique et hydrochimique de la zone « stockage/verse » ont été repris et actualisés dans le cadre de l'étude de 2002 décrite ci-dessous.

### **Etude de 2002 [13] :**

Avec l'objectif d'avoir une vision globale à long terme du site de Bertholène, une nouvelle étude a été confiée en 2002 à l'Ecole des Mines de Paris, afin de réévaluer l'évolution hydrogéologique et hydrochimique de l'ensemble du site en intégrant la zone de stockage et les travaux miniers.

La démarche générale adoptée s'est décomposée en cinq volets :

- Le recalage et l'adaptation du modèle hydrologique de 1993 (identification et quantification des flux de la mine à ciel ouvert, des travaux souterrains et du stockage)
- La réactualisation du modèle hydrochimique de la verse (prise en compte de l'ensemble des résultats sur la période 1991- 2000) ;
- La modélisation du flux en provenance des travaux à ciel ouvert ;
- Un examen de la qualité des eaux (apparemment stabilisée) émises par les travaux souterrains ;
- Un modèle intégré et une simulation prévisionnelle de l'ensemble du site minier prenant en compte le débit total et la qualité globale de l'effluent à surveiller, qui est constitué de la somme des 3 flux précédents.

Cette étude a permis de caractériser pour chaque sous-ensemble les données suivantes :

- les flux entrants,
- les débits en sortie de chaque sous-ensemble,
- les conditions d'écoulements des eaux,
- la qualité des eaux en sortie (concentrations en métaux dont uranium).

### Le modèle hydrologique

Pour l'établissement du modèle, les hypothèses suivantes ont été retenues :

- les écoulements souterrains au niveau des TMS sont négligeables.
- les apports d'eau provenant des parements de la MCO sont négligeables.
- les transferts d'eau se font au sein de la frange d'altération et en écoulement subaérien.

Le modèle hydrologique choisi pour le site de Bertholène correspond à un « modèle couplé » développé par l'Ecole des Mines de Paris destiné à la simulation de la relation pluie/débit sur un bassin hydrologique.

Le domaine modélisé correspond au bassin versant limité à l'exutoire du site (soit une surface de 258 ha). Un maillage (maillé carrée de 100 m, 50 m et 25 m de coté en fonction des sous-ensembles) a été réalisé sur la totalité du bassin versant.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 107/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Deux fonctions principales sont utilisées par la modélisation :

- la fonction de transfert superficiel : elle définit le passage de l'eau d'une maille à une autre, en fonction des directions de drainage impliquées par la topographie.
- la fonction de production : elle répartit selon l'espace et le temps les précipitations au sol en tenant compte des facteurs : ruissellement, infiltration, évapotranspiration et stockage dans le sol. Cette fonction permet donc de calculer le bilan hydrique (quantité d'eau disponible) pour chaque maille.

Ce modèle a fait ensuite l'objet d'un calage et d'une validation à partir des données pluviométriques, des débits des différents sous-ensembles sur la période 1991-2001.

### Le modèle hydrochimique du relargage des métaux

Pour modéliser le relargage des métaux sur le site minier, deux approches ont été mises en œuvre conjointement :

- l'approche *analytique*, qui consiste à étudier par l'expérience et de manière plus ou moins indépendante l'ensemble des différents phénomènes physico-chimiques et biologiques qui agissent sur le système, et à tenter ensuite d'extrapoler et de modéliser les comportements observés en laboratoire ou en pilote à l'échelle du système entier (verse à stériles et MCO).
- l'approche *synthétique* (ou empirique) : qui ne nécessite pas *a priori* une connaissance détaillée du système ni une connaissance précise des différents processus élémentaires, mais repose essentiellement sur une analyse détaillée de l'historique de fonctionnement du système sur une période suffisamment longue.

Parallèlement, la loi de relâchement des métaux, définie en 1993, a été réajustée. Cette loi prend en relation avec la concentration, les trois termes suivants : la température, les débits et un terme d'atténuation (amoindrissement avec le temps de la quantité des métaux relâchés). Pour chacun des métaux, on établit au final une loi, soit mensuelle soit hebdomadaire, de la forme suivante :

$$M = a \cdot e^{b\theta} \cdot e^{-A \cdot V_{cum}} \cdot f(Q)$$

Avec : M : masse mensuelle ou hebdomadaire extraite (kg) du métal  
a : coefficient pré-exponentiel  
b : coefficient exponentiel de température  
 $\theta$  : température moyenne, mensuelle ou hebdomadaire, du site  
A : coefficient d'atténuation  
 $V_{cum}$  : volume efficace cumulé en  $m^3$   
f(Q) : part lixiviante du débit, mensuel ou hebdomadaire ( $m^3$ )

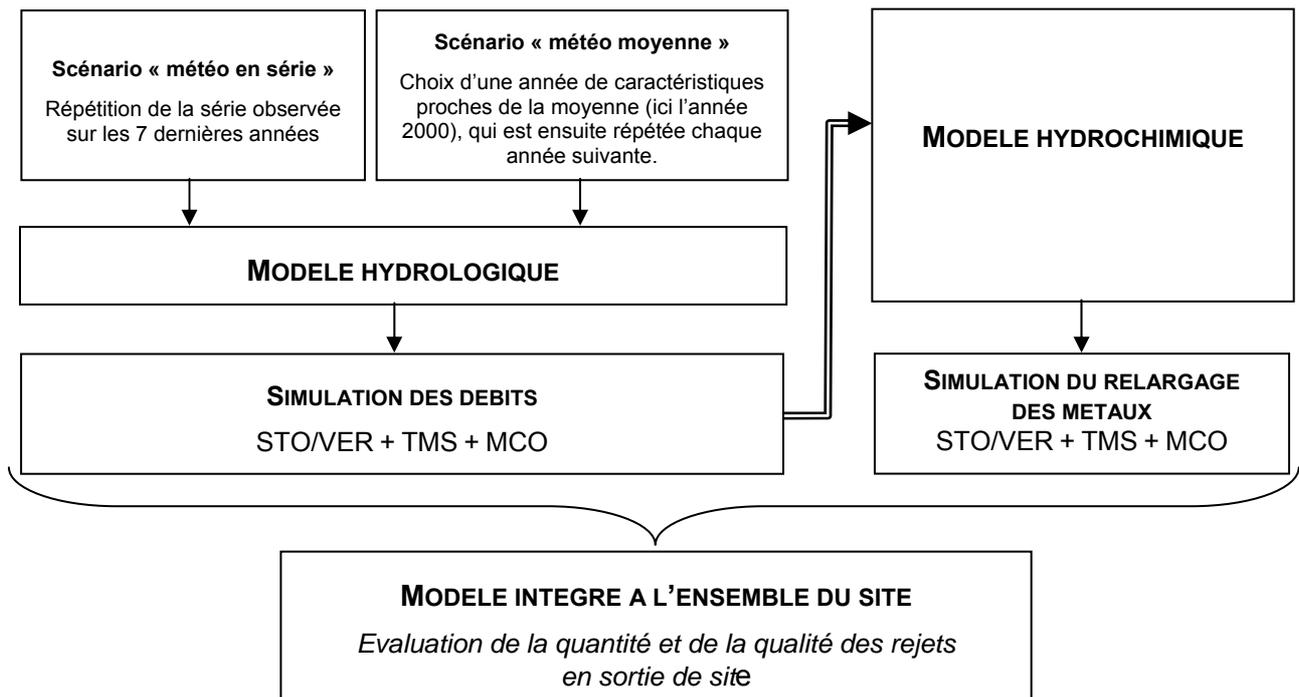
Le modèle hydrochimique a fait ensuite l'objet d'un calage et d'une validation, pour chaque sous-ensemble (verse/stockage, TMS et MCO) à partir des concentrations en uranium, aluminium, fer et manganèse, des données pluviométriques, des débits des différents sous-ensembles sur la période 1991-2001.

### La modélisation prédictive intégrée à l'ensemble du site

Cette modélisation intègre les deux modèles présentés ci-dessus, afin de prédire à long terme l'évolution hydrologique et hydrochimique sur l'ensemble du site.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 108/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Cette modélisation peut être schématisée de la manière suivante :



Les conclusions de cette étude pour la gestion environnementale du site sont les suivantes :

« L'évolution du système de la verse, prévue par le modèle de 1993, s'est trouvée confirmée par le suivi réalisé depuis plus de 8 ans aujourd'hui. Les données acquises sur le sous-système de la MCO montrent sans ambiguïté une évolution similaire, encore plus rapide. Le système souterrain quant à lui paraît parfaitement stabilisé. L'ensemble du système évolue donc aujourd'hui dans le sens d'une auto-réhabilitation.

*Dans ces conditions, la mise en place d'une couverture, sur la verse comme sur la MCO, paraît inutile, voir inopportune pour la gestion à terme du système. Sur le plan hydrochimique, la seule exigence actuelle est celle d'une part d'un traitement des eaux avant rejet, avec gestion des boues uranifères et métallifères, et d'autre part d'un suivi de l'évolution de la qualité des effluents.*

*Au delà de 2007, il est probable que la qualité de ces effluents ne nécessitera plus ni sur le plan des concentrations en uranium et métaux, ni sur le plan du pH de traitement spécifique. Néanmoins un suivi allégé de la qualité des eaux restera probablement nécessaire pendant quelques années spécialement en périodes d'étiage où la qualité des rejets est la plus susceptible de présenter une dégradation temporaire. »*

**Remarque :** La poursuite actuelle du traitement est guidée par une volonté de réduire les flux rejetés plutôt que par le strict respect des normes de rejets. Le traitement ne sera arrêté que :

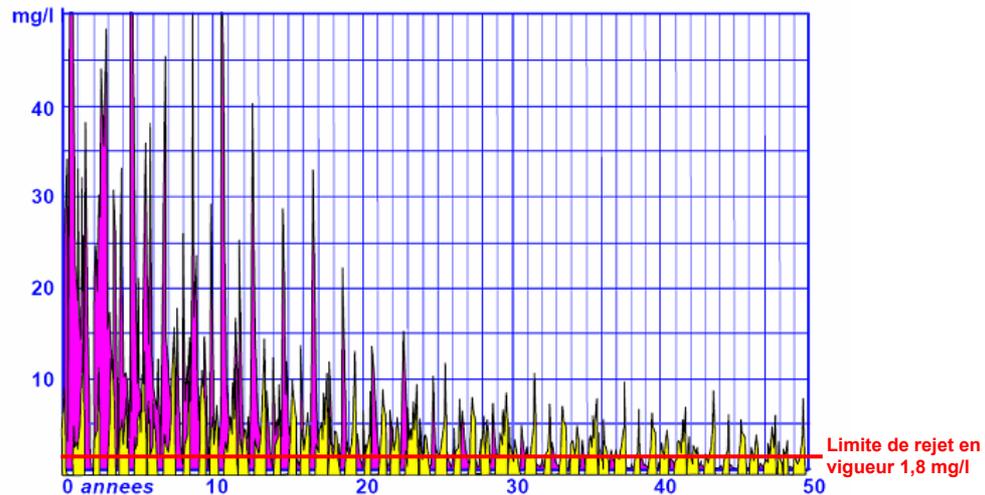
- si la preuve est apportée que l'impact sur le milieu aquatique est négligeable,
- si la preuve est apportée que l'impact lié à l'ajout de produits chimiques pour le traitement des rejets miniers est supérieur à l'impact lié au rejet de radioéléments.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 109/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Remarque sur la mise en place d'une couverture à faible perméabilité ( $10^{-9}$ ) sur le stockage :

La modélisation hydraulique et chimique a permis de comparer deux scénarios, le premier consistant à laisser évoluer le stockage dans sa configuration actuelle sans protection vis-à-vis des infiltrations d'eau, le second à placer une couverture de façon à réduire les apports directs d'eau par infiltration des précipitations.

Le graphique suivant met en évidence l'évolution de la concentration en uranium à l'exutoire du stockage pendant 50 ans, pour ces scénarios :



**Modélisation sur 50 ans de la concentration en uranium à l'exutoire de la verse à résidus de Bertholène**

En mauve : scénario en l'absence de couverture (configuration actuelle) - En jaune scénario en présence d'une couverture  
Source : Ecole des Mines de Paris

Cette modélisation montre que :

- pour le scénario en l'absence de couverture, la concentration en uranium à l'exutoire décroît rapidement avec des concentrations élevées, justifiant pendant les 30 premières années un traitement pour la récupération de l'uranium par rapport à une limite en vigueur. Les concentrations passeraient ensuite, dans ce même scénario, sous cette limite.
- pour le scénario avec couverture, les effluents se maintiendraient pendant plus de cinquante ans avec de faibles flux, mais des concentrations hors normes pendant les années humides.

Par conséquent, AREVA a choisi de ne pas mettre en place une couverture visant à réduire les infiltrations d'eau dans le stockage, contrairement à ce qu'il avait été mentionné dans le dossier d'arrêt définitif des travaux. Ce choix s'appuie sur cette modélisation, confortée par les résultats obtenus depuis le réaménagement du stockage en 1994.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 110/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 8.2 IMPACT SUR LE VECTEUR AIR

### 8.2.1 Voies de contamination de l'air

Les voies d'exposition du vecteur air concernent :

- Le rayonnement gamma (exposition externe) produit par des radioéléments présents naturellement dans le sol ou amplifié du fait de la mise à jour de produits résultant de l'activité minière (stériles, minerais,..) ou industrielle (résidus de traitement).
- L'exposition interne par inhalation du radon 220 et 222, gaz radioactif naturel produit par désintégration du radium 226 (présent naturellement dans le granite et en plus grande quantité dans le minerai ou les résidus de traitement).
- L'exposition interne par inhalation de poussières radioactives en suspension dans l'air.

### 8.2.2 Surveillance radiologique de l'air

La surveillance de la qualité radiologique de l'air fait appel à un ensemble de stations de mesure implantées sur les sites et dans des villages situés dans leur environnement. Elles se composent de trois appareillages :

- Un Dosimètre Thermo-Luminescent (DTL) qui permet de déterminer le débit de dose de rayonnement gamma exprimé en nGy/h. Cet appareillage utilise des matériaux qui ont la propriété, lorsqu'ils sont soumis à un rayonnement ionisant, de piéger les électrons émis suite à l'ionisation. Lorsque l'on chauffe ces éléments irradiés, les électrons sont libérés des pièges et retournent à leur état d'origine. Ce phénomène s'accompagne d'une émission de lumière proportionnelle au nombre d'électrons libérés. Ces grains de lumière sont comptés et, comme il existe une relation simple entre ce nombre et la dose de radioactivité absorbée, les algorithmes du lecteur calculent cette dernière valeur.
- Un dosimètre mesurant les Energies Alpha-Potentielles (EAP) dues aux descendants à vie courte du radon 220 et du radon 222 et exprimées en nJ/m<sup>3</sup>. Le principe d'un dosimètre est le même que celui de la photographie. Les particules alpha émises par le radon heurtent le film du dosimètre. Un procédé chimique permet de révéler sur ce film les impacts. Un micro-ordinateur associé à un microscope équipé d'une caméra permet de reconnaître et de compter les traces des particules alpha du radon.
- Un dosimètre qui prélève en continu et mesure l'activité volumique des émetteurs alpha à vie longue contenus dans les poussières (mesure alpha totale à partir d'un filtre), avec un résultat exprimé en mBq/m<sup>3</sup>.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 111/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Ces appareils sont placés de manière à fournir des résultats représentatifs des niveaux de contamination moyens observés ; ils sont donc positionnés :

- dans la zone d'habitation la plus proche du site (afin de prendre en compte la population la plus exposée),
- à distance des murs pour s'affranchir de leur rayonnement propre,
- de telle sorte que la radiométrie à l'intérieur de la zone d'influence de l'appareil soit représentative de la radiométrie moyenne autour des habitations du groupe de référence (obtenue par plan compteur SPP2),
- à 1,5 m au-dessus du sol (hauteur moyenne de la bouche et du nez d'un individu adulte qui sont les voies d'entrée des substances radioactives dans l'appareil respiratoire) : exigence des normes NF M60-763 et M60-764.

Les mesures d'Energie Alpha-Potentielle du radon 220 et du radon 222 et d'activité volumique des émetteurs alpha à vie longue contenus dans les poussières sont effectuées à partir d'analyses mensuelles.

Celles des débits de dose (DD) de rayonnement gamma sont effectuées tous les trimestres (période d'intégration de 3 mois).

**Sur le département de l'Aveyron, seul le site de Bertholène fait l'objet d'une surveillance radiologique de l'air. La mise en place du dispositif de contrôle de la qualité de l'air a été effectuée dans le cadre de la réalisation du dossier d'arrêt définitif des travaux miniers de Bertholène.**

En l'absence de point zéro avant l'exploitation, la mesure de la qualité radiologique pour le milieu naturel a été mise en place en 1994 (à la fin des travaux d'exploitation) dans le massif des Palanges. Ce point de mesure du milieu naturel a été choisi hors influence du site et de sorte que le substratum géologique sous-jacent soit comparable à celui du secteur concerné par l'ancien site de Bertholène.

### 8.2.3 Résultats de la surveillance de la qualité de l'air

Les résultats sur les différents paramètres mesurés apparaissent dans les tableaux suivants (sur site et dans leur environnement) :

#### REFERENCE « MILIEU NATUREL » : MASSIF DES PALANGES

	DD en nGy/h	EAP Rn 220 en nJ/m <sup>3</sup>	EAP Rn 222 en nJ/m <sup>3</sup>
1994	170	0	26

*Remarque* : La référence « milieu naturel » a été mesurée d'avril à novembre 1994.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 112/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## SITE DE BERTHOLENE

Lieu d'implantation	Année	DD en nGy/h	EAP Rn 220 en nJ/m <sup>3</sup>	EAP Rn 222 en nJ/m <sup>3</sup>
Mine à ciel ouvert	1999	790	30	223
Stockage / Verse	2000	550	11	26
Bureaux	2001	150	14	76
Usine	2002	270	18	91
Entrée des TMS	2003	250	20	112
Entrée du site	2004	260	13	89
	2005	210	20	115
	2006	220	18	114
	2007	250	17	141
	2008	230	20	131
	2009	240	23	116

Ce dosimètre a été déplacé en fonction des années jusqu'en 2004, conformément à l'arrêté préfectoral de surveillance du 19 mars 1999. Les lieux d'implantation exacts du dosimètre sur le site de Bertholène sont présentés à la figure 20.

## VILLAGE DE BERTHOLENE

	DD en nGy/h	EAP Rn 220 en nJ/m <sup>3</sup>	EAP Rn 222 en nJ/m <sup>3</sup>
1999	80	17	50
2000	90	16	44
2001	90	15	52
2002	130	15	40
2003	70	15	47
2004	80	11	40
2005	80	13	47
2006	60	13	41
2007	130	10	55
2008	82	10	46
2009	90	11	50

## MOULIN DES MARQUES

	DD en nGy/h	EAP Rn 220 en nJ/m <sup>3</sup>	EAP Rn 222 en nJ/m <sup>3</sup>
2004	70	14	63
2005	70	22	59

Cette mesure a été effectuée suite à une demande de la CLIS. Elle a été réalisée pour voir l'influence de la configuration de fond de vallée, sur la concentration en radon. La mesure a été arrêtée à la fin de l'année 2005.

**Remarque :** L'activité volumique des émetteurs alpha à vie longue contenus dans les poussières, dans les villages et sur les sites réaménagés, n'a jamais dépassé le limite de détection (<1 mBq.m<sup>-3</sup>). La contamination de l'air par les poussières radioactives issues des anciens sites miniers est aujourd'hui nulle.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 113/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Après comparaison de ces résultats avec les valeurs représentatives du milieu naturel du massif des Palanges, il apparaît que :

- les débits de dose de rayonnement gamma observés dans le village de Bertholène sont du même ordre de grandeur et le plus souvent inférieurs au milieu naturel.
- les débits de dose de rayonnement gamma observés sur le site sont constants, avec une moyenne 234 nGy/h depuis 2004 soit environ 1,5 fois plus élevé que le milieu naturel. Il ne peut pas y avoir d'interprétation avant cette date, car le dosimètre était changé de place toutes les années. Cependant, il peut être mis en évidence que le débit de dose de rayonnement gamma est constant sur le site, à l'exception du fond de la mine à ciel ouvert (valeur année 1999) et sur le stockage de résidus de traitement (valeur année 2000).
- le site présente des EAP radon 222 en moyenne deux fois plus élevé que le village de Bertholène. Les EAP radon 222 mesurées dans le village sont en moyenne deux fois plus élevées que le milieu naturel.
- les mesures des EAP radon 220 et 222 effectuées les années 2004 et 2005 au Moulin des Marques, montrent l'influence de la configuration fond de vallée, sur la concentration du radon 220 et 222. Cependant, ces valeurs ne sont que légèrement supérieures aux valeurs observées dans le village de Bertholène.

Ce constat a été clairement identifié dans le cadre des travaux d'expertise menés par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) autour des sites miniers uranifères de la Haute-Vienne, où les variabilités de ce paramètre ont été attribuées aux conditions aérologiques : le radon aura tendance à s'accumuler dans les fonds de vallée et, au contraire, à être rapidement dispersé par le vent en position sommitale. L'IRSN retient, dans le secteur des anciennes mines uranifères de la Haute-Vienne, les valeurs maximales des moyennes annuelles pour les stations références « milieu naturel » [15] :

- 43 nJ.m<sup>-3</sup> pour une position sommitale,
- 154 nJ.m<sup>-3</sup> pour une position en flanc de coteau,
- 178 nJ.m<sup>-3</sup> pour une position en fond de vallée.

## 8.3 IMPACT SUR LA CHAÎNE ALIMENTAIRE ET LES SOLS

### 8.3.1 Voies de contamination de la chaîne alimentaire

Les radionucléides présents dans les poussières véhiculées par les vents peuvent se déposer sur les sols, l'herbe et les plantes et être ainsi à l'origine d'une contamination de la chaîne alimentaire si ces plantes sont consommées par des animaux ou par l'homme.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 114/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

S'agissant de l'eau à des fins d'irrigation, la contamination de la chaîne alimentaire est envisageable par dépôt d'une partie des minéraux sur les plantes et entraînement du reste par l'eau de pluie. Une autre fraction de ces minéraux peut être métabolisée par le végétal et provoquer une contamination interne pendant des temps plus ou moins longs (temps d'excrétion du polluant).

Outre ces contaminations par dépôt direct de substances toxiques sur les aliments, une contamination par voie racinaire peut être prise en compte. Cette absorption racinaire dépend de la nature de l'élément métallique, de sa mobilité dans le sol et de la nature de la plante ; le facteur de transfert racinaire est exprimé en kg de sol sec par kg de végétal sec.

### 8.3.2 Contrôles de la chaîne alimentaire

L'ensemble des sites décrits dans ce bilan, à l'exception de Bertholène, n'ont pas fait l'objet de prélèvements de la chaîne alimentaire. Par conséquent, il n'a pas été possible de vérifier l'impact potentiel lié à la présence de radionucléides dans ce compartiment (poussières véhiculées par le vent, arrosage des jardins par des eaux sous influence minière).

Les mesures réalisées sur d'autres secteurs miniers uranifères (Haute-Vienne, Cantal, Hérault, Forez,...) ont montré que cette voie de contamination était négligeable voire nulle avec des valeurs souvent inférieures aux limites de détection aussi bien dans les jardins dits « de référence » que dans les jardins environnants.

**Seul le site de Bertholène fait l'objet d'une surveillance réglementaire de la chaîne alimentaire par voie de l'arrêté préfectoral n°99-0517 du 19 mars 1999.**

Les analyses sur la chaîne alimentaire (dont l'eau de consommation) concernent l' $U_{238}$ , le  $Ra_{226}$ , le  $Pb_{210}$ , le  $Th_{230}$  et à partir de 2007, le  $Po_{210}$  (supposé préalablement être à l'équilibre avec le  $Pb_{210}$ ). Les analyses sont effectuées par le laboratoire ALGADE.

Les prélèvements sont effectués, dans les jardins du village de Bertholène, sur les aliments pour lesquels l'autoconsommation est la plus importante. Des prélèvements de lait sont effectués dans certains villages producteurs. Il est également procédé à des pêches afin d'évaluer la contamination des poissons.

Les mêmes produits sont prélevés dans le village de Laissac, hors influence des sites miniers pour servir de référence milieu naturel.

Ce protocole de surveillance de la chaîne alimentaire est répété au moins tous les deux ans.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 115/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

### 8.3.3 Résultats des contrôles de la chaîne alimentaire

Le groupe de référence « milieu naturel » est le village de Laissac, localisé à environ 4 km à l'Ouest du site de Bertholène.

Avant 2007, plus de 90 % des mesures étaient inférieures à la limite de détection, qui a été abaissées à partir de cette date, suite aux recommandations du GEP (cf. chapitre 9.4.3). Par conséquent, les résultats de contrôles de la chaîne alimentaire de Bertholène ne sont présentés que pour les années 2007 et 2009.

Les résultats d'analyses sur la chaîne alimentaire sont présentés dans le tableau suivant :

Groupe de référence		MILIEU NATUREL - Laissac		BERTHOLENE - Village	
Catégories		2007	2009	2007	2009
Eau de consommation	U <sub>238</sub> (Bq/l)	0,024	<0,012	<0,002	<0,012
	U <sub>234</sub> (Bq/l)	0,02	<0,013	<0,002	<0,012
	Ra <sub>226</sub> (Bq/l)	0,02	<0,020	<0,02	<0,020
	Pb <sub>210</sub> (Bq/l)	<0,087	<0,104	<0,075	<0,100
	Po <sub>210</sub> (Bq/l)	0,004	0,002	<0,002	0,003
	Ra <sub>228</sub> (Bq/l)	0,05	<0,026	0,04	<0,027
Légumes feuilles Milieu Nat. et Bertholène : choux	U <sub>238</sub> (Bq/kg)	<0,161	0,169	0,087	0,131
	Ra <sub>226</sub> (Bq/kg)	1,48	0,600	0,32	<0,790
	Pb <sub>210</sub> (Bq/kg)	<1,0	1,930	0,27	1,310
	Po <sub>210</sub> (Bq/kg)	0,108	0,337	0,199	0,367
	Th <sub>230</sub> (Bq/kg)	<4,82	<10,11	<2,51	<12,31
Légumes racinaires Milieu Nat. et Bertholène : pommes de terre	U <sub>238</sub> (Bq/kg)	0,027	0,027	0,038	<0,040
	Ra <sub>226</sub> (Bq/kg)	<0,19	<0,410	<0,19	<0,400
	Pb <sub>210</sub> (Bq/kg)	<0,960	<1,630	<1,11	<1,350
	Po <sub>210</sub> (Bq/kg)	<0,04	<0,014	<0,038	<0,013
	Th <sub>230</sub> (Bq/kg)	<3,710	<7,190	<4,94	<6,73
Fruits Milieu Nat et Bertholène : pommes	U <sub>238</sub> (Bq/kg)	<0,061	0,047	<0,032	<0,016
	Ra <sub>226</sub> (Bq/kg)	<0,370	<0,47	<0,27	<0,130
	Pb <sub>210</sub> (Bq/kg)	<2,700	<1,260	<0,940	<0,530
	Po <sub>210</sub> (Bq/kg)	<0,061	0,047	<0,032	0,011
	Th <sub>230</sub> (Bq/kg)	<12,3	<6,760	<4,40	<2,4
Faune Terrestre Bertholène : Poule Milieu Nat. : Canne	U <sub>238</sub> (Bq/kg)	<0,1	0,052	<0,061	0,021
	Ra <sub>226</sub> (Bq/kg)	<0,520	<0,470	0,22	<0,430
	Pb <sub>210</sub> (Bq/kg)	<1,99	<1,040	<1,98	<1,500
	Po <sub>210</sub> (Bq/kg)	<0,597	0,084	<0,244	<0,011
	Th <sub>230</sub> (Bq/kg)	<9,29	<6,47	<10,81	<6,530
Lait	U <sub>238</sub> (Bq/kg)	<0,008	0,040	<0,008	0,109
	Ra <sub>226</sub> (Bq/kg)	<0,130	<0,240	0,06	<0,290
	Pb <sub>210</sub> (Bq/kg)	<0,650	<0,790	<0,6	<0,720
	Po <sub>210</sub> (Bq/kg)	0,016	0,024	0	0,011
	Th <sub>230</sub> (Bq/kg)	<2,9	<3,730	<2,41	<3,760

La majorité des résultats d'analyses est inférieure à la limite de détection (66 % des résultats pour le milieu naturel et 73 % pour le village de Bertholène). Les autres mesures indiquent des valeurs très faibles et proches les unes des autres.

L'analyse de l'impact dosimétrique liée à leur consommation apparaît dans le chapitre 9 de ce rapport.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 116/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 9 EVALUATION DE DOSE EFFICACE AJOUTEE

---

### 9.1 PRINCIPE DE L'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

L'évaluation de l'impact sanitaire dû à des sites pollués ou à des activités anthropiques fait très souvent appel à la démarche d'évaluation quantitative des risques sanitaires, notamment lorsque les connaissances sur les effets de la pollution étudiée sont restreintes ou incomplètes et que la mise en place d'une étude épidémiologique n'est pas envisageable (du fait d'un manque de temps, d'une population exposée trop peu importante...).

Selon le US National Research Council, la démarche d'évaluation des risques se définit comme « *l'utilisation de faits [scientifiques] pour définir les effets sur la santé d'une exposition d'individus ou de populations à des matériaux ou à des situations dangereuses* ». Dans le cas particulier des activités minières uranifères, elle se conçoit comme un outil d'aide à la décision, par exemple sur les choix de gestion des anciens sites miniers, mais elle constitue également un moyen de vérifier a posteriori que les choix techniques effectués pour cette gestion permettent bien de respecter les exigences réglementaires et de limiter les impacts sanitaires de toute nature autour des anciennes installations d'extraction et des sites de stockage de résidus.

La démarche imposée pour l'évaluation de l'impact radiologique des sites miniers et uranifères consiste à justifier que la dose efficace ajoutée au milieu naturel reçue par les populations, du fait des activités minières, est inférieure à 1 mSv par an. Pour cela, la réglementation (Directive 96/29/EURATOM) propose de travailler avec des groupes de référence, c'est-à-dire les groupes de population pour lesquels l'exposition aux rayonnements ionisants due aux sites (et donc l'impact sanitaire qui en découle) est supposée être maximale. Il serait en effet difficile de caractériser l'exposition de l'ensemble de la population vivant autour des anciennes mines.

La réglementation considère que, si le calcul de la dose efficace ajoutée donne un résultat inférieur à 1 mSv par an pour les groupes de référence, alors l'exposition du reste de la population (par définition moins exposée) est également inférieure à 1 mSv par an.

### 9.2 RISQUES RADIOLOGIQUES

Les rayonnements ionisants, qu'ils soient de type  $\alpha$ ,  $\beta$  ou  $\gamma$ , transportent de l'énergie qu'ils cèdent à la matière avec laquelle ils rentrent en interaction. La quantité de rayonnements absorbée (ou dose absorbée) par la matière est alors exprimée en gray noté Gy.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 117/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

L'énergie ainsi absorbée par un organisme vivant peut provoquer l'ionisation des molécules qui le composent et notamment celle de l'ADN qui est le support du patrimoine génétique d'un individu. L'irradiation peut alors conduire à deux types d'effets cliniques :

- des effets immédiats (ou déterministes) où l'absorption d'une forte dose énergétique due aux rayonnements ionisants peut entraîner des lésions immédiates, ou n'apparaissant que quelques semaines après l'exposition (doses absorbées supérieures à 0,25 Gray (noté Gy) pour une irradiation homogène de l'organisme).
- des effets à long terme (ou stochastiques ou aléatoires) où l'ionisation des molécules des cellules peut entraîner une modification de leur matériel génétique et l'apparition tardive de cancers. La quantification de ce risque est exprimé à partir de la dose efficace qui s'exprime en Sievert (noté Sv).

Seuls les risques stochastiques sont pris en compte s'agissant de l'impact radiologique des anciennes mines d'uranium. En effet, la quantité relativement faible de radioéléments présents dans l'environnement et le confinement des stockages de résidus de traitement limitent l'exposition à des valeurs de dose inférieures au seuil de déclenchement d'effets déterministes.

### 9.3 LA NOTION DE DOSE EFFICACE

Les rayonnements alpha, qui sont constitués de grosses particules (noyaux d'hélium), ne peuvent pas pénétrer profondément dans les tissus et déposent donc leur énergie très localement. A dose absorbée égale, ils sont donc beaucoup plus perturbateurs que des rayonnements gamma qui, du fait de leur pénétration plus importante, étalent leur dépôt d'énergie.

Pour un tissu donné, l'effet biologique des rayonnements ionisants varie donc en fonction de leur nature. Pour tenir compte de ces variations, un « facteur de qualité » a été défini pour chacun d'eux. Il permet de calculer la dose équivalente  $H_T$ , exprimée en Sievert, qui mesure l'effet biologique subi par le tissu T étudié.

$$H_T = \sum_R D_{T,R} \cdot W_R$$

avec  $H_T$  = dose équivalente reçue par le tissu T (en Sv)

$D_{T,R}$  = dose absorbée moyenne due au rayonnement R et reçue par le tissu T (en Gy)

$W_R$  = facteur de qualité pour le rayonnement R (en Sv/Gy).

Ainsi, pour les photons X et  $\Gamma$  et les électrons (rayonnements bêta et gamma), le facteur de qualité  $W_R$  est égal à 1 alors qu'il est égal à 20 pour les particules alpha.

Cependant, le risque biologique n'est pas uniforme pour tout l'organisme. En effet, tous les tissus ne réagissent pas de façon identique pour une même dose équivalente reçue. Pour chacun d'eux, un coefficient de pondération reflétant leur radiosensibilité a donc été défini. Ce facteur permet de calculer la dose efficace (exprimée en Sievert) reçue par chaque tissu.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 118/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Pour estimer le risque d'apparition à long terme d'un cancer dans l'organisme entier, on calcule la dose efficace totale E correspondant à la somme des doses efficaces reçues par chaque organe ou tissu T.

$$E = \sum_T H_T \cdot W_T$$

avec E = dose efficace corps entier (en Sv)

$H_T$  = dose équivalente reçue par le tissu T (en Sv)

$W_T$  = coefficient de pondération pour le tissu T (sans unité)

Les réglementations européenne (Directive 96/29/EURATOM) et française (décret n°2002-460) définissent des limites à ne pas dépasser pour la dose efficace ajoutée par les activités nucléaires, et reçue par les personnes du public, sur un an. Elles ont été fixées d'après les recommandations de la publication n°60 de la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) parue en 1990.

## 9.4 METHODE D'EVALUATION DE LA DOSE EFFICACE AJOUTEE DANS L'ENVIRONNEMENT PROCHE DES SITES

### 9.4.1 Voies d'exposition à considérer

Les voies d'atteinte prises en compte sont celles habituellement retenues dans les installations du cycle du combustible :

- l'exposition externe due au rayonnement gamma issu du site et calculée à partir des valeurs des débits de dose mesurés sur les zones de présence des groupes de population considérés.
- l'exposition interne par inhalation des descendants à vie courte du radon 222 et 220, calculée à partir des concentrations volumiques en énergies alpha potentielles (EAP) des descendants à vie courte du radon 222 et 220 mesurées dans l'air respiré par les individus des groupes de population. L'identification de la contribution du site aux énergies mesurées dans l'environnement constitue une des difficultés principales de ce type d'évaluation.
- l'exposition interne par ingestion de produits alimentaires issus de parcelles proches du site et consommés par les personnes des groupes de référence.

Pour l'eau, est prise en compte l'eau consommée, qu'elle soit issue d'un réseau de distribution ou d'un puits.

L'utilisation d'eau en aval d'un site à des fins d'arrosage peut constituer une source de contamination des végétaux.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 119/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

### 9.4.2 Détermination des groupes de référence

Pour les sites concernés par ce bilan de fonctionnement, le choix des groupes de référence a été réalisé en fonction de la proximité des villages par rapport aux sites miniers. Les dispositifs de mesure de qualité de l'air et les prélèvements de chaîne alimentaire sont alors effectués dans chacun des groupes de référence ainsi définis.

La notion de groupe de référence peut également s'appliquer à un groupe réel ou fictif séjournant sur les sites même dans le cadre d'une activité de loisirs, professionnelle ou agricole.

Le calcul de la dose efficace dépend, pour chaque groupe de référence, de leur emploi du temps (temps de présence dans la zone habitée dont temps passé à l'intérieur des habitations), des lieux fréquentés, et des quantités consommées. La Directive européenne 96/29/EURATOM, dispose, dans son Article 45, que les scénarii d'exposition retenus doivent refléter les modes de vie locaux réels. Ils sont détaillés dans le paragraphe 9.4.3.

### 9.4.3 Calcul de la dose efficace annuelle ajoutée

La dose efficace ajoutée du fait des anciennes activités minières est calculée à partir des scénarii d'exposition présentés dans la partie « Résultats » et des mesures réalisées dans l'environnement des deux sites mentionnés plus haut.

Pour chaque secteur d'exposition, on estime la part de radioactivité « ajoutée » en calculant la différence entre les niveaux de contamination pour les groupes de référence et ceux pour milieu naturel. Pour cela, deux hypothèses sont adoptées :

- Le rayonnement gamma issu du site ne pénètre pas à l'intérieur des habitations et ne provoque donc pas d'augmentation de l'exposition externe des groupes de référence pendant leur temps de présence à l'intérieur. C'est une hypothèse tout à fait réaliste car elle découle de la capacité des murs à absorber les photons gamma en provenance du site.
- L'Energie Alpha-Potentielle due aux descendants à vie courte du radon apporté par le site est supposée identique que l'on soit à l'intérieur ou l'extérieur des habitations (hypothèse simplificatrice qui s'affranchit des variations du facteur d'équilibre au cours de l'année). Le radon naturel issu du sous-sol ou des murs n'est évidemment pas pris en compte.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 120/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

PASSAGE A LA DOSE EFFICACE AJOUTEE

Des coefficients de doses présentés permettent de relier les quantités de substances radioactives ou de rayonnements ionisants incorporés aux doses efficaces reçues par l'organisme. Ils sont définis dans la directive 96/29/EURATOM et varient avec l'âge. Ces coefficients sont définis de la manière suivante :

Mode d'exposition	Rayonnement ou Radioéléments	Adulte	Enfant 2-7 ans
Externe	Gamma	1 mSv/mGy	1 mSv/mGy
Inhalation	EAP Rn <sub>222</sub> inhalé	1,1 mSv/nJm <sup>-3</sup> .h	1,1 mSv/nJm <sup>-3</sup> .h
	EAP Rn <sub>220</sub> inhalé	0,39 mSv/nJm <sup>-3</sup> .h	0,39 mSv/nJm <sup>-3</sup> .h
	Poussières inhalées	sites miniers	1,4.10 <sup>-2</sup> mSv/Bq
sites stockage résidus		1,9.10 <sup>-4</sup> mSv/Bq	3,8.10 <sup>-2</sup> mSv/Bq
Ingestion	U <sub>238</sub> ingéré	9,79.10 <sup>-5</sup> mSv/Bq	1,83.10 <sup>-4</sup> mSv/Bq
	Ra <sub>226</sub> ingéré	2,8.10 <sup>-4</sup> mSv/Bq	6,2.10 <sup>-4</sup> mSv/Bq
	Pb <sub>210</sub> ingéré	6,9.10 <sup>-4</sup> mSv/Bq	2,2.10 <sup>-3</sup> mSv/Bq
	Po <sub>210</sub> ingéré	1,2.10 <sup>-3</sup> mSv/Bq	4,4.10 <sup>-3</sup> mSv/Bq
	Th <sub>230</sub> ingéré	2,1.10 <sup>-4</sup> mSv/Bq	3,1.10 <sup>-4</sup> mSv/Bq

Pour l'exposition externe ( $E_1$ )

$E_1$  = Coefficient de dose (en mSv/mGy) × temps de présence (en h) × débit de dose ajouté au milieu naturel (en nGy/h) × 10<sup>-6</sup>

Pour l'inhalation du radon 222 ( $E_2$ ) et 220 ( $E_3$ )

$E_{2(3)}$  = Coefficient de dose (en mSv/nJ.m<sup>3</sup>.h) × temps de présence (en h) × EAP ajoutée au milieu naturel (en nJ/m<sup>3</sup>) × 10<sup>-6</sup>

Pour l'ingestion de la chaîne alimentaire ( $E_{ij}$ )

$E_{ij}$  = Coefficient de dose (en mSv/Bq du radionucléide considéré (j)) × quantité d'aliment ou de liquide ingéré (en kg ou l) × activité ajoutée au milieu naturel du radionucléide considéré (en Bq/kg de matière fraîche)

La dose efficace ajoutée totale s'obtient en faisant la somme des doses efficaces obtenues pour chaque secteur d'exposition soit :

$$E_{\text{tot}} = E_1 + E_2 + E_3 + \sum E_{ij}$$

Ce calcul sera appliqué pour les sites disposant d'une chronique de mesures de la qualité de l'air ou de mesures sur la chaîne alimentaire.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 121/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Pour les mesures effectuées sur la chaîne alimentaire, seules celles réalisées en 2007 et 2009 seront retenues pour les calculs, pour les raisons suivantes :

- Les limites de détection ont été abaissées suite aux recommandations du GEP. Plus de 90 % des mesures avant 2007 étaient inférieures à la limite de détection.
- Un changement de méthodes d'analyses a été effectué pour l' $U_{238}$  et le  $Po_{210}$  : à partir de 2007 ces éléments sont dosés par spectrométrie alpha.
- Avant 2007, le  $Po_{210}$  était considéré à l'équilibre avec le  $Pb_{210}$  dans la méthode de calcul. A partir de 2007, la part réelle de  $Po_{210}$  est prise en compte.
- Les masses d'aliments analysés ont augmenté à partir de 2007 pour permettre une mesure plus précise.

## RESULTATS

⇒ Vecteur AIR :

Scénario 1 : Enfant de 2 à 7 ans résidant sous influence du site (6800 h à l'intérieur des habitations + 860 h à l'extérieur), scolarisé hors influence du site (1000 h) et susceptible de se promener en bordure ou sur le site (100 h).

	Groupes de référence	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>DEAA (mSv/an)</b> pour 6800 h en intérieur et 860 h en extérieur	Village de Bertholène	0,25	0,20	0,26	0,16	0,22	0,15	0,22	0,17	0,27	0,20	0,24
	Moulin des Marques	/	/	/	/	/	0,35	0,34	/	/	/	/
<b>DEAA (mSv/an)</b> pour 100 h	Site	0,09	0,04	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
<b>Total DEAA (mSv/an)</b> <b>SCENARIO 1</b>	Village de Bertholène	<b>0,34</b>	<b>0,24</b>	<b>0,27</b>	<b>0,18</b>	<b>0,24</b>	<b>0,17</b>	<b>0,24</b>	<b>0,19</b>	<b>0,29</b>	<b>0,22</b>	<b>0,26</b>
	Moulin des Marques	/	/	/	/	/	<b>0,37</b>	<b>0,36</b>	/	/	/	/

Pour ce scénario, quelque soit l'année, la dose efficace ajoutée annuelle est inférieure à la limite réglementaire de 1mS/an. Cependant, on remarque l'influence sur la concentration en radon, de la configuration fond de vallée du Moulin des Marques. Néanmoins, les DEAA calculées sur les années 2004 et 2005 restent constante pour cette configuration, alors qu'elles varient sur le groupe de référence « village de Bertholène ». Cela permet donc de dire que le site n'a pas d'influence sur le groupe de référence « Moulin des Marques ».

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 122/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

**Scénario 2 :** Adulte de plus de 60 ans (retraité) résidant sous influence du site (7300 h à l'intérieur des habitations + 1360 h à l'extérieur) et susceptible de se promener en bordure ou sur le site (100 h).

	Groupes de référence	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
DEAA (mSv/an) pour 7300 h en intérieur et 1360 h en extérieur	Village de Bertholène	0,29	0,23	0,30	0,18	0,25	0,17	0,24	0,19	0,31	0,22	0,27
	Moulin des Marques	/	/	/	/	/	0,40	0,39	/	/	/	/
DEAA (mSv/an) pour 100 h	Site	0,09	0,04	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Total DEAA (mSv/an) SCENARIO 2	Village de Bertholène	<b>0,39</b>	<b>0,27</b>	<b>0,31</b>	<b>0,20</b>	<b>0,27</b>	<b>0,19</b>	<b>0,26</b>	<b>0,21</b>	<b>0,33</b>	<b>0,24</b>	<b>0,29</b>
	Moulin des Marques	/	/	/	/	/	<b>0,42</b>	<b>0,41</b>	/	/	/	/

Pour ce scénario, quelque soit l'année, la dose efficace ajoutée annuelle est inférieure à la limite réglementaire de 1mS/an. Concernant le groupe « Moulin des Marques », le constat est identique au scénario 1.

**Scénario 3 :** Adulte de 17 à 60 ans résidant hors influence du site et séjournant en bordure ou sur le site dans le cadre d'une activité agricole (400 h).

	Groupes de référence	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
DEAA (mSv/an) 400 h sur le site	Site de Bertholène	0,34	0,15	0,02	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,09	0,07	0,07

Ces résultats montrent que, pour une personne travaillant sur ou en bordure du site pour une activité agricole (ex : entretien de la végétation), la dose reçue par cette personne est très faible à l'exception des années 1999 et 2000. Pour l'année 1999, le dosimètre de site a été positionné au fond de la mine à ciel ouvert. Par conséquent, la concentration en radon (configuration fond de vallée) et le débit de dose (d'après le plan compteur après réaménagement la fosse de la MCO présente un flux de photon gamma de l'ordre de 1700 c/s SPP2) influent fortement sur la mesure. De plus, il faut signaler que le fond de fosse ne fait pas l'objet d'entretien particulier, elle est laissée en friche. Par conséquent, la mesure en 1999 n'est pas représentative pour ce scénario. Pour l'année 2000, le dosimètre a été placé sur la verse à stériles à l'aplomb du stockage de résidus de traitement. Cette position justifie ainsi la valeur mesurée.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 123/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

**Scénario 4 :** Adulte de 17 à 60 ans travaillant sur le site, 1250 heures par an à l'intérieur des bâtiments, ainsi que 1250 heures par an à l'extérieur, et habitant le village de Bertholène (5400 heures à l'intérieur des habitations + 860 heures à l'extérieur).

	Groupes de référence	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>DEAA (mSv/an) pour 5400 h en intérieur et 860 h en extérieur</b>	Village de Bertholène	0,21	0,16	0,22	0,13	0,18	0,12	0,18	0,14	0,22	0,16	0,19
<b>DEAA (mSv/an) pour 2500 h</b>	Site	1,35	0,49	0,18	0,32	0,36	0,30	0,31	0,32	0,43	0,38	0,36
<b>Total DEAA (mSv/an) SCENARIO 4</b>	<b>Village de Bertholène</b>	<b>1,56</b>	<b>0,65</b>	<b>0,37</b>	<b>0,45</b>	<b>0,54</b>	<b>0,42</b>	<b>0,49</b>	<b>0,46</b>	<b>0,65</b>	<b>0,54</b>	<b>0,55</b>

Pour toutes les années à l'exception de 1999, la dose efficace ajoutée annuelle est inférieure à la limite réglementaire de 1mS/an. Pour 1999, le dépassement de seuil réglementaire est dû au lieu d'implantation du dosimètre (fond de fosse de la mine à ciel ouvert). De plus, il est difficile d'imaginer un travail de longue durée, à réaliser au fond de la fosse de la MCO. Par conséquent, la mesure en 1999 n'est pas représentative pour ce scénario.

⇒ Vecteur CHAÎNE ALIMENTAIRE :

Seuls le site de Bertholène, possédant des résultats d'analyses sur ce vecteur, est concerné par le calcul de la DEAA.

Le tableau suivant présente la consommation annuelle en kg des aliments ingérés par un adulte et un enfant de 2 à 7 ans, utilisée pour le calcul de la DEAA « chaîne alimentaire » :

Consommation annuelle (kg)	Adulte	Enfant de 2 à 7 ans
Légumes feuilles	25	5
Légumes fruits	50	18
Légumes racines	12	6
Fruits	50	18
Lait (litres)	257	265
Poisson	22	7,3
Eau de distr. ou de puits (litres)	600	365

Le calcul de la dose efficace ajoutée annuelle, pour la chaîne alimentaire, et de la dose totale indicative DTI (réalisée à partir des résultats sur l'eau de consommation), a été effectué à partir des résultats de l'année 2007 pour les raisons évoquées précédemment. Les résultats sont les suivants :

		Village de Bertholène	
		DEAA « Chaîne alimentaire » (mS/an)	DTI (mS/an)
2007	Pour un adulte	0,01	0
	Pour un enfant de 2 à 7 ans	0,01	0
2009	Pour un adulte	0,01	0
	Pour un enfant de 2 à 7 ans	0,02	0

⇒ SCENARIOS COMPLETS :

#### ANNEE 2007 :

A partir de ces différents résultats sur la DEAA, trois scénarios complets ont été établis pour l'année 2007. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous pour le site de Bertholène :

Scénarios « AIR » retenus	Groupes de référence	DEAA (mS/an)		DTI (mS/an)	DEAA totale (mS/an)
		« AIR »	« CA »		
Enfant de 2 à 7 ans résidant sous influence du site (6800 h à l'intérieur des habitations + 860 h à l'extérieur), scolarisé hors influence du site (1000 h) et susceptible de se promener en bordure ou sur le site (100 h).	Village de Bertholène	0,29	0,01	0	<b>0,30</b>
Adulte de plus de 60 ans (retraité) résidant sous influence du site (7300 h à l'intérieur des habitations + 1360 h à l'extérieur) et susceptible de se promener en bordure ou sur le site (100 h).	Village de Bertholène	0,33	0,01	0	<b>0,34</b>
Adulte de 17 à 60 ans travaillant 1250 h sur le site à l'extérieur et 1250 h sur le site à l'intérieur des locaux, résidant sous influence du site (5400 h à l'intérieur + 860 h à l'extérieur)	Village de Bertholène	0,65	0,01	0	<b>0,66</b>

Pour l'année 2007, ces trois scénarios montrent que les résultats sont inférieurs à la limite réglementaire de 1 mS/an.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 125/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

**ANNEE 2008 :**

A partir de ces différents résultats sur la DEAA, trois scénarios complets ont été établis pour l'année 2008. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous pour le site de Bertholène :

Scénarios « AIR » retenus	Groupes de référence	DEAA (mS/an)		DTI (mS/an)	DEAA totale (mS/an)
		« AIR »	« CA »		
Enfant de 2 à 7 ans résidant sous influence du site (6800 h à l'intérieur des habitations + 860 h à l'extérieur), scolarisé hors influence du site (1000 h) et susceptible de se promener en bordure ou sur le site (100 h).	Village de Bertholène	0,22	0,01	0	<b>0,23</b>
Adulte de plus de 60 ans (retraité) résidant sous influence du site (7300 h à l'intérieur des habitations + 1360 h à l'extérieur) et susceptible de se promener en bordure ou sur le site (100 h).	Village de Bertholène	0,24	0,01	0	<b>0,25</b>
Adulte de 17 à 60 ans travaillant 1250 h sur le site à l'extérieur et 1250 h sur le site à l'intérieur des locaux, résidant sous influence du site (5400 h à l'intérieur + 860 h à l'extérieur)	Village de Bertholène	0,54	0,01	0	<b>0,55</b>

Pour l'année 2008, ces trois scénarios montrent que les résultats sont inférieurs à la limite réglementaire de 1 mS/an.

**ANNEE 2009 :**

A partir de ces différents résultats sur la DEAA, trois scénarios complets ont été établis pour l'année 2009. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous pour le site de Bertholène :

Scénarios « AIR » retenus	Groupes de référence	DEAA (mS/an)		DTI (mS/an)	DEAA totale (mS/an)
		« AIR »	« CA »		
Enfant de 2 à 7 ans résidant sous influence du site (6800 h à l'intérieur des habitations + 860 h à l'extérieur), scolarisé hors influence du site (1000 h) et susceptible de se promener en bordure ou sur le site (100 h).	Village de Bertholène	0,26	0,02	0	<b>0,28</b>
Adulte de plus de 60 ans (retraité) résidant sous influence du site (7300 h à l'intérieur des habitations + 1360 h à l'extérieur) et susceptible de se promener en bordure ou sur le site (100 h).	Village de Bertholène	0,29	0,01	0	<b>0,30</b>
Adulte de 17 à 60 ans travaillant 1250 h sur le site à l'extérieur et 1250 h sur le site à l'intérieur des locaux, résidant sous influence du site (5400 h à l'intérieur + 860 h à l'extérieur)	Village de Bertholène	0,55	0,01	0	<b>0,56</b>

Pour l'année 2009, ces trois scénarios montrent que les résultats sont inférieurs à la limite réglementaire de 1 mS/an.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 126/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

# 10 MESURES PRISES POUR REDUIRE LES IMPACTS

## 10.1 REDUCTIONS DES IMPACTS SUR LE VECTEUR AIR

Les sources d'impact radiologique du vecteur « Air » des sites miniers sur leur environnement ont été identifiées et décrites dans les chapitres précédents de ce rapport. En résumé, elles ont pour origine :

- les résidus de traitement du minerai (site de Bertholène),
- les stériles miniers qu'ils soient stockés sur les sites mêmes ou réutilisés dans le domaine public.

Les travaux de réaménagement ont eu pour objectif la sécurité des personnes et de leur environnement, et la limitation de l'impact radiologique à des niveaux aussi faibles que raisonnablement possible par les meilleurs techniques disponibles de l'époque à un coût économiquement acceptable.

Afin de réduire les impacts sur ce vecteur, certains sites pourront fait l'objet d'un assainissement radiologique (cf. chapitre 11.2).

### 10.1.1 Les résidus de traitement du minerai

Sur le département de l'Aveyron, seul le site de Bertholène est concerné par un stockage de résidus de traitement du minerai, dont les principales caractéristiques sont les suivantes :

	Types de résidus	Activité	Réaménagement
<b>Bertholène</b>	résidus de traitement par lixiviation statique du minerai d'uranium	7,6 TBq	<u>couverture</u> : mise en place d'environ 5 m de stériles basse radiométrie

Après le réaménagement du site de Bertholène, un dosimètre thermoluminescent (DTL) a été mis en place sur le site pour surveiller l'impact radiologique sur l'air. Selon l'arrêté préfectoral n°99-0517 du 19 mars 1999, la position de ce dosimètre variait d'une année à l'autre. En 2000, il a été installé sur la partie sommitale du stockage.

Pour l'année 2000, les mesures de débit de dose sur le stockage montre une valeur moyenne de 550 nGy/h, valeur trois fois supérieure à celles le milieu naturel (massif des Palanges), qui est de 170 nGy/h.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 127/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Un plan compteur après réaménagement (1995), à maille 10 × 10 m, a été effectué sur le stockage de Bertholène. Les mesures effectuées à l'aide d'un SPP2 sont comprises entre 350 et 800 c/s. Quatre petites zones présentent une radiométrie comprises entre 800 et 1500 c/s :

- l'une est localisée à l'emplacement de l'actuel casier de stockage des boues issues du traitement des eaux (environ 1800 m<sup>2</sup>),
- la seconde, à l'Ouest du piézomètre P3 (environ 600 m<sup>2</sup>),
- la troisième se situe au niveau du piézomètre BE 11 (environ 900 m<sup>2</sup>),
- et la dernière, au Nord du piézomètre BE 10 (environ 2400 m<sup>2</sup>).

Ce plan compteur a permis de mettre en évidence la réduction du débit de dose externe due à la couverture du stockage.

### 10.1.2 Les stériles miniers

La majorité des sites du département de l'Aveyron ne possèdent pas de verses à stériles, ou seulement des verses résiduelles (ex : Cabanel). En effet, la plupart des sites de petite taille ont réutilisé les stériles provenant des travaux de reconnaissance, afin d'aménager le site et son accès.

Pour le site de Bertholène, les stériles provenant de la découverte de la mine à ciel ouvert ont contribué à l'aménagement du site (digue de la verse, pistes d'accès). Les stériles de basse radiométrie ont été utilisés pour la couverture du stockage de résidus de traitement, et enfin les stériles de plus haute radiométrie ont servi à remblayer une partie de la fosse (sur environ 30 m de hauteur).

De plus, les stériles miniers de la zone « stockage / verse » présentaient un intérêt économique. En effet, les eaux d'infiltrations de cette zone étaient traitées en station : l'uranium était ensuite fixé sur résines, envoyées pour traitement en usine à Jouac (87). L'uranium contenu dans les stériles contribuait donc à la production totale du site de Bertholène.

Ces particularités ont donc pour effet de limiter les impacts des stériles sur le vecteur air. De plus, pour certains sites, une partie du réaménagement a consisté en un assainissement radiologique de surface. Un zonage radiologique, disponible dans les dossiers d'arrêt définitif des travaux, a donc été effectué après réaménagement sur les sites de Bertholène, Le Roube et La Boual.

**D'une manière générale, l'absence de verse à stériles sur les petits sites, l'intérêt économique des stériles de Bertholène et l'assainissement radiologique effectué sur certains sites met en évidence un impact faible, voire nul, des sites miniers uranifères sur l'environnement, vis-à-vis du vecteur air.**

S'agissant de la cession des stériles miniers dans le domaine public, aucune procédure, avant acquisition des sites par COGEMA, ne semble avoir été établie. Toute utilisation des stériles miniers après ces acquisitions s'est faite sans autorisation formelle de COGEMA (puis AREVA NC) et n'a relevé que d'initiative personnelle de la part de particuliers ou de collectivités.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 128/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 10.2 REDUCTIONS DES IMPACTS SUR LE VECTEUR EAU

Le premier objectif du réaménagement d'un site, concernant le vecteur eau, consiste à identifier les exutoires d'eau issue des travaux miniers ou les points d'émergence d'eau ayant percolé au travers de remblais miniers. La résurgence de ces eaux constitue donc potentiellement une source de contamination pour l'environnement. En application de la réglementation, les exploitants ont donc aménagé des exutoires afin d'y exercer une surveillance (Bertholène, le Roube et la Boual) et si nécessaire des traitements (dans des stations aménagées à cet effet comme à Bertholène) visant à restituer à l'environnement une eau dont les caractéristiques sont conformes aux exigences réglementaires.

Le traitement des eaux par les exploitants miniers uranifères a été initié en 1977 avec une généralisation d'un procédé physico-chimique avec :

- élimination du radium 226 par précipitation d'un sel double de sulfate de baryum et radium, après ajout de chlorure de baryum en présence d'ions sulfates ;
- ajustement du pH à l'aide de soude ;
- élimination de l'uranium 238 par précipité d'oxydes de fer (ou d'aluminium), après ajout de chloro-sulfate complexe de fer (ou de sulfates d'alumine).
- utilisation éventuelle de flocculants pour faciliter la décantation dans un ou plusieurs bassins.

Ce procédé, utilisé (totalement ou pour partie selon les radionucléides à éliminer) a été mis en œuvre, pendant l'exploitation sur le site de Bertholène, sur lequel il y a une station de traitement des eaux suivie d'une décantation.

Avant 1977, le traitement appliqué était limité à une simple décantation des eaux d'exhaure dans un ou plusieurs bassins. L'absence d'information sur les sites exploités avant 1970 ne permettent pas d'affirmer la généralisation de cette pratique.

Après réaménagement, la qualité des eaux avec des valeurs de rejets inférieures aux exigences réglementaires, a permis de s'affranchir de tout traitement physico-chimique sur l'ensemble des sites miniers uranifères de l'Aveyron à l'exception du site de Bertholène. La campagne de prélèvements réalisée en 2009 permet de valider cette décision avec des valeurs maximum de rejet enregistrées :

- pour l'uranium 238 de 747 µg/l pour le site du Roube,
- pour le radium 226 de 0,44 Bq/l pour le site du Roube.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 129/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0



Le bassin de dessablage situé à proximité du bassin R570, recueille les eaux provenant du drainage sous le bassin de contrôle et du ruissellement des pistes permettant l'accès à la MCO.

#### LA STATION DE TRAITEMENT :

Elle est alimentée par la décharge gravitaire des bassins R570 et BC. Elle comprend les installations suivantes :

- 1 bâtiment principal fermé où se trouvent :
  - les commandes de la station de traitement des eaux,
  - les cuves de préparation du lait de chaux et floculant liquide à partir des produits en poudre,
  - une cuve pour la préparation du chlorure de baryum, cette cuve n'est plus utilisée car ce réactif n'est plus employé sur le site,
  - un laboratoire pour réaliser des analyses sur les eaux et un stockage de réactif.
- 1 silo de 56 m<sup>3</sup> stockant la chaux.
- 1 réacteur (R540), de 36 m<sup>3</sup>, pourvu d'un agitateur.
- 2 cuves de 20,21 m<sup>3</sup> chacune, stockant de la lessive de soude, qui ne sera utilisé qu'en cas de défaut de la chaux dans le R540.

L'ensemble des cuves est équipé de bacs de rétention. Le traitement est donc réalisé au niveau du réacteur R540 aussi appelé fosse de neutralisation. Les eaux provenant des bassins BC et R570, arrivent de chaque côté du R540. L'ajout du lait de chaux et de la préparation du floculant est réalisé au niveau de ce réacteur. La surverse du réacteur est dirigée vers le décanteur R541.

#### LE BASSIN DE DECANTATION (R541)

Le bassin R541 (700 m<sup>3</sup>) sert de décanteur, des mesures sont réalisées pour relever le pH et en cas de valeur anormale une alarme se met en route. La surverse se jette dans le bassin B4, et les boues de traitement et les produits précipités sont pompées dans le bassin R 543. En cas d'anomalie du pH, les eaux sont envoyées dans le bassin B5.

#### LE BASSIN DE SORTIE (B4) (OU BASSIN DE REJET)

La surverse du bassin B4 (volume 1 700 m<sup>3</sup>) est acheminée par une conduite, vers le point de rejet naturel. Le débit de sortie est comptabilisé par l'intermédiaire d'un débit mètre type venturi. Le rejet se fait dans le ruisseau des Balaures, affluent de la rivière l'Aveyron. La sonde pH et l'échantillonneur automatique, sont disposés dans le ruisseau des Balaures en sortie de site.

#### LE BASSIN DE SECURITE (B5)

En cas d'anomalie pH la surverse du bassin R541 sont dirigées vers le bassin B5 (volume 3 000 m<sup>3</sup>). Une vanne de sécurité commandée par un l'asservissement de pH permet de gérer le flux en cas d'anomalie.

#### GESTION DES BOUES ISSUES DU TRAITEMENT

Comme il l'a été décrit ci-dessus, les boues sont mises à décanter dans le bassin R543. A l'initiative du responsable de la station et selon l'état de remplissage du bassin R543, les boues résultant de la décantation des eaux avant et après traitement, sont pompées à partir du bassin vers un bassin de stockage intermédiaire puis vers une alvéole de stockage aménagée à cet effet dans la verse de stockage de résidus de traitement.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 131/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

# 11 CONCLUSIONS

---

## 11.1 CONCLUSIONS DE L'ANALYSE ENVIRONNEMENTALE

L'analyse environnementale issue de la recherche documentaire, des investigations de terrain et des analyses effectuées dans le compartiment aquatique, a mis en évidence :

- des rejets d'eau identifiés à des concentrations en radionucléides ( $U_{238}$  maxi = 747  $\mu\text{g/l}$  et  $Ra_{226}$  maxi = 0,44 Bq/l) sous les seuils fixés par la réglementation, en particulier ceux mentionnés par le décret n°99-222 qui constitue la seconde partie relative à la protection de l'environnement du titre Rayonnements Ionisants de la Réglementation Générale des Industries Extractives.
- une surveillance radiologique maintenue sur le site de Bertholène présentant des enjeux environnementaux spécifiques liés à la présence de résidus de traitement du minerai.
- pour les petits sites exploités avant 1965, l'absence d'impact sur les cours d'eau récepteurs et ceux situés en aval hydraulique ( $U_{238}$  maxi = 5  $\mu\text{g/l}$  et  $Ra_{226}$  maxi = 0,05 Bq/l).
- pour les sites de Bertholène, Le Roube et La Boual, un impact avéré des ruisseaux récepteurs : ces cours d'eau présentent un marquage significatif, notamment en uranium 238 soluble (59  $\mu\text{g/l}$  <  $U_{238}$  soluble < 400  $\mu\text{g/l}$ ).
- l'absence d'impact significatif du site de Bertholène sur le vecteur air.
- huit entrées de travers-banc partiellement ou non obstruées permettant ainsi l'accès aux travaux souterrains (Cabanel, Prévinières, Les Riailles, Lifernet et Coursière) et un montage non remblayé (Les Riailles).
- des anomalies du type fontis et tassements repérées à la surface de certains sites.
- des traces de fouilles pour des recherches de minéraux (essentiellement dans la région d'Entraygues-sur-Truyère, surtout le site de Margabal où une petite galerie connexe a été creusée par les minéralogistes amateurs).
- des zones radiologiquement marquées (supérieures à 1000 chocs/s SPP $\gamma$ ). Ces zones correspondent à des verses à stériles et aux entrées de travers-bancs.
- l'absence d'informations sur les pratiques en matière de cessions des stériles miniers aux particuliers et aux collectivités pour les sites exploités avant 1965.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 132/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 11.2 PROPOSITIONS D' ACTIONS CORRECTIVES

Suite aux visites d'état des lieux de 2009-2010, AREVA NC propose de mettre en œuvre un certain nombre d'actions. Celles-ci pourront être discutées en relation avec les services de l'Etat.

L'ensemble des actions correctives proposées ci-dessous vont dans le sens des recommandations effectuées par l'IRSN dans le cadre de leur étude sur les anciens sites miniers de l'Aveyron [16].

### ➤ Assainissement radiologique

Les visites d'état des lieux de 2010 ont mises en évidence des zones présentant une radiométrie de surface parfois supérieure à 1000 chocs/s SPP $\gamma$ . Ces anomalies radiométriques sont soit ponctuelles (valeur anormale relevée en un point précis), soit de quelques m<sup>2</sup>. Les sites concernés sont présentés dans le tableau suivant :

Sites miniers	Localisation des anomalies radiométriques	Ordre de grandeur des valeurs relevées (en chocs/s SPP $\gamma$ )	Accessibilité au public
Lussagues	verses à stériles résiduelles	600-5500	difficile (dans les bois avec végétation abondante)
Les Plagnes	carreau	280-1300	facile (dans un pré)
Le Roube	carreau et verse à stériles	240-1150	facile pour le carreau (situé en bordure d'un chemin) moyenne pour la verse (forte végétation)
Cabanel	verses à stériles	300-4500	facile (présence d'un chemin de grande randonnée)
Falquières	carreau	250-800 <i>valeur ponctuelle à 1900 c/s</i>	facile (en bordure de route)
Sénergues	carreau	300-1200 <i>valeurs ponctuelles à 1380 et 2100 c/s</i>	facile (en bordure de route)
Margabal	talus correspondant à l'entrée du TB	1500-3000 <i>valeur ponctuelle à 8000 c/s</i>	moyenne (ancien chemin d'accès partiellement envahie par la végétation)
	entrée de la galerie connexe	6000	
Prévinquières	entrées des TB du niveau 2	4000-6500	facile (en bordure de route)
	ancienne aire de stockage	1600	
Les Riailles	entrées des TB	400-1800	moyenne (en bordure de route et végétation plus ou moins abondante)
Lifernet	entrée du TB	250-1000 <i>valeur ponctuelle à 1900 c/s</i>	moyenne (en fond de vallée avec forte pente)
Coursière	carreau	600-2000	facile (accessible par un chemin)
	chemin d'accès	<i>valeur ponctuelle à 5000 c/s</i>	facile
Vic-Conquettes	carreau	700-1400	facile (dans un pré)

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 133/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

L'assainissement radiologique de ces zones pourrait être réalisé, au cas par cas et selon les enjeux, de la manière suivante :

- Réalisation d'un plan compteur à maille adaptée.
- Assainissement radiologique : décapage de la totalité de la zone marquée ou des points significatifs en fonction des résultats du plan compteur.
- Recouvrement avec de la terre végétale (ou avec du concassé pour les chemins).
- Utilisation des produits pour le remblayage des ouvrages de liaison fond- jour encore ouverts.

➤ **Obturation des ouvrages de liaisons fond-jour et remblayage des fontis**

Les visites d'état des lieux de 2010 ont mises en évidence :

- des entrées de travers-banc et de montages présentant un accès possible aux galeries,
- des fontis au niveau de deux puits,
- des affaissements des terrains en surface à l'aplomb des galeries sur le site de Sénergues.

AREVA NC s'engage à obturer et sécuriser l'ensemble de ces ouvrages et à remblayer les fontis observés. Les sites concernés figurent dans le tableau ci-dessous :

Sites	Ouvrages concernés	Constats
Cabanel	Travers-banc	Ouverture (L = 2,5 m et H = 1 m) avec accès à la galerie possible.
Sénergues	Puits	Fontis de 3 m de diamètre et de 1 m de profondeur.
	A l'aplomb des galeries	Affaissement de 2 m de diamètre et d'environ 20 cm de profondeur
Margabal	Travers-banc	Présence d'une petite galerie connexe (ouverture 1 m de largeur et de 0,8 m de hauteur) rejoignant vraisemblablement le travers-banc. <b>Entrée du travers-banc entièrement obturée.</b>
Prévinquières	Travers-bancs TB1, TB2a et TB2b	Travers-bancs ouverts avec accès possible : TB1 : L = 1,8 m et H = 2 m TB2a : L = 1 m et H = 0,5 m TB2b : L = 1,5 m et H = 1,8 m
	Puits	Fontis de 1,5 m de diamètre (profondeur non évaluée compte tenu de l'importance de la végétation)
Les Riailles	Travers-bancs TB1 et TB2	Ouverture (L = 1,5 m et H = 1 m) des deux travers-bancs avec accès possible aux galeries.
	Montage M1	Montage non comblé (profondeur estimée à 4 m) débouchant sur la galerie du TB2, visible depuis la surface.
Lifernet	Travers-banc	Ouverture (L = 1,6 m et H = 1,5 m) avec accès restreint à la galerie.
Coursière	Travers-banc TB2	Entrée du travers-banc partiellement murée. Ouverture : L = 1,6 m et H = 2 m.
	A l'aplomb de la galerie	Fontis de 3,5 m de diamètre et de 1,5 m de profondeur

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 134/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

L'obturation des ouvrages de liaison fond-jour pourra être réalisée, en fonction de l'accessibilité des sites (forte pente, végétation abondante) :

- soit par remblayage à l'aide des stériles provenant de l'assainissement radiologique des sites, sur une longueur équivalente à trois fois la hauteur de la galerie.
- soit par auto-foisonnement des terrains sus-jacents à l'aide d'explosifs,
- soit par fermeture adaptée aux chiroptères, pour les sites d'intérêt faunistique.

Un système d'évacuation des eaux minières sera également mis en place sur le site de Cabanel pour lequel des écoulements en sortie de travers-banc ont été observés au cours des visites de terrain.

La méthodologie à employer sera discutée, au cas par cas, avec les services de l'Etat et étudiée site par site.

### ➤ **Etude de stabilité et mise en place de servitudes**

La présence de fontis et à l'aplomb de galeries (sites de Coursière, Sénergues et Prévinquières) et la proximité de fermes par rapport aux sites (Les Plagnes), conduit AREVA NC à proposer :

- la mise en place de servitudes conventionnelles au profit de l'Etat sur les terrains concernés par les anciennes exploitations minières ;
- la réalisation d'études de stabilité par un expert en géotechnique minière indépendant visant à étudier la bonne tenue des terrains, et le cas échéant à proposer des actions de réhabilitation (injection de graviers ou béton par forage, remblayage,...) ou pose d'un périmètre de sécurité.

Le tableau suivant regroupe les propositions d'AREVA pour les sites concernés :

Sites miniers	Mise en place de servitudes	Etude de stabilité
Sénergues	oui	oui
Prévinquières		
Vic-Conquettes		non
Coursière		
Les Plagnes		

### ➤ **Propositions concernant la surveillance**

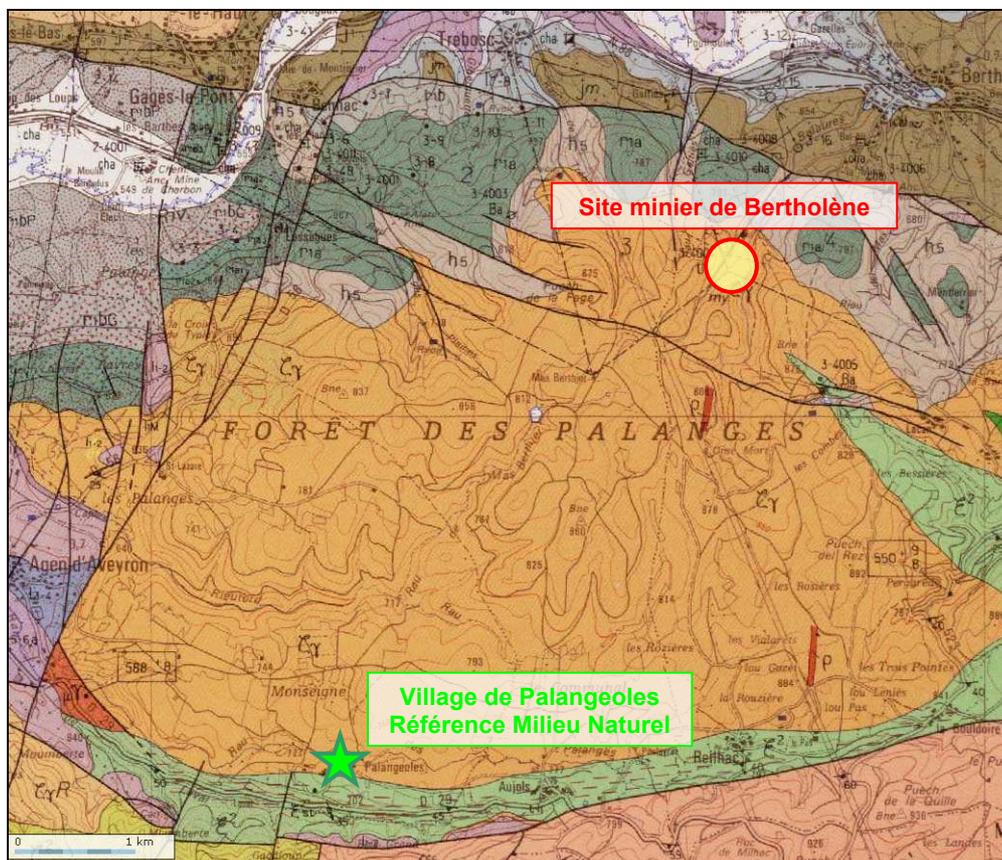
SITE DE BERTHOLENE

Le calcul de la dose efficace ajoutée annuelle est réalisé en retranchant les valeurs du milieu naturel à celles des sites. Pour le site de Bertholène, les mesures de référence pour le milieu naturel ont été réalisées d'avril à novembre 1994.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 135/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Afin d'établir un calcul de la DEAA le plus réaliste possible, AREVA NC propose l'installation d'un nouveau dosimètre de référence « Milieu Naturel ». Les mesures porteront sur les EAP Radon 220 et 222, le débit de dose et l'EAV Poussières.

L'implantation proposée par AREVA est présentée sur la carte ci-dessous. L'emplacement proposé est le village de Palangeoles sur la commune d'Agen-d'Aveyron. Ce village est localisé à environ 5 km au Sud-Ouest du site et possède les mêmes caractéristiques géologiques que celles du site minier.



#### SITE DE LA BOUAL ET DU ROUBE

Les résultats d'analyses effectuées sur les ruisseaux récepteurs des rejets du Roube et de La Layrolle montrent un marquage significatif en uranium 238 soluble (respectivement 92 et 59 µg/l).

Par conséquent, AREVA NC propose de :

- repositionner précisément l'exutoire du travers-banc du site de La Boual (masqué par une végétation abondante lors de la visite d'état des lieux de 2010),
- réaliser un suivi semestriel de la qualité radiologique des eaux des ruisseaux récepteurs afin de vérifier une éventuelle évolution.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 136/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les points de prélèvements pourront être les suivants :

- Rejet du TB350 du site du Roube,
- Rejet du TB254 du site de la Boual,
- Prélèvement Amont dans le ruisseau du Roube,
- Prélèvement Aval site dans le ruisseau du Roube,
- Prélèvement Aval site dans le ruisseau de la Layrolle.

Les analyses effectuées porteront sur l'uranium 238 soluble, le radium 226 soluble et le pH.

### 11.3 GESTION DES STERILES

La circulaire du 22 juillet 2009, cosignée entre l'ASN et le MEEDDM, portant sur la gestion des anciennes mines d'uranium, précise dans l'axe 3 « Gérer les stériles » qu'il est nécessaire de :

- réaliser un recensement des stériles miniers réutilisés dans le domaine public,
- recenser les usages du sol où ces stériles ont été valorisés en dehors du périmètre des anciennes mines d'uranium,

et enfin, de vérifier la compatibilité des usages à l'aplomb et dans l'environnement immédiat des zones où des stériles ont été réutilisés.

Comme mentionné au paragraphe 6.1.3, la possibilité de réutilisation de stériles miniers dans le domaine public ne peut être exclue sur le département de l'Aveyron. Cette conclusion peut être relativisée :

- près de 95% des stériles du département ont été produits sur le site de Bertholène, où ils possédaient une valeur marchande,
- les sites concernés correspondraient alors à des sites de petite taille, exploités avant 1965, et où les stériles extraits ont majoritairement servis au remblayage des galeries, à la constitution des carreaux miniers et chemins d'accès.

Par conséquent, la présence de stériles miniers dans le domaine apparaît comme faible. Toutefois, afin de répondre à la circulaire, des recherches complémentaires par contrôles radiométriques pédestres pourront être effectués, dans les chemins et plateformes proches des sites miniers.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 137/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 11.4 INFORMATION DU PUBLIC

La circulaire du 22 juillet 2009, cosignée entre l'ASN et le MEEDDM, portant sur la gestion des anciennes mines d'uranium, précise, dans l'axe 4 « Renforcer l'information et la concertation », qu'un affichage doit être réalisé afin d'informer le public de la présence d'anciennes mines d'uranium.

Sur le département de l'Aveyron, seul de Bertholène faisant l'objet d'une surveillance réglementaire fait l'objet d'un affichage :



**Installation Classée pour la  
Protection de l'Environnement**

**Site de BERTHOLÈNE**  
*Stockage des résidus issus du traitement de minerai d'uranium*

**Préfecture de L'Aveyron**  
Arrêté Préfectoral n° 990517 du 19 mars 1999  
Arrêté Préfectoral n° 2005 - 032 - 4 du 01 février 2005  
Arrêté Préfectoral n° 2007 - 295 - 5 du 22 octobre 2007

**EXPLOITANT >> Société des Mines de Jouac**  
**Direction des Réaménagements des Sites**  
1 Avenue du Brugeaud - 87250 Bessines/Gartempe

**ACCES INTERDIT** **CONTACT**  
05 55 60 50 70

**AREVA** **Surveillance radiologique**  
>> Consulter le site internet du Réseau National de  
Mesures de la Radioactivité de l'Environnement  
([www.mesure-radioactivite.fr](http://www.mesure-radioactivite.fr))

**Panneau d'informations du site de Bertholène**

Ce panneau mentionne entre autres les arrêtés préfectoraux d'arrêt définitif des travaux et de surveillance, un lien vers le site internet du Réseau National de Mesures de Radioactivité de l'Environnement où AREVA NC transmet l'ensemble des mesures réglementaires réalisées sur ces sites.

Il n'est pas envisagé d'affichage sur les autres sites.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 138/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## Références bibliographiques

- [1] Antoine PAUCARD et ses amis, *La mine et les mineurs de l'uranium français*, Tome IV, Volume I, 2007.
- [2] BRGM, Notice de la carte géologique N°860 « Espalion » au 1/50 000<sup>e</sup>, 1989.
- [3] BRGM, Notice de la carte géologique N°884 « Rodez » au 1/50 000<sup>e</sup>, 1989.
- [4] BRGM, Notice de la carte géologique N°934 « Réquista » au 1/50 000<sup>e</sup>, 1989.
- [5] Bibliothèque des Sciences et Techniques Nucléaires – Marcel ROUBAULT, *Les minerais uranifères français*, Tome III, premier volume, 1964.
- [6] Site internet de la Préfecture de l'Aveyron : <http://www.aveyron.pref.gouv.fr/aveyron/documents/les-donnees-de-base.pdf>
- [7] Hydro banque : <http://www.hydro.eaufrance.fr/>
- [8] Site internet du tourisme en Aveyron : <http://www.tourisme-aveyron.com/fr>
- [9] Site Internet de l'Agence Régional Pour l'Environnement du Midi-Pyrénées : [http://www.arpe-mip.com/html/files/Mission\\_Eau/II\\_Generalites\\_A.pdf](http://www.arpe-mip.com/html/files/Mission_Eau/II_Generalites_A.pdf)
- [10] ANTEA, *Calculs de stabilité à long terme de la verse à stériles de Bertholène (Aveyron)*, Rapport A 29101/A, Décembre 2002.
- [11] Site internet du MEEDDM : Plan National du Gestion des Matières et Déchets Radioactifs : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Le-plan-national-de-gestion-des.html>
- [12] Site internet de l'IRSN : Programme MIMAUSA : [http://www.irsn.fr/FR/base\\_de\\_connaissances/Environnement/surveillance-environnement/surveillance-mines-uranium/](http://www.irsn.fr/FR/base_de_connaissances/Environnement/surveillance-environnement/surveillance-mines-uranium/)
- [13] Ecole des Mines de Paris, J.M. SCHMITT, J. LIONS et E. LEDOUX, *Réévaluation de l'évolution hydrogéologique et hydrochimique du site de Bertholène (Aveyron) – Modélisation prédictive intégrée de l'ensemble du site minier*, Juin 2002

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 139/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- [14] Ecole des Mines de Paris, *Etude sur la stabilité à long terme de mine à ciel ouvert de Bertholène*, Décembre 1992
- [15] IRSN, *Expertise globale du bilan décennal environnemental d'AREVA NC, 2ème partie : impact environnemental à l'échelle des bassins versants et évaluation de la surveillance*, Rapport DEI/SARG/2007-042, 2007
- [16] IRSN, Direction de l'environnement et de l'intervention – Services d'analyse des risques liés à la géosphère, *Anciens sites miniers d'uranium d'Aveyron – Résultats de la campagne de contrôles radiologiques d'avril 2009*, Rapport n° DEI/SARG/2009-010, Juillet 2009.
- [17] Ecole des Mines de Paris, J.M. SCHMITT, P. COMBE et E. LEDOUX, *Etude hydrologique et hydrochimique du site de Bertholène (Aveyron)*, 1993

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 140/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## Liste des figures, Annexes et Plans

- Fig. 1 : Carte géologique simplifiée du site de Bertholène – Mise en évidence de la perte des Balaures
- Fig. 2 : Carte du relief de l'Aveyron
- Fig. 3 : Sites miniers et bassins versants : Le Lot
- Fig. 4 : Sites miniers et bassins versants : L'Argence Morte, Le Tarn et l'Aveyron
- Fig. 5 : Représentation de la nappe de la zone « VERSE / STOCKAGE »
- Fig. 6 : Production cumulée : minerai et stériles du département de l'Aveyron
- Fig. 7 : Résultats d'analyses : Bassin versant du Lot : Coursière et Vic-Conquettes
- Fig. 8 : Résultats d'analyses : Bassin versant du Lot : Le Cayroux, Les Riailles, Margabal
- Fig. 9 : Résultats d'analyses : Bassin versant du Lot : Lifernet, Soulose, Méjannesserre
- Fig. 10 : Résultats d'analyses : Bassin versant du Lot : Cabanel, Sénergues
- Fig. 11 : Résultats d'analyses : Bassin versant de l'Argence Morte : Les Plagnes
- Fig. 12 : Résultats d'analyses : Bassin versant de l'Aveyron : Bertholène
- Fig. 13 : Résultats d'analyses : Bassin versant de l'Aveyron : Bertholène
- Fig. 15 : Résultats d'analyses : Bassin versant de l'Aveyron : Bertholène
- Fig. 16 : Résultats d'analyses : Bassin versant de l'Aveyron : Bertholène
- Fig. 17 : Résultats d'analyses : Bassin versant de l'Aveyron : Lussagues
- Fig. 18 : Résultats d'analyses : Bassin versant du Tarn : Le Roube
- Fig. 19 : Résultats d'analyses : Bassin versant du Tarn : La Boual
- Fig. 20 : Site de Bertholène : position des piézomètres et des dosimètres

Annexe 1 : Fiches de sites, fiches de chantiers, fiches ICPE

Annexe 2 : Planches photographiques

Annexe 3 : Cartes IGN de localisation des sites miniers et des points de prélèvements

Annexe 4 : Situation des sites miniers sur fonds cadastraux

Annexe 5 : Carte géologique départementale, cartes géologiques et structurales

Plan : Situation des sites miniers uranifères exploités sur le département de l'Aveyron

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 141/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

# Glossaire

## ACTIVITE

L'activité caractérise l'intensité d'une source radioactive, c'est-à-dire le nombre de désintégration par unité de temps dont elle est le siège. L'activité s'exprime en Becquerels (Bq).

## ANDRA (AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS)

Etablissement public à caractère industriel et commercial (EPIC), placé sous tutelle des ministères de l'Ecologie et du Développement Durable, de l'Industrie et de la Recherche. Depuis 1993, l'ANDRA publie un rapport sur l'« Etat de la localisation des déchets radioactifs en France ».

## ARENE

Produit de consistance sableuse, issu de l'altération d'une roche cristalline.

## ASSAINISSEMENT RADIOLOGIQUE

Pour une installation ou un site nucléaire, ensemble des opérations visant à éliminer ou réduire la radioactivité, notamment par décontamination ou évacuation de matériels, en permettant la récupération contrôlée des substances radioactives.

## BASSIN VERSANT

Entité géographique spatiale qui participe à l'alimentation d'un cours d'eau. Le bassin versant est délimité par des lignes de partage des eaux.

## BECQUEREL

Unité du système international de mesure de l'activité. Un becquerel est égal à une désintégration par seconde. Des multiples de cette unité sont fréquemment utilisés : le kilo becquerel (1kBq = 1000 Bq), le Méga becquerel (1MBq = 1 million de Bq), le Giga becquerel (1GBq = 1 milliard de Bq) et le Téra bequerel (1TBq = mille milliards de Bq). L'Ancienne unité était le Curie (Ci) qui équivaut à 37 GBq. Le curie correspondait à l'activité d'un gramme de radium 226.

## CEA (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE)

Organisme public de recherche, créé en 1945 pour donner à la France la maîtrise de l'atome et de son utilisation dans les domaines de l'énergie, de l'industrie, de la santé et de la défense.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 142/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## **CHAINE RADIOACTIVE (OU DE DESINTEGRATION) D'UN RADIONUCLEIDE**

Succession des différents radionucléides fils apparaissant au cours du temps par transformation spontanée, d'un noyau instable au cours du temps. Cette chaîne se termine sur un isotope stable (non radioactif). Pour U238 et U235, les deux chaînes aboutissent à un isotope du plomb, respectivement Pb206 et Pb207. Il existe trois familles radioactives naturelles, avec comme « têtes de chaîne » (premier radionucléide) : l'uranium 238, l'uranium 235 et le thorium 232.

## **COGEMA (COMPAGNIE GENERALE DES MATIERES NUCLEAIRES)**

Groupe industriel du secteur de l'énergie, qui a bénéficié du transfert de l'ensemble des installations qui relevait de l'ancienne Direction des Productions du CEA (décret n°75-1250 du 29 décembre 1975). COGEMA est intégré à AREVA depuis septembre 2001.

## **CONTAMINATION (RADIOACTIVE)**

Présence indésirable, à un niveau significatif, de substances radioactives à la surface ou à l'intérieur d'un milieu quelconque. Pour l'homme, la contamination peut être externe (sur la peau) ou interne (par ingestion ou inhalation).

## **DEBIT DE DOSE**

Quotient de l'accroissement de dose par la durée de l'intervalle de temps durant lequel il se produit. L'unité légale est le Gray par seconde (Gy/s). Comme cette unité est très grande, le débit de dose s'exprime, par exemple, en millième de gray par heure (mGy/h) ou en millionième de gray par heure ( $\mu$ G/h).

## **DECHETS**

*« Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon »* (Article 541-1 II du Code de l'Environnement).

## **DECHETS RADIOACTIFS**

Substances radioactives pour lesquelles aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée.

## **DEMANTELEMENT**

1. Ensemble des opérations techniques exécutées pour démonter et, éventuellement, mettre au rebut un équipement ou partie d'une installation nucléaire.
2. Dans la réglementation française, phase de la déconstruction d'une installation nucléaire qui comprend toutes les opérations postérieures au décret de mise à l'arrêt définitif.

## **DESINTEGRATION**

Transformation d'un noyau instable en noyau stable ou instable, avec modification du nombre et de la nature des nucléons (protons et neutrons, constitutifs du noyau initial). Cette désintégration s'accompagne de l'émission d'un ou plusieurs rayonnements (alpha, beta, gamma).

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 143/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## **DOSIMETRIE**

Théorie et application des principes et des techniques de mesures ou d'estimation des doses de rayonnements ionisants reçues ou susceptibles de l'être.

## **EXHAURE OU SURVERSE**

Dans le domaine minier, le terme d'exhaure désigne l'évacuation des eaux d'infiltration dans des ouvrages souterrains. Elle peut s'effectuer par drainage gravitaire ou au moyen d'installations de pompage.

## **EXUTOIRE**

Débouché à l'extérieur d'un milieu assurant l'écoulement d'une substance, en particulier de l'eau.

## **FONTIS**

Affaissement, ou l'effondrement du sol, causé par un éboulement souterrain minier proche de la surface.

## **IRSN (INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE)**

Etablissement public à caractère industriel et commercial créé en février 2002, regroupant les compétences de l'OPRI et de l'IPSN. Placé sous tutelle des ministères de : l'Industrie, la Défense, l'Environnement, la Recherche et la Santé.

## **LIXIVIATION**

Au sens courant, désigne la percolation lente d'un solvant, en général l'eau, au travers d'un matériel, accompagné de la dissolution des matières solides qui y sont contenues. Le liquide résultant de ces opérations est appelé le lixiviat.

## **MARQUAGE**

Observation des concentrations de substances chimiques ou radiologiques, naturelles ou artificielles, supérieures aux concentrations naturelles habituellement observées dans le milieu naturel concerné sans préjuger de leur origine, ou de leur impact sur la santé et sur l'environnement.

## **MARQUE (SITE)**

Site présentant des traces de radionucléides naturels ou artificiels, détectables sans qu'il y ait nécessairement d'action particulière envisagée.

## **PERIODE RADIOACTIVE (OU DEMI-VIE)**

Durée nécessaire à la désintégration de la moitié des noyaux d'atomes d'un nucléide radioactif. La valeur de sa période radioactive est une caractéristique essentielle de chaque nucléide radioactif.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 144/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## **POLLUE (SITE)**

Dans le contexte de contamination radioactive, qualifie une zone ou un site contaminé de manière importante par des substances radioactives, naturelles ou artificielles.

## **PPM**

La partie par million (ppm) est utilisée pour quantifier des traces ou des faibles teneurs. Par exemple, la teneur des minerais d'uranium peut s'exprimer en ppm. Cette teneur, exprimée en ppm, est le rapport de la masse de métal recherchée sur la masse de minerai renfermant la matière recherchée. Ce rapport est donc un nombre sans dimension.

## **RADIOPROTECTION**

Ensemble des mesures destinées à réaliser la protection sanitaire de la population et les travailleurs contre les effets des rayonnements ionisants et à assurer le respect des normes de base. Elle comprend aussi la mise en œuvre des moyens nécessaires pour y parvenir.

## **REMBLAYAGE HYDRAULIQUE / SABLES CYCLONES**

Comblement de travaux miniers par la fraction sableuse (granulométrie variant entre 150 et 500 ppm) obtenue par cyclonage des résidus de traitement. Cette fraction sableuse constitue « les sables cyclonés ».

## **RESIDUS DE TRAITEMENT**

Produits résultant de l'extraction de l'uranium à partir des minerais et contenant tous les autres radionucléides de la famille de l'uranium et minéraux d'origine, à l'exception de l'uranium qui a été extrait en plus ou moins grande partie (5 à 40%), ainsi qu'une partie des produits de traitement.

## **SCENARIO**

Ensemble d'hypothèses relatives à des événements ou des comportements permettant de décrire les évolutions possibles d'un système dans le temps et dans l'espace.

## **STERILES**

Produits constitués par les sols et/ou les roches excavées pour accéder aux minéralisations d'intérêt. Ces roches peuvent contenir, ou non, de l'uranium ou du minerai d'uranium en fonction de leur proximité avec le gisement.

## **STOCKAGE DE DECHETS RADIOACTIFS**

Le stockage de déchets radioactifs est l'opération consistant à placer ces substances dans une installation spécialement aménagée pour les conserver de façon potentiellement définitive dans le respect de la protection de la santé des personnes, de la sécurité et de l'environnement.

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 145/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## **SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE**

Ensemble des mesures réalisées autour de l'installation afin de vérifier le respect des prescriptions réglementaires en matière de rejets et d'évaluer son impact sur l'environnement et les populations.

## **TENEUR DE COUPURE**

La teneur du minerai en uranium dépend essentiellement de données économiques, comme le coût du marché de l'uranium, le coût d'extraction du minerai. Cependant, le souci d'un Etat visant à obtenir de l'uranium de façon indépendante, peut le conduire à exploiter un minerai pauvre en uranium, indépendamment du coût qui en résultera.

## **URANIUM NATUREL**

Uranium dont la composition isotopique est celle de l'uranium tel qu'il se présente à l'état naturel c'est-à-dire sous la forme d'un mélange de trois isotopes dans des proportions massiques bien définies (uranium 238 : 99,28% ; uranium 235 : 0,71% ; uranium 234 : 0,0054%).

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 146/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## Sigles et abréviations

AEP	Alimentation en Eau Potable
ANDRA	Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs
AP	Arrêté Préfectoral
CEA	Commissariat à l'Energie Atomique
CESAAM	Centre d'Etudes et de Suivi des Anciennes Activités Minières
COGEMA	Compagnie Générale des MATières nucléaires
DAM	Direction de l'Après-Mines
DDASS	Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales
DDCSPP	Direction Départementale de la cohésion sociale et de la protection des populations
DEAA	Dose Efficace Ajoutée Annuelle
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DRIRE	Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
DPPR	Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques
DTL	Dosimètre Thermo-Luminescent
EAP	Energie Alpha-Potentielle
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IGN	Institut Géographique National
INERIS	Institut National de l'EnviRonnement Industriels et des riSques
INSEE	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
IPSN	Institut de Protection et de Sureté Nucléaire
IRSN	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
MA	Million d'Années
MCO	Mine à Ciel Ouvert
MEEDDM	Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer
OPRI	Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants
RGIE	Règlement Général des Industries Extractives
SIMO	Société Industrielle des Minerais de l'Ouest
SPP2 et SPP $\gamma$	Scintillomètre Portatif de Prospection
TMS	Travaux Miniers Souterrains

Bilan environnemental – Sites miniers uranifères de l'Aveyron	23/09/2010	Page : 147/147
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0