



---

# **BILAN ENVIRONNEMENTAL**

## Sites miniers de la Haute-Loire

**AREVA NC**

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

Etablissement de Bessines

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 1/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

# Préambule

Le présent bilan environnemental a été prescrit par l'arrêté préfectoral n°DIPPAL-B3/2010-107 du 15 juin 2010. Il a été rédigé conformément à l'article 2 de cet arrêté préfectoral et 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 porte sur l'ensemble des sites miniers uranifères figurant dans l'arrêté préfectoral et un autre site : Montestudier. A noter que les sites de « Jullianges – Jorat » et « Jullianges – Le Mias » figurant dans l'arrêté ont été regroupés en un seul site dans le bilan portant le nom de « Le Mont-Mias ».

Sur les neuf sites miniers présentés dans ce bilan, trois sont sous la responsabilité d'AREVA NC (Les Prades, Dimengeal et Montestudier). Le site des Driots appartient au CEA et les cinq autres (Solignac-Besse, Ligonzac, Le Mont-Mias, Voirac et Presle) sont dit « orphelins » sous responsabilité des services de l'Etat.

Ainsi, ce bilan a pour objectif de dresser un état des lieux des connaissances sur l'ensemble des sites miniers uranifères du département de la Haute-Loire. Il est à noter qu'il n'y a aucun stockage de résidus de traitement du minerai (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) sur le territoire de ce département.

Ce bilan comporte onze 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. Les chapitres de ce bilan concernent :

- Chapitre 1 : une présentation générale des activités minières de la Haute-Loire 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 (stériles miniers).
- 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 Haute-Loire, accompagnées de propositions d'actions complémentaires 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 de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 2/92
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 7. De plus, un glossaire général et une liste des sigles et abréviations utilisés sont présentés aux pages 87 et 92.

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

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 3/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

# Sommaire

Généralités concernant la radioactivité.....	7
<b>1 PRESENTATION GENERALE DES ACTIVITES MINIERES ET INDUSTRIELLES DE LA HAUTE-LOIRE.....</b>	<b>11</b>
1.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	11
1.2 HISTORIQUE.....	11
<b>2 PRESENTATION GENERALE DE L'ENVIRONNEMENT DES SITES .....</b>	<b>14</b>
2.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE .....	14
2.1.1 Géologie des terrains uranifères .....	15
2.1.2 Tectonique.....	16
2.1.3 Caractéristiques des minéralisations.....	17
2.1.4 Fond radiologique régional.....	17
2.2 ENVIRONNEMENTS PAYSAGERS ET DEMOGRAPHIQUES.....	18
2.2.1 Relief et paysage à l'échelle régionale.....	18
2.2.2 Démographie du département.....	18
2.3 CONTEXTE CLIMATIQUE.....	19
2.3.1 Pluviométrie.....	19
2.3.2 Températures .....	19
2.3.3 Vents .....	20
2.4 CONTEXTE HYDROLOGIQUE .....	20
2.4.1 Bassins versants .....	20
2.4.2 Débits des cours d'eau.....	21
2.4.3 Utilisation des eaux .....	22
2.5 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE .....	23
<b>3 CADRE REGLEMENTAIRE.....</b>	<b>25</b>
3.1 REGLEMENTATION EN VIGUEUR.....	25
3.1.1 Polices sectorielles .....	25
3.1.2 Polices transversales .....	33
3.1.3 Tableau de synthèse des polices applicables aux sites miniers .....	34

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 4/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

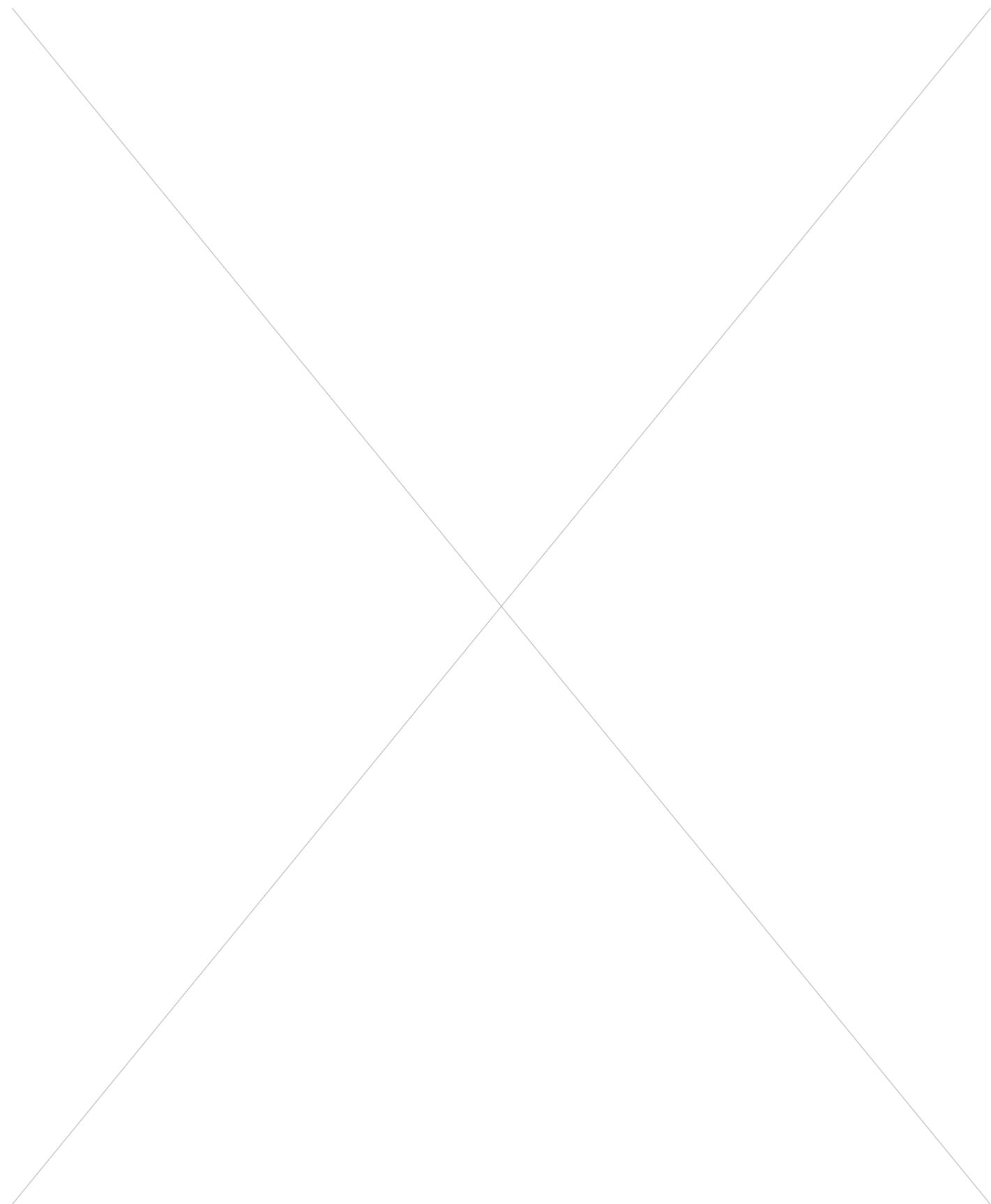
3.2	PLAN D’ACTIONS DE L’ETAT.....	35
3.2.1	Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs (PNGMDR).....	35
3.2.2	MIMAUSA.....	36
3.2.3	Circulaire du 22 juillet 2009 sur la gestion des anciennes mines d’uranium .....	36
4	EXPLOITATION MINIERE ET TRAITEMENT DES MINERAIS.....	38
4.1	LES METHODES D’EXPLOITATION.....	38
4.1.1	Les travaux de reconnaissance.....	38
4.1.2	Exploitation souterraine.....	39
4.1.3	Exploitation à ciel ouvert .....	39
4.2	LE TRAITEMENT DU MINERAI.....	40
5	PRESENTATION DES SITES MINIERS .....	41
5.1	GENERALITES .....	41
5.2	SITUATIONS REGLEMENTAIRES DES SITES ET INSTALLATIONS ARRETEES.....	43
5.2.1	Titres miniers.....	43
5.2.2	Situation administrative relative à la fermeture des sites .....	43
5.3	SITES MINIERS ET BASSINS VERSANTS .....	44
5.4	PRESENTATION DES SITES.....	45
5.4.1	Bassins versants de l’Arzon et de la Borne .....	46
5.4.2	Bassin versant de La Senouire .....	48
5.4.3	Bassin versant de L’Ance.....	50
5.4.4	Bassin versant direct de la Loire .....	52
6	RESIDUS ET DECHETS D’EXPLOITATION.....	53
6.1	GENERALITES – TENEUR EN URANIUM.....	53
6.2	REAMENAGEMENT DES VERSES A STERILES .....	54
6.3	REUTILISATION PARTICULIERE DES STERILES .....	54
7	EVALUATION DES IMPACTS EN TERME DE SECURITE PUBLIQUE .....	56
7.1	INTRODUCTION.....	56
7.2	LES RISQUES LIES AUX TRAVAUX MINIERS SOUTERRAINS .....	57
7.2.1	Les ouvrages de liaison fond-jour .....	57
7.2.2	Les infrastructures et chantiers souterrains.....	59
7.3	LES RISQUES LIES AUX MINES A CIEL OUVERT .....	63
7.4	LES RISQUES LIES AUX VERSES A STERILES.....	64

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 5/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

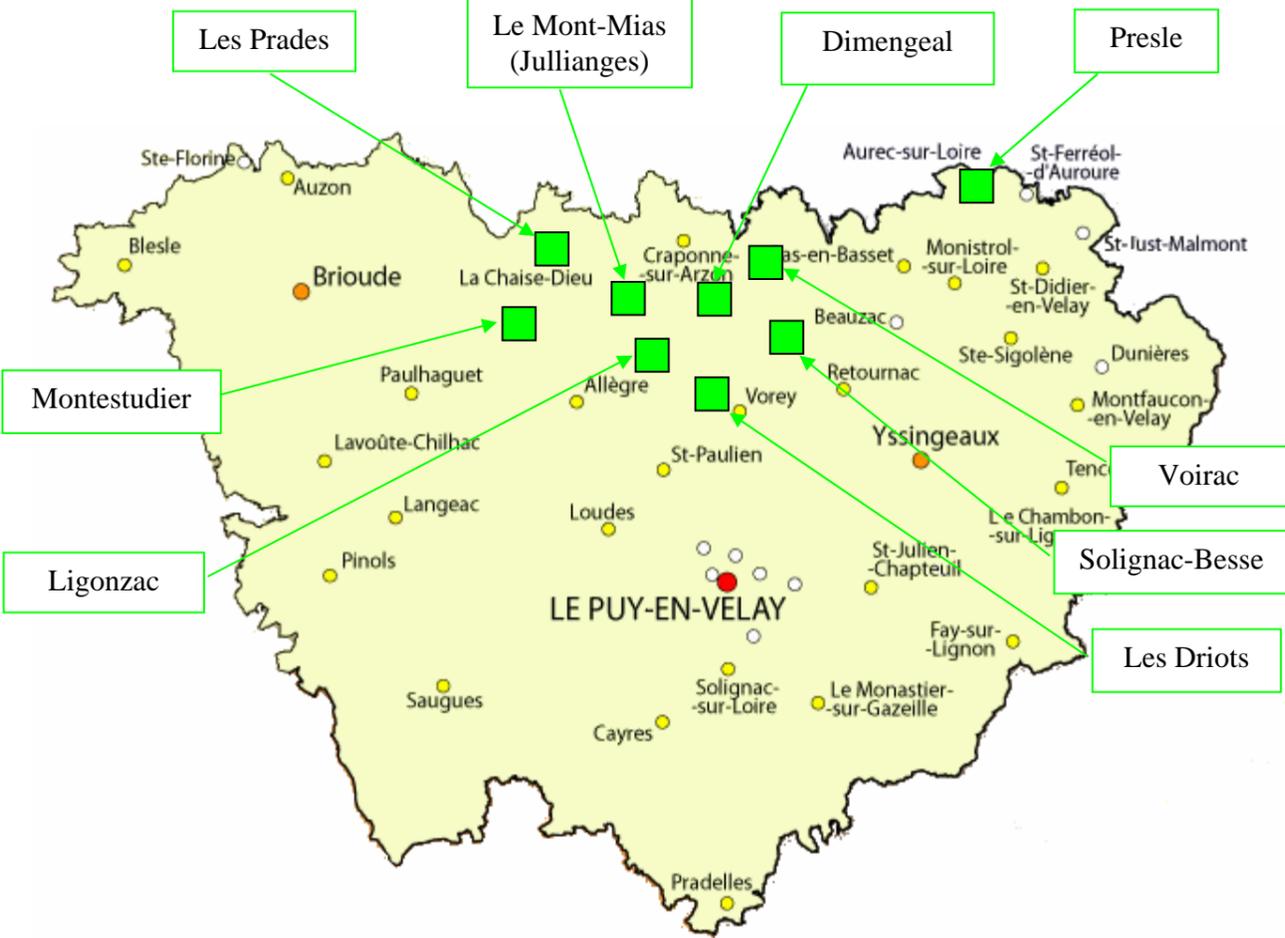
8	EVALUATION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT .....	65
8.1	IMPACT SUR LE VECTEUR EAU .....	65
8.1.1	Voies de contamination sur le milieu aquatique .....	65
8.1.2	Valeurs de référence « milieu naturel » .....	66
8.1.3	Analyse par bassin versant de l'impact réel sur le milieu aquatique .....	67
8.1.4	Bilan sur le milieu aquatique .....	71
8.2	IMPACT SUR LE VECTEUR AIR.....	72
8.2.1	Voies de contamination de l'air .....	72
8.2.2	Surveillance de la qualité radiologique de l'air .....	73
8.2.3	Résultats de la surveillance de la qualité de l'air.....	74
8.3	IMPACT SUR LA CHAINE ALIMENTAIRE ET LES SOLS .....	74
8.3.1	Voies de contamination de la chaine alimentaire .....	74
8.3.2	Contrôles de la chaine alimentaire .....	74
9	EVALUATION DE LA DOSE EFFICACE AJOUTEE .....	75
9.1	PRINCIPE DE L'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES.....	75
9.2	RISQUES RADIOLOGIQUES .....	75
9.3	LA NOTION DE DOSE EFFICACE .....	76
9.4	METHODE D'EVALUATION DE LA DOSE EFFICACE AJOUTEE DANS L'ENVIRONNEMENT PROCHE DES SITES.....	77
9.4.1	Voies d'exposition à considérer.....	77
9.4.2	Détermination des groupes de références .....	78
9.4.3	Calcul de la dose efficace annuelle ajoutée .....	78
10	MESURES PRISES POUR REDUIRE LES IMPACTS .....	80
10.1	REDUCTION DES IMPACTS SUR LE VECTEUR AIR .....	80
10.2	REDUCTION DES IMPACTS SUR LE VECTEUR EAU .....	81
11	CONCLUSIONS.....	82
11.1	CONCLUSIONS DE L'ANALYSE ENVIRONNEMENTALE .....	82
11.2	PROPOSITIONS D'ACTIONS COMPLEMENTAIRES A METTRE EN ŒUVRE.....	83
11.3	GESTION DES STERILES MINIERS .....	84
11.4	INFORMATIONS DU PUBLIC.....	84
	Références bibliographiques .....	85
	Liste des figures, annexes et plans.....	86
	Glossaire.....	87
	Sigles et abréviations .....	92

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 6/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

**Carte de localisation des sites  
de la Haute-Loire**



# Localisation des sites de la Haute-Loire



# 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 de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 7/92
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 de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 8/92
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)

$1.10^9$  Bq = 1 gigabecquerel (1 GBq)

$1.10^{12}$  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 de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 9/92
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 LA HAUTE-LOIRE

---

## 1.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le périmètre concerné par ce bilan environnemental couvre l'ensemble des activités minières uranifères et industrielles passées sur le territoire du département de la Haute-Loire (cf. plan n°1).

Ces activités sont présentes principalement dans le Nord du département et concerne les communes :

- dans l'arrondissement de Brioude : SAINT-PAL-DE-SENOUIRE et LA CHAISE-DIEU,
- dans l'arrondissement du Puy-en-Velay : JULLIANGES, BELLEVUE-LA-MONTAGNE, VOREY, SAINT-GEORGES-LAGRICOL et SAINT-JULIEN-D'ANCE,
- dans l'arrondissement d'Yssingeaux : SOLIGNAC-SOUS-ROCHE et AUREC-SUR-LOIRE.

Le département de la Haute-Loire comporte 9 sites d'extraction de minerai d'uranium. Il n'y a eu aucune activité de traitement du minerai d'uranium et aucun stockage de résidus de traitement.

## 1.2 HISTORIQUE

Le département de la Haute-Loire a vu l'exploitation, de 1956 à 1977, d'un ensemble de gisements uranifères granitiques qui ont produit 97 tonnes d'uranium métal à partir de 38 791 tonnes de minerai d'une teneur moyenne de 2,50 ‰ (2,50 kg d'uranium par tonne).

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

La recherche et l'exploitation uranifères débutèrent, au milieu des années 50 dans le nord du département de la Haute-Loire, par les prospections réalisées par la Société pour la Recherche et l'Exploitation du Sous-Sol (RESS). Ainsi, jusqu'en 1962, cette société découvrit 8 petits gisements uranifères.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 11/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Parallèlement, la Société des Mines de Bitume et d'Asphalte du Centre (SMAC) prospecta, de 1957 à 1961, sur la commune de Saint-Pal-de-Senouire.

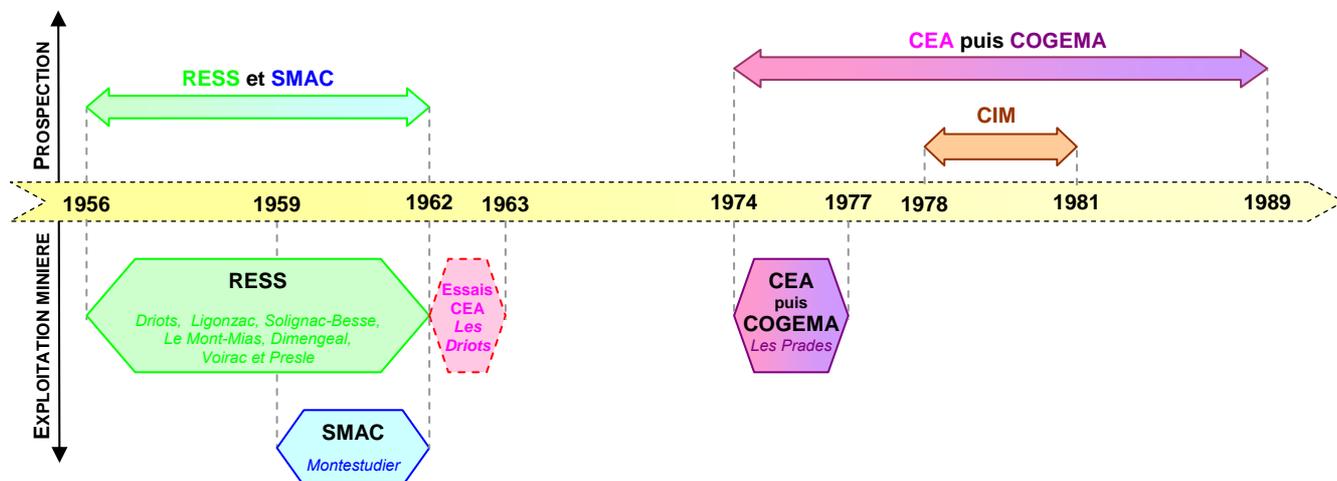
Devant le peu de résultats, ces sociétés abandonnèrent les recherches et exploitations dans ce secteur au début des années 60.

En 1962, le Direction des Applications Militaires du CEA racheta les terrains du site des Driots et utilisa les ouvrages miniers pour effectuer des essais d'explosifs chimiques. En juillet 1963, le CEA suspendit ces activités et demanda à sa Direction des Productions d'effectuer la fermeture et la surveillance du site, qui sera assurée à partir de 1976 par COGEMA.

En 1974, le CEA s'intéressa de nouveau à cette région et exploita le site des Prades, localisé sur la commune de la Chaise-Dieu, dont l'exploitation fut ensuite cédée à COGEMA, en août 1977.

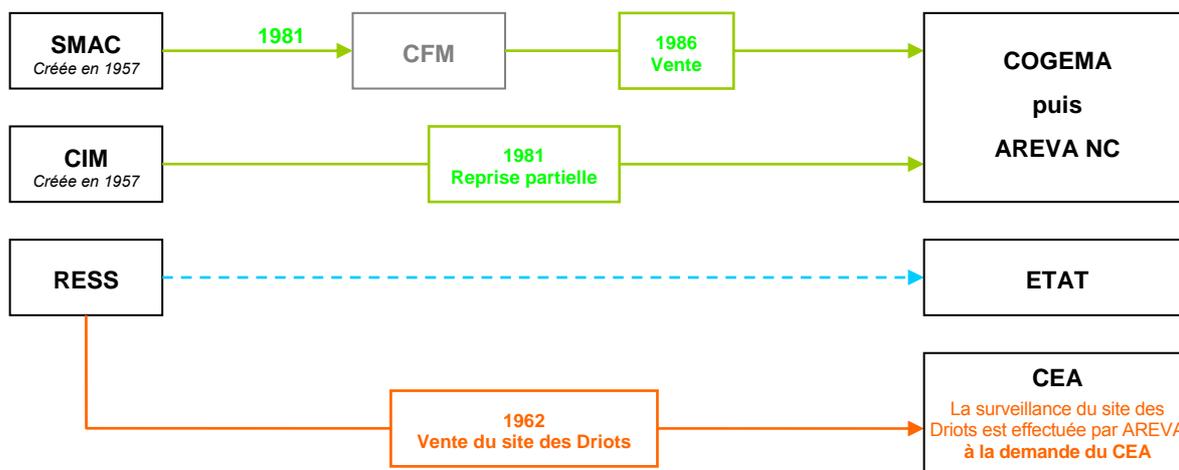
Les derniers à s'intéresser à la prospection uranifère du département de la Haute-Loire, furent la Compagnie Industrielle Minière (CIM) de 1978 à 1981 (secteur de Saint-Georges-Lagricol) et COGEMA, de 1983 à 1989 (secteur de Saint-Pal-de-Senouire).

La succession des activités minières uranifères de la Haute-Loire est présentée sur le schéma ci-dessous :



Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 12/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les évolutions des différents acteurs de la prospection et de l'exploitation uranifère sur le département de la Haute-Loire s'organisent de la manière suivante :



Les petites sociétés privées ont aujourd'hui disparu (SMAC, CFM, CIM, ...). Ne subsistent que COGEMA, désormais filiale d'AREVA NC.

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-Mines) en 2010, situé à Bessines-sur-Gartempe (87).

Concernant les sites exploités par la RESS (société n'existant plus aujourd'hui), aucun titre minier, englobant ces sites, n'a été posé par COGEMA ou une autre société entrant dans le périmètre AREVA NC. **Par conséquent, ces sites sont désormais « orphelins » et donc sous la responsabilité de l'Etat** (sauf le site de Dingengeal inclus dans le permis de recherches de La Garde accordé à la CIM).

**Concernant le site des Driots, celui-ci est propriété du CEA qui a confié sa gestion et son suivi à AREVA NC.**

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 13/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 2 PRESENTATION GENERALE DE L'ENVIRONNEMENT DES SITES

---

### 2.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE [1]

Le contexte géologique régional s'inscrit dans l'histoire géologique du Massif Central, que l'on peut découper en quatre phases principales. Une carte géologique départementale simplifiée est présentée en annexe 5.

#### **L'ère Primaire : du Cambrien au Permien (-600 à -245 millions d'années)**

De -600 à -500 Ma, les granites du Lot, du Limousin et du Lyonnais se mettent en place dans des formations sédimentaires vieilles de 600 à 700 Ma. De 500 à 480 Ma, l'écartement de plaques continentales au nord et au Sud provoque l'arrivée d'un océan qui recouvre l'emplacement actuel du Massif Central.

Vers -400 Ma, ces plaques se resserrent, tandis que le sous-sol de cet océan s'enfonce lentement sous la plaque européenne, et que les roches de ce fond océanique subissent une forte pression, transformant leur nature et produisant des roches dites reliques (comme la serpentine).

Entre -380 et -340 Ma, la plaque européenne et la plaque africaine entrent en collision. La plaque européenne se soulève pour donner naissance à la chaîne hercynienne. Ce soulèvement provoque de vastes chevauchements des terrains ainsi qu'une intense déformation des roches. La formation, vers -350 Ma, des grands systèmes de failles provoque l'effondrement de l'ensemble des terrains métamorphiques et favorisent la mise en place des granites du Limousin, de la Margeride et des Echassières.

#### **L'ère Secondaire : du Trias au Crétacé (-245 à -65 millions d'années)**

Au début de l'ère Secondaire, l'érosion transforme le Massif Central en un vaste plateau. Vers la fin de cette ère, la région est progressivement envahie par la mer. Les formations sédimentaires s'y déposent. Des argiles et calcaires s'empilent sur le socle granitique. Ces formations ne subsistent à l'affleurement de nos jours que dans quelques grands bassins périphériques (extrémité nord de l'Allier).

#### **L'ère Tertiaire : du Paléocène au Pliocène (-65 à -2 millions d'années)**

Durant l'ère Tertiaire a lieu un nouveau soulèvement général accompagnant la genèse des Alpes provoquée par le choc de la plaque africaine se glissant sous la plaque européenne. Ce soulèvement continue jusqu'à nos jours. Vers -35 Ma, de grandes failles se forment, compartimentant le Massif Central et délimitant de grands bassins sédimentaires d'effondrement.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 14/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Ces grands bassins d'effondrement deviennent alors des lacs, au fond desquels se déposent des sédiments calcaires et des marnes riches en fossiles. Entre ces failles, de vastes compartiments de terrains sont restés en relief : les Monts du Forez et du Livradois. A la faveur des fissures, le magma remonte.

Le volcanisme auvergnat débute il y a 25 Ma, avec les manifestations des Limagnes, alors inondées. La rencontre du magma basaltique et de l'eau conduit à un système éruptif explosif fragmentant à la fois matériaux anciens (dépôts marno-calcaires) et juvéniles (magma frais). Se forme une roche constituée d'un mélange de basalte et de calcaire : la pépérite.

S'en suit la période la plus intense du volcanisme avec l'édification :

- Du volcan du Cantal entre -13 Ma et -3 Ma, qui constitue le plus vaste stratovolcan d'Europe,
- Du volcan du Cézallier de -6 Ma à -3 Ma,
- Du volcan du Mont Dore-Sancy de -3 Ma à -200 000 ans,
- De l'ensemble Devès Velay entre -13 Ma et -1 Ma.

### L'ère Quaternaire (à partir de -2 millions d'années)

L'ère Quaternaire est marquée par deux événements majeurs :

- Le refroidissement à plusieurs reprises du climat : des glaciers apparaissent sur les monts Dore, l'Artense et le Cantal, érodant ces reliefs et provoquant l'apparition de dépôts morainiques en altitude ainsi que d'alluvions dans les vallées,
- Le volcanisme : le phréato-magmatisme récent de Limagne, il y a 90 000 ans environ, provoque la formation des maars de Saint-Hyppolite et de Clermont-Ferrand. Puis les volcans de la chaîne des Puys apparaissent entre -35 000 et -6 000 ans.

#### 2.1.1 Géologie des terrains uranifères [2]

Les indices uranifères du Nord de la Haute-Loire se sont développés au sein de deux grandes unités :

- l'unité métamorphique du groupe de la Senouire, correspondant principalement des gneiss, des micaschistes et des orthogneiss (dit « de Fix »). A l'intérieur de cette unité, des granites intrusifs (dont le granite de la Chaise-Dieu) se sont mis en place.
- et, le massif granitique du Velay.

Le site de Montestudier est localisé au sein **des orthogneiss de Fix**. La roche est de teinte claire. Elle présente une structure œillée à foliation prononcée, avec des porphyroblastes de feldspaths potassiques.

Le site des Prades est localisé au sein du **laccolite granitique de la Chaise-Dieu**, orienté NE-SW. Ce laccolite s'est développé au sein des micaschistes de l'unité métamorphique de Senouire. Il s'agit d'un granite à structure grenue porphyroïde, à biotite nettement orientée et de teinte assez claire.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 15/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les autres sites sont localisés dans le **massif granitique du Velay**, qui comprend plusieurs faciès dont des granites d'anatexie à biotite seule (sites de Ligonzac, Voirac et Mont-Mias (autre nom : Jullianges)) ou à biotite et cordiérite (sites de Dimengeal, Les Driots et Solignac-Besse). Ces granites sont hétérogènes de part leur structure, allant de microgrenue à grenue, et leurs proportions relatives des différents minéraux.

*Remarque : La carte géologique correspondant au site de Presle, localisé sur la commune d'Aurec-Loire (Feuille de Firminy), n'est pas disponible.*

### 2.1.2 Tectonique [3]

La région a été affectée par deux phases tectoniques majeures :

- **La tectonique hercynienne (-380 à -230 Ma) :**

La mise en place des différentes roches granitiques est à rattacher à cette période. Les grandes lignes tectoniques sont soulignées par les directions des filons de microgranites qui recoupent les granites et terrains métamorphiques.

Trois directions sont prédominantes : les directions varisques et armoricaines qui se superposent, au point de rehaussement du « V » hercynien, et la direction subméridienne qui peut être considérée comme la résultante des deux autres.

La direction armoricaine se trouve surtout dans les Monts du Forez et du Livradois, où se situent la majorité des sites uranifères. Elle est beaucoup plus rare à l'Est de la Loire où elle ne forme plus que quelques grandes structures régionales. Elle est caractérisée par de puissants filons siliceux hydrothermaux (dont la majorité des filons uranifères) et par quelques filons de microgranite. De plus, elle forme généralement les contacts entre les différents granites.

La direction varisque est surtout représentée dans la partie Est de la région. Ce sont généralement des zones bréchiques à rejeu horizontal. C'est aussi la direction de nombreux filons de microgranite.

La direction subméridienne est marquée par la mise en place de puissants filons de quartz hydrothermaux de direction sensiblement Nord-Sud et de filons de granulite dans le domaine cristallophyllien.

- **La tectonique alpine (-230 à -2 Ma) :**

Cette tectonique est caractérisée essentiellement par les directions méridiennes de type cassant : les grandes failles bordières subméridiennes des bassins d'effondrements et les failles sensiblement NS des vallées intra-batholitiques.

Ce sont des failles à pendage Est qui ont compartimentées les zones cristallines à la fois dans le sens vertical en surélevant les horsts et créant les bassins d'effondrement et dans le sens horizontal en repoussant vers le Nord les compartiments de l'Ouest.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 16/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

### 2.1.3 Caractéristiques des minéralisations

Les minéralisations rencontrées dans le département de la Haute-Loire sont très variables selon les secteurs. Le tableau suivant décrit ces minéralisations en fonction des sites exploités :

Sites	Minéralisations
Les Driots	Minéralisation (autunite et oxydes noirs) présente dans des filons de 1 à 6 m de puissance, qui se sont développés au sein du réseau faillé.
Ligonzac	Minéralisation (autunite, chalcopite, gummite et pechblende) dans une brèche plus ou moins silicifiée.
Les Prades	Minéralisation (pechblende) présente dans un système de fines cassures.
Le Mont-Mias (Jullianges)	Minéralisation caractérisée par une petite trace (orienté Est-Ouest) de pechblende disséminée dans le granite d'anatexie sain.
Montestudier	Minéralisation sous forme d'autunite au sein de zones de broyage micacée.
Dimengeal	Minéralisation (autunite et produits noirs) au sein d'une formation siliceuse bréchique orientée Est-Ouest.
Voirac	Minéralisation (autunite) dans des diaclases orientées N 45°W.
Solignac-Besse	Minéralisation (autunite et produits noirs) au sein d'une brèche de granite argileuse et filons de quartz.
Presle	Minéralisation (chalcopite et autunite) présente dans un filon de quartz orienté Est-Ouest.

### 2.1.4 Fond radiologique régional

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

Géologie	Sites miniers	Ordre de grandeur du fond radiométrique (en chocs/seconde SPP $\gamma$ )
Massif granitique du Velay <i>Granite d'anatexie riche en biotite et cordiérite</i>	Les Driots Dimengeal Solignac-Besse	90 - 150
<i>Massif granitique du Velay Granite d'anatexie riche en biotite</i>	Ligonzac Le Mont-Mias Voirac Presle	90 - 120
Laccolite de Chaise-Dieu <i>Granite porphyroïde à biotite</i>	Les Prades	90 - 100
Orthogneiss de Fix	Montestudier	80 - 100

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 17/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 2.2 ENVIRONNEMENTS PAYSAGERS ET DEMOGRAPHIQUES

### 2.2.1 Relief et paysage à l'échelle régionale

Le cadre régional est caractérisé par trois grands ensembles (voir figure 1) :

#### Les plaines sédimentaires du Bourbonnais et de la Limagne

Ces plaines se situent au Nord de la région auvergnate, principalement au niveau du département de l'Allier. La zone est traversée par l'Allier, le Cher et leurs affluents respectifs, ainsi que par certains affluents de la Loire. Ce secteur possède des altitudes comprises entre 200 et 400 m. il est destiné en majorité :

- A l'élevage bovin pour la production de viande,
- Aux grandes cultures céréalières (blé, orge, maïs), oléagineuse (colza, tournesol) et de betteraves sucrières.

Clermont-Ferrand, capitale régionale, se situe à l'extrémité Sud de cette plaine.

#### Les plateaux granitiques du Livradois et du Forez

Localisés à l'Est de la région, les plateaux du Livradois et du Forez sont bordés à l'Ouest par la vallée de l'Allier, et à l'Est par celle de la Loire. Les deux plateaux sont séparés par une vallée au fond de laquelle s'écoule la rivière de la Dore. Ces plateaux possèdent des altitudes comprises entre 600 et 1200 m. Dans ce secteur, l'élevage bovin est prédominant. La majorité des sites du Puy-de-Dôme se situent sur ces plateaux.

#### Les massifs montagneux

Les massifs montagneux regroupent la chaîne des Puys, les Monts Dore, les Monts Dôme et les Monts du Cantal, situés au Sud de la région auvergnate. Ils correspondent à la partie Nord du Massif Central. L'élevage bovin est important dans ce secteur, mais c'est le tourisme qui prédomine (tourisme « vert », sports d'hiver).

### 2.2.2 Démographie du département

Le département de la Haute-Loire possède une superficie de 4 977 km<sup>2</sup> et 220 437 habitants, soit une densité de population de 44 habitants/km<sup>2</sup> (Source : INSEE – Population légale 2007). Les zones de plus fortes densités de populations correspondent aux grandes villes du département et à leurs communes périphériques (Le Puy-en-Velay, Frugerès-les-Mines, Langeac et le secteur de Monistrol-sur-Loire / Pont-Salomon). Les zones les plus rurales, ayant une densité de population parfois inférieure à 10 habitants/km<sup>2</sup>, sont majoritairement situées à l'Ouest et au Sud du département.

Globalement, la population du département tend à augmenter depuis 1999 avec une augmentation de 11 390 habitants, soit environ 5 %, de 1999 à 2007 (Source : INSEE – Statistiques Locales).

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 18/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 2.3 CONTEXTE CLIMATIQUE [4]

Le climat en Auvergne est inégal à l'image du relief de la région :

- Le secteur Ouest est sous influence océanique, avec une forte pluviosité, très étagée selon l'altitude, avec un maximum de 2 000 mm/an sur les monts du Cantal. Une forte dissymétrie existe entre les versants Ouest de pluviosité élevée, et les versants Est plus secs. La répartition saisonnière des précipitations est régulière, avec cependant un minimum en été et des précipitations hivernales très abondantes sous forme de neige.
- Sur les plaines du centre et l'Est de la région, cette tendance s'atténue nettement pour faire place à l'influence continentale qui se caractérise par des précipitations relativement modestes, généralement moins de 800 mm/an, voire moins de 600 mm/an sur les bassins intérieurs à l'abri des lignes de reliefs. Sur ces zones, on observe une sécheresse marquée en hiver et de fortes précipitations d'orage en fin de printemps et en été.
- Certains secteurs du Sud de l'Auvergne, et en particulier le Sud-Est de la Haute-Loire, sont soumis également à l'influence méditerranéenne qui apporte des situations anticycloniques stables en été, de soudaines et abondantes précipitations en automne (pluies de type cévenol), puis un hiver plutôt sec.

### 2.3.1 Pluviométrie

Comme décrit précédemment, la pluviométrie en Auvergne est très inégale selon les secteurs. Le tableau suivant présente les précipitations moyennes sur l'ensemble de la région.

Secteurs	Influence climatique prédominante	Précipitations moyennes
Secteur Ouest	Océanique	Plus de 1 200 mm/an > 2 000 mm/an sur les Monts du Cantal
Secteurs Centre et Est	Continentale	De 400 à 1 200 mm/an
Secteur Sud	Méditerranéenne	De 400 à 1 200 mm/an

### 2.3.2 Températures

Les températures moyennes annuelles dépendent fortement du relief et sont donc très hétérogènes en Auvergne. Le tableau suivant présente les températures moyennes par département.

Départements	Température moyenne minimale	Température moyenne maximale	Température moyenne
Allier (Vichy)	5,1°C	15,9°C	10,5°C
Cantal (Aurillac)	5,4°C	15,4°C	Non connue
Haute-Loire (Le Puy-en-Velay)	3,8°C	14,1	8,9°C
Puy-de-Dôme (Clermont-Ferrand)	5,7°C	15,9°C	10,8°C

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 19/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

### 2.3.3 Vents

Du fait du relief, la direction comme la vitesse moyenne des vents est très variable en Auvergne. Globalement, les vents sont déviés par le relief et proviennent essentiellement du Nord ou du Sud.

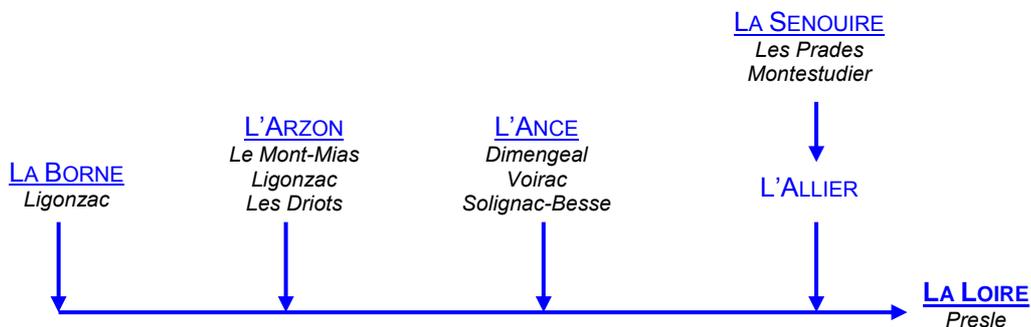
## 2.4 CONTEXTE HYDROLOGIQUE

### 2.4.1 Bassins versants

Les gisements exploités sont répartis sur cinq bassins versants (figure 3) :

- Deux sites (Le Mont-Mias (autrement dénommé Jullianges) et Les Driots) sont localisés sur le bassin versant de la rivière **l'Arzon**, affluent rive gauche de la rivière La Loire ;
- Un site (Ligonzac) est localisé à la limite des bassins versants de l'Arzon et de la rivière **La Borne**, affluent rive gauche de la rivière La Loire ;
- Deux sites (Les Prades et Montestudier) sont situés sur le bassin versant de la rivière **La Senouire**, affluent rive droite de la rivière l'Allier ;
- Trois sites (Dimengeal, Voirac et Solignac-Besse) sont localisés sur le bassin versant de la rivière **l'Ance**, affluent rive gauche de la Loire ;
- Un site (Presle) se situe dans le bassin versant direct de La Loire.

L'ensemble de ces cours d'eau appartient au bassin versant de la Loire. Le schéma suivant présente le chainage des cours d'eau principaux (ceux soulignés sont concernés par les sites miniers uranifères) :



Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 20/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 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 disponibles sont fournies :

- pour la rivière l'Arzon, par deux stations :
  - Chomelix, située en aval du site du Mont-Mias (Jullianges) et en amont hydraulique des Driots et de Ligonzac.
  - Vorey, au pont d'Eyravazet, située en aval hydraulique des trois sites précédents.
- pour la rivière La Senouire, par une station localisée sur la commune à Paulhaguet, au lieu-dit La Fridière, en aval hydraulique des sites miniers (Les Prades et Montestudier).
- pour la rivière l'Ance, par une station localisée à Saint-Julien-d'Ance, au lieu-dit Laprat, en aval des sites miniers de Dimengeal et Voirac et en amont hydraulique de Soliganc-Besse.

Les valeurs des paramètres caractéristiques des débits sont présentées dans le tableau ci-dessous [5] :

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		
Arzon	Chomelix	75,8	1,07	0,094	0,042	11,00	18,00	14,30	20,0 #
	Vorey	156	3,7 *	★	★	★	★	★	★
Senouire	Paulhaguet	155	1,57	0,230	0,140	23,00	47,00	57,00	123,0
Ance	St-Julien-d'Ance	354	4,320	0,820	0,490	36,00	62,00	120,0 #	215,0

★ Données non calculées par le gestionnaire (DIREN)

# Valeurs estimée (mesurée ou reconstituée) que le gestionnaire juge incertaine (DIREN)

\* valeur moyenne pour 2010

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.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 21/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

### 2.4.3 Utilisation des eaux

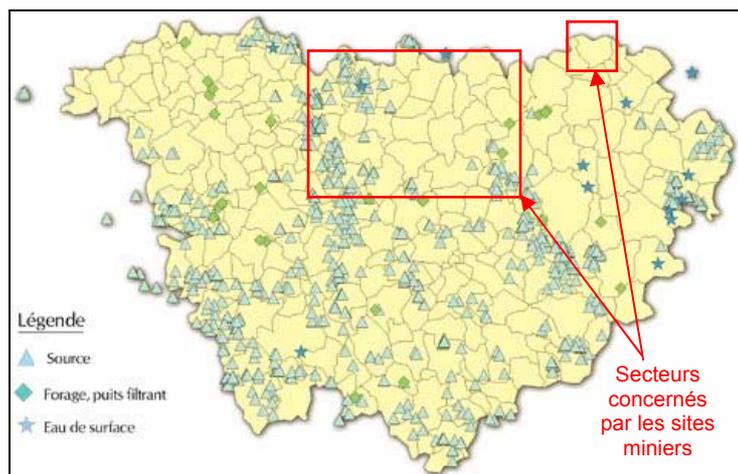
#### *Barrages et production d'hydroélectricité*

Pour les cours d'eau visés par ce bilan environnemental, seule la rivière l'Ance possède des barrages utilisés ou non pour la production d'électricité.

Sur la commune de Saint-Julien-d'Ance, il existe deux usines : celle du Rodier et celle du barrage de Passouira. Plus en aval, sur la commune de Tiranges (limitrophe de la commune de Solignac-sous-Roche, se trouvent l'usine hydroélectrique de Moulas et le barrage du Pont du Plot.

#### *Alimentation en eau potable*

La carte suivante présente l'ensemble des captages d'eau potable en fonction de leur origine, présents sur le département de la Haute-Loire.



Source : Observatoire Départemental de l'Eau de la Haute-Loire

D'après cette carte, pour le secteur, situé au centre et au Nord du département, les principales prises d'eau potable se feraient à partir de sources. Les communes concernées par ces prises d'eau et par les sites miniers uranifères seraient les communes de La Chaise-Dieu, Jullianges, Saint-Pal-de-Senouire, Vorey et Solignac-sous-Roche.

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

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 22/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Le département de la Haute-Loire a développé sur son territoire, un tourisme dit « vert ». La faible densité de population du milieu rural, et la beauté simple de ses paysages donnent au tourisme de la Haute-Loire une spécificité, correspondant à un tourisme familial ou de groupe dont l'attraction est liée à la pratique d'activités proches de la nature.

Les activités touristiques qui s'y pratiquent sont les randonnées pédestres et équestres, VTT, ... mais aussi les sports d'eau vive (rafting, canoë, kayak...) et la pêche compte tenu de l'importance du réseau hydrographique. De ce fait, des sites comme la Coulée de Bourrienne (commune de Saint-Julien d'Ance), des plans d'eau comme l'étang du Breuil à la Chaise-Dieu et la rivière l'Ance en amont du barrage de Passouira sont très prisés.

La capacité d'hébergement touristique du département de la Haute-Loire comprend principalement :

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

## 2.5 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

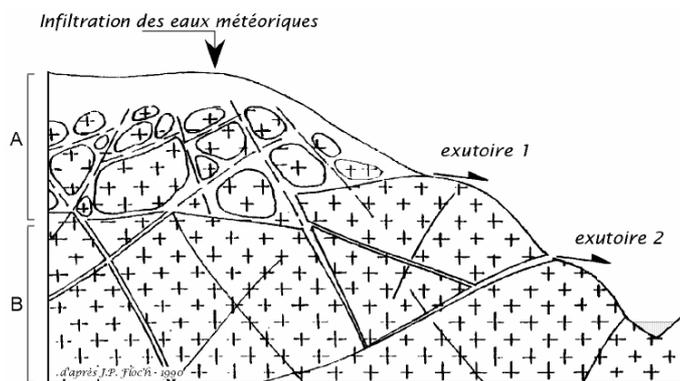
La figure 2 présente deux cartes schématiques de la région Auvergne : la première présente la nature des terrains aquifères et la seconde met en évidence la sensibilité de ces derniers (intérêt stratégique, à protéger...). Ces aquifères sont liés à la nature même du sol et du sous-sol. Les secteurs concernés par les sites miniers correspondent à des roches cristallines (socle) ne comportant que de petites réserves dans les zones altérées. Ces aquifères sont considérés comme à intérêt local.

En effet, 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 de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 23/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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



A : Aquifère superficiel - B : Aquifère profond

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).

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 24/92
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.

*Remarque : L'ordonnance n° 2011-91 du 20 janvier 2011 porte codification de la partie législative du code minier. Elle entrera en vigueur le 1er mars 2011. Il s'agit d'une recodification de la partie législative du code minier en droit constant. Les modifications apportées par cette ordonnance ne concernent pas les activités évoquées dans le présent bilan environnemental.*

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 25/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

### 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).

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

- L'obtention d'un titre minier :
  - Permis exclusif de recherches ou permis d'exploitation<sup>1</sup> (à durée limitée)
  - Concession : avant 1977, les concessions étaient à durée illimitée. Après 1977, 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.

Il est à noter que l'article L.144-5 du code Minier précise que les concessions qui ont été octroyées avant 1977 et dont la durée était illimitée, expireront le 31 décembre 2018.
- L'obtention d'une autorisation préfectorale d'ouverture de travaux, qui en détermine les conditions techniques avant leur entreprise (Art. L.162-1 du code minier).

Les ouvertures des travaux miniers du département du Haute-Loire ont été autorisées au titre de la Police des Mines conformément à la législation minière en vigueur au moment de leur mise en chantier :

- Pour la période de 1909 à 1972 : décret du 14 janvier 1909.

Ont été mis en chantier les sites des secteurs des Driots, Ligonzac, Dimengeal, Solignac-Besse, Le Mont-Mias (Jullianges), Montestudier, Voirac et Presle.

L'article 6 du décret de police des mines prévoyait qu'avant d'ouvrir une mine, l'exploitant en avertissait l'ingénieur en chef des mines par courrier accompagné de plans et coupes utiles, et d'un mémoire exposant la méthode d'exploitation.
- Pour la période de 1972 à 1980 : décret n°72-645 du 04 juillet 1972.

Ce décret concerne le site des Prades.
- Pour la période de 1980 à 1995 : décret n°80-330 du 07 mai 1980.

Ce décret ne concerne aucune mise en chantier sur la Haute-Loire.

### Procédures de fermeture des sites :

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

---

<sup>1</sup> Il est à noter que la loi du 15 juillet 1994 modifiant certaines dispositions du code minier stipule que ne seront plus accordés de permis d'exploitation. L'exploitation d'un gisement doit alors être réalisée dans le cadre d'une concession.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 26/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

→ Arrêt de l'exploitation avant mai 1980

Le décret du 14 janvier 1909, puis le décret n° 72-645 du 4 juillet 1972, prévoyaient, avant fermeture d'un site, que l'exploitant en informe la Préfecture.

De plus, il est à noter que, comme les travaux d'exploitation et de recherches étaient réalisés dans le cadre d'un permis exclusif de recherches 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 recherches ou d'exploitation par l'exploitant.

Le code Minier tel qu'il a été modifié en 1970 apporte des précisions notamment sur l'arrêt des travaux. Ainsi, l'Article L.153-8 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, dans le cadre de la police des mines, deux procédures d'arrêt des travaux : le délaissement et l'abandon (Titre IV, Chapitre 1er : le délaissement et 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.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 27/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

→ 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 l'ouverture des travaux miniers et à la police des mines introduit la procédure actuelle d'arrêt définitif des travaux miniers (Titre VI, Chapitre III). Cette procédure est reprise et décrite dans les articles L.163-1 à L.163-12 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 L.161-1 [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* » (Article L.163-5).

Parmi les intérêts mentionnés à l'article L.161-1 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 1er 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 (ancienne codification du code minier) : préservation des intérêts mentionnés à l'article 79 (ancienne codification du code minier), 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 environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 28/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- 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 (ancienne codification du code minier)) 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 L.163-9 du code Minier).

Toutefois des mesures peuvent encore être prescrites après ce donné acte lorsque des événements imputables aux anciens travaux miniers compromettent les intérêts mentionnés à l'article L161-1 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 la Haute-Loire, 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.**

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 29/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

→ *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	Décret du 14 janvier 1909 (modifié en 1970 – Art. 71-2) Décret n° 72-645 du 4 juillet 1972	Courrier à la préfecture Modification du code minier en 1970 précisant : « <i>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.</i> »
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
A titre indicatif : A partir de juin 2006	Décret n°2006-649 du 2 juin 2006	Procédure d'arrêt définitif des travaux et d'utilisation d'installations minières et de stockage.

**Obligations de l'exploitant après la fermeture des mines :**

L'Article L.163-4 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 la formalité mentionnée au premier alinéa de l'article L.163-9.* ».

La nature des « *risques importants* » évoqués ici est précisée dans l'article L.174-1 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 la Haute-Loire. 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.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 30/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Comme indiqué au paragraphe précédent, les arrêtés préfectoraux s'appliquant actuellement aux sites de la Haute-Loire 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. »

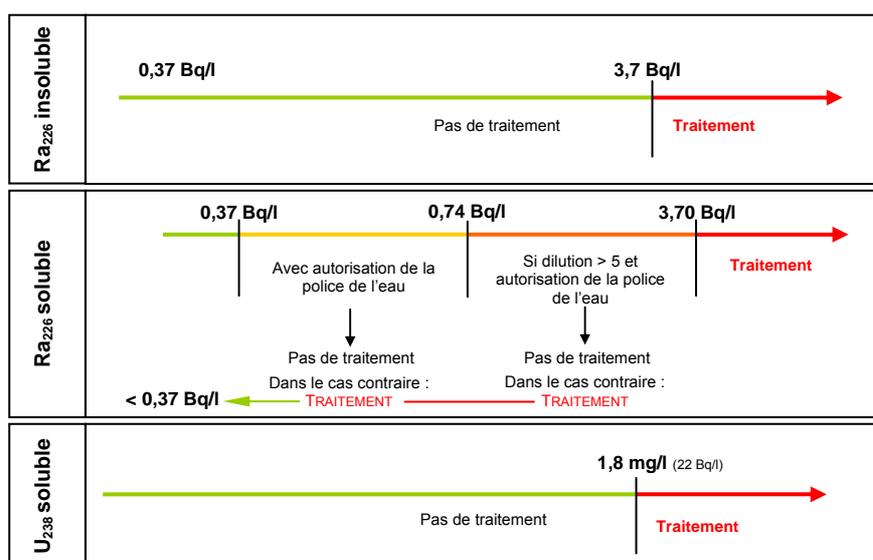
Concernant les produits liquides, le décret n° 90-222 précité, dispose que « toutes les eaux de l'exploitation, y compris les eaux de ruissellement, doivent être captées en vue d'une surveillance et d'un traitement éventuel ».

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 mg/l (soit 1 800 µg/l ou 22 Bq/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 retenaient la valeur de 0,74 Bq/l quelque soit le rapport de dilution.

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



Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 31/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

**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 de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 32/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Il est à noter que le régime d'ICPE n'emporte pas de dispositions spécifiques applicables à la fermeture d'installations de stockage.

Remarque :

**Sur le département de la Haute-Loire, il n'y a aucune Installation Classée pour la Protection de l'Environnement de type stockage de résidus de traitement du minerai d'uranium.**

### **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 de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 33/92
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</b> <i>(à titre indicatif : usines de traitement du minerai)</i>	<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 de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 34/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 3.2 PLAN 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) [7] :

- 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 de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 35/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

### 3.2.2 MIMAUSA [8]

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.

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,...) ;

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 36/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- **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 environnemental de la Haute-Loire, prescrit à AREVA NC par arrêté préfectoral n° DIPPAL-B3/2010-107 du 15 juin 2010 (Annexe 6), s'inscrit parfaitement dans le cadre de l'axe 2 de cette circulaire.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 37/92
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. Ils peuvent être regroupés en deux catégories :

- les sondages et tranchées, consistant principalement à étudier les indices mis en évidence par la prospection de surface et le cas échéant à en extraire les minéralisations.
- les travaux de reconnaissance par petits chantiers, consistant soit à creuser un puits de faible profondeur (10 à 15 m), accompagné, ou non, d'une galerie de longueur inférieure à une vingtaine de mètres, soit à creuser 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 sur le département de la Haute-Loire :

Sites miniers	Périodes d'exploitation	Nature des travaux
Mont-Mias (ou Jullianges)	1959 - 1962	<u>chantier du Mont</u> : 1 puits de 20 m de profondeur accompagné de 14 m de galerie au niveau N-12. <u>chantier de Jorat</u> : 1 puits de 6 m de profondeur.
Montestudier	1959 - 1962	Sondages et tranchées de reconnaissance.
Dimengeal	1957 - 1961	Sondages et tranchées de reconnaissance.
Voirac	1959 - 1962	Tranchées.
Presle	1961	1 descenderie à flanc de coteau d'environ 30 m de longueur.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 38/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 4.1.2 Exploitation souterraine

L'infrastructure d'accès aux mines souterraines du département de la Haute-Loire était constituée :

- soit d'un puits vertical (sites de Ligonzac et de Solignac-Besse) et de niveaux de galeries horizontales tous les 10 à 20 mètres,
- soit d'une ou plusieurs entrées à flanc de coteau correspondant à des travers-bancs (site des Driots et de Solignac-Besse).

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.

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...

Le tableau suivant présente les différentes méthodes d'exploitation en souterrain utilisées sur le département de la Haute-Loire :

Sites miniers	Périodes d'exploitation	Méthodes d'exploitation
Les Driots	1956 - 1961	Creusement de 3 travers-bancs (TB 700, TB 753 et TB 807). Fonçage de 4 montages (Mter3, M4, M5 et M9). Traçage de plus de 1500 m de galeries réparties sur environ 12 niveaux entre N-700 et la cote 830 NGF (correspondant à la cote de la mine à ciel ouvert). <b>Présence de dépilages exploités par tranches montantes remblayées</b> (abattage sélectif du minerai par tranches horizontales prises en montant avec extraction du minerai par les travers-bancs).
Ligonzac	1958 - 1960	Creusement d'un puits de 34 m de profondeur et traçage de 135 m de galeries réparties sur 4 niveaux (N-7, N-14, N-24 et N-31). <b>Présence de dépilages (absence d'information sur la méthode utilisée).</b>
Solignac-Besse	1960 - 1961	Creusement d'un puits de 40 m de profondeur, d'une descenderie et d'un travers-banc d'une dizaine de mètres de longueur. Fonçage d'un montage. Traçage de 430 m de galeries réparties sur 3 niveaux (N-18, N-28 et N-40). <b>Pas de dépilages.</b>

## 4.1.3 Exploitation à ciel ouvert

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

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 39/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Sur les sites les plus importants et les plus récents, les zones minéralisées étaient délimitées par des 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).

Sur le département de la Haute-Loire, seuls deux sites ont fait l'objet de travaux d'exploitation à ciel ouvert :

- le site des Driots : il s'agit d'une petite mine exploitée à flanc de coteau, entre 1956 et 1961, d'environ 15 m de largeur pour 20 m de longueur. Sa profondeur était d'environ 5 m. Le montage Mter3 débouchait en fond de fosse.
- le site des Prades : il s'agit d'une mine à ciel ouvert, d'environ 80 m de diamètre, exploitée entre 1974 et 1977. Cette mine à ciel ouvert a été exploitée par tranches de 2,5 m et par gradins de 10 m. Sa profondeur était de 29 m. Cette exploitation a générée un tonnage brut d'environ 205 000 tonnes (stériles + minerais extraits).

## 4.2 LE TRAITEMENT DU MINERAI

L'extraction du minerai d'uranium sur le département de la Haute-Loire s'est déroulée de 1956 à 1962 pour les travaux effectués par la société RESS et de 1974 à 1977 pour l'exploitation du site des Prades par COGEMA. L'ensemble du minerai extrait (RESS et COGEMA) a été expédié à l'usine SIMO de Bessines-sur-Gartempe en Haute-Vienne.

**Sur le département de la Haute-Loire, il n'y a eu aucune usine de traitement chimique du minerai (traitement dynamique ou de lixiviation statique).**

Sur le site des Driots, la Société RESS possédait uniquement un concasseur et des trémies pour préparer le minerai avant envoi de celui-ci vers l'usine de Bessines-sur-Gartempe (Cf. planche photographique en annexe 2.1).

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 40/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 5 PRESENTATION DES SITES MINIERS

### 5.1 GENERALITES

Les activités minières uranifères du département de la Haute-Loire comprennent 9 sites d'exploitation et de prospection d'importance inégale et dont la responsabilité réglementaire incombe à 3 acteurs : AREVA NC, le CEA et l'Etat. Le tableau suivant récapitule ces informations :

Sites miniers	Types d'exploitation	Exploitants	Gestionnaires actuels	Surveillance
Les Driots	TMS + MCO	RESS puis CEA	CEA	AREVA à la demande du CEA
Ligonzac	TMS	RESS	ETAT	ETAT
Les Prades	MCO	COGEMA	AREVA	AREVA
Le Mont-Mias	TRPC	RESS	ETAT	ETAT
Montestudier	Prospection par sondages	SMAC puis COGEMA	AREVA	AREVA
Dimengeal	Prospection par sondages	RESS puis CIM	AREVA	AREVA
Voirac	Tranchées de reconnaissance	RESS	ETAT	ETAT
Solignac-Besse	TMS	RESS	ETAT	ETAT
Presle	TRPC	RESS	ETAT	ETAT

TMS : Travaux miniers souterrains – MCO : Mine à ciel ouvert – TRPC : travaux de reconnaissance par petit chantier

L'emprise des terrains concernés par les sites miniers de la Haute-Loire représente une surface totale d'environ 6 ha.

Afin d'établir ce bilan de fonctionnement des sites miniers de la Haute-Loire, le système de documents établi pour l'ensemble des bilans 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.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 41/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Le détail de la production (minerai et pseudo minerai, stériles) est présenté sur la figure 4.

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 523 à 531.

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.

Des planches photographiques, prises au cours des visites effectuées au cours de l'hiver 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.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 42/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 5.2 SITUATIONS REGLEMENTAIRES DES SITES ET INSTALLATIONS ARRETEES

### 5.2.1 Titres miniers

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

Sites miniers	Périodes d'exploitation	Dernier titre minier auquel a appartenu le site à la fin de son exploitation
Les Driots	1956 – 1961	Permis d'exploitation des Driots
Ligonzac	1959 – 1960	Permis de recherches de Jullianges
Le Mont-Mias	1959 – 1962	
Les Prades	1974 – 1977	Permis d'exploitation de Prades
Montestudier	1959 – 1962	Permis de recherches d'Allègre-Saint-Pal
Dimengeal	1957 – 1961	Permis de recherches de Dimengeal
Voirac	1959 – 1962	Permis de recherches de Pontempeyrat
Solignac-Besse	1960 – 1961	Permis de recherches de Solignac-sous-Roche
Presle	1961	Hors permis – Recherche libre avec le consentement du propriétaire

Sur le territoire de la Haute-Loire, il n'existe plus de permis de recherches ou d'exploitation, ou de concession valides.

### 5.2.2 Situation administrative relative à la fermeture des sites

L'ensemble des sites miniers uranifères de la Haute-Loire ont été exploités et arrêtés avant mai 1980, date d'apparition des procédures d'arrêt des travaux du type abandon ou délaissement.

Cependant, certains sites ont fait l'objet d'une procédure d'arrêt des travaux comme mentionnée dans le décret du 14 janvier 1909. La mines des Prades (La Chaise-Dieu) a quant à elle, été fermée suivant les dispositions du décret n° 72-645 du 4 juillet 1972 (cf. paragraphe 3.1.1 : procédures de fermeture des sites).

Le tableau suivant récapitule les différentes procédures et actes administratifs relatifs à la fermeture des sites miniers de la Haute-Loire.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 43/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Sites miniers	Procédures	Actes Administratifs	Surveillance réglementaire	Servitudes *
Les Driots	Abandon des travaux	Arrêté préfectoral du 05/09/1961	NON	NON
Les Prades	Arrêt des travaux	Lettre DRIR du 19/10/1979	NON	NON
Dimengeal	<i>Ces sites, considérés comme travaux de recherches de minime importance qui n'ont pas nécessité de procédure de fermeture. Cependant, les ouvrages miniers réalisés ont été mis en sécurité de l'arrêt des travaux de recherche.</i>		NON	NON
Ligonzac			NON	NON
Le Mont-Mias (Jullianges)			NON	NON
Montestudier			NON	NON
Voirac			NON	NON
Solignac-Besse			NON	NON
Presle			NON	NON

\* Il s'agit de servitudes (ou restrictions d'usage), inscrites au Registre des Hypothèques. Ce sont des servitudes du type « restrictions d'usage conventionnelles au profit de l'Etat ». Ces servitudes de droit privé interdisent, en outre, de construire des locaux (atelier, habitations, etc.), de forer, effectuer des fouilles, au droit des travaux miniers souterrains et 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 bassins versants, en fonction des milieux récepteurs impactés, ainsi que le précise le dernier alinéa de l'article 1er de l'arrêté préfectoral du 15 juin 2010 prescrivant le présent bilan environnemental.

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 (aucun site concerné sur le département de la Haute-Loire).
  - 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 (TB 700 du site des Driots)
  
- **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. (Les Prades).

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 44/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- **Eaux de ruissellement ou écoulements souterrains avec points de rejets non identifiés :** leur impact est jugé potentiel. (Ligonzac, Le Mont-Mias (Jullianges), Montestudier, Presle, Dimengeal, Voirac et Solignac-Besse).

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.

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

Sites	Type d'écoulement	Plans d'eau en aval des sites	Cours d'eau secondaires			Cours d'eau principaux
Le Mont-Mias (Jullianges)	Jorat	Potentiel	-	Ruisseau de Laignac		L'Arzon
	Le Mont	Potentiel	Etang	Ruisseau	Ruisseau de Laignac	
Les Driots	Identifié	-	Ruisseau de l'Enfer			
Lizongac	Potentiel	-	Ruisseau	Ruisseau de Chamalière		
	Potentiel	-	Ruisseau de Bourbouilloux		La Borne	
Les Prades	Identifié	Etang (récepteur du rejet) puis Plan d'eau de la Tour	-			La Senouire
Montestudier	Potentiel	-	Ruisseau			
Dimengeal	Potentiel	-	Ruisseau	Ruisseau de Labreurette	Ruisseau du Lembron	L'Ance
Voirac	Potentiel	-	Ruisseau de Chandieu			
Solignac-Besse	Potentiel	-	Ruisseau des Planchettes	Ruisseau d'Injaneyres		
Presle	Potentiel	-	Ruisseau de la Rivoire			La Loire

## 5.4 PRESENTATION DES SITES

Afin d'améliorer les connaissances et d'effectuer un état des lieux, une visite des sites accompagnée d'une campagne de prélèvements (eau et sédiments) a été organisée en novembre et décembre 2010. Début mars 2011, tous les sites de la Haute-Loire, ont fait l'objet de visites d'inspection par la DREAL Auvergne.

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

Les sites sont présentés de l'amont des cours d'eau principaux vers l'aval.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 45/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

### 5.4.1 Bassins versants de l'Arzon et de la Borne

Le bassin versant de l'Arzon comprend trois sites miniers, listés dans le tableau suivant :

Sites miniers	Communes	Nature des chantiers
Le Mont-Mias (ou Jullianges)	Jullianges	Travaux de reconnaissance par petit chantier
Ligonzac	Bellevue-la-Montagne	Travaux miniers souterrains
Les Driots	Vorey-sur-Arzon	Travaux miniers souterrains

*Remarque : Seul le site de Ligonzac est localisé à la limite des bassins versants de l'Arzon et de la Borne.*

Ces sites sont détaillés dans les paragraphes suivants.

- *Site du Mont-Mias, ou également nommé Jullianges (Fiche 526, Annexes 2.4, 3.4, 4.4 et 5.3)*

Le site du Mont-Mias, dont les activités se sont déroulées de 1959 à 1962, est composé de deux chantiers : Le Mont (autrement dénommé Mias) et Jorat, ayant fait l'objet de travaux de reconnaissance par petit chantier.

Le chantier du Mont a consisté au creusement d'un puits de 20 m de profondeur, accompagné d'une galerie d'environ 14 m de longueur, creusée au niveau N-12. La position exacte du puits n'a pu être déterminée sur le terrain (absence de cartographie précise de l'époque). Ce chantier est situé à proximité d'une maison d'habitation. Aucun écoulement n'a été observé sur ce chantier au cours de la visite de terrain. Un étang est localisé à environ 400 m au NE et en aval hydraulique du site. Sa surverse alimente un ruisseau, affluent du ruisseau de Laignac.

Le chantier de Jorat a consisté au creusement d'un puits de 6 m de profondeur, localisé à 20 m du ruisseau de Laignac qui coule en contrebas. Aucun écoulement n'a été observé sur ce chantier au cours de la visite de terrain.

Des mesures au SPP $\gamma$  ont été réalisées au cours de la visite d'état des lieux en décembre 2010 et sont présentées dans le tableau suivant :

Lieu	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP $\gamma$
Milieu naturel	90 – 110
Autour du puits de Jorat	250 – 900
A l'aplomb du puits	1900
Autour de l'emplacement supposé du puits du Mont	250 – 600
Le long du mur de la maison (coté champ)	800 – 2500

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 46/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- *Site de Ligonzac (Fiche 524, Annexes 2.2, 3.2, 4.2 et 5.3)*

Les travaux miniers souterrains du site de Ligonzac se sont déroulés de 1959 à 1960. Ils ont consisté au creusement d'un puits de 34 m de profondeur, accompagné de 4 niveaux de galeries (N-7, N-14, N-24 et N-31) et de zones de dépilages entre ces différents niveaux. Lors du réaménagement, la tête du puits a été recouverte d'une dalle de béton (d'environ 2×3 m) percée d'un regard de 40×40 cm, sans trappe de fermeture. Une verse à stériles résiduelle est présente au bord de la route, à 200 m au Nord du hameau de Ligonzac.

Aucun écoulement d'eau provenant du puits n'a été repéré au cours de la visite de terrain. On notera la présence d'un abreuvoir, situé à 150 m au NE et en aval hydraulique du site.

Sur le bassin versant de l'Arzon, un ruisseau, affluent du ruisseau de Chamalière, s'écoule à environ 500 m à l'Est du site. Sur le bassin versant de la Borne, le ruisseau de Bourbouilloux coule à 500 m au SW du site.

Des mesures au SPP $\gamma$  ont été réalisées au cours de la visite d'état des lieux en décembre 2010 et sont présentées dans le tableau suivant :

Lieu	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP $\gamma$
Milieu naturel	90 – 110
Autour du puits	250 – 500
Aire de stockage du minerai localisée en bordure du chemin d'accès	800 – 3200
Verse à stériles résiduelle	600 – 2600
Chemin d'accès	280 – 650

- *Site des Driots (Fiche 523, Annexes 2.1, 3.1, 4.1 et 5.5)*

Le site des Driots a été exploité, pour son minerai d'uranium, par la société RESS de 1956 à 1961. Les travaux miniers ont consisté au creusement, à flanc de coteau, de 3 travers-bancs (TB 700, TB 753 et TB 807), reliés entre eux par plusieurs montages dont 4 débouchant au jour. Une petite mine à ciel ouvert (fond de fosse estimé à la cote 830 m NGF) a également été réalisée. Au total, l'exploitation souterrains comprenait plus de 1500 m de galeries.

En 1962, le site des Driots a été ensuite revendu au CEA, qui, après approfondissement, a procédé à des essais d'explosifs chimiques dans les galeries de la mine. Le CEA a cessé ces activités en 1963.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 47/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les travaux de réaménagement du site se sont déroulés sur plusieurs périodes (en 1982, 2004, 2010 et 2011) et ont consistés globalement en :

- la pose de périmètres de sécurité (clôture grillagée) sur 5 zones (cf. fiche de site 523 en annexe 1 et plan cadastral en annexe 4.1).
- la réalisation d'une piste d'accès aux différentes zones sur environ 1200 m de long.
- le comblement et le reprofilage des entrées des trois travers-bancs et des montages débouchant au jour (Zones A, B et C).
- la mise en place d'une couverture sur la plateforme et une partie de la verse avec des produits pris à proximité.
- le comblement d'affaissements sur les zones D et F.
- le remblayage de la petite mine à ciel ouvert (Zone E).
- la démolition des vestiges de l'ancienne station de pompage le long du ruisseau de l'Enfer.

Au cours de la visite de terrain réalisée en 2010, un écoulement provenant du travers-banc TB 700 a été repéré. Celui-ci s'écoule en travers du chemin pour rejoindre le ruisseau de l'Enfer qui coule en contrebas du site. Aucun autre écoulement d'eau n'a été observé sur le site.

Des mesures au SPP $\gamma$  ont été réalisées au cours de la visite d'état des lieux en décembre 2010 et sont présentées dans le tableau suivant :

Lieu	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP $\gamma$
Milieu naturel	110 – 150
Piste d'accès sur 1200 m de long	200 – 400 (valeurs à 800 ponctuelles)
Ancien plan incliné d'évacuation du TB 753	250 – 900
Zone A (TB 700)	200 – 350
Zone B (TB 753) et verse à stériles	250 – 500
Zone D (Montages M4, M5 et M9)	350 – 1500
Zone C (TB 807)	300 – 600
Zone F	200 – 300
Zone E (MCO et montage Mter3)	250 – 550
Le long du ruisseau d'Enfer	200 – 800

#### 5.4.2 Bassin versant de La Senouire

Le bassin versant de la Senouire comprend deux sites miniers, listés dans le tableau suivant :

Sites miniers	Communes	Nature des chantiers
Les Prades	La Chaise-Dieu	Mine à ciel ouvert
Montestudier	Saint-Pal-de-Senouire	Sondages et tranchées de reconnaissance

Ces sites sont détaillés dans les paragraphes suivants.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 48/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- Site des Prades (Fiche 525, Annexes 2.3, 3.3, 4.3 et 5.2)

Les travaux miniers du site des Prades ont consisté en l'exploitation d'une mine à ciel ouvert, de 1974 à 1977. Lors des travaux de réaménagement, la fosse a été partiellement remblayée et les parements ont été remodelés. La verse à stériles a fait l'objet d'un réglage de surface avec un apport de terre végétale. Le site a été ensuite revendu à la commune de la Chaise-Dieu, qui l'a reconverti :

- d'une part, en deux terrains de football : l'un sur la mine à ciel ouvert remblayée et le second au sommet de la verse à stériles. Un bâtiment « vestiaire » a également été construit entre les deux terrains (cf. photo aérienne ci-dessous).
- et d'autre part, en déchèterie communale, sur le secteur de l'ancien stockage de minerai.

La visite de terrain réalisée en 2010 a permis de mettre en évidence le circuit des eaux de ruissellement du site qui se fait par l'intermédiaire de fossés (représenté en bleu sur la photo aérienne ci-dessous) :



L'ensemble des fossés de collecte des eaux du site sont dirigés vers un étang, qui est traversé par la rivière La Senouire. Au cours des visites en novembre et décembre 2010, aucun écoulement d'eau, hormis ceux des fossés, n'a été repéré.

Des mesures au SPP $\gamma$  ont été réalisées au cours de la visite d'état des lieux en décembre 2010 et sont présentées dans le tableau suivant :

Lieu	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP $\gamma$
Milieu naturel	90 – 100
Route d'accès	60 – 90
Mine à ciel ouvert (terrain de foot 2)	150 – 250
Mine à ciel ouvert (coté Ouest : route)	300 – 750
Anomalie sur le chemin communal	1000 – 2500 (7000 au contact)
Aire de stockage du minerai	150 – 700 (suivant recouvrement)
Verse à stériles (emprise du terrain de foot 1)	110 – 180 (moyenne de 150)
Verse à stériles (main courante autour du terrain de foot 1)	200 – 450

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 49/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- *Site de Montestudier (Fiche 525, Annexes 2.5, 3.5, 4.5 et 5.2)*

Le site de Montestudier a uniquement fait l'objet de travaux de prospection, à savoir des sondages et de tranchées de reconnaissance, qui ont été effectués de 1959 à 1962. Aucune trace de ces travaux de prospection n'est aujourd'hui visible sur ce site.

Aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site au cours de la visite de terrain. Un ruisseau, affluent de la Senouire, coule à environ 100 m au Nord du site.

Des mesures au SPP $\gamma$  ont été réalisées au cours de la visite d'état des lieux en novembre 2010 et sont présentées dans le tableau suivant :

Lieu	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP $\gamma$
Milieu naturel	80 – 100
Ensemble du site	80 – 190
Anomalie ponctuelle dans le fossé au bord de la route (affleurement minéralisé)	400 – 1250

### 5.4.3 Bassin versant de L'Ance

Le bassin versant de l'Ance comprend trois sites miniers, listés dans le tableau suivant :

Sites miniers	Communes	Nature des chantiers
Voirac	Saint-Julien-d'Ance	Tranchées
Dimengeal	Saint-Georges-Lagricol	Sondages et tranchées de reconnaissance
Solignac-Besse	Solignac-sous-Roche	Travaux miniers souterrains

Ces sites sont détaillés dans les paragraphes suivants.

- *Site de Voirac (Fiche 529, Annexes 2.7, 3.7, 4.7 et 5.4)*

Les travaux miniers du site de Voirac ont consisté en l'exploitation de 4 tranchées de 75 m<sup>3</sup> chacune. Ces activités se sont déroulées de 1959 à 1962. Ces tranchées ont été entièrement remblayées : aucune trace de celles-ci n'a été trouvée sur le terrain au cours de la visite réalisée en 2010.

Aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site au cours de la visite de terrain. Le ruisseau de Chandieu, affluent de la rivière l'Ance, coule à 250 m au NW du site.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 50/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Des mesures au SPP $\gamma$  ont été réalisées au cours de la visite d'état des lieux en novembre 2010 et sont présentées dans le tableau suivant :

Lieu	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP $\gamma$
Milieu naturel	90 – 110
Anomalies dans le champ, en bordure du bois	200 – 1150

- *Site de Dimengeal (Fiche 528, Annexes 2.6, 3.6, 4.6 et 5.4)*

Le site de Dimengeal a uniquement fait l'objet de travaux de prospection, à savoir des sondages et de tranchées de reconnaissance, qui ont été effectués en 1961. Aucune trace de ces travaux de prospection n'est aujourd'hui visible sur ce site.

Aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site au cours de la visite de terrain. Un ruisseau, affluent du ruisseau de Labreurette, coule à environ 100 m au Sud du site.

Des mesures au SPP $\gamma$  ont été réalisées au cours de la visite d'état des lieux en novembre 2010 et sont présentées dans le tableau suivant :

Lieu	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP $\gamma$
Milieu naturel	90 – 110
Ensemble du site	200 – 220

- *Site de Solignac-Besse (Fiche 530, Annexes 2.8, 3.8, 4.8 et 5.5)*

Les travaux miniers souterrains de Solignac-Besse ont consisté au creusement de 3 ouvrages d'accès (1 puits, 1 travers-banc et 1 descenderie) et d'un montage débouchant au jour. L'ensemble de ces ouvrages de liaison fond-jour donnait sur un réseau d'environ 400 m de galeries réparties sur 3 niveaux (N-18, N-28 et N-40). Aujourd'hui, ces ouvrages de liaison fond-jour sont obstrués et ne sont plus visibles.

La verse à stériles se trouve sur la rive nord du ruisseau des Planchettes qui disparaît sur une vingtaine de mètres, à travers la verse.

Aucun écoulement d'eau provenant des travaux miniers n'a été repéré sur le site au cours de la visite de terrain.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 51/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Des mesures au SPP $\gamma$  ont été réalisées au cours de la visite d'état des lieux en novembre 2010 et sont présentées dans le tableau suivant :

Lieu	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP $\gamma$
Milieu naturel	100 – 120
Emplacement du puits	200 – 300
Verse à stériles	300 – 1200
Verse au niveau de la « résurgence » du ruisseau des Planchettes	1000 – 1300

#### 5.4.4 Bassin versant direct de la Loire

Le bassin versant direct de la Loire comprend un seul site minier : Presle, correspondant à des travaux de reconnaissance par petit chantier.

Ce site, localisé sur la commune d'Aurec-sur-Loire est détaillé dans les paragraphes suivants.

- Site de Presle (Fiche 531, Annexes 2.9, 3.9 et 4.9)

Les travaux miniers du site de Presle ont consisté au creusement d'une descenderie inclinée à 45° sur une trentaine de mètres de longueur, en 1961. Ce site est localisé dans un quartier pavillonnaire. L'entrée de cette descenderie a été remblayée et n'est plus visible aujourd'hui.

Aucun écoulement d'eau provenant des travaux miniers n'a été repéré sur le site au cours de la visite de terrain. Le ruisseau des Rivoires coule à environ 50 m en contrebas du site.

Des mesures au SPP $\gamma$  ont été réalisées au cours de la visite d'état des lieux en décembre 2010 et sont présentées dans le tableau suivant :

Lieu	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP $\gamma$
Milieu naturel	100 – 120
Au niveau de l'entrée de la descenderie et le long du chemin	200 – 700
Le long de route D46 sur environ 15 m	250 – 450

## 6 RESIDUS ET DECHETS D'EXPLOITATION

---

Les résidus et déchets d'exploitation issus des anciens sites miniers uranifères sont :

- les stériles miniers,
- les résidus de traitement du minerai d'uranium,
- les produits de démantèlement (ferrailles, gravats et terres provenant du démantèlement des usines de traitements).

**Sur le département de la Haute-Loire, il n'existe aucun stockage de résidus de traitement du minerai d'uranium et produits de démantèlement. Par conséquent, les paragraphes suivants concerneront uniquement les stériles miniers.**

### 6.1 GENERALITES – TENEUR EN URANIUM

Suivant la position du gisement et ses caractéristiques géométriques, le minerai a été extrait par mines à ciel ouvert ou 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 (dossiers d'arrêt des travaux miniers), il n'y a pas d'informations disponibles sur les teneurs de coupure « STERILE – MINERAI » en fonction de chaque site. Cependant, il est possible de donner une estimation de ces teneurs en se basant sur celles ayant servi à l'exploitation des sites de Crouzille (Haute-Vienne) par COGEMA, à la même époque.

En règle générale, la teneur de coupure était fixée à 200 ppmU (soit 200 grammes d'U par tonne de minerai) pour les travaux miniers souterrains et 100 ppmU (soit 100 grammes d'U par tonne de minerai) pour les mines à ciel ouvert.

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

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 53/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 6.2 REAMENAGEMENT DES VERSES A STERILES

Plus de 170 000 tonnes de stériles ont ainsi été extraites sur le département de la Haute-Loire. Ces stériles représentent entre 60 % et 95 % du volume total extrait, en fonction de la taille de découverte initiale et du type d'exploitation (MCO ou TMS). La grande majorité d'entre eux a servi, lors du réaménagement, au comblement des mines à ciel ouvert, des ouvrages de liaison fond-jour et d'une partie des dépilages dans certains cas.

De cette manière, sur les 9 sites miniers du département, seuls 4 sites présentent encore aujourd'hui une verse à stériles : Les Driots, Ligonzac, Les Prades et Solignac-Besse.

Le tableau ci-dessous met en évidence la nature du réaménagement effectué pour chacune des verses et les mesures radiométriques effectuées au SPP $\gamma$  réalisées au cours des visites de terrain de 2010. Les résultats sont également présentés dans les fiches de chantier relatives à chacun des sites en annexe 1.

Sites Miniers	Réaménagement	Radiométrie en chocs/s SPP $\gamma$
Les Driots	Verse à stériles à flanc de coteau dont une partie constituait une plateforme au niveau de l'entrée du TB 753. Mise en place d'une couverture, avec des produits pris à proximité, sur la partie plateforme (environ 1500 m <sup>2</sup> ).	200 - 300
Ligonzac	Verse à stériles résiduelle localisée en bordure de la route. Sans remodelage particulier.	600 - 2600
Les Prades	Verse à stériles localisée à l'Est du site. Régilage de surface. Création de fossés périphériques pour la collecte des eaux de ruissellement. Recouvrement du sommet avec de la terre végétale, qui a ensuite été aménagée en terrain de football par la commune de la Chaise-Dieu.	200 - 900
Solignac-Besse	Verse à stériles à flanc de coteau. Sans remodelage particulier.	300 - 1300

## 6.3 REUTILISATION PARTICULIERE DES STERILES

Pendant les périodes d'exploitations des sites miniers, des cessions de stériles ont pu être réalisées, en petites quantités dans le cadre d'une politique de bon voisinage, autour des sites de la Haute-Loire. Après le réaménagement, les stériles miniers ont pu être réutilisés par des particuliers ou des entreprises locales.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 54/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Ces stériles miniers ont pu être utilisés notamment pour la réfection de chemin, de cours de ferme,...

Au stade des connaissances actuelles, aucun site minier alligérien n'aurait fait l'objet de réutilisation de stériles. Aucun emprunt de stériles provenant des verses n'a été constaté au cours de la visite d'état des lieux en novembre et décembre 2010.

Cependant, il n'est pas impossible d'exclure que des réutilisations de stériles aient pu avoir lieu pour les sites de la Haute-Loire, pendant l'exploitation ou après le réaménagement. Les actions visant à inventorier ces zones de réutilisation décrites dans ce chapitre se feront par une reconnaissance au sol (cf. paragraphe 11.3).

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 55/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

# 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* » ;
- 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* » ;

Il est à noter que le décret n° 95-696 du 9 mai 1995 a été abrogé par décret n°2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains. Cependant, cet arrêté de 2006 stipule que le décret de 1995 « *demeure toutefois 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 [de 2006]* ».

- le décret n°2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains impose que :

*La déclaration d'arrêt des travaux prévue par l'article 91 du code minier [...] adressée au préfet par l'exploitant, [...] soit] accompagnée des documents et informations suivants selon la nature des travaux :*

*1° Des plans géoréférencés des travaux et installations faisant l'objet de la procédure d'arrêt, à des échelles adaptées, et de la surface correspondante ainsi que, notamment, s'il y a persistance de risques mentionnés au troisième alinéa de l'article 91 du code minier, les plans, coupes et documents relatifs à la description du gisement [...] et des travaux réalisés ; [...]*

*4° Pour les mines, une étude ayant pour objet de déterminer si des risques importants, notamment ceux mentionnés à l'article 93 du code minier, subsisteront après la décision mentionnée au neuvième alinéa de l'article 91 du code minier, mettant fin à l'exercice de la police des mines dans les conditions prévues à l'alinéa suivant ; cette étude doit préciser la nature et l'ampleur des risques, les secteurs géographiques affectés ainsi que les raisons techniques et financières pour lesquelles ces risques ne peuvent être supprimés ;*

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 56/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

5° Pour les mines, dans le cas où l'étude mentionnée au 4° ci-dessus a révélé la persistance de tels risques, l'indication des mesures de surveillance ou de prévention mentionnées au troisième alinéa de l'article 91 et au premier alinéa de l'article 93 du code minier, accompagnée d'un document descriptif et estimatif des moyens humains et matériels correspondants ainsi que, s'il y a lieu, de la liste des servitudes nécessaires à leur mise en œuvre ; [...];

- 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 ».

*Remarque : L'ordonnance n° 2011-91 du 20 janvier 2011 porte codification de la partie législative du code minier. Elle entrera en vigueur le 1er mars 2011. Il s'agit d'une recodification de la partie législative du code minier en droit constant. Les modifications apportées par cette ordonnance ne concernent donc pas les modalités de mise en sécurité des anciens sites miniers.*

Les risques physiques en terme de sécurité publique sont liés à :

- Pour les travaux miniers souterrains :
  - l'existence d'ouvrages de liaison fond-jour (puits, galeries, montages ...),
  - les risques de fontis, d'affaissement en surface,
  - les risques de chute dans les ouvrages miniers non fermés,
- Pour les exploitations à ciel ouvert :
  - les risques de chutes de personnes à partir des têtes de parois,
  - les risques d'instabilité des parois,
  - les risques d'instabilité des verses à stériles,
  - les risques d'instabilité ou de rupture pour les digues de retenue de stockage (non concerné pour le bilan environnemental de la Haute-Loire : absence de stockage).

## 7.2 LES RISQUES LIES AUX TRAVAUX MINIERES 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 6 galeries débouchant au jour. La liste est présentée par site dans le tableau suivant :

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 57/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Sites	Période d'exploitation	Nature de l'ouvrage	Dénomination	Section
Les Driots	1956 – 1961	Travers-banc	TB 700	2,5 × 2 m
		Travers-banc	TB 753	2,5 × 2 m
		Travers-banc	TB 807	2,5 × 2 m
		Montage	Mter3	1,5 × 1,5 m
		Montage	M4	1,5 × 1,5 m
		Montage	M5	2 × 2 m
		Montage	M9	1 × 1 m
Ligonzac	1959 – 1960	Puits	/	3,5 × 2 m
Le Mont-Mias (Jullianges)	1959 – 1962	Puits <i>(chantier du Mont)</i>	/	3 × 1,6 m
		Puits <i>(chantier de Jorat)</i>	/	1,5 × 1,5 m
Solognac-Besse	1960 – 1961	Puits	/	2 × 2 m
		Travers-banc	/	2,5 × 2 m
		Descenderie	/	1,5 × 2 m
		Montage	M1	1 × 1 m
Presle	1961	Descenderie	/	1,5 × 2 m

Les risques de chutes de personnes ou d'animaux, les risques d'intrusion dans les travaux souterrains ont conduit les exploitants à obturer tous les ouvrages par comblement total des ouvrages verticaux et de l'entrée des galeries et descenderies, par des produits tout-venant (stériles miniers).

Remarque : Seul le puits du site de Ligonzac a été obturé par une dalle de béton percée d'un regard de contrôle de 40 × 40 cm, sans trappe de fermeture.

L'ensemble de ces ouvrages a fait l'objet d'une auscultation visuelle réalisée en novembre et décembre 2010 par AREVA NC, puis en mars 2011 en présence de la DREAL Auvergne. A l'exception du site des Driots, aucun désordre et anomalie n'ont été constatés sur les sites présentant des ouvrages de liaison fond-jour.

Le montage M5 localisé à l'intérieur du périmètre de sécurité de la zone D du site des Driots (cf. plan cadastral en annexe 4.1) présentait un affaissement d'environ 3 m de diamètre et 2 m de profondeur, lors de la visite d'état des lieux en décembre 2010. Ce montage a déjà fait l'objet d'affaissements par le passé (affaissements repérés en 1989, 2008 et en octobre 2010).

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 58/92
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 $H$

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  $H_1$ ) est environ égale à quatre fois la hauteur du vide initial ( $H$ ) ( $F < 1,4$ ).

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 59/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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 :

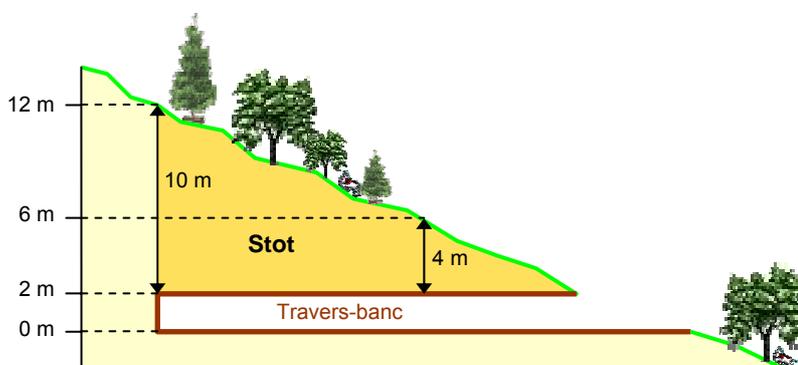
Sites	Période d'exploitation	Dépilage associé	Niveaux	Sections (l x h en m)	Remblayage
Les Driots	1956 – 1961	Oui	12 niveaux répartis entre N700 et N830	galeries : 2 × 2 m TB* : 2,5 × 2 m	Galeries : Non Dépilages : Oui
Ligonzac	1959 – 1960	Oui	N-7, N-14, N-24 et N-31	2 × 2 m	Absence d'information
Le Mont-Mias (Jullianges)	1959 – 1962	Non	Chantier du Mont uniquement : N-12	1,5 × 1,5 m	Absence d'information
Solignac-Besse	1960 – 1961	Non	N-18, N-28 et N-40	galeries : 1,5 × 1,5 m TB* : 2,5 × 2 m	Absence d'information
Presle	1961	Non	1 niveau correspondant à la descendrie inclinée à 45°	1,5 × 2 m	Absence d'information

\*TB : Travers-banc

Les hauteurs de galeries de reconnaissance ou d'accès sont toutes limitées à 2 m de hauteur. L'application de la règle « Tincelin » écarte tout risque de désordre de surface au-delà d'un stot de 8 m. L'application de la règle « INERIS » porte ce stot à 20 m.

Quelque soit la méthode de calcul, l'ensemble des sites listés dans le tableau ci-dessus sont donc concernés, du fait qu'il existe :

- des galeries à moins de 20 m de profondeur sur chacun des sites ;
- des ouvrages de type travers-banc (sites des Driots et Solignac-Besse), qui correspondent à des galeries horizontales situées à flanc de coteau, où le stot au dessus varie en fonction de la longueur de la galerie, comme l'illustre le schéma suivant :



Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 60/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Remarque : Le site de Presle qui correspond à une descenderie inclinée à 45°, obéit au même schéma de principe que pour un travers-banc.

**Concernant les sites de Ligonzac, Solignac-Besse et Presle**, l'absence d'informations sur le remblayage de ces galeries au moment du réaménagement, ne permettent d'exclure la possibilité d'un risque d'effondrement de type classique. Toutefois, l'absence d'incidents à l'aplomb de ces galeries tracées il y a plus de 40 ans, plaide en faveur du bâti minier. Aucun tassement de surface n'a été observé au cours des visites de terrain de 2010.

**Pour le site du Mont-Mias** (ou Jullianges), une attention particulière doit être portée sur ce site, du fait de l'absence de localisation exacte de l'emplacement du puits (absence de plans précis dans les archives) et de la présence d'une galerie de 14 m de longueur creusée au niveau N-12.

*Remarque : Le site du Mont-Mias n'étant pas sous la responsabilité d'AREVA NC, aucune investigation complémentaire ne sera proposée dans ce bilan environnemental.*

**Concernant le site des Driots**, localisé à flanc de coteau, près de 12 niveaux de galeries (soit plus de 1500 m de longueur au total) ont été creusées. La plupart de ces galeries présente un stot inférieur à 20 m. De plus, les essais d'explosifs réalisés en 1962 par le CEA dans les travaux souterrains ont contribué à fragiliser le bâti minier. De plus, depuis l'arrêt des travaux, des fontis ont été observés à l'aplomb des secteurs dépilés (zones D et F). Par conséquent, le risque d'effondrement classique ne peut être exclu.

Pour l'ensemble des sites concernés par le risque d'effondrement classique, il convient, également, de noter que 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 Cruzille (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.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 61/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les sites ayant fait l'objet de travaux de dépilages (hors extraction par galeries de reconnaissance) sont les suivants :

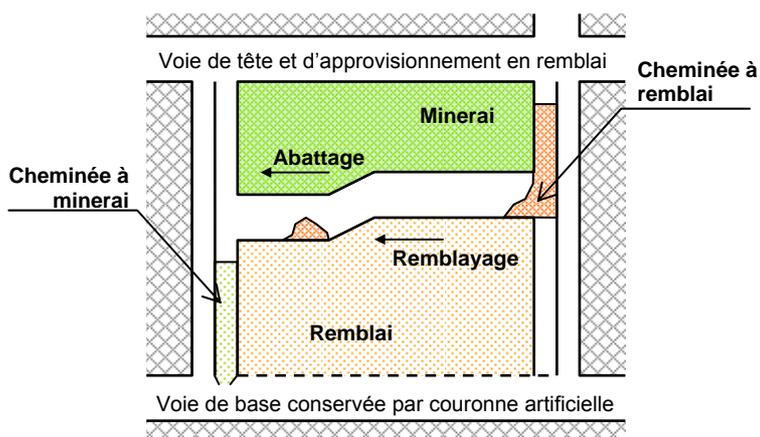
SITE DES DRIOTS :

Le site des Driots possède 7 quartiers de dépilages, de tailles variables. La majorité de ces dépilages est localisée dans l'alignement des zones C, D, E et F (cf. annexe 4.1). Leurs principales caractéristiques de chaque quartier sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Quartiers	Localisation	Hauteur dépilée	Stot
1	à l'aplomb des montages M9 et M5	entre 10 et 30 m	7 m entre les montages M5 et M9
2	à 80 m à l'Ouest du montage M9	10 m	75 m
3	à l'aplomb de la zone F	entre 10 et 26 m	entre 2 et 20 m
5	à 90 m au SE de la carrière	10 m	50 m
7	au NW du montage M4	entre 12 et 18 m	entre 5 et 12 m
8	sous le quartier 7	entre 2 et 10 m	55 m (30 m par rapport au mur du quartier 7)
chambre 13	à 40 m à l'Ouest du montage M4	7 m	20 m

*Remarque : Le quartier 4 correspond à la mine à ciel ouvert. Le quartier 6, localisé sur les coupes de l'époque, à l'aplomb de la carrière, n'a pas été exploité.*

L'exploitation de ces dépilages a été réalisée par tranches montantes remblayées, méthode dans laquelle le minerai est abattu et déblayé par tranches horizontales prises en montant et où le remblai est mis en place au fur et à mesure (cf. schéma ci-dessous).



L'utilisation de cette méthode d'exploitation implique que le volume de vides résiduels est faible (les vides résiduels de ces quartiers correspondraient aux galeries d'accès aux quartiers de dépilages). Cependant, les essais d'explosifs, réalisés par le CEA après l'arrêt de l'exploitation minière, ont contribué à fragiliser le bâti minier – notamment les terrains les plus proches de la surface – et vraisemblablement à « tasser » les remblais, créant ainsi des vides au niveau du toit des chambres dépilées.

De plus, des affaissements ont été observés à l'aplomb de la zone F en 2010 et les terrains situés à l'aplomb du montage M5 (zone D) s'affaissent régulièrement (cf. fiche de site n°523 en annexe 1).

Par conséquent, à la vue de ces informations, le risque d'affaissement ou d'effondrement des terrains de surface ne peut être exclu sur le site des Driots.

#### SITE DE LIGONZAC :

Dans le livre « Les minerais uranifères français » (Tome III, premier volume, page 111 – Marcel Roubault), les auteurs mentionnent que le gisement du site de Ligonzac se présentait sous la forme d'une colonne minéralisée subverticale et d'environ 10 m d'extension horizontale. Cette zone minéralisée, localisée le long et à l'Ouest du puits, aurait été dépilée entre les niveaux N-31 et N-7 (soit sur une hauteur totale de vide de 24 m avec un stot de 7 m).

En revanche, les différentes archives consultées ne mentionnent ni la méthode d'exploitation utilisée, ni si les dépilages ont fait l'objet d'un remblayage.

Au regard de ces informations, le scénario le plus pessimiste consiste à considérer ces chantiers vides et une rupture de la voûte des dépilages, se traduisant par le soutirage des produits sus-jacents vers le fond. Le risque d'effondrement des terrains de surface ne peut donc pas être exclu.

Cependant, l'absence de tassement ou d'effondrement observés depuis la fermeture du site plaide en faveur de la stabilité du bâti minier.

### **7.3 LES RISQUES LIÉS 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 ou de noyade). Les sites ayant fait l'objet d'une exploitation à ciel ouvert sont Les Prades et Les Driots.

**Dans le cas des Driots**, la fosse a été entièrement remblayée en 2004 et les terrains ont été reprofilés : tout risque de chute est écarté.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 63/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

**Pour le site des Prades**, la fosse a été partiellement remblayée et les parements restants ont été remodelés en pente douce (hauteur actuelle d'environ 2 à 3 m). Depuis le réaménagement, une végétation composée d'arbustes, de genets et de bouleaux s'est bien développée, stabilisant ainsi les terrains (cf. planche photographique en annexe 2.3). Par conséquent, il n'existe pas de risque majeur lié à la présence de ces parements.

## 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 (sites des Prades, des Driots, Solignac-Besse et Ligonzac), 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 environnemental.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 64/92
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 Voies 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 miniers (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.

Pour les sites de la Haute-Loire, les possibilités de marquage du vecteur eau sont résumées dans le tableau suivant :

Sites	Possibilités de marquage du vecteur eau
Les Driots	<ul style="list-style-type: none"><li>– Percolation des eaux météoriques dans la verse à stériles et les terrains concernés par l'exploitation.</li><li>– Ecoulements des eaux souterraines dans les TMS vers la nappe.</li><li>– Ecoulement en sortie du travers-banc.</li></ul>
Ligonzac	<ul style="list-style-type: none"><li>– Ecoulements des eaux souterraines dans les TMS vers la nappe.</li></ul>
Les Prades	<ul style="list-style-type: none"><li>– Percolation des eaux météoriques dans la verse à stériles et les terrains du site (dont la MCO).</li><li>– Ecoulements des eaux de l'ensemble du site en souterrain vers la nappe.</li></ul>
Le Mont-Mias (Jullianges)	<ul style="list-style-type: none"><li>– Ecoulements des eaux souterraines dans les TMS vers la nappe.</li></ul>
Montestudier	<ul style="list-style-type: none"><li>– Aucune (site de prospection par sondages)</li></ul>
Dimengeal	<ul style="list-style-type: none"><li>– Aucune (site de prospection par sondages)</li></ul>
Voirac	<ul style="list-style-type: none"><li>– Aucune (site correspondant à des tranchées de reconnaissance)</li></ul>
Solignac-Besse	<ul style="list-style-type: none"><li>– Passage d'un ruisseau à travers la verse à stériles.</li><li>– Percolation des eaux météoriques dans la verse à stériles et les terrains concernés par l'exploitation.</li><li>– Ecoulements des eaux souterraines dans les TMS vers la nappe.</li></ul>
Presle	<ul style="list-style-type: none"><li>– Ecoulements des eaux souterraines dans les TMS vers la nappe.</li></ul>

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 65/92
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 La Haute-Loire tend à favoriser cette deuxième option. Les débits faibles estimés au cours de la campagne de terrain 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 »

#### Référence « milieu naturel » EAU :

En l'absence de point zéro, il a été réalisé, en 2010, deux prélèvements d'eau dans les cours d'eau situés en amont des sites miniers principaux (Les Prades et Les Driots) – c'est-à-dire hors influence des sites – afin d'obtenir des valeurs de références pour le milieu naturel.

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

Points de prélèvement	Localisation	U <sub>238</sub> soluble	Ra <sub>226</sub> soluble
DRI FER A	Ruisseau de l'Enfer <i>En amont du site des Driots</i>	< 1 µg/l (soit < 0,012 Bq/l)	0,02 Bq/l
PRA SENA	Rivière La Senouire <i>En amont du site des Prades et au niveau de la route D204</i>	< 1 µg/l (soit < 0,012 Bq/l)	0,02 Bq/l

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 66/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## Références « milieu naturel » SEDIMENTS :

En l'absence de point zéro, l'IRSN propose dans sa tierce expertise [9] des valeurs de références pour le milieu naturel pour la Division Minière de la Crouzille (Haute-Vienne) :

- $U_{238}$  compris entre 180 et 1100 Bq/kg de matière sèche,
- $Ra_{226}$  compris entre 150 et 800 Bq/kg de matière sèche.

### 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 et sédiments) a été réalisée en novembre – décembre 2010 et janvier 2011, principalement sur les cours d'eau situés en aval des sites et sur les émergences observées sur les sites (exutoire). L'emplacement des points de prélèvements est présenté sur les cartes IGN figurant en annexe 3.

Les synoptiques de la figure 3 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 : L'Arzon, La Borne, La Senouire, L'Ance et la Loire.

#### BASSINS VERSANTS DE L'ARZON ET DE LA BORNE

- SITE DU MONT-MIAS (OU JULLIANGES) (figure 5)

**Le site du Mont-Mias** a fait l'objet de travaux de reconnaissance par petit chantier. Il est composé de deux chantiers distincts:

- **Jorat** dont l'exploitation a consisté au creusement d'un puits de 6 m de profondeur, localisé en bordure du ruisseau de Laignac (prélèvement d'eau MOM LAI), affluent de la rivière L'Arzon. Aucun écoulement provenant du puits n'a été repéré au cours de la visite de terrain de 2010.
- **Le Mont** – autrement dénommé Mias – dont l'exploitation a consisté au creusement d'un puits de 20 m de profondeur accompagné de 14 m de galeries. Aucun écoulement provenant du chantier n'a été repéré au cours de la visite de terrain de 2010. Un fossé (prélèvement d'eau MOM ECO) drainant les eaux du chantier rejoint un petit étang. La surverse de cet étang (prélèvement d'eau MOM ETG) alimente un cours d'eau qui se jette dans le ruisseau de Laignac, en aval du chantier de Jorat.

L'ensemble des eaux prélevées dans les cours d'eau situés en aval hydraulique des deux chantiers présente des teneurs en  $U_{238}$  soluble ( $< 2,3 \mu\text{g/l}$  soit  $< 0,03 \text{ Bq/l}$ ) et en  $Ra_{226}$  soluble (0,03 à 0,04 Bq/l) proches des valeurs rencontrées dans le milieu naturel.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 67/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- SITE DE LIGONZAC (figure 5)

**Le site de Ligonzac** a fait l'objet de travaux miniers souterrains, à savoir un puits de 34 m de profondeur, accompagné de 4 niveaux de galeries comprises entre N-7 et N-31. Ce puits a été obturé par une dalle percée d'un regard : l'eau à l'intérieur du puits est présente à environ 1,50 m de profondeur (prélèvement d'eau LIG PTS).

Le site est localisé au niveau d'une ligne de crête séparant le bassin versant de l'Arzon de celui de la rivière La Borne. Aucun écoulement provenant des travaux miniers n'a été observé sur le site au cours de la visite d'état des lieux de 2010.

Au Nord-Est du site, un abreuvoir (prélèvement d'eau LIG ABR) est localisé à 80 m au NE et en aval hydraulique du site. Les eaux de l'abreuvoir rejoignent ensuite un ruisseau (prélèvement d'eau LIG RUE) qui se jette dans le ruisseau de Chamalière (prélèvement LIG CHA), affluent de la rivière l'Arzon.

Le ruisseau de Bourbouilloux (prélèvement d'eau LIG BOU), affluent de la rivière La Borne, coule à 500 m au Sud-Ouest du site.

Les eaux prélevées dans le puits présentent un marquage en uranium 238 (39 µg/l soit 0,48 Bq/l) et en radium 226 (0,32 Bq/l) solubles. Cependant, ces eaux ne semblent pas en lien avec celles prélevées dans l'abreuvoir qui présentent des teneurs en radioéléments du même ordre de grandeur que celles prélevées dans le milieu naturel ( $U_{238} < 1\mu\text{g/l}$  soit  $< 0,02 \text{ Bq/l}$  -  $Ra_{226} = 0,08 \text{ Bq/l}$ ).

Les eaux des cours d'eau situés en aval hydraulique du site de Ligonzac présentent également des teneurs en uranium 238 et radium 226 solubles du même ordre de grandeur que celles relevées dans le milieu naturel ( $U_{238} < 1\mu\text{g/l}$  soit  $0,02 \text{ Bq/l}$  –  $Ra_{226} < 0,03 \text{ Bq/l}$ ). A noter que le ruisseau, affluent du ruisseau de Chamalière (LIG RUE) présente un léger marquage en  $Ra_{226}$  (0,14 Bq/l).

- SITE DES DRIOTS (figure 6)

**Le site des Driots** a fait l'objet de travaux miniers souterrains situé à flanc de coteau. L'accès aux galeries se faisait par trois travers-bancs (TB 700, TB 753 et TB 807). Au cours de la visite d'état des lieux de 2010, un écoulement a été repéré au niveau du TB700 (prélèvement d'eau et de sédiments DRI TB700). Cet écoulement se dirige vers le ruisseau de l'Enfer (prélèvement d'eau DRI FER en aval du site), affluent de la rivière l'Arzon (prélèvement d'eau DRI ARG, en aval de la confluence).

Les eaux provenant du travers-banc TB 700 présentent un marquage en uranium 238 soluble (21 µg/l soit 0,26 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,29 Bq/l). Les sédiments prélevés à cet endroit (DRI TB700) montrent également un déséquilibre en  $U_{238}$  (7110 Bq/kg de matière sèche) par rapport au  $Ra_{226}$  et  $Pb_{210}$  (autour de 670 Bq/kg m.s.).

Les eaux prélevées en aval du site dans le ruisseau de l'Enfer et dans la rivière l'Arzon présentent des teneurs en  $U_{238}$  et  $Ra_{226}$  solubles du même ordre de grandeur que celles relevées dans le milieu naturel ( $U_{238 \text{ sol}} < 1 \mu\text{g/l}$  soit  $0,02 \text{ Bq/l}$  et  $Ra_{226 \text{ sol}} < 0,04 \text{ Bq/l}$ ).

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 68/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## BASSIN VERSANT DE LA SENOUIRE

- SITE DES PRADES (figure 7)

**Le site des Prades** a fait l'objet d'une exploitation par mine à ciel ouvert. Une partie de la verse à stériles a servi au remblayage de la fosse et l'autre a été conservée et réaménagée en terrain de football. Le système de fossés de collecte des eaux de ruissellement de la MCO et de la verse est décrit au paragraphe 5.4.2.

Le fossé collecteur des eaux provenant de la verse à stériles (prélèvement d'eau et de sédiments PRA ECO) se jettent dans un étang (prélèvement d'eau PRA ETG réalisé dans la zone humide en amont de l'étang). Cet étang est traversé par la rivière la Senouire (prélèvement d'eau PRA SENB réalisé en aval de l'étang).

Les eaux de ruissellement issues de la verse à stériles (PRA ECO) présentent un marquage en uranium 238 soluble (33 µg/l soit 0,41 Bq/l). En revanche, la teneur en Ra<sub>226</sub> soluble de ces eaux (0,04 Bq/l) est du même ordre de grandeur que celles relevées dans le milieu naturel. Les sédiments prélevés dans le fossé présentent également un déséquilibre en U<sub>238</sub> (1590 Bq/kg de matière sèche) par rapport au Ra<sub>226</sub> et Pb<sub>210</sub> (en moyenne 390 Bq/kg de matière sèche).

Les eaux de la zone humide (PRA ETG) située en amont de l'étang et en aval hydraulique du site, ainsi que celles prélevées dans la rivière La Senouire (PRA SENB) en aval du site présentent des teneurs en radioéléments du même ordre de grandeur que celles relevées dans le milieu naturel (U<sub>238 sol</sub> < 1 µg/l soit < 0,02 Bq/l et Ra<sub>226 sol</sub> < 0,03 Bq/l).

- SITE DE MONTESTUDIER (figure 7)

**Le site de Montestudier** a fait l'objet de travaux de prospection (sondages). Aucun écoulement n'a été repéré sur le site au cours de la visite d'état des lieux de 2010.

Un ruisseau (prélèvement d'eau MTU RUS) coule à 100 m au Nord du site, puis se jette dans la rivière La Senouire (prélèvement d'eau MTU SEN).

Les eaux prélevées dans ces deux cours d'eau présentent des teneurs en uranium 238 et radium 226 soluble du même ordre de grandeur que celles relevées dans le milieu naturel (U<sub>238 sol</sub> < 1 µg/l soit < 0,02 Bq/l et Ra<sub>226 sol</sub> = 0,03 Bq/l).

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 69/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## **BASSIN VERSANT DE L'ANCE**

- SITE DE VOIRAC (figure 8)

**Le site de Voirac** a fait l'objet de travaux de reconnaissance par petit chantier (tranchées). Aucun écoulement n'a été repéré sur le site au cours de la visite d'état des lieux de 2010.

Le ruisseau de Chandieu (prélèvement d'eau VOI CHA) coule à 250 m au Nord-Ouest du site, puis se jette dans la rivière L'Ance.

Les eaux prélevées dans le ruisseau de Chandieu présentent des teneurs en uranium 238 et radium 226 soluble du même ordre de grandeur que celles relevées dans le milieu naturel ( $U_{238 \text{ sol}} = 1,3 \mu\text{g/l}$  soit  $0,02 \text{ Bq/l}$  et  $Ra_{226 \text{ sol}} = 0,04 \text{ Bq/l}$ ).

- SITE DE DIMENGEAL (figure 8)

**Le site de Dimengeal** a fait l'objet de travaux de prospection (sondages). Aucun écoulement n'a été repéré sur le site au cours de la visite d'état des lieux de 2010.

Un ruisseau (prélèvement d'eau DIM RUE) prend sa source à 100 m au Sud du site, puis se jette dans le ruisseau de Labreurette (prélèvement d'eau DIM LAB), affluent du ruisseau du Lembron, lui-même affluent la rivière L'Ance.

Les eaux prélevées dans ces deux cours d'eau présentent des teneurs en uranium 238 et radium 226 soluble du même ordre de grandeur que celles relevées dans le milieu naturel ( $U_{238 \text{ sol}} < 1 \mu\text{g/l}$  soit  $<0,02 \text{ Bq/l}$  et  $Ra_{226 \text{ sol}} < 0,02 \text{ Bq/l}$ ).

- SITE DE SOLIGNAC-BESSE (figure 8)

**Le site de Solignac-Besse** a fait l'objet de travaux miniers souterrains, localisés en fond de vallée. Le ruisseau des Planchettes, affluent du ruisseau d'Injaneyres (lui-même affluent de la rivière l'Ance), traverse le site et disparaît sous une partie de la verse à stériles.

Un premier prélèvement d'eau (SOB RES) a été réalisé au niveau de la « résurgence » du ruisseau des Planchettes. Ces eaux présentent un marquage en radium 226 soluble ( $0,68 \text{ Bq/l}$ ). La concentration en  $U_{238}$  soluble ( $3,7 \mu\text{g/l}$  soit  $0,05 \text{ Bq/l}$ ) reste du même ordre de grandeur que celle relevée dans le milieu naturel.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 70/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Un second prélèvement (SOB PLA) a été effectué dans le ruisseau à environ 150 m en aval du site. Les eaux du ruisseau présentent à cet endroit :

- une concentration en  $U_{238}$  soluble (17  $\mu\text{g/l}$  soit 0,21 Bq/l) plus élevée que les eaux de la « résurgence ».
- une teneur en radium 226 soluble (0,06 Bq/l) nettement plus faible que les eaux de la « résurgence ».

### **BASSIN VERSANT DIRECT DE LA LOIRE**

- SITE DE PRESLE (figure 9)

**Le site de Presle** a fait l'objet de travaux de reconnaissance par petit chantier (une descenderie de 30 m de longueur, localisé à flanc de coteau). Aucun écoulement n'a été repéré sur le site au cours de la visite d'état des lieux de 2010.

Le ruisseau de la Rivoire (prélèvement d'eau PRE RIV) coule à 50 m en contrebas du site, puis se jette dans la Loire.

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

#### **8.1.4 Bilan sur le milieu aquatique**

Le contrôle des eaux réalisé au cours des visites de terrains de 2010 a porté sur des prélèvements effectués :

- au niveau des rejets identifiés des sites miniers (travers-bancs TB700 du site des Driots et fossé de collecte des eaux de ruissellement du site des Prades),
- au niveau des ruisseaux (ou plans d'eau) récepteurs du rejet,
- au niveau des ruisseaux potentiellement impactés en aval hydraulique des sites miniers.

Les résultats sont synthétisés dans le tableau suivant :

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 71/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Sites	Rejet	Cours d'eau récepteur	Cours d'eau en aval hydraulique
Le Mont-Mias (Jullianges)	Jorat	/	<1 0,04
	Le Mont	/	2,3 0,04 <1 0,03 (surverse étang)
Les Driots	21 0,29	<1 0,04	<1 0,03
Lizongac	39 0,32 (puits)	<1 0,03 (abreuvoir)	<1 <0,02
		1,6 0,14	<1 <0,02
Les Prades	33 0,04	<1 0,03 (zone humide en amont de l'étang)	<1 <0,02
Montestudier	/		<1 0,03 <1 0,03
Dimengeal	/		<1 <0,02 <1 <0,02
Voirac	/		1,3 0,04
Solignac-Besse	/	3,7 0,68 (résurgence du ruisseau)	
		17 0,06	
Presle	/		<1 <0,02

En vert : U<sub>238</sub> soluble en µg/l

En noir : Ra<sub>226</sub> soluble en Bq/l

En résumé, on peut dire que :

- Les eaux provenant des travaux miniers (rejets des Driots, des Prades et puits de Ligonzac) présentent un marquage en uranium 238 soluble compris entre 20 et 40 µg/l et en radium 226 soluble, valeurs mesurées autour de 0,30 Bq/l (sauf pour le site des Prades).
- Les ruisseaux récepteurs, à l'exception de celui du site de Solignac-Besse, et l'ensemble des cours situés en aval hydraulique des sites présentent des teneurs en radioéléments du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le milieu naturel.

Concernant les eaux du ruisseau récepteur du site de Solignac-Besse, elles présentent soit un marquage en Ra<sub>226</sub> soluble pour les eaux de la « résurgence », soit en U<sub>238</sub> soluble pour les eaux du ruisseau à 100 m en aval du site. Ce marquage des eaux en radioéléments est dû au fait que la verse à stériles recouvre le lit du ruisseau sur une partie de site.

## 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.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 72/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 8.2.2 Surveillance de la qualité 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>.

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).

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 73/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

### **8.2.3 Résultats de la surveillance de la qualité de l'air**

Sur le département de la Haute-Loire, aucun dosimètre n'a été mis en place sur site ou dans leur environnement proche : aucune chronique de mesures n'est donc disponible. Par conséquent, l'impact potentiel des sites sur le vecteur AIR n'a pas été mesuré.

## **8.3 IMPACT SUR LA CHAINE 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.

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**

Sur le département de la Haute-Loire, aucun prélèvement lié à la chaîne alimentaire (légumes, fruits, viande, poissons ou terres de jardin) n'a été effectué dans les jardins soumis à l'influence des sites miniers uranifères : aucune chronique de mesures n'est donc disponible. Par conséquent, l'impact potentiel des sites sur ce vecteur n'a pas été vérifié.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 74/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 9 EVALUATION DE LA 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, suivant des scénarios d'exposition réalistes. 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 de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 75/92
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 de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 76/92
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).

L'article R.1333-8 du Code de la santé publique précise que : « *La somme des doses efficaces reçues par toute personne n'appartenant pas aux catégories mentionnées à l'article R.1333-9, du fait des activités nucléaires, ne doit dépasser 1 mSv par an. Sans préjudice de la limite définie des doses efficaces, les limites de dose équivalente admissibles sont fixées, pour le socle cristallin, à 15 mSv par an et, pour la peau, 50 mSv par an en moyenne pour toute surface de 1cm<sup>2</sup> de peau, quelle que soit la surface exposée.* »

Ces limites 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'ÉVALUATION DE LA DOSE EFFICACE AJOUTÉE 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 de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 77/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 9.4.2 Détermination des groupes de références

D'une manière générale, le choix des groupes de référence est 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 scénarios d'exposition retenus doivent refléter les modes de vie locaux réels.

*Exemples de scénarios classiquement utilisés :*

- 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 (1100 h).
- Adulte de plus de 60 ans (retraité) résidant sous influence du site (7300 h à l'intérieur des habitations + 1360 h à l'extérieur).
- 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).

## 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 le paragraphe ci-dessus.

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 de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 78/92
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	2,9.10 <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	

\* Le coefficient de dose par ingestion de l'uranium 238 est la somme des coefficients de dose par ingestion de l'uranium 238, du thorium 234, du proactinium 234 et de l'uranium 234. Ces radioéléments correspondent aux descendants à vie longue de l'U<sub>238</sub>.

*Pour l'exposition externe (E<sub>1</sub>)*

$E_1 = \text{Coefficient de dose (en mSv/mGy)} \times \text{temps de présence (en h)} \times \text{débit de dose ajouté au milieu naturel (en nGy/h)} \times 10^{-6}$

*Pour l'inhalation du radon 222 (E<sub>2</sub>) et 220 (E<sub>3</sub>)*

$E_{2(3)} = \text{Coefficient de dose (en mSv/nJ.m}^3\text{.h)} \times \text{temps de présence (en h)} \times \text{EAP ajoutée au milieu naturel (en nJ/m}^3\text{)} \times 10^{-6}$

*Pour l'ingestion de la chaîne alimentaire (E<sub>ij</sub>)*

$E_{ij} = \text{Coefficient de dose (en mSv/Bq du radionucléide considéré (j))} \times \text{quantité d'aliment ou de liquide ingéré (en kg ou l)} \times \text{activité ajoutée au milieu naturel du radionucléide considéré (en Bq/kg de matière fraîche)}$

La dose efficace ajoutée totale s'obtient en faisant la somme des doses efficaces obtenues pour chaque secteur d'exposition soit :

$$E_{tot} = E_1 + E_2 + E_3 + \sum E_{ij}$$

**En l'absence de chroniques de mesures de la qualité de l'air et de mesures sur la chaîne alimentaire pour les sites de la Haute-Loire, le calcul de dose efficace ajoutée n'a pu être réalisé.**

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 79/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 10 MESURES PRISES POUR REDUIRE LES IMPACTS

---

### 10.1 REDUCTION 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 (non concerné pour les sites de la Haute-Loire),
- 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.

Seuls les sites des Prades, Ligonzac, Les Driots et Solognac-Besse possèdent une verse à stériles. Dans le cadre du réaménagement des sites, seules les verses des Prades et des Driots ont l'objet d'un réaménagement dont les caractéristiques sont décrites dans le tableau suivant :

Sites	Réaménagement
Les Prades	Régalage du sommet de la verse, avec apport de terre végétale, en vue de la création d'un terrain de football par la commune de la Chaise-Dieu
Les Driots	Mise en place d'une couverture, de 30 à 40 cm d'épaisseur, au niveau de la plateforme du TB 753, réalisée avec des matériaux pris à proximité.

Ces mesures ont contribué à limiter les impacts des stériles sur le vecteur air, vérifié par des mesures de débits de photons au SPP $\gamma$  au cours des visites de sites de 2010.

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 de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 80/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 10.2 REDUCTION 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 et si nécessaire des traitements (dans des stations aménagées à cet effet) 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.

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 la Haute-Loire. La campagne de prélèvements réalisée en 2010-2011 permet de valider cette décision avec des valeurs maximum de rejet enregistrées :

- pour l'uranium 238 de 33 µg/l pour le site des Prades,
- pour le radium 226 de 0,29 Bq/l pour le site des Driots.

Les valeurs maximales enregistrées pour les ruisseaux en aval des sites concernent le ruisseau des Planchettes, pour le site de Solignac-Besse avec :

- pour l'uranium 238 de 17 µg/l à 100 m en aval du site,
- pour le radium 226 de 0,68 Bq/l au niveau de la résurgence en pied de verse.

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 81/92
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 identifiés à des concentrations en radionucléides ( $U_{238}$  maxi = 33  $\mu\text{g/l}$  et  $Ra_{226}$  maxi = 0,29 Bq/l) très largement sous les seuils fixés par la réglementation, en particulier ceux mentionnés par le décret 90-222 qui constitue la seconde partie relative à la protection de l'environnement du titre Rayonnements Ionisants de la Réglementation Générale des Industries Extractives.
- aucun impact des sites miniers de la Haute-Loire, à l'exception du site de Solignac-Besse, sur les cours d'eau récepteurs et en aval hydraulique des sites miniers ( $U_{238} < 2,3 \mu\text{g/l}$  et  $Ra_{226} < 0,14 \text{ Bq/l}$ ).
- un impact limité du site de Solignac-Besse sur le ruisseau des Planchettes ( $U_{238} \leq 17 \mu\text{g/l}$  et  $Ra_{226} \leq 0,68 \text{ Bq/l}$ ).
- l'absence de données, portant sur la qualité de l'air et de la chaîne alimentaire dans l'environnement des sites, permettant le calcul de la dose efficace annuelle ajoutée.
- l'absence d'informations sur les pratiques en matière de cessions des stériles miniers aux particuliers et aux collectivités.
- des problèmes de stabilité des terrains de surface sur le site des Driots (notamment à l'intérieur du périmètre de sécurité de la zone D).
- un manque d'informations sur la localisation exacte d'un puits du chantier du Mont sur le site du Mont-Mias (Jullianges).
- des zones radiologiquement marquées :
  - deux zones localisées sur le site de Ligonzac : l'aire de stockage du minerai, en bordure du chemin d'accès et la verse à stériles résiduelle située au bord de la route (entre 600 et 3200 chocs/seconde SPP $\gamma$ ) ;
  - et, une zone a été repérée sur le site des Prades, sur le chemin communal en bordure de la mine à ciel ouvert (1000 – 2500 chocs/seconde SPP $\gamma$ ).

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 82/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 11.2 PROPOSITIONS D' ACTIONS COMPLEMENTAIRES A METTRE EN ŒUVRE

**Concernant les sites hors responsabilité d'AREVA ou de ses filiales**, à savoir Les Driots (site CEA), Ligonzac, Le Mont-Mias (Jullianges), Voirac, Solignac-Besse et Presle, aucune proposition d'actions complémentaires ne sera proposée.

**Pour les sites de Montestudier et de Dimengeal**, AREVA NC ne propose aucune action complémentaire du fait qu'il n'y a eu que des travaux de prospection (sondages).

**Concernant le site des Prades**, une anomalie radiométrique a été repérée sur le chemin communal, permettant l'accès à pied au stade (cf. fiche de chantier 525a). Cette anomalie s'étend sur 8 m de long et les valeurs radiométriques mesurées sont comprises entre 1000 et 2500 c/s SPP $\gamma$  à 1 m du sol (7000 chocs/seconde au contact). Par conséquent, AREVA NC propose le recouvrement de cette zone avec des produits tout-venant.

De plus, la commune de La Chaise-Dieu a aménagé sur le site deux terrains de football et un local vestiaire :

- Le premier terrain (terrain n°1) est localisé sur la verse à stériles et possède une main courante. Les mesures radiométriques effectuées à l'aide d'un SPP $\gamma$ , sont comprises :
  - pour le terrain de foot, entre 110 et 170 c/s, pour une moyenne d'environ 150 c/s correspondant à environ 0,15  $\mu$ Sv/h.
  - pour la main-courante, entre 200 et 450 c/s, correspondant à environ 0,35  $\mu$ Sv/h en moyenne.
- Le second terrain (terrain n° 2) est situé sur la partie Est de la mine à ciel ouvert remblayée et est encadré par les parements de la fosse. Les mesures radiométriques effectuées à l'aide d'un SPP $\gamma$ , sur le terrain, sont comprises entre 180 et 220 c/s, correspondant à environ 0,19  $\mu$ Sv/h.

En considérant un scénario avec un temps de présence de 400 heures par an (correspondant à 2 heures de présence sur site à raison de 3 fois par semaine pendant un an) et en considérant un débit d'équivalent de dose de 0,1  $\mu$ Sv/h pour le milieu naturel, il est possible d'estimer la dose efficace ajoutée annuelle (DEAA) reçue par une personne :

Secteurs	DEAA
Terrain de foot 1	0,020 mSv/an
Main-courante du terrain de foot 1	0,100 mSv/an
Terrain de foot 2	0,036 mSv/an

L'estimation de la DEAA pour chaque terrain de football et la main-courante, est inférieure à 1 mSv/an, limite fixée par le Code de la santé publique (cf. paragraphe 9.3). Par conséquent, AREVA NC ne propose aucune action complémentaire sur les terrains de football.

Cependant, AREVA NC propose pour le local vestiaire la pose d'un dosimètre à l'intérieur du local afin d'évaluer la concentration en radon dans le bâtiment (mesure en continu de l'activité volumique du radon sur une période donnée).

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 83/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## 11.3 GESTION DES STERILES MINIERS

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 6.3, la possibilité de réutilisation de stériles miniers dans le domaine public ne peut être exclue sur le département de la Haute-Loire. Concernant les sites miniers sous responsabilité d'AREVA NC, seul le site des Prades est concerné par cette problématique du fait de l'exploitation par mine à ciel ouvert. Les sites de Montestudier et Dimengeal ont fait l'objet uniquement de travaux de sondages.

Par conséquent, afin de répondre à la circulaire, des recherches complémentaires par contrôles radiométriques pédestres pourront être effectués, dans les chemins et plateformes proches du site des Prades.

## 11.4 INFORMATIONS 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.

Seuls les sites faisant l'objet d'une surveillance réglementaire seront soumis à cet affichage.

Ces panneaux d'affichage mentionnent 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 ses sites.

**Sur le département de la Haute-Loire, aucun site sous responsabilité d'AREVA NC (Les Prades, Montestudier et Dimengeal) ne fait actuellement l'objet d'une surveillance réglementaire suite à l'arrêt des travaux. Par conséquent, aucun affichage n'est effectué. Un affichage au cas par cas sera discuté avec la DREAL.**

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 84/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## Références bibliographiques

- [1] Site internet du Conservatoire des Espaces et Paysages Auvergne : <http://www.cen-auvergne.fr>
- [2] BRGM, Notices des cartes géologiques : n°767 – Feuille de CRAPONNE-SUR-ARZON et n°768 – Feuille de MONISTROL-SUR-LOIRE.
- [3] A. POUGHON, *Les minerais uranifères français – volume II* – Forez, 1962.
- [4] Site internet de Planète Auvergne : <http://www.planete-auvergne.com>
- [5] Hydro banque : <http://www.hydro.eaufrance.fr/>
- [6] Site internet du Conseil Général de la Haute-Loire : <http://www.cg43.fr/>
- [7] Site internet du MEDTL : Plan National du Gestion des Matières et Déchets Radioactifs : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Le-plan-national-de-gestion-des.html>
- [8] Site internet de l'IRSN : Programme MIMAUSA :  
[http://www.irsn.fr/FR/base\\_de\\_connaissances/Environnement/surveillance-environnement/sites-miniers-uranium/Pages/4-bdd.aspx](http://www.irsn.fr/FR/base_de_connaissances/Environnement/surveillance-environnement/sites-miniers-uranium/Pages/4-bdd.aspx)
- [9] 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

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 85/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## Liste des figures, annexes et plans

- Fig. 1 : Carte du relief de la région Auvergne
- Fig. 2 : Cartes des principaux aquifères de la région Auvergne
- Fig. 3 : Sites miniers et bassins versants : La Senouire, L'Arzon, La Borne et La Loire
- Fig. 4 : Production cumulée : minerai et stériles du département de la Haute-Loire
- Fig. 5 : Résultats d'analyses : Bassin versant de l'Arzon et la Borne : Le Mont-Mias et Ligonzac
- Fig. 6 : Résultats d'analyses : Bassin versant de l'Arzon : Les Driots
- Fig. 7 : Résultats d'analyses : Bassin versant de la Senouire : Les Prades et Montestudier
- Fig. 8 : Résultats d'analyses : Bassin versant de l'Ance : Dimengeal, Voirac et Solignac-Besse
- Fig. 9 : Résultats d'analyses : Bassin versant de la Loire : Presle

Annexe 1 : Fiches de sites, fiches de chantiers

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 la région Auvergne

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 86/92
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 de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 87/92
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 de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 88/92
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 de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 89/92
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 de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 90/92
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 de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 91/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

## Sigles et abréviations

ANDRA	Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs
CEA	Commissariat à l'Energie Atomique
CESAAM	Centre d'Etudes et de Suivi des Anciennes Activités Minières
CFM	Compagnie Française de Mokta
CIM	Compagnie Industrielle Minière
COGEMA	Compagnie Générale des MATières nucléaires
DAM	Direction de l'Après-Mines
DDASS	Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales
DEAA	Dose Efficace Ajoutée Annuelle
DPPR	Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DRIR	Direction Régionale de l'Industrie et de la Recherche
DRIRE	Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
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
RESS	société pour la Recherche et l'Exploitation du Sous-Sol
RGIE	Règlement Général des Industries Extractives
SIMO	Société Industrielle des Minerais de l'Ouest
SMAC	Société des Mines de bitume et d'Asphalte du Centre
SPP2 et SPP $\gamma$	Scintillomètre Portatif de Prospection
TB	Travers-banc
TMS	Travaux Miniers Souterrains
TRPC	Travaux de Reconnaissance par Petit Chantier

Bilan environnemental – Sites miniers de la Haute-Loire	30/03/2011	Page : 92/92
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0