



BILAN ENVIRONNEMENTAL

Sites miniers du Puy-de-Dôme

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 1/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Préambule

Le présent bilan de fonctionnement a été prescrit par arrêté préfectoral n°10-00962 en date du 13 avril 2010 (Annexe 6). Il a été rédigé conformément à l'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.

Ont été traité, dans le cadre de ce bilan, treize des quatorze sites uranifères demandés par l'arrêté préfectoral. Le site du Bois des Roches, appartenant au département de la Creuse, n'est pas traité dans ce bilan, conformément à la demande de la DREAL Auvergne, et remplacé par le site orphelin de Montatraux. De plus, lors des visites de site, un puits de recherche a été repéré et intégré au présent bilan environnemental.

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.

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

Les onze chapitres de ce bilan concernent :

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

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 2/132
Auteur : Nadine HIMEUR	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 4.

De plus, un glossaire général et une liste des sigles et abréviations utilisés sont présentés respectivement aux pages 127 et 132.

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

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 3/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Sommaire

Préambule	2
Avertissement	3
Sommaire	4
Généralités concernant la radioactivité	7
1 PRESENTATION GENERALE DES ACTIVITES MINIERES ET INDUSTRIELLES DU PUY-DE-DOME.....	11
1.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE	11
1.2 HISTORIQUE [1]	11
2 PRESENTATION GENERALE DE L'ENVIRONNEMENT DES SITES	13
2.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE [2]	13
2.1.1 Géologie des terrains uranifères	14
2.1.2 Tectonique [3].....	15
2.1.3 Caractéristiques des minéralisations.....	16
2.1.4 Fond radiologique régional.....	16
2.2 ENVIRONNEMENTS PAYSAGERS ET DEMOGRAPHIQUES	17
2.2.1 Relief et paysages à l'échelle régionale	17
2.2.2 Démographie du département [4].....	18
2.3 CONTEXTE CLIMATIQUE [5]	18
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 Débit des cours d'eau [6]	21
2.4.3 Utilisation des eaux.....	22
2.5 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	23
3 CADRE REGLEMENTAIRE	24
3.1 REGLEMENTATION EN VIGUEUR	24
3.1.1 Polices sectorielles	24
3.1.2 Polices transversales	32
3.1.3 Tableau de synthèse des polices applicables aux sites miniers	34
3.2 PLANS D'ACTION DE L'ETAT	34
3.2.1 Plan National de Gestion de Matières et Déchets Radioactifs (PNGMDR) [8].....	34

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 4/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

3.2.2	MIMAUSA [9]	35
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	40
4.2	LE TRAITEMENT DU MINERAL	40
5	PRESENTATION DES SITES MINIERS	43
5.1	GENERALITES	43
5.2	SITUATION REGLEMENTAIRE DES SITES ET INSTALLATIONS ARRETEES.....	45
5.2.1	Titres miniers	45
5.2.2	Situation administrative relative à la fermeture des sites.....	45
5.3	SITES MINIERS ET BASSINS VERSANTS	46
5.4	PRESENTATION DES SITES	48
5.4.1	Bassin versant du Vauziron	49
5.4.2	Bassin versant du Sichon.....	53
5.4.3	Bassin versant de la Dore	55
5.4.4	Bassin versant de la Chaméane	59
5.4.5	Bassin versant de la Pampeluze	60
5.4.6	Bassin versant de la Chabanne	61
6	RESIDUS ET DECHETS D'EXPLOITATION.....	63
6.1	LES STERILES MINIERS.....	63
6.1.1	Généralités – Teneur en uranium.....	63
6.1.2	Réaménagement des verses à stériles	64
6.1.3	Réutilisation particulière des stériles	65
6.2	LES RESIDUS DE TRAITEMENT	66
6.3	LES PRODUITS DE DEMANTELEMENT.....	67
7	EVALUATION DES IMPACTS EN TERME DE SECURITE PUBLIQUE.....	68
7.1	INTRODUCTION.....	68
7.2	LES RISQUES LIES AUX TRAVAUX SOUTERRAINS.....	69
7.2.1	Les ouvrages de liaison fond-jour	69
7.2.2	Les infrastructures et chantiers souterrains.....	71
7.3	LES RISQUES LIES AUX MINES A CIEL OUVERT.....	79
7.4	LES RISQUES LIES AUX VERSES A STERILES	80
7.5	LES RISQUES LIES AUX DIGUES DE RETENUE DE STOCKAGE	81
8	EVALUATION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT	82

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 5/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

8.1	IMPACT SUR LE VECTEUR EAU	82
8.1.1	Voies de contamination sur le milieu aquatique	82
8.1.2	Valeurs de référence « milieu naturel »	84
8.1.3	Analyse par bassin versant de l'impact réel sur le milieu aquatique	85
8.1.4	Bilan des impacts sur le milieu aquatique	93
8.2	IMPACT SUR LE VECTEUR AIR	96
8.2.1	Voies de contamination de l'air	96
8.2.2	Surveillance de la qualité radiologique de l'air	96
8.2.3	Résultats de la surveillance de la qualité de l'air	97
8.3	IMPACT SUR LA CHAÎNE ALIMENTAIRE ET LES SOLS	99
8.3.1	Voies de contamination de la chaîne alimentaire	99
8.3.2	Contrôles de la chaîne alimentaire	100
8.3.3	Résultats des contrôles de la chaîne alimentaire	100
9	EVALUATION DE LA DOSE EFFICACE AJOUTEE	103
9.1	PRINCIPE DE L'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES	103
9.2	RISQUES RADIOLOGIQUES	103
9.3	LA NOTION DE DOSE EFFICACE	104
9.4	METHODE D'EVALUATION DE LA DOSE EFFICACE AJOUTEE DANS L'ENVIRONNEMENT PROCHE DES SITES	105
9.4.1	Voies d'exposition à considérer	105
9.4.2	Détermination des groupes de référence	106
9.4.3	Calcul de la dose efficace annuelle ajoutée	107
10	MESURES PRISES POUR REDUIRE LES IMPACTS	117
10.1	REDUCTION DES IMPACTS SUR LE VECTEUR AIR	117
10.2	REDUCTION DES IMPACTS SUR LE VECTEUR EAU	118
11	CONCLUSIONS	119
11.1	CONCLUSIONS DE L'ANALYSE ENVIRONNEMENTALE	119
11.2	PROPOSITIONS D'ACTIONS CORRECTIVES A METTRE EN ŒUVRE	119
11.3	GESTION DES STERILES MINIERES	122
11.4	INFORMATION DU PUBLIC	124
	Références bibliographiques	125
	Liste des Figures, Annexes et Plans	126
	Glossaire	127
	Sigles et abréviations	132

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 6/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

GENERALITES CONCERNANT LA RADIOACTIVITE

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^e 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 du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 7/132
Auteur : Nadine HIMEUR	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 du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 8/132
Auteur : Nadine HIMEUR	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 du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 9/132
Auteur : Nadine HIMEUR	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 m³. Si votre terrain est situé en pays cristallin (granitique...), en Bretagne par exemple, il est probable que ces 80 m³ 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 (10⁹), 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 DU PUY-DE-DOME

1.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le périmètre concerné par ce bilan environnemental couvre l'ensemble des activités minières et industrielles uranifères passées sur le territoire du département du Puy-de-Dôme.

Ces activités peuvent être regroupées en 3 secteurs :

- Le secteur de Lachaux, localisé dans l'arrondissement de Thiers, comprenant 8 sites et couvrant les communes de LACHAUX et RIS,
- Le secteur d'Ambert, dans les arrondissements d'Ambert et Issoire, où sont situés 5 sites couvrant les communes de BAFFIE, GRANDRIF, CHAMEANE et SAINT-MARTIN-DES-OLMES.
- Le secteur « Ouest », localisé dans l'arrondissement de Riom, comprenant 2 sites sur les communes de CHARENSAT et SAINT-PARDOUX.

Le département du Puy-de-Dôme comporte 15 sites d'extraction de minerai d'uranium dont une ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement) : le site de stockage de résidus de traitement de minerai d'uranium de Rophin, sur la commune de Lachaux.

1.2 HISTORIQUE [1]

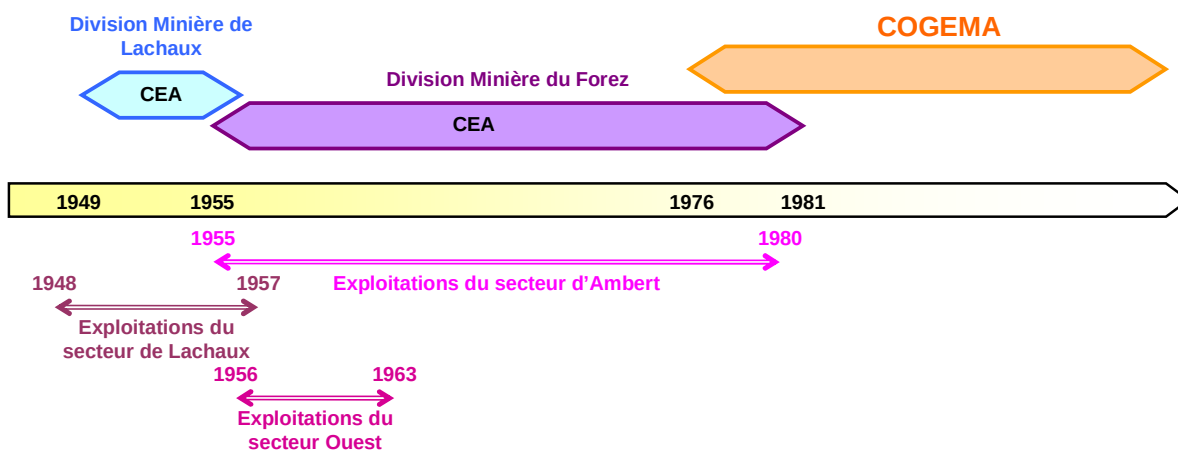
En 1924, deux géologues, MM. Demarty et Thave, découvrent le gisement de Lachaux. M. Demarty réalise en 1924 et 1925 des travaux de reconnaissance par petit chantier dans le secteur. La concession dite de Lachaux est instituée par décret en 1929 au profit de M. Thave pour l'exploitation du radium. Cette concession est mutée par décret du 23 août 1947 au le Commissariat à l'Energie Atomique (CEA). Cette découverte marque les débuts de l'exploitation minière industrielle d'uranium en France.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 11/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

L'exploitation des gisements du Massif Central par le CEA donnera lieu à la création de deux divisions minières successives : Lachaux puis le Forez. Leurs activités peuvent être décrites de la manière suivante :

- **De 1948 à 1955** : Division Minière de Lachaux : exploitation du gisement de Lachaux.
- **1955 à 1981** : Division Minière du Forez : exploitation du site de Dragon dans le secteur de Lachaux et des sites des secteurs de Saint-Genès-La-Tourette et d'Ambert. En 1978, le CEA renonce à la concession de Lachaux.
- **Après la création de la COGEMA en 1976**, celle-ci reprend au fur et à mesure la responsabilité des sites du Puy-de-Dôme. En 1977, la concession d'Ambert est mutée au profit de COGEMA avant de faire l'objet d'une déclaration d'abandon de travaux en 1979. De même, le permis d'exploitation de Saint-Genès-la-Tourette est mutée au profit de COGEMA en 1997 avant de faire l'objet d'une déclaration d'abandon de travaux en 1980.

En auvergne, les grandes périodes d'exploitation minière uranifère, après la création du CEA, peuvent être schématisées de la manière suivante :



En 2001, COGEMA devient filiale d'AREVA NC. Depuis 2005, le suivi environnemental des sites est assuré par le CESAAM (Centre d'Etude et de Suivi des Anciennes Activités Minières), rebaptisé DAM (Direction de l'Après-Mines) en 2010, située à Bessines-sur-Gartempe (87).

Il est à noter que le site de Montatreaux a été exploité par une société privée, URAMINE, société sans aucun lien avec le CEA ou COGEMA. Ce site n'est pas sous la responsabilité d'AREVA NC.

L'exploitation des gisements uranifères du Puy-de-Dôme a permis de produire environ 183 tonnes d'uranium métal à partir de 95 477 tonnes de minerai d'une teneur moyenne de 1,92 ‰ (1,92 kg d'uranium par tonne).

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 12/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

2 PRESENTATION GENERALE DE L'ENVIRONNEMENT DES SITES

2.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE [2]

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 paléogène au néogène (-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 du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 13/132
Auteur : Nadine HIMEUR	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

Les principaux indices uranifères du Puy-de-Dôme se sont développés au sein des batholites granitiques du Forez (granite à biotite) fréquemment recoupé par des filons de microgranite dans le secteur de Lachaux, et par des filons d'aptite et de dolomite dans le secteur d'Ambert.

Les minéralisations du gisement de Lachaux se présentent dans des zones siliceuses sous forme de chalcopite et autunite. Il est à noter la présence de paragonite spécifique à ce secteur.

Dans le secteur d'Ambert, les minéralisations se présentent sous forme d'autunite, de chalcopite, de produits jaunes et de pechblende. Ces formations sont soit filoniennes, soit lenticulaires.

Le site de Dragon, situé à environ 4 km à l'Ouest du gisement de Lachaux, se trouve dans la formation de base de la Plaine de la Limagne.

Les roches encaissantes sont composées de sables grossiers, de sables argileux et de lits d'argile. La minéralisation est caractérisée par de la coffinite et de l'autunite, présente dans des niveaux argileux et rubéfiés de l'Oligocène inférieur.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 14/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Le site de Montaudot est localisé dans un secteur granitique à deux micas ou à biotite seule. Les minéralisations se présentent sous forme d'autunite et de chalcopite dans des filons de quartz.

Le site de Montatraux est localisé dans un secteur granitique porphyroïde à biotite recoupé par des leucogranites. Les minéralisations sont présentes dans des filons de quartz laiteux.

Des cartes géologiques et structurales simplifiées sur fond IGN sont présentées en Annexe 5.

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 cristallogénique.

- **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 compartimenté 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.

Ces accidents alpins ont servi et servent encore au passage d'eaux minérales, telles que :

- o Les sources de Vichy-Cusset et Saint-Yorre,
- o Les sources de Ris et Châteldon,
- o La source de Sichon.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 15/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

2.1.3 Caractéristiques des minéralisations

Les minéralisations rencontrées dans le Puy-de-Dôme sont très variables selon les secteurs. Le tableau suivant décrit ces minéralisations suivant les secteurs et les sites exploités :

Secteurs	Sites	Minéralisations
Lachaux	Bancherelle Bigay-Gourniaud Demarty Etang de Reliez Gagnol Reliez Rophin	Minéralisations sous forme de filons de chalcrite (tobernite), autunite et parsonite dans des zones silicieuses
	Dragon	Minéralisations sous forme d'autunite et de coffinite dans des niveaux argileux et rubéfiés de l'Oligocène inférieur
Ambert	Bois des Faves Bois des Gardes Le Poyet Le Temple	Minéralisations sous forme d'autunite, de chalcrite (tobernite), pechblende et produits jaunes, constituant un minerai assez désagrégé sous forme de filons ou de lentilles dans un encaissement d'anatexites à biotite ou à deux micas et de granites d'anatexites
	Chaméane	Minéralisations sous forme de chalcrite et d'autunite dans des filons de quartz
Ouest	Montaudot	Minéralisations sous forme d'autunite et de chalcrite (tobernite) dans des filons de quartz
	Montatraux	-

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 :

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 16/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Géologie	Sites miniers	Ordre de grandeur du fond radiométrique (en chocs/seconde SPP _v)
Batholite granitique du Forez <i>Granite à biotite</i>	Bancherelle Bigay-Gourniaud Demarty Etang de Reliez Gagnol Reliez Rophin	160 - 180
	Bois des Fayes Bois des Gardes Le Poyet Le Temple	120 - 140
	Chaméane	100 - 120
Formation de base de la Plaine de la Limagne <i>Sables et argiles</i>	Dragon	90 - 110
Granite porphyroïde à biotite	Montatraux	110 - 130
Granite à deux micas ou à biotite seule	Montaudot	90 - 110

2.2 ENVIRONNEMENTS PAYSAGERS ET DEMOGRAPHIQUES

2.2.1 Relief et paysages 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.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 17/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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 [4]

Le département du Puy-de-Dôme possède une superficie de 7 970 km² et 626 639 habitants¹, soit une densité de population de 79 habitants/km². Les zones de plus fortes densités de population correspondent aux grandes villes du département et à leurs communes périphériques (Clermont-Ferrand, Cournon d'Auvergne, Riom, Chamalières, Issoire et Thiers). Les zones rurales ont une très faible densité de population (26 habitants/km²).

Globalement, la population du département tend à augmenter depuis 1999 avec une augmentation de 22 400 habitants, soit environ 4 %, de 1999 à 2007 (source : INSEE – Statistiques Locales).

2.3 CONTEXTE CLIMATIQUE [5]

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.

¹ Populations légales 2007 – INSEE

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 18/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- 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.

Département	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

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

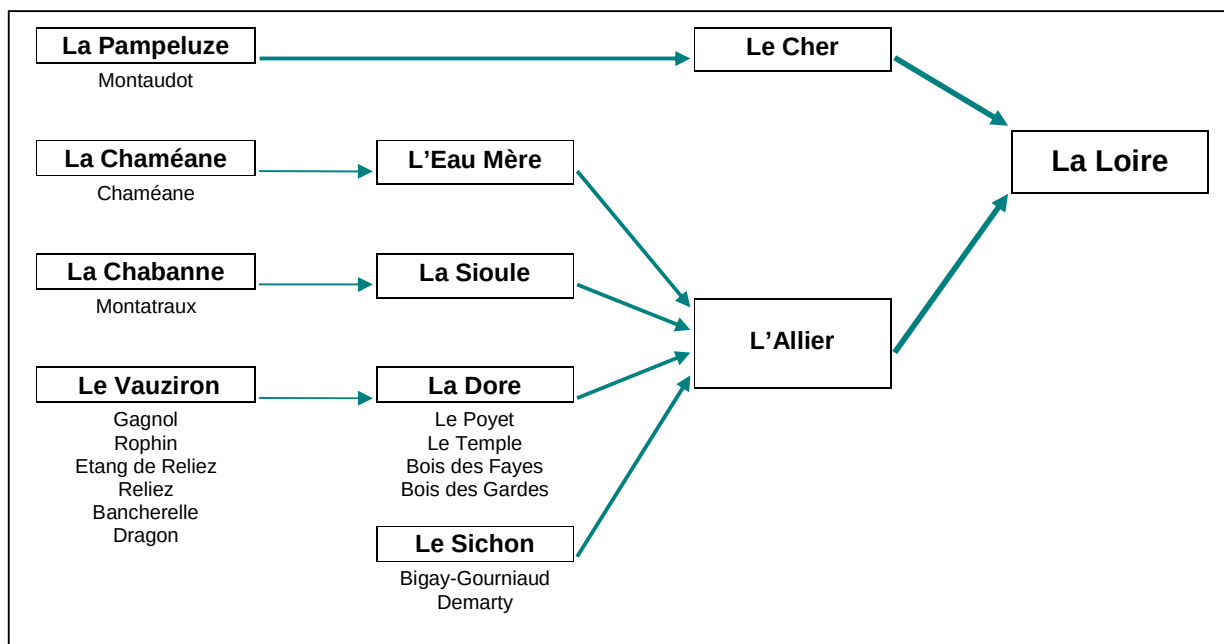
2.4.1 Bassins versants

Les gisements exploités sont répartis sur cinq bassins versants (Figure 4 et Figure 5) :

- Six sites sont localisés sur le bassin versant du ruisseau le Vauziron, affluent rive droite de la Dore, elle-même affluent rive droite de l'Allier ;
- Quatre sites appartiennent au bassin versant de la Dore ;
- Deux sites se situent sur le bassin versant de la rivière le Sichon, en amont de la rivière du même nom, affluent rive droite de l'Allier ;
- Un site est localisé sur le bassin versant de la rivière de Chaméane, en amont de la rivière l'Eau Mère, affluent rive droite de l'Allier ;
- Un site est localisé sur le bassin versant de la rivière la Pampeluze, affluent rive droite de la rivière le Cher ;
- Un site est situé sur le bassin versant du ruisseau de Chabanne, affluent rive droite de la rivière la Sioule, elle-même affluent rive gauche de l'Allier.

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 du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 20/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0



2.4.2 Débit des cours d'eau [6]

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

- Pour la rivière la Dore, par deux stations :
 - o à Dore-l'Eglise, situé en amont hydraulique de dix des sites uranifères,
 - o à Ambert, en aval hydraulique de ce même secteur ;
- Pour le ruisseau le Sichon, par la station de Ferrières-su-Sichon, en aval des sites de Bigay-Gourniaud et de Demarty.

Pour les autres cours d'eau concernés par les sites uranifères, il n'existe pas de stations hydrométriques.

Bassin versant	Localisation	Surface du BV km ²	Débit moyen m ³ /s	Débit d'étiage		Crues		Débits maxi. journaliers m ³ /s	Débits maxi. instantanés m ³ /s
				QMNA2 m ³ /s	QMNA5 m ³ /s	QIX biennal m ³ /s	QIX décennal m ³ /s		
La Dore	Dore-l'Eglise	105	1,180	0,160	0,110	★	★	23,20	47,30
	Ambert	494	★	0,856	0,403	★	★	88,90	165,0
Le Sichon	Ferrières-sur-Sichon	27	0,593	0,130	0,071	4,90	6,50	5,91	6,92

★ : Données non calculées par le gestionnaire (DIREN / DREAL)

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 21/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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

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

2.4.3 Utilisation des eaux

Barrages et production d'hydroélectricité :

Une usine hydroélectrique est située sur un ruisseau concerné par trois sites miniers uranifères. Le barrage, dit barrage de Pradeaux, est localisé sur le ruisseau le Grandrif, au niveau de la confluence avec le ruisseau l'Enfer. Il est actuellement exploité par la Société d'Energie et Electricité de Grandrif. Il est à noter que toute activité nautique (canotage, baignade, etc.) est interdite sur le plan d'eau.

Alimentation en eau potable [7]

Le seul captage en eau potable en fonctionnement situé en aval hydraulique de sites uranifères est localisé au Nord-Est de la commune de Marsac-en-Livradois, soit au Sud-Ouest des sites du secteur d'Ambert (Bois des Fayes, Bois des Gardes, le Poyet et le Temple).

Le tourisme et les loisirs :

Le département du Puy-de-Dôme a développé sur son territoire, un tourisme dit « vert ». La faible densité de population du milieu rural, et la renommée de ses paysages donnent au tourisme du Puy-de-Dôme 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, les sports d'hiver, et la pêche. De plus, il existe dans le département de multiples stations thermales.

La capacité d'hébergement touristique du département du Puy-de-Dôme 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.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 22/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

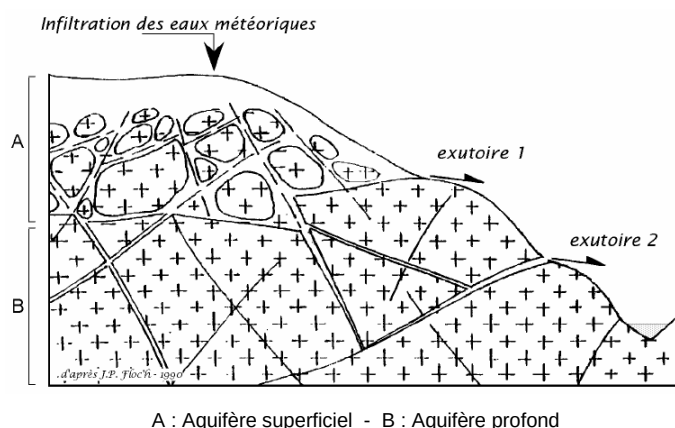
2.5 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

La Figure 2 représente les principaux aquifères de la région Auvergne. Les secteurs concernés par les sites miniers uranifères correspondent au socle. Ce socle correspond aux terrains cristallophylliens (micaschistes, gneiss...) et cristallins (granite...). Il correspond à 60 % de la superficie de la région. Ces formations sont dotées de ressources en eau faibles à très faibles.

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 interfluvés, 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.

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



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

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

Il est à noter la présence, dans le secteur de Lachaux, la présence des sources Sergentale et du Vecou qui produisent une eau minérale naturelle sous l'appellation commerciale de Châteldon. Cette eau provient d'un aquifère profond.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 23/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

3 CADRE REGLEMENTAIRE

3.1 REGLEMENTATION EN VIGUEUR

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

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

3.1.1 Polices sectorielles

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

La police des mines :

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

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

Ouverture et exploitation d'un site minier :

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

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 24/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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

- L'obtention d'un titre minier :
 - o Permis exclusif de recherches ou permis d'exploitation¹ (à durée limitée)
 - o 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 les alinéas III et IV de l'article 29 du code Minier précise que les concessions qui ont été octroyées avant 1977 et dont la durée était illimitée, expireront le 31 décembre 2018.

Ces titres miniers étaient octroyés par décret après enquête publique ou par arrêté du ministre chargé des mines (Art. 104-2 code minier) ;
- L'obtention d'une autorisation préfectorale d'ouverture de travaux, qui en détermine les conditions techniques avant leur entreprise (Art. 83 code minier).

Les ouvertures des travaux miniers du département du Puy-de-Dôme 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 de Lachaux, d'Ambert, et du secteur Ouest.

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 d u 04 juillet 1972.

Ce décret ne concerne aucune mise en chantier dans le Puy-de-Dôme.
- Pour la période de 1980 à 1995 : décret n°80-330 d u 07 mai 1980.

Ce décret ne concerne aucune mise en chantier dans le Puy-de-Dôme.

Procédures de fermeture des sites :

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

¹ 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 du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 25/132
Auteur : Nadine HIMEUR	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 recherche étaient réalisés dans le cadre d'un permis exclusif de recherche et/ou d'exploitation, la poursuite de ces travaux et par conséquent la prolongation du permis étaient maintenues ou non en fonction de :

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

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

→ Arrêt de l'exploitation à partir de mai 1980

Le **décret n°80-330 du 7 mai 1980**, relatif à la police des mines et des carrières, instaure, 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 du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 26/132
Auteur : Nadine HIMEUR	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 III, Chapitre V). Cette procédure est reprise et décrite dans l'Article 91 du code Minier.

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

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

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

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

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

- plan d'ensemble des travaux d'exploitation avec plans et coupes relatifs à la description du gisement,
- mémoire décrivant les différentes méthodes d'exploitation ;
- exposé des mesures déjà prises et de celles envisagées pour l'application de l'Article 91 : préservation des intérêts mentionnés à l'article 79, liste des désordres et nuisances de toute nature engendrés et susceptibles de se manifester du fait de l'activité minière. Il comprendra aussi les travaux à exécuter pour la fermeture des travaux, les ouvrages de traitement des eaux, les dispositifs de surveillance à maintenir ;
- bilan sur les eaux : réseau de surface et nappes avant exploitation, avant arrêt des travaux et étude prospective sur la modification du régime des eaux ;

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 27/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- détermination des éventuels risques importants (au sens de l'article 93) subsistant après le donné acte d'arrêt des travaux ;
- liste exhaustive de tous les désordres et nuisances existants ou susceptibles de se manifester dans l'avenir ;
- analyse de chacun de ses désordres afin de déterminer les mesures prises, avec les moyens humains et matériels nécessaires, et la liste des servitudes à mettre en œuvre.

Après instruction du dossier (avis des services techniques de l'Etat et des municipalités concernées), il est donné acte à l'exploitant de sa déclaration par arrêté préfectoral. Cet acte peut être accompagné, si nécessaire, de conditions ou mesures particulières ; dans ce cas, il s'agit du « premier donner 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 donner acte » constatant la bonne réalisation des mesures. Ces formalités mettent fin à l'exercice de la Police des Mines (article 91 du code Minier).

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

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

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

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

Ce décret fixe donc le cadre réglementaire actuel, **cependant il ne s'applique pas aux activités minières du Puy-de-Dôme, 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 du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 28/132
Auteur : Nadine HIMEUR	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
<i>A titre indicatif : A partir de juin 2006</i>	<i>Décret n°2006-649 du 2 juin 2006</i>	<i>Procédure d'arrêt définitif des travaux et d'utilisation d'installations minières et de stockage.</i>

Obligations de l'exploitant après la fermeture des mines :

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

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

Le RGIE : Règlement Général des Industries Extractives :

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

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 29/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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. 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.

Seul le site ICPE de Rophin est soumis à arrêté préfectoral. Cet arrêté a été acté en 1985, soit antérieurement au décret susvisé, et n'y fait donc pas mention. Cependant, la surveillance du site est actuellement réalisée conformément aux prescriptions du décret n°90-222.

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 :
 - o 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,
 - o 0,74 Bq/l si la dilution du rejet par le cours d'eau récepteur est inférieure à 5,
 - o 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 du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 30/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Ra₂₂₆ insoluble	
Ra₂₂₆ soluble	
U₂₃₈ soluble	

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 :

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 31/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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.

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.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 33/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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) :

Installations concernées	MCO – TMS	Stockages de résidus de traitement du minerai (à titre indicatif : usines de traitement du minerai)	MCO – TMS
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	Protection de l'eau et de la nature, gestion des déchets		
	Radioprotection		

3.2 PLANS D'ACTION DE L'ETAT

3.2.1 Plan National de Gestion de Matières et Déchets Radioactifs (PNGMDR) [8]

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) :

- 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,

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 34/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- 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 n°2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs, 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.

3.2.2 MIMAUSA [9]

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.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 35/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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,...) ;
- **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 une 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.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 36/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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 du Puy-de-Dôme, prescrit à AREVA NC par arrêté préfectoral n°10-00962 du 13 avril 2010 (Annexe 6), s'inscrit parfaitement dans le cadre de l'axe 2 de cette circulaire.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 37/132
Auteur : Nadine HIMEUR	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 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 petit chantier, 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-bancs à flanc de coteau (galerie horizontale pouvant atteindre une centaine de mètres de longueur).

Le tableau suivant présente les différents travaux de reconnaissance réalisés dans le département du Puy-de-Dôme.

Secteur	Site minier	Période d'exploitation	Méthodes de recherche
Lachaux	Demarty	1924 - 1925	Creusement d'un puits
	Gagnol	1949 - 1953	Creusement d'un puits et d'un travers-bancs accompagnés d'un réseau de galeries (environ 545 m au total) situé sur deux niveaux
	Dragon	1976	Creusement d'une tranchée de reconnaissance de 8 m de profondeur
Ambert	Le Temple	1955 - 1959	Creusement d'un puits et d'un travers-bancs
	Chaméane	1964 - 1965	Creusement d'un travers-bancs
Montaudot		1957 - 1963	Creusement de 12 tranchées de reconnaissance
Montatroux		1956 - 1957	Creusement de deux puits et d'une descenderie accompagnés d'un réseau de galeries

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 38/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

4.1.2 Exploitation souterraine

L'infrastructure d'accès aux mines souterraines du département du Puy-de-Dôme était constituée :

- soit d'un puits vertical (de 15 m à 50 m de profondeur) et de niveaux de galeries horizontales tous les 10 à 20 mètres,
- soit d'une entrée à flanc de coteau correspondant à l'entrée d'un travers-bancs.

L'aération des travaux souterrains était assurée par des montages qui reliaient le réseau souterrain et la surface.

Le siège minier était constitué en général d'un carreau minier sur lequel étaient implantés les bureaux, les ateliers, les aires de stockage des minerais, etc.

Le tableau suivant présente les différentes méthodes d'exploitation en souterrain utilisé sur le département du Puy-de-Dôme.

Secteur	Site minier	Période(s) d'exploitation	Méthodes d'exploitation
Lachaux	Bancherelle	1952 - 1954	Creusement d'un puits accompagné d'un réseau de galeries (environ 550 m au total) situé sur trois niveaux Dépilages par tranches montantes remblayées
	Bigay-Gourniaud	1949 - 1955	Creusement d'un puits accompagné de trois montages et d'un réseau de galeries (environ 625 m au total) situé sur deux niveaux Dépilages par tranches montantes remblayées
	Etang de Reliez	1951 - 1954	Creusement d'un puits accompagné d'un montage et d'un réseau de galeries (environ 540 m au total) situé sur trois niveaux Dépilages par tranches montantes remblayées
	Reliez	1951 – 1954	Creusement d'un puits accompagné de quatre montages et d'un réseau de galeries (environ 535 m au total) situé sur trois niveaux Dépilages par tranches montantes remblayées
	Rophin	1948 - 1952	Creusement de deux puits et quatre travers-bancs accompagnés de deux montages, de deux descenderies et d'un réseau de galeries (environ 560 m au total) situé sur six niveaux Pas de dépilage
Ambert	Bois des Feyes	1956 – 1957 1970 – 1972	Creusement d'un puits accompagné de trois montages et d'un réseau de galeries situé sur deux niveaux Dépilages par abattage en masse à partir de sous-niveaux
	Bois des Gardes	1956 - 1957	Creusement un travers-bancs Pas de dépilage

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 39/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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.

Les zones minéralisées étaient délimitées par mesures de la radioactivité à même la paroi et en sortie de mine.

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

Secteur	Site minier	Période d'exploitation	Tonnage brut (t)	Minerai et pseudo-minerai extrait (t)
Ambert	Bois des Fayes	1971 – 1972	230 000	12 561
	Bois des Gardes	1976 – 1980	1 157 868	28 685
	Le Poyet	1971 – 1972	22 107	951

4.2 LE TRAITEMENT DU MINERAI

Les activités minières du Puy-de-Dôme se sont déroulées de 1948 à 1980, par conséquent les expéditions de minerai ont été réalisées vers quatre usines de traitement en fonction de la période d'exploitation de chacun des sites :

- l'usine du Bouchet du CEA à Itteville (Essonne),
- l'usine SIMO des Bois-Noirs à Saint-Priest-La-Prugne (Loire),
- l'usine SIMO de Bessines-sur-Gartempe (Haute-Vienne).

Le tableau suivant résume les envois de minerai pour chaque site :

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 40/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Périodes d'expédition	Usines	Sites miniers
Le Bouchet (CEA)	1948 - 1960	Secteur de Lachaux : Bancherelle Bigay-Gourniaud Etang de Reliez Reliez Rophin (laveries et mine) Secteur d'Ambert : Bois des Fayes Bois des Gardes Le Temple
Bois Noirs	1960 - 1980	Secteur d'Ambert : Chaméane Bois des Fayes Bois des Gardes Le Poyet
Bessines-sur-Gartempe	1980	Secteur d'Ambert : Bois des Gardes

Il est à noter que de 1948 à 1957, les minerais envoyés à l'usine du Bouchet étaient prétraités à la laverie de Rophin.

Sur les sites de Demarty, du Temple et de Montatraux, il n'y a pas eu de minerai extrait.

Le paragraphe suivant décrit les procédés de traitement du minerai réalisés dans la laverie de Rophin.

LA LAVERIE DE ROPHIN [1]

La laverie mécanique de Rophin a été construite en 1948 sur le carreau de la mine. Elle avait pour objectif de concentrer les minerais d'uranium issus des travaux miniers locaux avant traitement à l'usine du Bouchet (CEA).

Cette laverie a évolué selon les périodes :

- De 1948 à 1949 : laverie composée d'un circuit de traitement gravimétrique du minerai et d'une table à secousses,
- De 1949 à 1951 : ajout d'appareils de concassage, broyage, classification, et de 4 tables à secousses,
- De 1952 à 1957 : ajout d'un circuit de flottation.

A partir de 1955, les tables à secousses sont démontées. La laverie permet alors de réaliser les essais de procédés de préconcentration du minerai issus des Bois-Noirs (Saint-Priest-la-Prugne, 42).

L'installation, arrêtée en 1957, est démantelée puis réutilisée en partie dans l'usine des Bois-Noirs.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 41/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

La laverie chimique de Rophin a été la première de ce type en France et a fonctionné de juillet à novembre 1950. Ce pilote avait pour objectif de traiter par attaque sous pression au carbonate-bicarbonate de sodium des minerais provenant des concessions de Lachaux et Grury (environ 90 t de minerais au total). Les essais n'ayant pas donné satisfaction, l'installation a été arrêtée seulement 5 mois après sa mise en service.



Vue générale de la laverie mécanique de Rophin en 1953 (photo CEA)



Vue de la laverie chimique de Rophin en août 1950 (fond Orcel, MNHN)

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 42/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

5 PRESENTATION DES SITES MINIERES

5.1 GENERALITES

Les activités minières uranifères du département du Puy-de-Dôme comprennent 15 sites d'exploitation d'importance inégale. Le plus petit site, Demarty, correspond à un puits, sans galerie. Les sites plus importants sont constitués par des mines à ciel ouvert de taille variable. Deux sites (Bois des Fayes et Bois des Gardes) ont d'abord fait l'objet d'une exploitation mixte : souterraine et à ciel ouvert.

L'emprise des terrains concernés par les sites miniers du Puy-de-Dôme représente une surface totale d'environ 30 ha.

Le présent bilan de fonctionnement des sites miniers du Puy-de-Dôme est réalisé selon le système de documents établi pour l'ensemble des bilans départementaux. Ont été définis préalablement aux travaux :

La notion de chantier :

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

La notion de site minier :

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

Le détail de la production (minerai et pseudo minerai, stériles) est présenté sur la Figure 3.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 43/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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

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

L'ensemble de ces fiches de sites constitue l'Annexe 1. Elles ont été numérotées de 504 à 518.

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 en 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,
- une représentation schématique du réseau de galeries dans leur plus grande extension,
- les ouvrages de liaison fond jour (puits, montages, descenderies).

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 44/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

5.2 SITUATION REGLEMENTAIRE 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	Dernier titre minier auquel a appartenu le site à la fin de son exploitation
Bancherelle, Bigay-Gourniaud, Demarty, Etang de Reliez, Gagnol, Reliez, Rophin	Concession de Lachaux (CEA)
Dragon	Permis d'exploitation de Ris (COGEMA)
Bois des Fayes, Le Poyet, Le Temple	Permis d'exploitation d'Ambert (CEA – muté COGEMA)
Bois des Gardes	Permis d'exploitation de Saint-Martin-des-Olmes (COGEMA)
Chaméane	Permis d'exploitation de Saint-Gènes-la-Tourette (CEA – muté COGEMA)
Montaudot	Concession de Montaudot (COGEMA)
Montatraux	Site orphelin Recherches effectuées dans le cadre de la recherche libre avec l'accord des propriétaires du sol après déclaration au préfet (art. 7 du code minier)

Sur le territoire du Puy-de-Dôme, seule la concession de Montaudot est encore valide, et ce jusqu'au 07 juillet 2018.

5.2.2 Situation administrative relative à la fermeture des sites

Douze des quinze sites miniers uranifères du Puy-de-Dôme ont fait l'objet de procédures de fermeture selon la réglementation en vigueur lors de l'arrêt de l'activité.

Il est à noter que les activités de travaux de reconnaissance des sites de Montaudot et Dragon ont été arrêtées respectivement en 1963 et 1976. Ces sites n'ont à notre connaissance pas fait l'objet d'une procédure de fermeture (cf. paragraphe 3.1.1 – Police des mines – Procédures de fermeture).

La fermeture en 1957 du site de Montatraux a été initiée, mais les mesures de mise en sécurité n'ont pas fait l'objet d'un récolement tel que prévu par le décret de police des mines de 1909.

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

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 45/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Sites miniers	Procédures	Actes administratifs	Surveillance réglementaire	Servitudes de droit privé
Bancherelle Bigay-Gourniaud Demarty Etang de Reliez Gagnol Reliez	Renonciation	Arrêté ministériel du 06/10/1978 actant la renonciation du CEA à la concession de Lachaux	NON	NON
Rophin	Renonciation	Arrêté ministériel du 06/10/1978 actant la renonciation du CEA à la concession de Lachaux	Arrêté préfectoral du 30/10/1985 <i>Prescriptions techniques liées aux modalités de surveillance du stockage et classement ICPE (rubrique 385-quinquies-II-1, par antériorité rubrique 1735)</i>	OUI
Bois des Fayes Le Poyet Le Temple	Abandon	Lettre du Service des Mines du 06/04/1979 actant la déclaration d'abandon	NON	En cours de mise en place
Bois des Gardes	Abandon	Arrêté préfectoral du 16/02/1981 actant la déclaration d'abandon des travaux miniers	NON	OUI
Chaméane	Abandon	Arrêté préfectoral du 15/10/1980 actant la déclaration d'abandon des travaux miniers	NON	NON

Les servitudes (ou restrictions d'usage) ont été inscrites au Registre des Hypothèques. Ce sont des servitudes de type « restrictions d'usage conventionnelle au profit de l'Etat ». Ces servitudes 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 au dernier alinéa de l'article 1^{er} de l'arrêté préfectoral du 13 avril 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 :
 - o la surverse du plan d'eau constituée par une mine à ciel ouvert isolée (aucune surverse n'a été repérée sur le plan d'eau du Bois des Gardes).
 - o une émergence au niveau d'un ouvrage de liaison fond-jour de type puits, entrée de descenderie ou de travers-bancs situé au point bas topographique du site (Reliez, Rophin, le Temple, le Bois des Gardes, Chaméane)

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 46/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- **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.
- **Eaux de ruissellement ou écoulements souterrains avec points de rejets non identifiés** : leur impact est jugé potentiel.

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 4 et la Figure 5 et peut être résumée dans le tableau suivant :

Sites	Type d'écoulement	Plans d'eaux en aval des sites		Cours d'eau secondaires		Cours d'eau récepteurs principaux
Bancherelle	Potentiel	-		Ruisseau		Ruisseau le Vauziron
Gagnol	Potentiel	Barrage réservoir de Rophin		Ruisseau	Ruisseau Le Terrasson	
Reliez	Identifié / Potentiel	Barrage réservoir de Rophin		Ruisseau	Ruisseau Le Terrasson	
Rophin	Identifié	Barrage réservoir de Rophin		Ruisseau	Ruisseau Le Terrasson	
Etang de Reliez	Potentiel	Etang	Barrage réservoir de Rophin	Ruisseau	Ruisseau Le Terrasson	
Dragon	Potentiel	-		Ruisseau		
Bigay	Potentiel	Etang	Etang	Ruisseau	Ruisseau Le Theux	Rivière le Sichon
	Potentiel	-		Ruisseau	Ruisseau	
Gourniaud	Potentiel	Etang		Ruisseau		
Demarty	Potentiel	-		-		

Sites	Type d'écoulement	Plans d'eaux en aval des sites		Cours d'eau secondaires		Cours d'eau récepteurs principaux
Le Poyet	Potentiel	Barrage électrique de Grandrif		Ruisseau	Ruisseau Le Grandrif	Rivière la Dore
Le Temple	Identifié	Mare	Barrage électrique de Grandrif	Ruisseau	Ruisseau Le Grandrif	
Bois des Fayes	Potentiel	Barrage électrique de Grandrif		Ruisseau	Ruisseau Le Grandrif	
Bois des Gardes	Potentiel	-		Ruisseau	Ruisseau Le Duret	
	Identifié	-		Ruisseau Le Macharoux		
Chaméane	Potentiel	-		Ruisseau	Ruisseau Le Veysson	Rivière la Chaméane
Montaudot	Potentiel	-		Ruisseau		Rivière la Pampeluze
Montatraux	Potentiel	-		Ruisseau		Ruisseau la Chabanne

5.4 PRESENTATION DES SITES

Afin d'améliorer les connaissances et d'effectuer un état des lieux, des visites des sites accompagnées de campagnes de prélèvements ont été organisées de mai à septembre 2010. Une visite de tous les sites du département a été réalisée en août 2010 avec 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 du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 48/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

5.4.1 Bassin versant du Vauziron

Le bassin versant du Vauziron comprend six sites, résumés dans le tableau suivant :

Sites	Commune(s) concernée(s)	Nature du (des) chantier(s)
Gagnol	Ris	Travaux de reconnaissance par petit chantier
Rophin	Lachaux et Ris	Travaux miniers souterrains Usine de traitement Stockage de résidus de traitement de minerais
Etang de Reliez	Lachaux et Ris	Travaux miniers souterrains
Reliez	Lachaux et Ris	Travaux miniers souterrains
Bancherelle	Ris	Travaux miniers souterrains
Dragon	Ris	Tranchée de reconnaissance

Ces sites sont détaillés dans les paragraphes suivants.

Site de Gagnol (fiche 507, annexe 2.4, 3.1, 4.1 et 5.2)

Le site de Gagnol est localisé à environ 3,7 km au Nord-Est de Ris. Le paysage environnant est vallonné et constitué de bois et de forêt.

Les travaux de recherche, réalisés entre 1949 et 1953, ont consisté au creusement d'un puits de 40 m et d'un travers-bancs, accompagnés de 545 m de galeries sur deux niveaux et de quatre montages. A la fin de l'exploitation, les ouvrages de liaison fond-jour ont été remblayés. Ces réaménagements ont été repris en 1982. Une petite verse à stériles est présente de nos jours, formant un tumulus à proximité de l'emplacement de l'ancien puits. Un fontis, situé à l'emplacement d'un ancien montage, est visible à 50 m à l'Ouest du puits.

Des suintements ont été observés au niveau de l'entrée du travers-bancs. Les eaux semblent s'écouler en direction d'un petit ruisseau situé en contrebas.

Des mesures au SPP γ ont été réalisées au cours de la visite d'état des lieux en juin 2010 et sont présentées dans le tableau suivant.

Lieu	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP γ
Milieu naturel	160 à 180 chocs/seconde
Puits	400 à 600 chocs/seconde
Verse à stériles	300 à 800 chocs/seconde
Reste du site	180 à 300 chocs/seconde

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 49/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Site de Rophin (fiche 504, annexe 2.1, 3.1, 4.1 et 5.2)

Le site de Rophin est situé à environ 3,4 km au NW de Lachaux. Il est localisé à cheval sur les communes de Lachaux et de Ris. Le paysage environnant est vallonné et est constitué de forêts et de prairies. Un ruisseau s'écoule à 150 m à l'Ouest du site. Ce ruisseau se jette ensuite dans l'ancien bassin-réservoir du site, situé à environ 1,7 km en aval.

Les travaux miniers souterrains ont consisté au creusement d'un puits et de quatre travers-bancs accompagnés d'un réseau de galeries situées sur six niveaux. Deux descenderies et deux montages ont également été creusés. Ces travaux se sont déroulés de 1948 à 1952.

Le site de Rophin a également été occupé de 1948 à 1957 par une usine de traitement de minerais d'uranium. L'usine a été démantelée en 1957.

Durant la phase d'exploitation de l'usine, un stockage de résidus de traitement a été mis en place. Ce stockage abrite 30 000 tonnes de résidus issus du traitement de minerais de l'usine. Le site est classé ICPE – rubrique 385-quinquies-II-1°, aujourd'hui rubrique 1735 par antériorité (cf. courrier d'AREVA NC au préfet du Puy-de-Dôme du 16/01/2007). Une surveillance est mise en place conformément à l'arrêté préfectoral du 30 octobre 1985.

Le site a fait l'objet de travaux de réaménagement en 1982, 1984, 1985, 2002 et 2010. Le stockage est recouvert de terre végétale. Seuls restent en place quelques vestiges de l'ancien treuil transporteur aérien qui reliait le site aux travaux de l'Etang de Reliez. Le site est actuellement clôturé sur tout son périmètre et fait l'objet d'une signalisation.

Il est à noter que les produits radiologiquement marqués qui ont été enlevés en juillet 2010 du site de Bancherelle ont été placés dans la partie Nord-Ouest de la zone de stockage de Rophin. Ils correspondent à 2500 m³ de stériles miniers.

Les eaux de sortie du site font l'objet d'une surveillance réglementaire. Elles se jettent dans le ruisseau situé à 150 m en aval du site.

Des mesures au SPP γ ont été réalisées au cours de la visite d'état des lieux en juin 2010 et sont présentées dans le tableau suivant.

Lieu	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP γ
Milieu naturel	160 à 180 chocs/seconde
Partie Nord-Ouest (200 m ²)	2000 à 4900 chocs/seconde
Reste du site	180 à 600 chocs/seconde

Un marquage radiologique a été constaté dans l'emprise de l'ICPE, sur la partie Nord-Ouest du stockage, avec un maximum de 4900 chocs/seconde.

Site de l'Etang de Reliez (fiche 505, annexe 2.2, 3.1, 4.1 et 5.2)

Le site de l'Etang de Reliez est localisé à 3,3 km au Nord-Est de Ris, à cheval sur les communes de Ris et de Lachaux. Il se situe dans un paysage caractérisé par des forêts et des prairies. Un ruisseau s'écoule à 150 m en aval et au Sud-Ouest du site.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 50/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Il est à noter que ce site est le plus important de la concession de Lachaux en terme de minerais extraits.

Les travaux miniers souterrains ont été réalisés de 1951 à 1954. Ils ont consistés au creusement d'un puits de 120 m et d'un montage accompagnés d'un réseau de galeries situées sur trois niveaux. L'une de ces galeries débouchait sur un travers-bancs du site de Rophin. Des dépilages ont été réalisés par tranches montantes remblayées et par chambres vides charpentées. Le minerai extrait était envoyé à l'usine de Rophin via un téléphérique.

Les ouvrages de liaisons fond-jour ont été remblayés. Les tassements ont été constatés en 1982 à aplomb des anciens dépilages et ont également été remblayés. Les différentes structures béton restantes, et en particulier les vestiges du treuil, ont été démolies. En 2002, après reprofilage des terrains, des sapins ont été plantés au niveau de l'ancien carreau minier. La végétation est actuellement très dense. Il est à noter qu'aucun tassement n'a été constaté depuis les travaux de réaménagements de 2002. Une verse à stériles est présente à proximité de l'ancien carreau minier.

Aucun écoulement d'eau provenant des anciens travaux miniers n'a été constaté.

Des mesures au SPP γ ont été réalisées au cours de la visite d'état des lieux en juin 2010 et sont présentées dans le tableau suivant.

Lieu	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP γ
Milieu naturel	160 à 180 chocs/seconde
Puits	450 à 600 chocs/secondes
Verse à stériles	300 à 800 chocs/seconde
Carreau minier	180 à 1500 chocs/seconde

Site de Reliez (fiche 506, annexe 2.3, 3.1, 4.1 et 5.2)

Le site se situe sur les communes de Lachaux et de Ris, à 3,2 km au Nord-Est de cette dernière. Le paysage est vallonné, et composé de forêts et de prairies. Les travaux ont été réalisés de part et d'autre d'un ruisseau qui s'écoule à 100 m en contrebas. Ce ruisseau se jette ensuite dans l'ancienne réserve du site de Rophin.

Les travaux miniers souterrains ont consisté au creusement d'un puits et de deux travers-bancs accompagnés d'un réseau de galeries sur trois niveaux. Ont également été creusés quatre montages et une descenderie. L'exploitation s'est déroulée de 1949 à 1952. Des dépilages ont été réalisés par tranches montantes remblayées. Les ouvrages de liaisons fond-jour sont aujourd'hui fermés. Un fontis situé à l'aplomb d'une galerie a été constaté en 2006 et a été rebouché. Restent en place quelques structures en béton au niveau de l'ancien puits. De plus, une verse à stériles est située en rive gauche du ruisseau et forme une petite plateforme.

Des eaux s'écoulent au niveau de l'entrée du travers-bancs situé à l'ouest du site. Ces écoulements sont périodiques. Ils forment en contrebas une zone marécageuse.

Des mesures au SPP γ ont été réalisées au cours de la visite d'état des lieux en juin 2010 et sont présentées dans le tableau suivant.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 51/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Lieu	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP γ
Milieu naturel	160 à 180 chocs/seconde
Puits	200 à 1150 chocs/seconde
Ancien carreau de la mine	200 à 550 chocs/seconde
Verse à stériles	250 à 350 chocs/seconde
Reste du site	180 à 400 chocs/seconde

Site de Bancherelle (fiche 508, annexe 2.5, 3.1, 4.1 et 5.2)

Le site de Bancherelle se situe à 2,7 km de Ris. Le paysage environnant est vallonné et composé de bois et de prairies. Un ruisseau s'écoule à 100 m du site.

Les travaux, réalisés de 1952 à 1954, ont consisté au creusement d'un puits et quatre montages, ainsi qu'un réseau de galeries sur trois niveaux. Des dépilages ont été réalisés par tranches montantes remblayées. Les ouvrages de liaisons fond-jour sont aujourd'hui fermés. Aucun tassement n'a été constaté à l'aplomb des anciens travaux miniers. La zone située autour de l'emplacement de l'ancien puits a été décapée. Ainsi, 2500 m³ de stériles miniers ont été enlevés et emmenés sur le site stockage ICPE de Rophin en juillet 2010.

Il est à noter qu'aucun écoulement d'eau provenant du site n'a été constaté.

Des mesures au SPP γ ont été réalisées au cours de la visite d'état des lieux en juillet 2010, à la suite des travaux de décapage, et sont présentées dans le tableau suivant.

Lieu	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP γ
Milieu naturel	160 à 180 chocs/secondes
Ensemble du site (hors zone décapée)	180 à 280 chocs/secondes
Puits et alentours (zone décapée)	160 à 300 chocs/secondes

Site de Dragon (fiche 510, annexe 2.7, 3.1, 4.3 et 5.2)

Le site de Dragon est situé à 1 km au Sud-Ouest de Ris. Le paysage environnant est composé de prairies et de bois. Un ruisseau s'écoule à 250 m au Sud-Ouest du site.

Les travaux, réalisés en 1976, ont consisté en l'exploitation d'une tranchée de reconnaissance de 8 m de profondeur. A la fin de l'exploitation, la tranchée a été partiellement remblayée et la verse à stériles a été remodelée. Le site présente actuellement une végétation très abondante, rendant l'accès difficile. Le parement Est est en place et mesure 6 m de hauteur.

Aucun écoulement d'eau provenant du site n'a été constaté.

Des mesures au SPP γ ont été réalisées au cours de la visite d'état des lieux en juin 2010 et sont présentées dans le tableau suivant.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 52/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Lieu	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPPy
Milieu naturel	90 à 110 chocs/seconde
Emprise de la tranchée	180 à 320 chocs/seconde
Reste du site	100 à 120 chocs/seconde

Il est à noter la présence d'un affleurement naturel à proximité de la source du hameau Chez Dragon, sur une superficie de 10 m². Les valeurs radiométriques varient entre 1250 et 1950 chocs/seconde SPPy.

5.4.2 Bassin versant du Sichon

Le bassin versant du Sichon comprend deux sites, dont l'un composé de deux chantiers, résumés dans le tableau suivant :

Site	Chantier	Commune concernée	Nature du chantier
Bigay-Gourniaud	Bigay	Lachaux	Travaux miniers souterrains
	Gourniaud	Lachaux	Travaux miniers souterrains
Demarty		Lachaux	Travaux de reconnaissance par petit chantier

Ces sites sont détaillés dans les paragraphes suivants.

Site de Bigay-Gourniaud (fiche 511, annexe 2.8, 3.2, 4.4 et 5.3)

Le site de Bigay-Gourniaud est localisé à 600 m au Nord-Est de Lachaux. Le paysage environnant est vallonné et constitué de bois et de prairies.

Le site comprend deux chantiers distincts : les travaux de Bigay et les travaux de Gourniaud. Ces deux chantiers, éloignés d'environ 300 m, sont reliés par une galerie (N-80 à Bigay).

- Chantier de Bigay

Les travaux de Bigay (1950 – 1955) ont consisté au creusement d'un puits de 80 m et de trois montages, ainsi que d'un réseau de galeries sur deux niveaux. Des dépilages ont été réalisés par tranches montantes remblayées. A la fin des travaux, en 1955, un foudroyage de ces dépilages a été réalisé avant le remblayage des ouvrages verticaux. Suite au déchaussement de la tête du puits causé par l'exploitation d'une carrière de pierres à proximité, cet ouvrage a été remblayé à nouveau en 1982. La même année, une injection de 42 m³ de ciment a été réalisée sous la route départementale RD 63, à l'aplomb des travaux miniers.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 53/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Une verse à stériles est actuellement présente à 50 m à l'Ouest de l'ancien puits. Elle comprend les stériles extraits des chantiers de Bigay et de Gourniaud. Des blocs de quartz et de stériles miniers sont localisés sur l'emplacement d'un ancien montage. Un fontis d'un mètre de profondeur a été constaté à 30 m au Sud-Est du puits, en aplomb des anciens travaux miniers souterrains.

Aucun écoulement d'eau provenant du site n'a été constaté.

Des mesures au SPP γ ont été réalisées au cours de la visite d'état des lieux en juin 2010 et sont présentées dans le tableau suivant.

Lieu	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP γ
Milieu naturel	160 à 180 chocs/seconde
Puits de Bigay	280 chocs/seconde
Fontis situé au Sud-Est du puits	800 chocs/seconde
Emplacement de l'ancien montage M1	300 à 950 chocs/seconde
Aire de stockage du minerai	300 à 650 chocs/seconde
Verse à stériles	250 à 1250 chocs/seconde
Reste du chantier	180 à 240 chocs/seconde

- Chantier de Gourniaud

Les travaux de Gourniaud (1949 – 1952) ont consisté au creusement d'un puits de 60 m accompagné d'un réseau de galeries sur deux niveaux. Des dépilages ont été réalisés par tranches montantes remblayées. A la fin des travaux, en 1955, les ouvrages de liaison fond-jour ont été remblayés, ainsi que les dépilages. Suite à un affaissement, le puits a été remblayé à nouveau en 1995. Un nouveau fontis d'un mètre de profondeur a été constaté au niveau du puits.

Aucun écoulement d'eau provenant du site n'a été constaté.

Des mesures au SPP γ ont été réalisées au cours de la visite d'état des lieux en juin 2010 et sont présentées dans le tableau suivant.

Lieu	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP γ
Milieu naturel	160 à 180 chocs/seconde
Puits de Gourniaud	1300 chocs/seconde
Ancienne verse à stériles	1200 à 1850 chocs/seconde
Reste du chantier	180 à 200 chocs/seconde

Site de Demarty (fiche 509, annexe 2.6, 3.2, 4.2 et 5.3)

Le site de Demarty est localisé à 750 m au Nord-Ouest de Lachaux, en bordure d'un chemin vicinal. Le paysage environnant est vallonné et constitué de bois et de prairies.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 54/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les travaux réalisés sur ce site sont les premiers travaux de reconnaissance de la région. Ils ont été réalisés en 1924 et 1925. Ils ont consisté au creusement d'un puits. Ce dernier a été vidé de son eau par le CEA en 1949, puis remblayé. Un effondrement de 5 m de hauteur et 3 m de diamètre s'est produit durant le premier semestre 2010. Il a été remblayé durant le mois de juin de cette même année et forme actuellement un tumulus d'un mètre de hauteur.

Aucun écoulement d'eau provenant du site n'a été constaté.

Des mesures au SPP γ ont été réalisées au cours de la visite d'état des lieux de juillet 2010 et sont présentées dans le tableau suivant.

Lieu	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP γ
Milieu naturel	160 à 180 chocs/secondes
Proximité du puits	180 à 220 chocs/secondes
Puits	300 à 490 chocs/secondes

5.4.3 Bassin versant de la Dore

Le bassin versant de la Dore comprend quatre sites, résumés dans le tableau suivant :

Sites	Commune(s) concernée(s)	Nature du (des) chantier(s)
Le Poyet	Baffie	Mine à ciel ouvert
Le Temple	Baffie	Travaux de reconnaissance par petit chantier
Bois des Fayes	Baffie et Grandrif	Travaux miniers souterrains Mine à ciel ouvert
Bois des Gardes	Saint-Martin-des-Olmes	Travaux miniers souterrains Mines à ciel ouvert (3)

Ces sites sont détaillés dans les paragraphes suivants.

Site du Poyet (fiche 515, annexe 2.12, 3.3, 4.6 et 5.4)

Le site du Poyet est localisé à 2 km de Baffie, dans un paysage vallonné composé de prêtres et de bois. Un ruisseau s'écoule à 150 m au Nord du site.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 55/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les travaux se sont déroulés en 1971. Ils ont consisté à creuser une mine à ciel ouvert d'une profondeur de 13 m. Il est à noter que l'une des galeries du site du Temple passait sous le site du Poyet. A la fin des travaux, la mine a été partiellement remblayée. En 1973, des travaux de réaménagement ont été entrepris. En 1982, la mine est complètement remblayée. Un bâtiment agricole servant à stocker du matériel est aujourd'hui localisé sur l'emprise de l'ancienne mine.

En 2002 ont été réalisés des travaux d'assainissement au niveau de l'ancienne aire de stockage des minerais située à 100 m d'ancienne mine. Les produits issus du décapage (80 m³) ont été évacués sur le site du Bois des Gardes. Cette zone est aujourd'hui utilisée comme pâturages.

Aucun écoulement d'eau provenant du site n'a été constaté.

Des mesures au SPP_γ ont été réalisées au cours de la visite d'état des lieux en juillet 2010 et sont présentées dans le tableau suivant.

Lieu	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP _γ
Milieu naturel	120 à 140 chocs/seconde
Emprise de la mine à ciel ouvert	160 à 240 chocs/seconde
Ancienne aire de stockage du minerai	140 à 300 chocs/seconde
Verse à stériles	160 à 400 chocs/seconde

Site du Temple (fiche 514, annexe 2.11, 3.3, 4.6 et 5.4)

Le site du Temple est localisé à 2,2 km au Nord-Ouest de Baffie. Il est situé dans une zone vallonnée constituée de bois.

Ce site a fait l'objet de travaux de reconnaissance par petit chantier de 1955 à 1959. Ces travaux ont consisté au creusement d'un puits et d'un travers-bancs. Les ouvrages fond-jour ont été fermés en 1973. Suite à des effondrements, le puits a été à nouveau comblé en 1983 et 1997. Un tumulus de 3 m de diamètre et 1 m de hauteur est actuellement en place sur l'emplacement de cet ancien puits.

Deux tuyaux permettent actuellement l'évacuation des eaux d'exhaure au niveau du travers-bancs. Ces eaux se jettent dans une mare dont la surverse s'écoule dans un talus avant de rejoindre un ruisseau.

Une verse à stériles est présente en bordure du chemin d'accès au site sur une superficie d'environ 100 m².

Des mesures au SPP_γ ont été réalisées au cours de la visite d'état des lieux en juillet 2010 et sont présentées dans le tableau suivant.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 56/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Lieu	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPPy
Milieu naturel	120 à 140 chocs/seconde
Puits	250 à 500 chocs/seconde
Entrée du travers-bancs	140 à 300 chocs/seconde
Verse à stériles	300 à 600 chocs/seconde
Chemin entre le puits et le travers-bancs sur environ 100 m	300 à 6500 chocs/seconde (1200 chocs/s en moyenne)

Des anomalies radiométriques ont été mesurées sur le chemin reliant l'ancien puits au travers-bancs sur environ 100 m d'extension. Les valeurs mesurées au SPPy oscillent entre 400 et 6500 chocs/seconde avec une moyenne autour de 1200 chocs/seconde.

Site du Bois des Fayes (fiche 513, annexe 2.10, 3.3, 4.6 et 5.4)

Le site du Bois des Fayes est localisé à 2,5 km de Baffie, dans un paysage constitué de bois.

L'exploitation du site s'est faite selon deux méthodes :

- De 1956 à 1957 et de 1970 à 1972, les travaux ont consisté au creusement d'un puits accompagné d'un réseau de galeries sur deux niveaux. Trois montages ont été mis en place. Des dépilages ont été réalisés par abattage en masse à partir des sous-niveaux ;
- De 1971 à 1972, une mine à ciel ouvert a été exploitée par tranches de 3 mètres et par gradins de 10 mètres, sur une profondeur de 38 mètres.

Le réaménagement du site s'est fait par périodes successives :

- En 1972, une clôture est mise en place autour de la mine à ciel ouvert. Le puits est remblayé et fermé par une dalle de béton armé. Les verses à stériles sont remodelées.
- En 1979, le parement Nord de la mine à ciel ouvert 1979 est retaluté en pente douce. La mine est partiellement remblayée, sur une hauteur de 5 à 6 mètres. Le remblayage du puits est repris. Le carreau des travaux miniers souterrains est remblayé sur 2 mètres d'épaisseur.
- N'étant remblayé que sur sa partie supérieure, le montage situé sur le flanc Est se ré-ouvre sous l'effet de l'érosion. En 1984, ce montage est remblayé entièrement. Les gradins de la mine à ciel ouvert sont remis en pente. Un fossé d'évacuation est mis en place pour permettre l'évacuation des eaux qui stagnent au fond de la mine à ciel ouvert.
- En 2002, l'ancienne aire de stockage des minerais est décapée sur environ 150 m² et 30 à 40 cm de profondeur puis recouverte de terre végétale. Les produits (environ 60 m³) sont utilisés pour le comblement du puits. Ce puits est alors fermé par d'un bouchon en béton de 52 m³ sur une hauteur de 3,4 m. les derniers vestiges en béton sont démolis. Les terrains sont reprofilés en une couverture de terre végétale est mise en place.

Actuellement, le site présente une végétation abondante par endroits rendant l'accès difficile. Le parement Sud présente des hauteurs de 8 à 10 m. À l'extrémité Est de la mine à ciel ouvert et à l'aplomb des anciens travaux miniers souterrains, une zone d'éboulis est présente avec des parements instables. Le site est sillonné par des chemins goudronnés datant de l'exploitation. La verse à stériles est située au Nord de la MCO et est inaccessible du fait d'une végétation très dense.

Il n'y a pas d'écoulement d'eau constaté sur le site.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 57/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Des mesures au SPP γ ont été réalisées au cours de la visite d'état des lieux en juillet 2010 et sont présentées dans le tableau suivant.

Lieu	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP γ
Milieu naturel	120 à 140 chocs/seconde
Emprise de la mine à ciel ouvert	600 à 1250 chocs/seconde
Verse à stériles	250 à 600 chocs/seconde
Points très ponctuels sur le chemin	900 à 1000 chocs/seconde
Reste du site	140 à 300 chocs/seconde

Il est à noter que les chemins bitumés d'accès qui sillonnent le site sont marqués radiologiquement de façon très ponctuelle (jusqu'à 1000 chocs/seconde).

Site du Bois des Gardes (fiche 515, annexe 2.9, 3.3, 4.5 et 5.4)

Le site du Bois des Gardes est situé à 2 km au Sud-Ouest de Saint-Martin-des-Olmes. Le paysage environnant est composé de bois et de prairies.

L'exploitation de site s'est faite en deux temps :

- De 1955 à 1956, les travaux miniers souterrains ont consisté au creusement d'un travers-bancs accompagné d'un réseau de galeries sur un niveau.
- Dans un second temps, trois mines à ciel ouvert sont exploitées :
 - o Une première est ouverte en octobre 1976 au Sud-Est. Elle est exploitée jusqu'en octobre 1979 par tranches de 3 mètres et par gradins de 10 mètres, sur une profondeur de 47 mètres. Elle est partiellement remblayée et actuellement en eau. La verse à stériles est présente au Sud du site. En 2002, l'ancienne aire de stockage de minerais a été décapée sur 300 m² et 20 à 30 cm de profondeur. Une tranchée est alors creusée dans la verse à stériles pour accueillir les produits de décapage de cette aire de stockage, ainsi que les produits issus de l'assainissement du site du Poyet. Une couverture végétale a été mise en place sur cette verse. Aucune surverse n'est constatée sur cette mine.
 - o Une seconde mine à ciel ouvert, située au Nord-Ouest, est exploitée de juin 1977 à juin 1979, également par tranches de 3 mètres et par gradins de 10 mètres, sur une profondeur de 23 mètres.
 - o Une troisième mine, dite centrale, est ouverte et exploitée de la même manière sur 47 mètres de profondeur, et ce jusqu'en août 1980. Ces deux dernières mines se sont rejointes pour n'en former plus qu'une en fin d'exploitation.

Il est à noter que l'emprise des travaux miniers souterrains et de ces mines à ciel ouvert se confondent.

Les MCO Nord-Ouest et centrale ont été partiellement remblayées, fermant ainsi également les liaisons fond-jour des travaux souterrains. Le site présente une dépression dans laquelle s'est formé un bois d'épineux.

Une verse à stériles est présente au Nord-Ouest des deux MCO.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 58/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Un écoulement d'eau est constaté en bas des mines à ciel ouvert et proviennent probablement des anciens travaux miniers souterrains.

Des mesures au SPP γ ont été réalisées au cours de la visite d'état des lieux en juillet 2010 et sont présentées dans le tableau suivant.

Lieu	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP γ
Milieu naturel	120 à 140 chocs/seconde
Emprise des trois mines à ciel ouvert	200 à 400 chocs/seconde
Aire de stockage du minerai (décapée en 2002)	250 à 350 chocs/seconde
Verses à stériles	250 à 600 chocs/seconde

5.4.4 Bassin versant de la Chaméane

Le bassin versant de la Chaméane comprend un site.

Site	Commune concernée	Nature du chantier
Chaméane	Chaméane	Travaux de reconnaissance par petit chantier

Site de Chaméane (fiche 516, annexe 2.13, 3.4, 4.7 et 5.5)

Le site de Chaméane est localisé à 800 mètres au Sud-Est du village de Chaméane. Le paysage environnant est vallonné et constitué de bois.

Les travaux de reconnaissance ont consisté au creusement d'un travers-bancs réalisé en 1964 et 1965. En 1980, les dix premiers mètres de soutènement sont enlevés. Le travers-bancs est alors fermé par effondrement jusqu'à la surface par tir d'explosifs. La zone a été remblayée et remodelée.

Une petite tranchée de 2 m de profondeur, réalisée par des tiers, a été constatée en 2001 à l'entrée des travaux, est remblayée en 2001. L'ancien carreau est remodelé en 2002 puis recouvert de terre végétale.

Un écoulement d'eau a été constaté à 100 m en aval du site et provient probablement des anciens travaux de reconnaissance.

Des mesures au SPP γ ont été réalisées au cours de la visite d'état des lieux en juin 2010 et sont présentées dans le tableau suivant.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 59/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Lieu	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP γ
Milieu naturel	100 à 120 chocs/seconde
Ancien carreau des travaux de reconnaissance	300 à 1750 chocs/seconde
Verse à stériles	200 à 450 chocs/seconde
Reste du site	120 à 140 chocs/seconde

Il est à noter la présence de quelques points de faible surface marqués radiologiquement sur l'ancien carreau des travaux (au maximum 1750 chocs/seconde).

5.4.5 Bassin versant de la Pampeluze

Le bassin versant de Pampeluze comprend un site.

Site	Commune concernée	Nature du chantier
Montaudot	Charensat	Travaux de reconnaissance par petit chantier

Site de Montaudot (fiche 517, annexe 2.14, 3.5, 4.8 et 5.6)

Le site de Montaudot est localisé à 3 km au Nord-Est de Charensat, dans un paysage constitué de prairies et de bois.

Les travaux, menés par la société indépendante « Société Minière et Métallurgique du Châtelet » (SMMC), ont consisté au creusement de douze tranchées de reconnaissance. Aucune trace de ces travaux n'a été constatée.

Aucun écoulement d'eau provenant du site n'a été constaté.

Ces tranchées ont été réalisées de part et d'autre d'une route communale reliant les lieux-dits Montaudot et la Bourgeade. Au Nord de cette route, aucune anomalie n'a été mesurée. Au Sud, une zone de 200 m² est marquée radiologiquement, avec des valeurs radiométriques variant de 200 à 3000 chocs/seconde SPP γ .

Les mesures réalisées au SPP γ au cours de la visite d'état des lieux en juillet 2010 sont présentées dans le tableau suivant.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 60/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Lieu	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP γ
Milieu naturel	90 à 110 chocs/seconde
Secteur Nord (A)	100 à 300 chocs/seconde
Secteur Sud (B) dans le pré	100 à 250 chocs/seconde
Secteur Sud (B) en bordure du pré	200 à 3000 chocs/seconde
Valeurs ponctuelles	9500 à 20000 chocs/seconde (<i>mesures prises au contact</i>)

5.4.6 Bassin versant de la Chabanne

Le bassin versant de la Chabanne comprend un site.

Site	Commune concernée	Nature du chantier
Montatraux	Saint-Pardoux	Travaux de reconnaissance par petit chantier

Site de Montatraux (fiche 518, annexe 2.15, 3.6, 4.9 et 5.7)

Le site de Montatraux est situé à 500 m à l'Est de Saint-Pardoux, dans un paysage composé de prairies et de bois.

Les travaux de reconnaissance, menés par une société indépendante, URAMINE, ont consisté au creusement de deux puits et d'une galerie. Ces ouvrages ont probablement été remblayés.

La descenderie est en partie obstruée par un talus mais reste accessible. Elle présente actuellement une ouverture de 80 cm de largeur sur 40 cm de hauteur. A partir de la descenderie et sur une distance d'environ 50 m en allant vers le SE, une dépression d'une profondeur moyenne de 1,5 m est visible. Elle est vraisemblablement due à l'éboulement de cette même descenderie.

Un fontis, correspondant probablement à l'un des puits, a été repéré à 50 m au Nord-Est de l'entrée de la descenderie. Le deuxième puits n'a quant à lui pas été retrouvé. Il est à noter que ces puits sont rendus inaccessibles par la présence de ronces et broussailles.

Aucun écoulement d'eau n'est visible sur le site.

Des mesures au SPP γ ont été réalisées au cours de la visite d'état des lieux en juin 2010 et sont présentées dans le tableau suivant.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 61/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Lieu	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPPy
Milieu naturel	110 à 130 chocs/seconde
Entrée de la descenderie	300 chocs/seconde
Reste du site	130 à 170 chocs/seconde

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).

6.1 LES STERILES MINIERES

6.1.1 Généralités – Teneur en uranium

Suivant la position du gisement et ses caractéristiques géométriques, le minerai a été extrait par mines à ciel ouvert 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 et de ses descendants, ou du minerai d'uranium en fonction de leur proximité avec le filon.

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

Dans la base documentaire actuelle, il n'y 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 par COGEMA, à la même époque.

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

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 du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 63/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

6.1.2 Réaménagement des verses à stériles

Environ 1,5 millions de tonnes de stériles ont été extraites sur le département du Puy-de-Dôme. Ces stériles représentent entre 31 % et 100 % du volume initial extrait, en fonction de la taille de la découverte initiale et du type d'exploitation (MCO ou TMS). La grande majorité d'entre eux ont été laissés sous forme de verses lors du réaménagement, ou ont été utilisés comme matériaux de remblayage pour les mines à ciel ouvert, les ouvrages de liaisons fond-jour ou les dépilages réalisés dans les travaux miniers souterrains.

De manière générale, les travaux de réaménagement des terrains concernés par les stériles (verses et fosses comblées) ont consisté en :

- un remodelage général des formes (écrêtement du sommet, adoucissement des talus) afin d'assurer une bonne intégration paysagère,
- un apport de terre végétale en fonction des stocks disponibles.

Au cours des visites de terrain de 2010, des mesures radiométriques effectuées au SPPy ont été réalisées. Les résultats sont présentés dans les fiches de chantier relatives pour chacun des sites. Le tableau suivant présente la radiométrie mesurée sur les verses des sites puydômois :

Secteurs	Sites	Radiométrie en chocs/s SPPy
Lachaux	Bancherelle	160 à 300
	Bigay	250 à 1250
	Gourniaud	1200 à 1850
	Dragon	★
	Etang de Reliez	300 à 800
	Gagnol	300 à 800
	Reliez	250 à 350
Ambert	Bois des Fayes	250 à 600
	Bois des Gardes	250 à 600
	Chaméane	200 à 450
	Le Poyet	160 à 400
	Le Temple	300 à 600

★ : non connue du fait de l'inaccessibilité de la verse

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 64/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

6.1.3 Réutilisation particulière des stériles

Pendant les périodes d'exploitations des sites miniers, des cessions de stériles ont pu être réalisées, en petites quantités à la demande d'utilisateurs privés qui en avaient le besoin. Après le réaménagement, les stériles miniers ont pu être réutilisés par des particuliers ou des entreprises locales.

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

Au stade des connaissances actuelles, seuls les sites de Bigay-Gourniaud et du Temple ont fait l'objet d'une réutilisation constatée des stériles.

- **Site de Bigay-Gourniaud**

Pour le site de Bigay-Gourniaud, les stériles ont été prélevés dans la verse après l'exploitation et ont été utilisés pour l'entretien de chemins communaux et départementaux. Un contrôle radiologique a été effectué pendant la visite de site effectuée en juin 2010 : aucune anomalie n'a été observée sur les routes et chemins aux alentours du site.

De plus, après l'arrêt des travaux, durant une période comprise entre 1956 et 1977, les alentours directs de la tête de puits de Bigay sont utilisés comme carrière de pierre.

En octobre 2005, 45 m³ de produits marqués ont été enlevés sur une parcelle située à proximité immédiate du chantier de Bigay. Ces produits ont été stockées sur le site des Bois Noirs Limouzat (Saint-Priest-la-Prugne, 42).

Par ailleurs, des produits marqués ont été utilisés dans les années 50 en sous-couche de remblai de la cour d'école communale de Lachaux. Des travaux d'assainissement ont été réalisés en août 2006 :

- Décaissement et nettoyage des produits marqués
- Evacuation de 1 500 m³ de produits sur le site ICPE des Bois Noirs Limouzat (Saint Priest-la-Prugne, 42)
- Remblayage avec des produits d'arènes neutres
- Mise en place d'enrobés sur le terrain de basket
- Décaissement et mise en place d'une dalle de béton à l'entrée des garages de la mairie.

Des contrôles ont été réalisés par un organisme extérieur agréé (laboratoire Subatech) à la fin des travaux. De plus, un contrôle radiologique a été effectué pendant la visite de site effectuée en juin 2010 : aucune anomalie n'a été observée sur la zone.

- **Site du Temple**

Des stériles ont été utilisés durant l'exploitation pour la création d'une piste reliant le site au chemin dit de la Grand'rive au Temple. Des anomalies radiométriques sont mesurées sur ce chemin entre l'ancien puits et le travers-bancs sur environ 100 m d'extension. Les valeurs mesurées au SPPy oscillent entre 400 et 6500 chocs/s (avec une moyenne autour de 1200 chocs/s).

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 65/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Il n'est pas impossible d'exclure que d'autres réutilisations de stériles aient pu avoir lieu pour les autres sites du Puy-de-Dôme, pendant l'exploitation ou après le réaménagement. Les actions visant à inventorier ces zones de réutilisation décrites dans ce chapitre ont été faites en été 2010 par survol aérien et seront suivies d'une reconnaissance au sol (cf. paragraphe 11.3).

6.2 LES RESIDUS DE TRAITEMENT

Sur le département du Puy-de-Dôme, il existe un site possédant un stockage de résidus de traitement : Rophin.

Ce stockage se situe sur l'ancien carreau des travaux miniers souterrains de Rophin. Il a été constitué entre 1947 et 1959. Sont stockés 30 000 tonnes de résidus de traitement de minerais locaux de la laverie mécanique de Rophin (et dans une moindre mesure de la laverie chimique). L'activité en Radium 226 du stockage est de 0,31 TBq.

Ce stockage (fiche ANDRA n°AUV 2) est soumis :

- à la réglementation relative aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (rubrique 385 quinquième II 1, aujourd'hui 1735),
- à un arrêté préfectoral concernant la surveillance de l'environnement (arrêté préfectoral du 30 octobre 1985),
- à des servitudes conventionnelles (restrictions des usages du sol) enregistrées à la Conservation des Hypothèques le 27/12/1993.

Le site a fait l'objet de réaménagements à différentes époques :

- 1959 : démantèlement de l'usine de traitement. Evacuation des installations sur le site des Bois-Noirs Limouzat (Saint-Priest-la-Prugne, 42) ;
- Février - mars 1982 : pose de canalisations, recouvrement des résidus, mise en sécurité des anciens travaux et apports de terre végétale ;
- 1984 -1985 : nouvel apport de terre, pose de drains, comblement des fossés et plantations ;
- 2002 : travaux de réaménagement concernant une surface de 10 000 m² :
 - o Démolition des anciens vestiges de l'exploitation (réserve d'eau, transformateur, dalles et différents supports en béton). Stockage des déchets de démolition sur site
 - o Décapage des zones à radioactivité résiduelle significative
 - o Installation d'une canalisation raccordée à l'exutoire existant dans le mur de fermeture de l'ancienne galerie
 - o Reprofilage des terrains
 - o Mise en place d'une couverture de terre végétale et revégétalisation
- juillet 2010 : mise en place d'une clôture autour du stockage de résidus de traitement et pose de panneaux d'affichage.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 66/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

6.3 LES PRODUITS DE DEMANTELEMENT

Les installations de l'usine de traitements de Rophin ont été démantelées en 1959. Elles ont été envoyées sur le site des Bois Noirs Limouzat (Saint-Priest-la-Prugne, 42) où elles ont été réutilisées lors de la construction de l'usine de traitement chimique du Forez.

Les vestiges restants (réserve d'eau, transformateur, dalles et différents supports en béton) ont été démolis en 2002 et stockés sur site, en limite du périmètre ICPE et dans la zone aujourd'hui clôturée. Cette zone de stockage a été recouverte de terre végétale et revégétalisée. Il est à noter que ces déchets de démolition ne présentaient pas d'anomalie radioactive.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 67/132
Auteur : Nadine HIMEUR	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 du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 68/132
Auteur : Nadine HIMEUR	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 ».

Les risques en terme de sécurité publique sont liés à :

- Pour les travaux miniers souterrains :
 - o l'existence d'ouvrages de liaison fond-jour (puits, galeries, montages ...),
 - o les risques de fontis, d'affaissement en surface,
 - o les risques de chute dans les ouvrages miniers non fermés,
- Pour les exploitations à ciel ouvert :
 - o les risques de chutes de personnes à partir des têtes de parois,
 - o 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.

7.2 LES RISQUES LIES AUX TRAVAUX SOUTERRAINS

7.2.1 Les ouvrages de liaison fond-jour

L'inventaire des ouvrages fond-jour a été réalisé sur la base des documents d'archives et de repérage de terrain. La liste des anciens ouvrages verticaux et galeries débouchant au jour figure dans le tableau suivant :

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 69/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Sites	Période d'exploitation des TMS	Nature de l'ouvrage	Dénomination	Section
Gagnol	1949 – 1953	Puits 1 travers-bancs 4 montages	/ TB M1, M2, M3, M4	3x3 m 2x2 m 2x2 m
Rophin	1948 – 1952	Puits 2 travers-bancs 2 travers-bancs 2 descenderies 2 montages	P TB0, TB0bis TB1, TB2 D1, D2 M1, M2	3,5x3,5 m 3x3 m 2x2 m 2x2 m 2x2 m
Etang de Reliez	1951 – 1954	Puits Montage	/ /	3,5x3,5 m 2x2 m
Reliez	1949 – 1952	Puits Descenderie 3 travers-bancs 4 montages	P1 / TB1, TB2, TB3 M2, M3, M4, M5	3,5x3,5 m 2x2 m 2x2 m 2x2 m
Bancherelle	1952 – 1954	Puits Puits de recherche 4 montages	P PR M1, M2, M3, M4	3,5x3,5 m 2x2 m 2x2 m
Demarty	1924 – 1925	Puits	/	3x3 m
Bigay-Gourniaud	Bigay : 1950 – 1955	Puits 3 montages	/ M1, M2, M3bis	3,5x3,5 m 2x2 m
	Gourniaud : 1949-1952	Puits	/	3x3 m
Le Temple	1955 - 1959	Puits	/	3x3 m
		Travers-bancs	/	2x2 m
Bois des Fayes	1956 – 1957	Puits	/	3x2,6 m
	1970 – 1972	3 montages	M1, M2, M3	2x2 m
Bois des Gardes	1955 – 1956	Travers-bancs	/	2x2 m
Chaméane	1964 – 1965	Travers bancs	/	2x2 m
Montatraux	1957 – 1963	Deux puits	P1, P2	3x3 m
		Descenderie	D	2x2 m

Les risques de chutes de personnes ou d'animaux et les risques d'intrusion dans les travaux souterrains ont conduit les exploitants à obturer tous les autres ouvrages du département par comblement :

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

par des produits tout-venant ou des stériles miniers.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 70/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Lors des visites de sites en juin et juillet 2010, il a mis en évidence une seule descenderie non fermée. Cet ouvrage se situe sur le site orphelin de Montatraux. Il présente une ouverture de 80 cm de largeur sur 40 cm de hauteur. Ce site n'étant pas sous la responsabilité d'AREVA NC, aucun projet de réaménagement n'est proposé.

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, ainsi que de la méthode d'exploitation utilisée.

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 :

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

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 71/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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 – 12^{ème} congrès minier mondial – NEW DEHLI – novembre 1984) qui considère que la hauteur totale du vide disponible et du fontis (H et H₁) est environ égale à quatre fois la hauteur du vide initial (H) (F < 1,4).

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

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

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 72/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

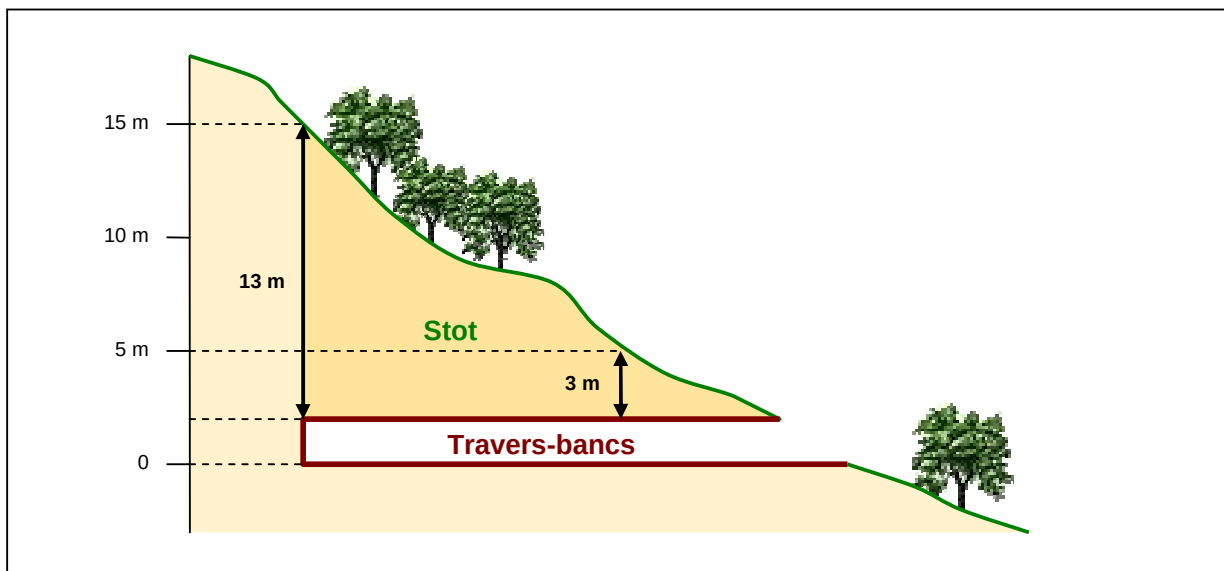
Sites	Période d'exploitation	Types d'ouvrage	Niveaux Côtes	Sections (l x h en m)	Dépilage associé
Gagnol	1949 – 1953	Travers-bancs TB	N-18	2x2 m	Non
		Galeries	N-18 et N-40	2x2 m	
Rophin	1948 – 1952	Travers-bancs TB0	N-20	2x2 m	Non
		Travers-bancs TB0bis	N-20	2x2 m	
		Travers-bancs TB1	N-20	2x2 m	
		Travers-bancs TB2	N-10	2x2 m	
		Galeries	N-5, N-10, N-15, N-20, N-30, N-50	2x2 m	
Etang de Reliez	1951 – 1954	Galeries	N-40, N-80, N-120	2x2 m	Oui
Reliez	1949 – 1952	Travers-bancs TB1	N 478	2x2 m	Oui
		Travers-bancs TB2	N-43	2x2 m	
		Travers-bancs TB3	N-8	2x2 m	
		Galeries	N-8, N-43, N-78	2x2 m	
Bancherelle	1952 – 1954	Galeries	N-20, N-40, N-80	2x2 m	Oui
Bigay-Gourniaud	Bigay : 1950 - 1955	Galeries	N-40, N-80	2x2 m	Oui
	Gourniaud : 1949 -1952	Galeries	N-20, N-60	2x2 m	Oui
Le Temple	1955 - 1959	Travers-bancs	N 805	2x2 m	Non
		Galeries	N-60	2x2 m	
Bois des Fayes	1956 – 1957 1970 – 1972	Galeries	N-16, N-40	2x2 m	Oui
Bois des Gardes	1955 – 1956	Travers-bancs	N 787	2x2 m	Non
		Galeries associées au travers-bancs	N 787	2x2 m	
Chaméane	1964 – 1965	Travers-bancs	N 768	2x2 m	Non
		Galeries associées au travers-bancs	N 768	2x2 m	
Montatraux	1957 – 1963	Galeries	N-35	2x2 m	Non

Les hauteurs de galeries de reconnaissance ou d'accès sont toutes limitées à 2 m de hauteur.

L'application de la règle « de 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 concernés, à l'exception de Montatraux et de l'Etang de Reliez possédant respectivement un stot de 35 m et 40 m. Il s'agit, pour la plupart, d'ouvrages de type travers-bancs, qui correspondent à des galeries horizontales situées à flanc de coteau : le stot varie donc en fonction de la longueur de la galerie, comme l'illustre le schéma suivant :

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 73/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0



Les modalités des mises en sécurité éventuelles ainsi que les évènements passés relatifs aux effondrements classiques sont récapitulés dans le tableau suivant :

Sites	Types d'ouvrage	Niveaux Côtes	Modalités des mises en sécurité	Evènements passés
Gagnol	Travers-bancs TB	N-18	Années 1950 : entrée remblayée	/
	Galeries	N-18	Sans information	/
Rophin	Travers-bancs TB0	N-20	1982 : entrée remblayée	/
	Travers-bancs TB0bis	N-20	1982 : entrée remblayée	/
	Travers-bancs TB1	N-20	1982 : entrée remblayée	/
	Travers-bancs TB2	N-10	1982 : entrée remblayée	/
	Galeries	N-5, N-10, N-15, N-20	Sans information	/
Reliez	Travers-bancs TB1	N 478	1990 : Fermeture par abattage	/
	Travers-bancs TB2	N-43	1990 : Fermeture par abattage	/
	Travers-bancs TB3	N-8	1990 : Fermeture par abattage	/
	Galeries	N-8	Sans information	2006 : Tassement
Bancherelle	Galeries	N-20	Sans information	/
Bigay-Gourniaud	Galeries	N-20, N-60	Sans information	1981 : Tassement
				Années 2000 : Fontis
Le Temple	Travers-bancs	N 805	1973 : entrée remblayée	/
Bois des Fayes	Galeries	N-16	Sans information	/
Bois des Gardes	Travers-bancs	N 787	Sans information	/
	Galeries associées au travers-bancs	N 787	Sans information	/
Chaméane	Travers-bancs	N 768	1980 : Abattage des 10 premiers mètres par tir d'explosif	/
	Galeries associées au travers-bancs	N 768	Sans information	/

Ces risques d'affaissement du bâti minier peuvent être relativisés :

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 74/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- Le site du Bois des Fayes a fait l'objet d'un réaménagement de la mine à ciel ouvert, située au dessus des anciens travaux miniers souterrains, avec l'ajout de 5 à 6 m de terre dans le fond de la fosse. Les travaux miniers souterrains se situent dorénavant à plus de 20 m sous le fond de la fosse. Ainsi, le risque de désordre de surface dû à un effondrement classique est négligeable sur ce site. L'absence de fontis en surface depuis la fin du réaménagement, plaide en faveur de la stabilité du bâti minier.
- Le travers-bancs du site de Chaméane a été foudroyé sur 10 mètres en appliquant la règle de Tincelin. Les entrées des travers-bancs de Gagnol, Rophin, du Temple et du Bois des Gardes ont été remblayées lors des travaux de réaménagements. Cependant, aucune information n'est disponible sur la longueur de travers-bancs remblayée. De même, les travers-bancs du site de Reliez ont été fermés par abattage (absence d'information sur la longueur de travers-bancs abattue).

L'absence de fontis à l'aplomb de ces travers-bancs depuis la fin du réaménagement plaide en faveur d'une stabilité du bâti minier.

- Aucune indication n'est disponible concernant le remblayage éventuel des galeries réalisées dans les sites du Puy-de-Dôme. En l'absence d'informations, des effondrements de type classique ne sont pas à exclure. Cependant, la visite d'état des lieux réalisée en 2010 n'a pas mis en évidence de désordre de surface à l'aplomb des galeries, à l'exception des sites de Reliez et Bigay-Gourniaud. Ce constat laisse présumer une bonne stabilité du bâti minier.
- Concernant les sites de Reliez et Bigay-Gourniaud, des désordres de surface ont été repérés à l'aplomb de galeries. Ces désordres sont de faible profondeur (1 m au maximum sur le chantier de Bigay). Ce constat conduit à penser que ce phénomène est susceptible de se reproduire sur ces sites.

La galerie qui relie le chantier de Bigay au chantier de Gourniaud passe sous la route départementale RD 63. En 1982, cette galerie a été remblayée sous cette route par injection de 42 m³ de ciment afin d'éviter tout risque de déstabilisation de la chaussée. L'absence de désordre sur et à proximité immédiate de la route plaide pour une stabilité des travaux réalisés.

Pour l'ensemble des sites concernés par le risque d'effondrement classique, il est à 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).

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 75/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les effondrements « en tiroir »

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

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

Sites		Zones de dépilage associées			
		Méthode d'exploitation	Profondeur des dépilages	Nombre de quartiers	Remblayage
Etang de Reliez		Tranches montantes remblayées	entre la surface et N-40	4 (PA1, PA2, PA3 et PA4)	OUI
			entre N-80 et N-40	4 (PB1, PB2, PB3 et PB4)	OUI
			entre N-120 et N-80	1 (PC1)	OUI
		Chambres vides charpentées	entre N-120 et N-80	1 (PC2)	NON
Reliez		Tranches montantes remblayées	entre la surface et N-43	4	OUI
Bancherelle		Tranches montantes remblayées	entre la surface et N-40	6	OUI
Bigay-Gourniaud	Bigay	Tranches montantes remblayées	entre la surface et N-40	3	OUI
	Gourniaud	Tranches montantes remblayées	entre la surface et N-20	1	OUI
			entre N-20 et N-60	2	OUI
Bois des Fayes		Abattage en masse à partir de sous-niveaux	entre la surface et N-40	2	OUI

La description des risques d'effondrements « en tiroir » est détaillée site par site dans les paragraphes suivants.

L'ETANG DE RELIEZ :

- Méthode d'exploitation : tranches montantes remblayées et chambres vides charpentées pour le quartier PC2 (entre N-120 et N-80)
- Nombre de quartiers : 10 quartiers :
 - o 4 zones de dépilages entre la surface et le niveau N-40 (PA1, PA2, PA3 et PA4)
 - o 4 quartiers de dépilages entre N-80 et N-40 (PB1, PB2, PB3 et PB4)
 - o 2 zones de dépilages entre N-120 et N-80 (PC1 et PC2)
- Remblayage des dépilages :
 - o Oui pour 9 zones : remblayage dû à la méthode d'exploitation – réalisé avec du tout-venant (stériles)
 - o Non pour un quartier au niveau N-120 (chantier PC2), sur une surface de 200 m² et une hauteur de 18 m
- Remarque :

L'analyse des problèmes de stabilité de surface, liés à la présence de travaux miniers souterrains, a montré que :

- o L'ensemble des dépilages situés entre la surface et le niveau N-80 et le quartier PC1 ne présentent pas de risques d'effondrement : la méthode d'exploitation a conduit au remblayage de ces dépilages ;
- o Le quartier PC2 possède un stot de 80 m par rapport à la surface. En appliquant la règle de Tincelin, la hauteur de terrain susceptible de tomber et de remplir le vide sous-jacent est de 54 m. Par conséquent, le risque d'effondrement à la surface lié à ce quartier est faible.

En 1982, des tassements de surface ont été repérés à l'aplomb des dépilages PA1 et PA3, dus au tassement des matériaux de remblayage. Un réglage des terrains a été réalisé en 1984. Ces légers désordres de surface ne remettent pas en cause la qualité du remblayage des différents quartiers.

En conséquence, on peut raisonnablement considérer que les dépilages du site de l'Etang de Reliez ne présentent pas de problèmes majeurs de stabilité pouvant affecter la surface. L'absence de tassement ou d'effondrement observés depuis 1984 plaide en faveur de la stabilité du bâti minier.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 77/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

RELIEZ :

- Méthode d'exploitation : tranches montantes remblayées
- Nombre de quartiers : 4 quartiers de dépilages entre la surface et le niveau N-43
- Remblayage des dépilages : Oui : remblayage dû à la méthode d'exploitation – réalisé avec du tout-venant (stériles)
- Remarque :

L'analyse des problèmes de stabilité de surface, liés à la présence de travaux miniers souterrains, a montré que l'ensemble des dépilages situés entre la surface et le niveau N-43 ont été remblayés du fait même de la méthode d'exploitation.

En conséquence, on peut raisonnablement considérer que les dépilages du site de Reliez ne présentent pas de problèmes majeurs de stabilité pouvant affecter la surface. L'absence de tassement ou d'effondrement observés à l'aplomb des dépilages depuis l'arrêt de l'exploitation plaide en faveur de la stabilité du bâti minier.

BANCHERELLE :

- Méthode d'exploitation : tranches montantes remblayées
- Nombre de quartiers : 6 quartiers de dépilages entre la surface et le niveau N-40
- Remblayage des dépilages : Oui : remblayage dû à la méthode d'exploitation – réalisé avec du tout-venant (stériles)
- Remarque :

L'analyse des problèmes de stabilité de surface, liés à la présence de travaux miniers souterrains, a montré que l'ensemble des dépilages situés entre la surface et le niveau N-40 ne présentent pas de risques majeurs d'effondrement : la méthode d'exploitation a conduit au remblayage de ces dépilages.

En conséquence, on peut raisonnablement considérer que les risques de désordre de surface sont faibles. L'absence de tassement ou d'effondrement observés depuis l'arrêt de l'exploitation plaide en faveur de la stabilité du bâti minier.

BIGAY-GOURNIAUD :

- Méthode d'exploitation : tranches montantes remblayées
- Nombre de quartiers : 6 quartiers de dépilages :
 - o Chantier de Bigay : 3 zones de dépilages entre la surface et le niveau N-40 ;
 - o Chantier de Gourniaud :
 - 2 zones de dépilages entre les niveaux N-20 et N-60,
 - 1 quartier entre la surface et le niveau N-20.
- Remblayage des dépilages : Oui : remblayage dû à la méthode d'exploitation – réalisé avec du tout-venant (stériles)

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 78/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- Remarque :

L'analyse des problèmes de stabilité de surface, liés à la présence de travaux miniers souterrains, a montré que l'ensemble des dépilages situés d'une part entre la surface et le niveau N-40 pour le chantier de Bigay, et d'autre part entre la surface et le niveau N-60 pour le chantier de Gourniaud, ne présentent pas de risques majeurs d'effondrement : la méthode d'exploitation a conduit au remblayage de ces dépilages.

Par ailleurs, un effondrement du toit des dépilages du chantier de Bigay a été réalisé en 1955 avant de procéder au remblayage des ouvrages de liaisons fond-jour.

En conséquence, on peut raisonnablement considérer que les dépilages du site de Bigay-Gourniaud ne présentent pas de problèmes majeurs de stabilité pouvant affecter la surface. L'absence de tassement ou d'effondrement observés à l'aplomb des zones de dépilages depuis l'arrêt de l'exploitation plaide en faveur de la stabilité du bâti minier.

BOIS DES FAYES :

- Méthode d'exploitation : abattage en masse à partir de sous-niveaux
- Nombre de quartiers : 2 quartiers de dépilages entre la surface et le niveau N-40
- Remblayage des dépilages : Oui : remblayage réalisé avec du tout-venant (stériles) lors des travaux de réaménagement du site en 1972

- Remarque :

L'analyse des problèmes de stabilité de surface, liés à la présence de travaux miniers souterrains, a montré que l'ensemble des dépilages situés entre la surface et le niveau N-40 ne présentent pas de risques importants d'effondrement : le réaménagement du site en 1972 a conduit au remblayage de ces dépilages.

Par ailleurs, les zones de dépilage sont situées à l'aplomb de la mine à ciel ouvert. Cette fosse a fait l'objet de remblayages successifs lors des travaux de réaménagement réalisés en 1979 et 1984, portant la côte-fond de 766 mNGF à 771 mNGF, soit un remblayage sur 5 à 6 m d'épaisseur. Il est possible de considérer qu'un effondrement minier se traduirait par une vidange des produits mis en place dans la fosse.

En conséquence, on peut raisonnablement considérer que les dépilages du site du Bois des Fayes ne présentent pas de problèmes majeurs de stabilité pouvant affecter la surface. L'absence de tassement ou d'effondrement observés à l'aplomb des zones de dépilages depuis l'arrêt de l'exploitation plaide en faveur de la stabilité du bâti minier.

7.3 LES RISQUES LIES AUX MINES A CIEL OUVERT

Ces risques sont liés à la présence de parements résiduels pour les fosses non remblayées ou mises en eau et accessibles au public (risques de chute ou de noyade). Les sites concernés sont présentés dans le tableau suivant :

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 79/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Sites miniers		Etat de la fosse	Observations
Dragon ¹		Partiellement remblayée Sans eau Parement visible = 6 m	- Zone fortement végétalisée - Haut du parement inaccessible (végétation) - Absence de clôture
Bois des Gardes	MCO SE	Partiellement remblayée En eau Sans parement visible	- Présence d'une végétation stabilisant les bords du plan d'eau - Bords descendant dans l'eau en pente douce sur plusieurs mètres - Accessible au public : absence de clôture autour du plan d'eau.
	MCO NW et MCO centrale	Partiellement remblayée Sans eau Parement visible = 10 m	- Zone fortement végétalisée - Accessible au public : absence de clôture autour de la fosse et présence d'un chemin situé en ligne de crête
Bois des Fayes		Partiellement remblayée Sans eau Parement visible = 10 m	- Zone fortement végétalisée - Haut du parement inaccessible (végétation) - Absence de clôture
Le Poyet		Entièrement remblayée Parement visible = 1 m	-

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, il peut s'agir de phénomènes mettant en jeu des volumes de matériaux restreints (quelques dizaines de m³) et prenant principalement la forme de glissement pelliculaire. De tels phénomènes n'ont pas été observés sur les verses des sites miniers visés par ce présent bilan de fonctionnement.

De plus, la plupart des verses à stériles puydômoises sont de petites verses résiduelles, assimilables à des tas de blocs d'une hauteur n'excédant pas 5 m. par conséquent, de tels phénomènes de déstabilisation des verses tels que décrit précédemment sont peu envisageables.

Il est à noter que les verses des sites du Puy-de-Dôme sont naturellement végétalisées, ce qui améliore leur stabilité.

¹ Le site de Dragon a été exploité par une tranchée de reconnaissance, qui sera considérée comme une MCO dans le cadre de l'évaluation des risques

7.5 LES RISQUES LIES AUX DIGUES DE RETENUE DE STOCKAGE

Dans le cadre du PNGMDR, AREVA NC a réalisé une « Analyse de la tenue à long terme des digues de rétention de stockage de résidus de traitement de minerais uranifères » [10].

Pour le stockage de Rophin, il s'agit d'une digue de ceinture, d'une hauteur de 2 à 3 m et d'environ 150 m de longueur. Elle est constituée de stériles miniers et de tout-venant recouverts de terre végétale et naturellement végétalisée.

Après étude des principales caractéristiques des sites de stockage et en concertation avec l'ASN, le site de Rophin n'a pas été retenu pour faire l'objet d'une analyse approfondie de la tenue à long terme de ces merlons (les critères de choix portant l'importance du stockage (tonnage) et les dimensions des digues).

Seule une déstabilisation prenant la forme d'un glissement pelliculaire est envisageable au niveau de cette digue de ceinture. Un tel phénomène n'a pas été observé sur le site depuis 1960, c'est-à-dire depuis la fin de l'exploitation du site. De plus, la taille limitée de cette digue plaide en faveur d'une bonne stabilité.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 81/132
Auteur : Nadine HIMEUR	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 remblayés (TMS ou MCO), il est possible que les eaux émergent en surface, comme à l'entrée des descenderies ou des travers-bancs ou encore à l'emplacement de certains ouvrages de liaison fond-jour (puits, montages). Durant leur parcours souterrain, ces eaux peuvent en effet se charger au contact des minéralisations encore présentes dans l'encaissant granitique.
- Les eaux météoriques peuvent également se charger par lixiviation des métaux contenus dans les stériles miniers et les résidus de traitement, lorsque ces eaux percolent à travers ces derniers. Elles peuvent aussi être marquées par entraînement de particules en suspension sur lesquelles sont adsorbés des éléments toxiques.

Pour les sites du Puy-de-Dôme, les possibilités de marquage du vecteur eau sont résumées dans le tableau suivant :

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 82/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Secteurs	Sites	Possibilités de marquage du vecteur eau
Lachaux	Bancherelle	- Percolation des eaux météoriques dans les travaux miniers souterrains
	Bigay-Gourniaud	- Percolation des eaux météoritiques dans la verse à stériles vers le cours d'eau situé en contrebas - Drainage des terrains situés en amont topographique via les travaux souterrains en direction du cours d'eau situé en contrebas
	Demarty	Percolation des eaux météoriques dans le puits
	Dragon	Percolation des eaux météoritiques dans la verse à stériles vers le cours d'eau situé en contrebas
	Etang de Reliez	- Percolation des eaux météoritiques dans la verse à stériles vers le cours d'eau situé en contrebas - Drainage des terrains situés en amont topographique via les travaux souterrains en direction du cours d'eau situé en contrebas
	Gagnol	- Percolation des eaux météoritiques dans la verse à stériles vers le cours d'eau situé en contrebas - Drainage des terrains situés en amont topographique via les travaux souterrains en direction du cours d'eau situé en contrebas
	Reliez	- Percolation des eaux météoritiques dans la verse à stériles vers le cours d'eau situé en contrebas - Drainage des terrains situés en amont topographique via les travaux souterrains en direction du cours d'eau situé en contrebas
	Rophin	- Percolation des eaux météoritiques dans le stockage vers le cours d'eau situé en contrebas - Drainage des terrains situés en amont topographique via les travaux souterrains en direction du cours d'eau situé en contrebas - Drainage des terrains situés en amont topographique via les drains du stockage en direction du cours d'eau situé en contrebas <i>Remarque : les eaux situées en amont hydraulique de stockage sont en majorité déviées par un drain afin d'éviter leur passage dans les drains du stockage</i>
Ambert	Bois des Fayes	- Percolation des eaux météoritiques dans la verse à stériles vers le cours d'eau situé en contrebas - Drainage des terrains situés en amont topographique via les travaux souterrains en direction du cours d'eau situé en contrebas - Percolation des eaux météoriques dans la mine à ciel ouvert remblayée
	Bois des Gardes	- Percolation des eaux météoritiques dans la verse à stériles vers le cours d'eau situé en contrebas - Drainage des terrains situés en amont topographique via les travaux souterrains en direction du cours d'eau situé en contrebas - Percolation des eaux météoriques dans les mines à ciel ouvert remblayées - Ecoulement des eaux de la mine SE en souterrain
	Chaméane	Drainage des terrains situés en amont topographique via les travaux souterrains en direction du cours d'eau situé en contrebas
	Le Poyet	Percolation des eaux météoriques dans la mine à ciel ouvert remblayée
	Le Temple	- Percolation des eaux météoritiques dans la verse à stériles vers le cours d'eau situé en contrebas - Drainage des terrains situés en amont topographique via les travaux souterrains en direction du cours d'eau situé en contrebas
Ouest	Montaudot	Percolation des eaux météoriques dans les tranchées remblayées
	Montatraux	Drainage des terrains situés en amont topographique via les travaux souterrains en direction du cours d'eau situé en contrebas

Voies de contamination des sédiments

Lorsque certains exutoires présentent des débits moyens relativement élevés (plusieurs dizaines de m³/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 du Puy-de-Dôme tend à favoriser cette deuxième option. Les débits faibles estimés au cours de la campagne de terrain 2010 semblent plaider, à priori, en faveur d'un faible impact radiologique sur ce compartiment sédimentaire.

8.1.2 Valeurs de référence « milieu naturel »

Références « milieu naturel » EAU

En l'absence de point zéro, il a été réalisé, en juin et juillet 2010, quatre prélèvements d'eau dans des cours d'eau situés en amont hydraulique des sites miniers – c'est-à-dire hors influence des sites – afin d'obtenir des valeurs de références pour le milieu naturel.

Il est à noter qu'un prélèvement est réalisé semestriellement dans une mare en amont hydraulique du site de Rophin dans le cadre de la surveillance réglementaire du site.

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

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 84/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Points de prélèvement	Localisation	U 238 soluble	Ra 226 soluble
ROF PT1*	Mare en amont hydraulique du site de Chaméane	< 1 µg/l soit < 0,012 Bq/l	0,05 Bq/l
BIGR RUA	Ruisseau en amont hydraulique du chantier de Chaméane	< 1 µg/l soit < 0,012 Bq/l	< 0,02 Bq/l
POY RUA	Ruisseau en amont hydraulique des sites du Poyet, du Temple et du Bois des Fayes	1,5 µg/l soit 0,018 Bq/l	< 0,02 Bq/l
BDF RUA	Ruisseau en amont hydraulique des sites du Chaméane, du Temple et du Bois des Chaméane	< 1 µg/l soit < 0,012 Bq/l	< 0,02 Bq/l
CAM RUA	Ruisseau en amont hydraulique du site de Chaméane	< 1 µg/l soit < 0,012 Bq/l	< 0,02 Bq/l

* : moyennes annuelles pour l'année 2009

Références « milieu naturel » SEDIMENTS

En l'absence de point zéro, l'IRSN propose dans sa tierce expertise [11] des valeurs de références pour le milieu naturel pour la Division Minière de la Crouzille (Haute-Vienne) :

- U 238 compris entre 180 et 1 100 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 juin et juillet 2010, principalement sur les cours d'eau situés en aval hydraulique des sites et sur les émergences observées sur les sites (exutoires). L'emplacement des points de prélèvements est présenté sur les cartes IGN figurant en Annexe 3.

Les synoptiques des Figure 4 et Figure 5 présentent les rejets successifs, potentiels ou avérés, dans les différents cours d'eau récepteurs du fait des anciens sites réaménagés.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 85/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les sites sont présentés de l'amont vers l'aval hydraulique des cours d'eau principaux à savoir :

- Le Vauziron,
- Le Sichon,
- La Dore,
- La Chaméane,
- La Pampeluze.

BASSIN VERSANT DU VAUZIRON

Les résultats d'analyses effectuées en aval des sites du bassin versant du Vauziron, soit en amont du ruisseau suscité, sont présentés dans les paragraphes suivants.

- SITE DE GAGNOL (Figure 6)

Le site de Gagnol est le premier site susceptible d'impacter les eaux du ruisseau le Vauziron. Le site a fait l'objet de travaux de recherche par petit chantier.

Un écoulement d'eau semble provenir de ces anciens travaux (prélèvement d'eau GAG RU). Le prélèvement d'eau effectué présente des teneurs en uranium 238 soluble (1,6 µg/l soit 0,020 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,04 Bq/l) du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le milieu naturel.

- SITE DE ROPHIN (Figure 7)

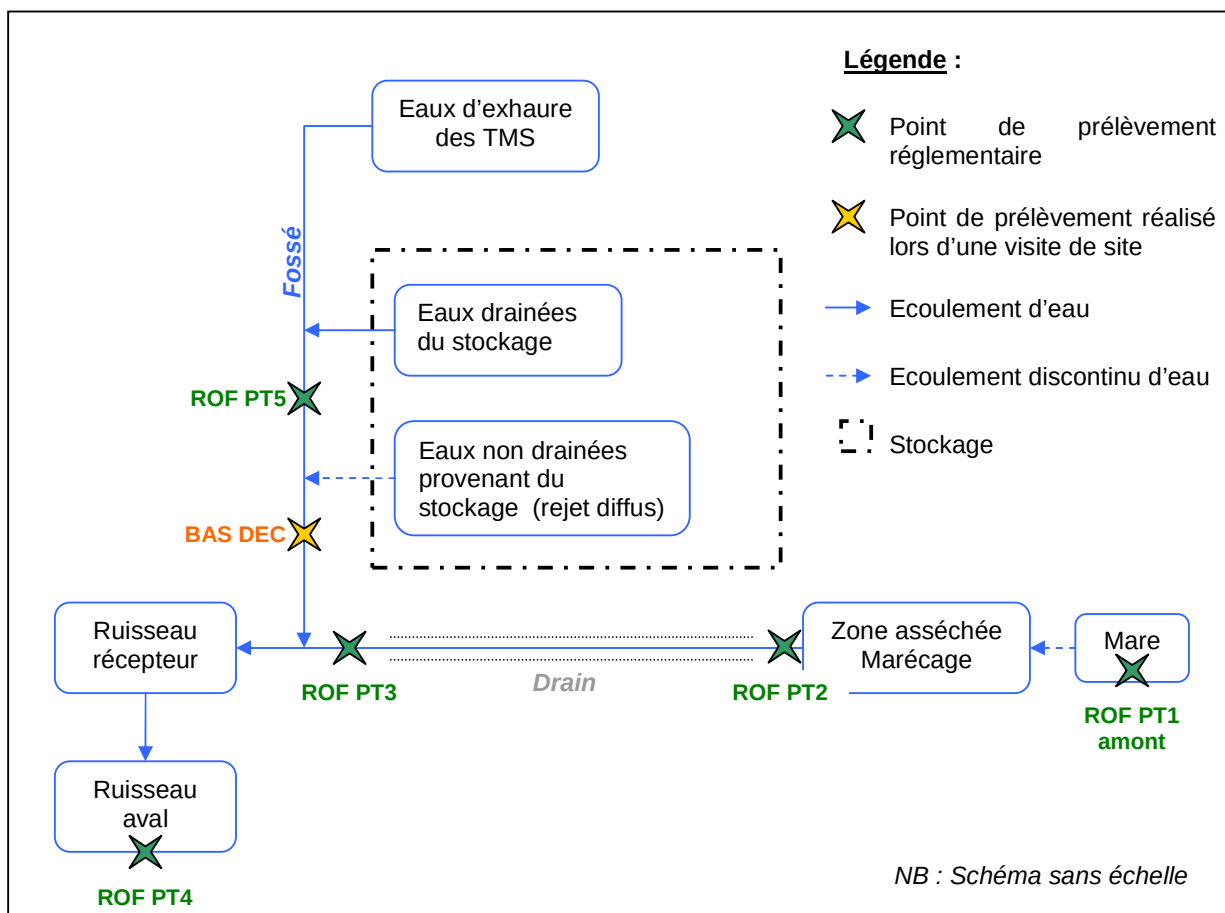
Le site de Rophin possède un stockage de r sids de traitement et a connu l'exploitation d'une usine de traitement de minerais uranifères et de travaux miniers souterrains. Un ruisseau s'écoule à 300 m en aval du site.

Le site fait l'objet d'une surveillance réglementaire conformément à l'arrêté préfectoral du 30 octobre 1985. Des analyses sont réalisées semestriellement sur cinq points de prélèvement, dont un situé en amont.

Lors des visites du site de 2010, un écoulement de très faible débit et semblant provenir du stockage a été observé. Il est canalisé dans le fossé de collecte des eaux des travaux miniers souterrains et des eaux drainées du stockage. Un prélèvement a été effectué dans le fossé, en aval de cet écoulement.

Le schéma suivant récapitule l'ensemble des points de prélèvement relatifs au site de Rophin.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 86/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0



Un prélèvement est réalisé semestriellement sur un écoulement d'eau provenant d'une zone marécageuse située en amont du stockage (prélèvement ROF PT2). Les teneurs moyennes mesurées en 2009 en uranium 238 soluble (3 µg/l soit 0,037 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,05 Bq/l) sont proches de celles mesurées dans le milieu naturel.

Cet écoulement est ensuite drainé sur toute la longueur du stockage afin de minimiser tout risque de marquage. Un prélèvement d'eau est réalisé tous les six mois en sortie de ce drain (prélèvement ROF PT3). Les teneurs moyennes mesurées en 2009 en uranium 238 soluble (4 µg/l soit 0,049 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,05 Bq/l) sont proches de celles mesurées en amont du drain et dans le milieu naturel.

Un prélèvement est également effectué semestriellement dans un fossé qui collecte les eaux d'exhaure du travers-bancs et les eaux drainées du stockage de résidus de traitement (prélèvement ROF PT5). Les teneurs moyennes mesurées en 2009 sont de 200 µg/l (soit 2,460 Bq/l) en uranium 238 soluble et 1,66 Bq/l en radium 226 soluble. Ce rejet présente donc un marquage significatif en uranium 238 soluble et radium 226 soluble.

Le prélèvement d'eau (BAS DEC) a été réalisé en période d'été (juillet 2010). Aucun écoulement d'eau provenant des travaux miniers souterrains ou des drains du stockage n'a alors été repéré. Les eaux prélevées correspondraient donc à des suintements provenant du stockage. Les teneurs mesurées en uranium 238 soluble (1,0 µg/l soit 0,012 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,04 Bq/l) sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le milieu naturel.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 87/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Au même endroit a également été prélevé un échantillon de sédiments (BAS DEC SD). Ce prélèvement présente des teneurs en uranium 238 (570 Bq/kg) et en radium 226 (600 Bq/kg) du même ordre de grandeur que les valeurs de référence pour le milieu naturel.

Un prélèvement est également réalisé semestriellement dans le ruisseau aval, à 300 m du site (ROF PT4). Les teneurs moyennes mesurées en 2009 en uranium 238 soluble (3 µg/l soit 0,037 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,05 Bq/l) sont proches de celles mesurées dans le milieu naturel.

- SITE DE L'ETANG DE RELIEZ (Figure 8)

Le site de l'Etang de Reliez a fait l'objet de travaux miniers souterrains. La majorité du minerai extrait dans le secteur de Lachaux provient de cette mine.

Aucun écoulement d'eau provenant du site n'a été constaté.

Un ruisseau s'écoule à 150 m en aval et au Sud-Ouest du site (prélèvement EDR RU). Le prélèvement d'eau effectué dans ce ruisseau présente des teneurs en uranium 238 soluble (< 1 µg/l soit < 0,012 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,02 Bq/l) qui sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le milieu naturel.

- SITE DE RELIEZ (Figure 8)

Le site de Reliez a fait l'objet de travaux miniers souterrains.

Lors de la visite de juin 2010, aucun écoulement d'eau provenant du site n'a été constaté. Cependant, en septembre 2010, un écoulement d'eau semblant provenir du travers-bancs du site a été repéré en rive droite du ruisseau qui s'écoule en fond de vallée. Un prélèvement a été réalisé sur cet écoulement (prélèvement REL TB). Les teneurs mesurées en uranium 238 soluble et radium 226 soluble sont respectivement de 2,5 µg/l (soit 0,031 Bq/l) et 0,05 Bq/l. Ces teneurs sont proches de celles rencontrées dans le milieu naturel.

Des prélèvements ont été réalisés dans l'environnement proche du site, en aval hydraulique, au niveau du ruisseau qui s'écoule en contrebas (prélèvement REL RU, à 100 m en aval) et de l'ancienne réserve d'eau du site de Rophin (prélèvement REL DIG, à 500 m).

Le prélèvement d'eau réalisé dans le ruisseau (prélèvement REL RU) présente des teneurs en uranium 238 soluble (11 µg/l soit 0,135 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,08 Bq/l) correspondant à un léger marquage.

Ce léger marquage des eaux en aval hydraulique immédiat du site ne peut être imputé au seul site de Reliez, mais à la somme des contributions des quatre sites situés en amont (Gagnol, Rophin, l'Etang de Reliez et Reliez).

Le prélèvement d'eau réalisé dans le ruisseau (prélèvement REL DIG) présente quant à lui des teneurs en uranium 238 soluble (2,9 µg/l soit 0,036 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,04 Bq/l), soit proches de celles rencontrées dans le milieu naturel.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 88/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- SITE DE BANCHERELLE (Figure 8)

Le site de Bancherelle a fait l'objet de travaux miniers souterrains.

Aucun écoulement d'eau provenant du site n'a été constaté.

Un prélèvement d'eau a été réalisé sur un ruisseau, à 300 m en aval hydraulique du site (prélèvement BAN RU). Les teneurs mesurées sont de 1,5µg/l (soit 0,018 Bq/l) en uranium 238 soluble et de 0,04 Bq/l en radium 226 soluble. Ces teneurs sont proches de celles mesurées dans le milieu naturel.

- SITE DE DRAGON (Figure 8)

Le site de Dragon est le seul site du secteur de Lachaux qui n'a pas fait l'objet de travaux miniers souterrains, mais d'une tranchée de reconnaissance. Cette tranchée est partiellement remblayée.

Aucun écoulement d'eau provenant du site n'a été observé.

Un prélèvement a été effectué sur un ruisseau qui s'écoule à 150 m en aval et au Sud-Ouest du site (prélèvement DGN RU). Les teneurs mesurées en uranium 238 soluble (1,0 µg/l soit 0,012 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,04 Bq/l) sont de l'ordre de grandeur de celles mesurées dans le milieu naturel.

Un second prélèvement d'eau a été effectué dans une source située à proximité du site, dans le hameau « chez Dragon » (prélèvement DRG SCE). Les teneurs mesurées sont de 2,2 µg/l (soit 0,027 Bq/l) en uranium 238 soluble et de 0,23 Bq/l en radium 226 soluble. Ces teneurs, relatives à une eau d'origine souterraine, ne sauraient être comparées à celles des eaux de surface. Les eaux souterraines sont en effet naturellement plus riches en radium 226. Il est également à noter que la teneur mesurée en uranium 238 est très inférieure à la valeur directive de 15 µg/l pour les eaux de consommation recommandée depuis 2006 par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

BASSIN VERSANT DU SICHON

- SITE DE BIGAY-GOURNIAUD (Figure 9)

Le site de Bigay-Gourniaud est composé de deux chantiers, Bigay et Gourniaud, chacun d'eux ayant fait l'objet de travaux miniers souterrains.

Aucun écoulement d'eau provenant du site n'a été observé.

Un prélèvement d'eau a été effectué dans un ruisseau à 80 m en aval du chantier de Gourniaud (prélèvement BGR GOU). Les teneurs mesurées sont de 3,0 µg/l (soit 0,037 Bq/l) en uranium 238 soluble et de 0,05 Bq/l en radium 226 soluble, et sont proche de celles du milieu naturel.

Un second prélèvement d'eau a été réalisé sur un ruisseau qui s'écoule à 400 m en aval et au Nord-Est du chantier de Bigay (prélèvement BGR RUE). Les teneurs mesurées en uranium 238 soluble (< 1 µg/l soit < 0,012 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,03 Bq/l) sont du même ordre de grandeur de celles mesurées dans le milieu naturel.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 89/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Un dernier prélèvement a été effectué dans une source située à 300 m du chantier de Bigay (prélèvement BGR SCE). Les teneurs mesurées sont de < 1 µg/l (soit < 0,012 Bq/l) en uranium 238 soluble et de 0,02 Bq/l en radium 226 soluble, et correspondent à celles mesurées en surface dans le milieu naturel.

- SITE DE DEMARTY (Figure 9)

Le site de Demarty a été le premier site du Puy-de-Dôme à faire l'objet de travaux. Ces derniers ont consisté au creusement d'un puits de reconnaissance.

Aucun prélèvement n'a été réalisé du fait de l'absence d'écoulement.

BASSIN VERSANT DE LA DORE

- SITE DU POYET (Figure 10)

Le site du Poyet a connu l'exploitation d'une mine à ciel ouvert.

Aucun prélèvement n'a été réalisé du fait de l'absence d'écoulement.

- SITE DU TEMPLE (Figure 10)

Le site du Poyet a fait l'objet de travaux de reconnaissance par petit chantier. Ces travaux ont consisté au creusement d'un puits et d'un réseau de galeries associées, ainsi que d'un travers-bancs.

Les eaux d'exhaure des travaux miniers sont canalisées au niveau de l'ancien travers-bancs. Elles s'écoulent dans une mare, dont la surverse, collectée dans un fossé, est dirigée dans un ruisseau qui s'écoule à 50 m en aval.

Les eaux d'exhaure ont fait l'objet d'un prélèvement (prélèvement TEM EXU). Les teneurs mesurées sont de 8,1 µg/l (soit 0,100 Bq/l) en uranium 238 soluble et 0,02 Bq/l en radium 226 soluble. Ces eaux d'exhaure présentent donc un très léger marquage en uranium 238 soluble.

Un second prélèvement d'eau a été réalisé sur le ruisseau (prélèvement TEM RUS). Les teneurs mesurées en uranium 238 soluble (< 1 µg/l soit < 0,012 Bq/l) et en radium 226 soluble (< 0,02 Bq/l) sont du même ordre de grandeur de celles mesurées dans le milieu naturel.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 90/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- SITE DU BOIS DES FAYES (Figure 10)

Le site du Bois des Fayes a connu, dans un premier temps l'exploitation par travaux miniers souterrains, puis dans un second temps la reprise de ces travaux et l'exploitation d'une mine à ciel ouvert.

Aucun écoulement d'eau provenant du site n'a été observé.

Un premier prélèvement d'eau a été effectué dans un ruisseau à 300 m au Nord-Ouest et en aval du site (prélèvement BDF RUN). Il est à noter que ce prélèvement est également situé en aval des sites du Poyet et du Temple. Les teneurs mesurées sont de 1,9 µg/l (soit 0,023 Bq/l) en uranium 238 soluble et de 0,02 Bq/l en radium 226 soluble, et sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le milieu naturel.

Un second prélèvement d'eau a été réalisé sur le ruisseau de Grandrif, situé en aval du ruisseau suscité (prélèvement BDF RUB). Les teneurs mesurées en uranium 238 soluble (< 1 µg/l soit < 0,012 Bq/l) et en radium 226 soluble (< 0,02 Bq/l) sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le milieu naturel.

- SITE DU BOIS DES GARDES (Figure 10)

Le site du Bois des Fayes a connu, dans un premier temps l'exploitation par travaux miniers souterrains, puis dans un second temps l'exploitation de trois mines à ciel ouvert (SE, centrale et NW).

La mine à ciel ouvert située au Sud-Est du site est actuellement en eau (prélèvement BDG MCO). Le prélèvement d'eau effectué présente des teneurs en uranium 238 soluble (3,6 µg/l soit 0,044 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,05 Bq/l) proches de celles mesurées dans le milieu naturel.

Un prélèvement d'eau a été réalisé sur un ruisseau s'écoule à 700 m au Sud-Ouest en aval de cette mine (prélèvement BDG RU). Les teneurs mesurées en uranium 238 soluble (3,3 µg/l soit 0,041 Bq/l) et en radium 226 soluble (< 0,02 Bq/l) sont proches de celles mesurées dans le milieu naturel.

Un écoulement d'eau a été repéré au Nord-Ouest des mines à ciel ouvert dites « centrale » et « NW » (prélèvement BDG TB). Il semblerait provenir des travaux miniers souterrains localisés à l'aplomb de ces MCO. Le prélèvement d'eau effectué présente des teneurs en uranium 238 soluble (26 µg/l soit 0,320 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,08 Bq/l), soit un marquage en U238 soluble.

Un prélèvement sera réalisé en 2011 sur le ruisseau qui s'écoule en contrebas, en amont et en aval hydraulique du site afin d'évaluer précisément l'impact radiologique éventuel du site sur le milieu aquatique récepteur.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 91/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

BASSIN VERSANT DE LA CHAMEANE

- SITE DE CHAMEANE (Figure 11)

Le site de Chaméane a fait l'objet de travaux de reconnaissance par petit chantier. Ces travaux ont consisté au creusement d'un travers-bancs.

En aval du site, un écoulement semblant provenir des travaux miniers a été repéré. Le prélèvement d'eau réalisé sur cet écoulement (prélèvement CAM ECO) présente des teneurs en uranium 238 soluble (37 µg/l soit 0,455 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,08 Bq/l), soit un marquage en U238 soluble.

Au même endroit a également été prélevé un échantillon de sédiments (CAM ECO SD). Ce prélèvement présente une teneur en radium 226 (710 Bq/kg) du même ordre de grandeur que la valeur de référence pour le milieu naturel, et un faible marquage en uranium 238 (3060 Bq/kg).

Un ruisseau, le Veysson, s'écoule en aval hydraulique du site. Le prélèvement d'eau réalisé en aval hydraulique des travaux miniers (prélèvement CAM RUB) présente des teneurs en uranium 238 soluble (< 1 µg/l soit < 0,012 Bq/l) et en radium 226 soluble (< 0,02 Bq/l) du même ordre de grandeur que le milieu naturel.

BASSIN VERSANT DE LA PAMPELUZE

- SITE DE MONTAUDOT (Figure 12)

Le site de Montaudot a fait l'objet de travaux de reconnaissance par petit chantier, travaux consistant au creusement de tranchées.

Un prélèvement d'eau a été réalisé en juillet 2010 dans un petit ruisseau qui s'écoule à proximité immédiate du site, à 600 m en aval hydraulique (prélèvement MTD RU). Le prélèvement présente des teneurs en uranium 238 soluble (< 1 µg/l soit < 0,012 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,04 Bq/l) du même ordre de grandeur que le milieu naturel.

Ces résultats sont confirmés par un prélèvement réalisé en juin 2010 par l'IRSN (0,87 µg/l soit 0,011 Bq/l en uranium 238 soluble et 0,099 Bq/l en radium 226 soluble). L'IRSN a également effectué une mesure de l'uranium 238 insoluble (7,30 µg/l) et du radium 226 insoluble (0,488 Bq/l). Un prélèvement sera réalisé en 2011 en amont en et aval hydraulique sur les uranium 238 soluble et insoluble, ainsi que sur les radium 226 soluble et insoluble, afin d'évaluer l'impact éventuel du site sur l'ensemble de ces paramètres.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 92/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

BASSIN VERSANT DE LA CHABANNE

- SITE DE MONTATRAUX

Le site de Montatraux a fait l'objet de travaux de recherche par petit chantier.

Aucun prélèvement n'a été réalisé du fait de l'absence d'écoulement.

8.1.4 Bilan des impacts sur le milieu aquatique

Le contrôle des eaux réalisés au cours des visites de terrains de 2010 et dans le cadre de la surveillance réglementaire du site de Rophin a porté sur des prélèvements réalisés :

- a) Au niveau des rejets identifiés des travaux miniers souterrains (Rophin, Reliez, le Temple, le Bois des Gardes et Chaméane) et du stockage de Rophin,
- b) Au niveau des ruisseaux récepteurs des rejets,
- c) Au niveau des ruisseaux potentiellement impactés en aval hydraulique des sites,
- d) Au niveau de la mine à ciel ouvert en eau du site du Bois des Gardes,
- e) Sur deux sources situées à proximité des sites (Bigay-Gourniaud et Dragon).

Les résultats sont synthétisés dans le tableau suivant.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 93/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Bassins versants	Sites	MCO en eau	Rejet	Ruisseau récepteur	Ruisseau aval hydraulique		
Le Vauziron	Gagnol	-			1,6 0,04	11 0,08	2,9 0,05 ^b
	Rophin	-	4 0,05 ^c 200 1,66 ^c 1,0 0,04	3 0,05 ^c			
	Etang de Reliez	-	-		< 1 0,05		
	Reliez	-	2,5 0,05				
	Bancherelle	-	-		1,5 0,04		
	Dragon	-	-		1,0 0,05 2,2 0,23 ^a		
Le Sichon	Bigay-Gourniaud	-	-		3,0 0,05		
		-	-		< 1 0,03 < 1 0,03 ^a		
La Dore	Le Temple	-	8,1 0,02	< 1 < 0,02	1,9 0,02	< 1 < 0,02	
	Bois des Fayes	-	-				
	Bois des Gardes	3,6 0,05	-		3,3 < 0,02		
		-	26 0,08				
La Chaméane	Chaméane	-	37 0,02		< 1 < 0,02		
La Pampeluze	Montaudot	-	-		< 1 0,04		

Légende :

En vert : U 238 soluble en µg/l En noir : Ra 226 soluble en Bq/l

^a : sources ^b : ancienne réserve d'eau de l'usine de Rophin ^c : moyenne annuelle 2009

Les sites de Demarty, du Poyet et de Montatraux n'ont pas fait l'objet de prélèvements d'eau (cf. paragraphes des sites concernés au chapitre 8.1.3).

En résumé, on peut dire que :

- Le rejet des travaux miniers souterrains et des drains du stockage de Rophin présente un marquage significatif en uranium 238 soluble (200 µg/l) et en radium 226 soluble (1,66 Bq/l).
Dans une moindre mesure, les rejets des sites du Bois des Gardes et de Chaméane présentent un marquage en uranium 238 soluble (respectivement 26 µg/l et 37 µg/l).
- Seul le ruisseau situé en aval hydraulique des sites de Gagnol, Rophin, l'Etang de Reliez et Reliez présente un marquage, léger, en uranium 238 (11 µg/l). il est à noter que ce marquage n'est plus présent en aval, au niveau de l'ancienne réserve d'eau de l'usine de Rophin.
Les autres ruisseaux récepteurs ou situés en aval hydraulique des sites présentent une qualité radiologique similaire à celle du milieu naturel.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 94/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Des analyses complémentaires seront réalisées en 2011 :

- o Sur le ruisseau le Macharoux, en amont et en aval hydraulique des travaux miniers souterrains du site du Bois des Gardes,
- o Sur le ruisseau qui s'écoule à proximité de Montaudot, en amont et en aval du site, sur les fractions solubles et insolubles de l'uranium 238 et du radium 226. Les résultats seront comparés avec les analyses réalisées par l'IRSN en juin 2010.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 95/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

8.2 IMPACT SUR LE VECTEUR AIR

8.2.1 Voies de contamination de l'air

Les voies d'exposition du vecteur air concernent :

- Le rayonnement gamma (exposition externe) produit par des radioéléments présents naturellement dans le sol ou amplifié du fait de la mise à jour de produits résultant de l'activité minière (stériles, minerais,..) ou industrielle (résidus de traitement).
- L'exposition interne par inhalation du radon 220 et 222, gaz radioactif naturel produit par désintégration du radium 226 (présent naturellement dans le granite et en plus grande quantité dans le minerai ou les résidus de traitement).
- L'exposition interne par inhalation de poussières radioactives en suspension dans l'air.

8.2.2 Surveillance 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/m³. 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/m³.

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),

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 96/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- à distance des murs pour s'affranchir de leur rayonnement propre,
- de telle sorte que la radiométrie à l'intérieur de la zone d'influence de l'appareil soit représentative de la radiométrie moyenne autour des habitations du groupe de référence (obtenue par plan compteur SPP2),
- à 1,5 m au-dessus du sol (hauteur moyenne de la bouche et du nez d'un individu adulte qui sont les voies d'entrée des substances radioactives dans l'appareil respiratoire) : exigence des normes NF M60-763 et M60-764.

Les mesures d'Energie Alpha-Potentielle du radon 220 et du radon 222 et d'activité volumique des émetteurs alpha à vie longue contenus dans les poussières sont effectuées à partir d'analyses mensuelles.

Celles des débits de dose (DD) de rayonnement gamma sont effectuées tous les trimestres (période d'intégration de 3 mois).

Sur le département du Puy-de-Dôme, seul le site de Rophin fait l'objet d'une surveillance radiologique de l'air. Cette surveillance est réalisée conformément à l'arrêté préfectoral du 30 octobre 1985 sur le site de stockage. Des mesures complémentaires sont réalisées dans le hameau le plus proche, Chez Roffin (commune de Lachaux), situé à 400 m au Sud.

En l'absence de point zéro avant l'exploitation, la mesure de la qualité radiologique pour le milieu naturel a été mise en place dans la commune de Laprugne (Allier), au lieu-dit Ratignet, à 15 km du site de Rophin. Il est à noter que ce point de prélèvement est situé à flanc de coteau.

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

Les résultats sur les différents paramètres mesurés sur site et dans l'environnement proche apparaissent dans les tableaux suivants.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 97/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

REFERENCE « MILIEU NATUREL » : VILLAGE DE LAPRUGNE

	Débit de dose nSv/h	EAP Rn 220 nJ/m ³	EAP Rn 222 nJ/m ³	EAVL mBq/m ³
2000	230	n.s.	27	< 1,0
2001	190	12	32	< 1,0
2002	230	11	29	< 1,0
2003	150	15	33	< 1,0
2004	200	0	26	< 1,0
2005	170	13	37	< 1,0
2006	140	12	31	0,2
2007	170	9	34	0,3
2008	170	9	31	0,3
2009	160	11	34	0,1
MOYENNE	181	12	31	0,2*

* : moyenne des valeurs mesurées entre 2006 et 2009

ENVIRONNEMENT PROCHE : HAMEAU CHEZ ROFFIN – COMMUNE DE LACHAUX

	Débit de dose nSv/h	EAP Rn 220 nJ/m ³	EAP Rn 222 nJ/m ³	EAVL mBq/m ³
2000	-	-	-	< 1,0
2001	150	16	88	< 1,0
2002	200	17	60	< 1,0
2003	160	18	80	< 1,0
2004	210	12	55	< 1,0
2005	160	18	71	< 1,0
2006	150	16	66	0,3
2007	140	11	65	0,3
2008	140	12	60	0,3
2009	160	15	69	0,1
MOYENNE	163	15	68	0,3*

* : moyenne des valeurs mesurées entre 2006 et 2009

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 98/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

	Débit de dose nSv/h	EAP Rn 220 nJ/m ³	EAP Rn 222 nJ/m ³	EAVL mBq/m ³
2000	300	25	83	< 1,0
2001	270	19	77	< 1,0
2002	330	20	96	< 1,0
2003	250	22	87	< 1,0
2004	300	17	69	< 1,0
2005	250	24	79	< 1,0
2006	230	20	66	0,6
2007	230	19	85	0,4
2008	230	21	68	0,5
2009	250	24	96	0,2
MOYENNE	264	21	81	0,4*

* : moyenne des valeurs mesurées entre 2006 et 2009

Après comparaison de ces résultats, avec les valeurs représentatives du milieu naturel du lieu-dit Ratignet, sur la commune de Laprugne (Allier), il apparaît que :

- Les débits de dose de rayonnement gamma observés dans le hameau Chez Roffin sont du même ordre de grandeur que ceux mesurés dans le milieu naturel.

Les débits de dose de rayonnement gamma mesurés sur le site de stockage ont une évolution similaire à celle observée dans le milieu naturel. La moyenne de ces débits de dose est de 264 nSv/h, soit environ 1,5 fois plus élevé que le milieu naturel.

- Le site et le hameau Chez Roffin présentent des EAP radon 220 en moyenne deux fois plus élevé que le village de Laprugne.

Les EAP radon 222 dans le hameau Chez Roffin sont deux fois plus élevés qu'au niveau du village de Laprugne. Ils sont 2,5 fois plus élevés au niveau du site de stockage qu'au niveau de Laprugne.

8.3 IMPACT SUR LA CHAÎNE ALIMENTAIRE ET LES SOLS

8.3.1 Voies de contamination de la chaîne alimentaire

Les radionucléides présents dans les poussières véhiculées par les vents peuvent se déposer sur les sols, l'herbe et les plantes et être ainsi à l'origine d'une contamination de la chaîne alimentaire si ces plantes sont consommées par des animaux ou par l'homme.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 99/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

S'agissant de l'eau à des fins d'irrigation, la contamination de la chaîne alimentaire est envisageable par dépôt d'une partie des minéraux sur les plantes et entraînement du reste par l'eau de pluie. Une autre fraction de ces minéraux peut être métabolisée par le végétal et provoquer une contamination interne pendant des temps plus ou moins longs (temps d'excrétion du polluant).

Outre ces contaminations par dépôt direct de substances toxiques sur les aliments, une contamination par voie racinaire peut être prise en compte. Cette absorption racinaire dépend de la nature de l'élément métallique, de sa mobilité dans le sol et de la nature de la plante ; le facteur de transfert racinaire est exprimé en kg de sol sec par kg de végétal sec.

8.3.2 Contrôles de la chaîne alimentaire

Compte tenu du fait que les sites du Puy-de-Dôme sont relativement peu importants, l'ensemble des sites décrits dans ce bilan, à l'exception de Rophin, n'ont pas fait l'objet de prélèvements de la chaîne alimentaire. Par conséquent, il n'a pas été possible de vérifier l'impact potentiel lié à la présence de radionucléides dans ce compartiment (poussières véhiculées par le vent, arrosage des jardins par des eaux sous influence minière).

Les mesures réalisées sur d'autres secteurs miniers uranifères (Haute-Vienne, Cantal, Hérault, Forez,...) ont montré que cette voie de contamination était négligeable voire nulle avec des valeurs souvent inférieures aux limites de détection aussi bien dans les jardins dits « de référence » que dans les jardins environnants.

Seul le site de Rophin fait l'objet d'une surveillance de la chaîne alimentaire dans le cadre d'un auto-contrôle.

Les analyses sur la chaîne alimentaire concernent l'U238, le Ra226, le Pb210, le Th230 et à partir de 2007, le Po210 (supposé préalablement être à l'équilibre avec le Pb210). Les analyses sont effectuées par le laboratoire ALGADE.

Les prélèvements sont effectués, dans le jardin du groupe de référence, sur les aliments pour lesquels l'autoconsommation est la plus importante.

Les mêmes produits sont prélevés dans le village de Laprugne, hors influence des sites miniers pour servir de référence milieu naturel.

Ce protocole de surveillance de la chaîne alimentaire est répété au moins tous les deux ans.

8.3.3 Résultats des contrôles de la chaîne alimentaire

L'autocontrôle de la chaîne alimentaire a débuté en 2003. L'ensemble des résultats d'analyse sont présentés dans le tableau suivant.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 100/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

SURVEILLANCE DES VEGETAUX							
Localisation	Année	Nature	Activité massique du végétal frais				
			U 238 Bq/kg	Ra 226 Bq/kg	Pb 210 Bq/kg	Th 230 Bq/kg	Po 210 Bq/kg
Hameau Chez Roffin	2003	Pomme de terre	< 2,2	< 0,9	< 2,8	-	-
		Choux	< 1,6	1	1,2	-	-
		Pommes	< 1,5	< 0,5	< 1,5	-	-
	2004	Pomme de terre	< 1,0	< 0,3	< 1,1	< 6,8	-
		Choux	< 1,7	< 0,3	< 1,9	< 8,9	-
		Pommes	< 1,4	0,4	< 1,4	< 7,6	-
	2005	Pomme de terre	< 0,9	< 0,2	< 1,2	< 4,8	-
		Choux	< 1,3	0,6	< 1,5	< 6,8	-
		Pommes	< 1,2	0,6	< 1,6	< 6,1	-
	2007	Légumes Racinaires	0,067	0,21	< 1,34	< 5,78	< 0,013
		Légumes Feuilles	< 0,026	0,51	< 1,430	< 6,370	0,39
		Légumes Feuilles	< 0,036	0,5	< 1,090	< 5,65	< 0,018
	2009	Légumes Racinaires	0,031	< 0,310	< 1,040	< 5,110	0,021
		Légumes Racinaires	0,081	1,9	< 2,440	< 12,180	0,054
		Légumes Feuilles	0,137	1,72	1,37	< 7,67	0,332
		Fruits	0,023	0,16	0,27	< 3,09	0,041
Village de Laprugne	2003	Légumes Racinaires	< 1,2	< 0,3	< 1,2	< 7,1	< 1,2
		Légumes Feuilles	< 1,2	< 0,5	< 2,2	< 11	< 2,2
		Fruits	< 3,4	< 1,4	< 6,7	< 26,5	< 6,7
	2004	Pomme de terre	< 1,2	0,5	< 1,6	< 7,6	< 1,6
		Choux	< 0,9	0,2	< 0,9	< 6,8	< 0,9
		Pommes	< 1,1	< 0,4	< 1,8	< 7,8	< 1,8
	2005	-	-	-	-	-	-
	2007	Légumes Racinaires	0,272	0,96	< 0,68	< 3,14	0,068
		Légumes Feuilles	0,089	0,49	1	< 4,12	0,222
		Fruits	< 0,048	< 0,29	< 0,96	< 4,82	0,032
	2009	Légumes Racinaires	0,16	0,26	< 1,320	< 5,940	< 0,066
		Légumes Feuilles	0,13	< 0,570	0,97	< 8,430	0,259
		Fruits	0,009	0,07	< 0,18	< 0,8	0,01

La majorité des résultats d'analyses est inférieure à la limite de détection (66 % des résultats pour le hameau de Roffin et 70 % pour le village de Laprugne). Les autres mesures indiquent des valeurs très faibles et proches les unes des autres.

SURVEILLANCE DE L'EAU DE CONSOMMATION							
Localisation	Année	Activité volumique					
		U 238 Bq/l	U 234 Bq/l	Ra 226 Bq/l	Pb 210 Bq/l	Po 210 Bq/l	Ra 228 Bq/l
Hameau Chez Roffin	2007	0,004	0,006	0,02	< 0,090	< 0,017	0,08
	2009	0,012	0,01	< 0,03	< 0,106	0,006	< 0,027
Village de Laprugne	2007	0,006	0,007	< 0,2	< 0,1	0,015	< 0,1
	2009	0,002	0,004	0,02	0,278	0,061	0,015

Les mesures réalisées sur l'eau de consommation dans le hameau de Roffin et le village de Laprugne sont du même ordre de grandeur. Il est à noter que toutes les teneurs en uranium 238 soluble mesurées sont inférieures à la valeur directive de 15 µg/l, soit 0,185 Bq/l, pour les eaux de consommation, recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) depuis 2006.

L'analyse de l'impact dosimétrique liée à la consommation des éléments de la chaîne alimentaire analysés dans le cadre de l'auto-surveillance du site de Rophin apparaît dans le chapitre 9 de ce rapport.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 102/132
Auteur : Nadine HIMEUR	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, etc.).

Selon le US National Research Council, la démarche d'évaluation des risques se définit comme « l'utilisation de faits [scientifiques] pour définir les effets sur la santé d'une exposition d'individus ou de populations à des matériaux ou à des situations dangereuses ». Dans le cas particulier des activités minières uranifères, elle se conçoit comme un outil d'aide à la décision, par exemple sur les choix de gestion des anciens sites miniers, mais elle constitue également un moyen de vérifier a posteriori que les choix techniques effectués pour cette gestion permettent bien de respecter les exigences réglementaires et de limiter les impacts sanitaires de toute nature autour des anciennes installations d'extraction et des sites de stockage de résidus.

La démarche imposée pour l'évaluation de l'impact radiologique des sites miniers et uranifères consiste à justifier que la dose efficace ajoutée au milieu naturel reçue par les populations, du fait des activités minières, est inférieure à 1 mSv par an. Pour cela, la réglementation (Directive 96/29/EURATOM) propose de travailler avec des groupes de référence, c'est-à-dire les groupes de population pour lesquels l'exposition aux rayonnements ionisants due aux sites (et donc l'impact sanitaire qui en découle) est supposée être maximale. Il serait en effet difficile de caractériser l'exposition de l'ensemble de la population vivant autour des anciennes mines.

La réglementation considère que, si le calcul de la dose efficace ajoutée donne un résultat inférieur à 1 mSv par an pour les groupes de référence, alors l'exposition du reste de la population (par définition moins exposée) est également inférieure à 1 mSv par an.

9.2 RISQUES RADIOLOGIQUES

Les rayonnements ionisants, qu'ils soient de type α , β ou γ , 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 du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 103/132
Auteur : Nadine HIMEUR	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

Il existe différents types de rayonnements, chaque type possédant des caractéristiques différentes. 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 » W_R 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 Γ 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.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 104/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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 W_T permet de calculer la dose efficace (exprimée en Sievert) reçue par chaque tissu.

Pour estimer le risque d'apparition à long terme d'une pathologie 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 :

« 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 cristallin, à 15 mSv par an et, pour la peau, à 50 mSv par an en moyenne pour toute surface de 1 cm² 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'EVALUATION DE LA DOSE EFFICACE AJOUTEE DANS L'ENVIRONNEMENT PROCHE DES SITES

9.4.1 Voies d'exposition à considérer

Les voies d'atteinte prises en compte sont celles habituellement retenues dans les installations du cycle du combustible :

- l'exposition externe due au rayonnement gamma issu du site et calculée à partir des valeurs des débits de dose mesurés sur les zones de présence des groupes de population considérés.
- l'exposition interne par inhalation des descendants à vie courte du radon 222 et 220, calculée à partir des concentrations volumiques en énergies alpha potentielles (EAP) des descendants à vie courte du radon 222 et 220 mesurées dans l'air respiré par les individus des groupes de population. L'identification de la contribution du site aux énergies mesurées dans l'environnement constitue une des difficultés principales de ce type d'évaluation.
- l'exposition interne par ingestion de produits alimentaires issus de parcelles proches du site et consommés par les personnes des groupes de référence.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 105/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

L'utilisation d'eau en aval d'un site à des fins d'arrosage peut constituer une source de contamination des végétaux.

9.4.2 Détermination des groupes de référence

Pour les sites concernés par ce bilan de fonctionnement, le choix des groupes de référence a été réalisé en fonction de la proximité des villages par rapport aux sites miniers. Les dispositifs de mesure de qualité de l'air et les prélèvements de chaîne alimentaire sont alors effectués dans chacun des groupes de référence ainsi définis.

La notion de groupe de référence peut également s'appliquer à un groupe réel ou fictif séjournant sur les sites même dans le cadre d'une activité de loisirs, professionnelle ou agricole.

Le calcul de la dose efficace dépend, pour chaque groupe de référence, de leur emploi du temps (temps de présence dans la zone habitée dont temps passé à l'intérieur des habitations), des lieux fréquentés, et des quantités consommées. La Directive européenne 96/29/EURATOM, dispose, dans son Article 45, que les scénarii d'exposition retenus doivent refléter les modes de vie locaux réels.

Le tableau suivant récapitule des scénarii retenus dans le cadre de ce bilan.

Scénario	Classe d'âge	Temps annuel passé hors du site mais sous son influence (h.an ⁻¹)		Temps annuel passé près du site ou sur le site (h.an ⁻¹)
		A l'intérieur des maisons	Dans le jardin des habitations	
Scénario 1	2 – 7 ans Enfant	6 800	860	100
Scénario 2	> 60 ans Retraité	7 300	1 360	100
Scénario 3	17-60 ans Agriculteur	0	0	400
Scénario 4	17-60 ans Employé travaillant sur le site	0	0	400

Reprenant à titre indicatif les régimes alimentaires présentés en 2003 pour les évaluations de doses autour du site de Jouac¹ (Haute-Vienne), l'IRSN propose sur la base des enquêtes INSEE et des données de la base CIBLEX, le modèle de consommation présenté dans le tableau suivant.

¹ Avis de l'IRSN sur l'évaluation par COGEMA de l'impact radiologique en 2001 du site minier du Bernardan (Jouac – Hte Vienne) – rapport IRSN DPRE/SERGD 03-19.

Consommation annuelle (kg)	Scénario 1 Enfant de 2 à 7 ans	Scénario 2 Retraité	Scénario 3 Agriculteur	Scénario 4 Employé
Légumes feuilles	5	25	Ne consomme pas d'aliment provenant de terrains situés sous influence du site car ne vivant pas dans l'environnement proche de ce dernier	Ne consomme pas d'aliment provenant de terrains situés sous influence du site car ne vivant pas dans l'environnement proche de ce dernier
Légumes fruits	18	50		
Légumes racines	6	12		
Pommes de terre	18	20		
Fruits	18	50		
Volaille	9	17		
Produits laitiers ¹	265	257		
Poisson	7,3	22		
Eau de distribution ou de puits (l.an ⁻¹)	365	600		

Ces régimes alimentaires sont retenus pour les calculs des doses efficaces annuelles ajoutées au titre des années visées par ce présent bilan.

9.4.3 Calcul de la dose efficace annuelle ajoutée

La dose efficace ajoutée du fait des anciennes activités minières est calculée à partir des scénarii d'exposition présentés dans la partie « Résultats » et des mesures réalisées dans l'environnement des deux sites mentionnés plus haut.

Pour chaque secteur d'exposition, on estime la part de radioactivité « ajoutée » en calculant la différence entre les niveaux de contamination pour les groupes de référence et ceux pour milieu naturel. Pour cela, deux hypothèses sont adoptées :

- Le rayonnement gamma issu du site ne pénètre pas à l'intérieur des habitations et ne provoque donc pas d'augmentation de l'exposition externe des groupes de référence pendant leur temps de présence à l'intérieur. C'est une hypothèse tout à fait réaliste car elle découle de la capacité des murs à absorber les photons gamma en provenance du site.

¹ La consommation de lait est donnée en litres. La consommation totale de produits laitiers est donnée dans la même unité. Pour ce faire, les quantités de produits laitiers consommées ont été exprimées en équivalent litre de lait à partir des données de fabrication précisées ci-dessous. Pour la transformation en kilogramme, on considère que 1 litre de lait pèse environ 1 kg. Ainsi, un kilogramme de fromage équivaut à 8 litres de lait (sur la base de fabrication du camembert), un yaourt équivaut à 0,125 litre de lait, un kilogramme de beurre équivaut à 20 litres de lait avec récupération de 19 litres de lait écrémé. Sachant qu'il y a 40 g de matières grasses par litre de lait, l'équivalence lait du beurre prise sera égale à 44/25.

- 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'affranchie 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.

PASSAGE A LE DOSE EFFICACE AJOUTEE

Des coefficients de dose sont utilisés pour calculer la dose efficace ajoutée. Ils correspondent aux doses reçues par unité d'activité par un individu exposé. Ils dépendent du radioélément considéré, de la voie d'atteinte (ingestion, inhalation) et de l'individu.

Ces coefficients de dose sont fixés par l'arrêté ministériel du 1er septembre 2003 définissant les modalités de calculs des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants (JO n° 262 du 13 novembre 2003). Ils 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 Rn222 inhalé		1,1 mSv/nJm ⁻³ .h	1,1 mSv/nJm ⁻³ .h
	EAP Rn220 inhalé		0,39 mSv/nJm ⁻³ .h	0,39 mSv/nJm ⁻³ .h
	Poussières inhalées	sites miniers	1,4 10 ⁻² mSv/Bq	2,9 10 ⁻² mSv/Bq
		sites stockage résidus	1,9 10 ⁻⁴ mSv/Bq	3,8 10 ⁻² mSv/Bq
Ingestion	U238 ingéré ¹		9,79 10 ⁻⁵ mSv/Bq	1,83 10 ⁻⁴ mSv/Bq
	Ra226 ingéré		2,8 10 ⁻⁴ mSv/Bq	6,2 10 ⁻⁴ mSv/Bq
	Pb210 ingéré		6,9 10 ⁻⁴ mSv/Bq	2,2 10 ⁻³ mSv/Bq
	Po210 ingéré		1,2 10 ⁻³ mSv/Bq	4,4 10 ⁻³ mSv/Bq
	Th230 ingéré		2,1 10 ⁻⁴ mSv/Bq	3,1 10 ⁻⁴ mSv/Bq

Pour l'exposition externe (E1)

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

Pour l'inhalation du radon 222 (E2) et 220 (E3)

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

¹ Le coefficient de dose par ingestion pour l'uranium 238 est la somme des coefficients de dose par ingestion de l'uranium 238, du thorium 234, du protactinium 234 et de l'uranium 234. Ces radioéléments correspondent aux descendants à vie longue de l'U238.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 108/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Pour l'ingestion de la chaîne alimentaire (E_{ij})

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

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

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

Ce calcul sera appliqué pour les sites disposant d'une chronique de mesures de la qualité de l'air ou de mesures sur la chaîne alimentaire.

Pour les mesures effectuées sur la chaîne alimentaire, seules celles réalisées en 2007, 2008 et 2009 seront retenues pour les calculs, pour les raisons suivantes :

- Les limites de détection ont été abaissées suite aux recommandations du GEP. Environ 90 % des mesures avant 2007 étaient inférieures à la limite de détection.
- Un changement de méthodes d'analyses a été effectué pour l'U 238 et le Po 210 : à partir de 2007, ces éléments sont dosés par spectrométrie alpha.
- Avant 2007, le Po 210 était considéré à l'équilibre avec le Pb 210 dans la méthode de calcul. A partir de 2007, la part réelle de Po 210 est prise en compte.
- Les masses d'aliments analysés ont augmenté à partir de 2007 pour permettre une mesure plus précise.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 109/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

RESULTATS

⇒ Exposition externe :

Scénario 1 : Enfant de 2 à 7 ans résidant sous influence du site (6800 h à l'intérieur des habitations + 860 h à l'extérieur), scolarisé hors influence du site (1000 h) et susceptible de se promener en bordure ou sur le site (100 h).

EXPOSITION EXTERNE – ENFANT											
	Groupe de référence	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
DEAA externe (mSv/an) <i>pour 6800 h en intérieur et 860h en extérieur</i>	Hameau Chez Roffin	-	0,00	0,00	0,009	0,009	0,00	0,009	0,00	0,00	0,00
DEAA externe (mSv/an) <i>pour 100 h</i>	Site	-	0,008	0,010	0,010	0,010	0,008	0,009	0,006	0,006	0,009
Total DEAA externe (mSv/an) SCENARIO 1	Hameau Chez Roffin	-	0,008	0,010	0,019	0,019	0,008	0,018	0,006	0,006	0,009

Scénario 2 : Adulte retraité de plus de 60 ans résidant sous influence du site (7300 h à l'intérieur des habitations + 1360 h à l'extérieur), et susceptible de se promener en bordure ou sur le site (100 h).

EXPOSITION EXTERNE – RETRAITE											
	Groupe de référence	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
DEAA externe (mSv/an) <i>pour 6800 h en intérieur et 860h en extérieur</i>	Hameau Chez Roffin	-	0,00	0,00	0,014	0,014	0,00	0,014	0,00	0,00	0,00
DEAA externe (mSv/an) <i>pour 100 h</i>	Site	-	0,008	0,010	0,010	0,010	0,008	0,009	0,006	0,006	0,009
Total DEAA externe (mSv/an) SCENARIO 2	Hameau Chez Roffin	-	0,008	0,010	0,024	0,024	0,008	0,023	0,006	0,006	0,009

Scénario 3 : Adulte (agriculteur) de moins de 60 ans ne résidant pas sous influence du site mais susceptible de travailler en bordure du site (400 h).

EXPOSITION EXTERNE – AGRICULTEUR											
	Groupe de référence	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
DEAA externe (mSv/an) <i>pour 6800 h en intérieur et 860h en extérieur</i>	Hameau Chez Roffin	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DEAA externe (mSv/an) <i>pour 100 h</i>	Site	-	0,032	0,040	0,040	0,040	0,032	0,036	0,024	0,024	0,036
Total DEAA externe (mSv/an) SCENARIO 3	Hameau Chez Roffin	-	0,032	0,040	0,040	0,040	0,032	0,036	0,024	0,024	0,036

Scénario 4 : Adulte de moins de 60 ans, ne résidant pas sous influence du site mais travaillant périodiquement sur le site (400 h).

EXPOSITION EXTERNE – EMPLOYE											
	Groupe de référence	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
DEAA externe (mSv/an) <i>pour 6800 h en intérieur et 860h en extérieur</i>	Hameau Chez Roffin	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DEAA externe (mSv/an) <i>pour 100 h</i>	Site	-	0,032	0,040	0,040	0,040	0,032	0,036	0,024	0,024	0,036
Total DEAA externe (mSv/an) SCENARIO 4	Hameau Chez Roffin	-	0,032	0,040	0,040	0,040	0,032	0,036	0,024	0,024	0,036

Ces résultats montrent que, quelque soit le scénario et l'année de mesure, la dose efficace annuelle ajoutée liée à l'exposition externe est faible (< 0,040 mSv/an).

⇒ Exposition par inhalation :

Scénario 1 : Enfant de 2 à 7 ans résidant sous influence du site (6800 h à l'intérieur des habitations + 860 h à l'extérieur), scolarisé hors influence du site (1000 h) et susceptible de se promener en bordure ou sur le site (100 h).

EXPOSITION PAR INHALATION – ENFANT											
	Groupe de référence	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
DEAA (mSv/an) <i>pour 6800 h en intérieur et 860h en extérieur</i>	Hameau Chez Roffin	-	0,484	0,279	0,405	0,281	0,301	0,307	0,267	0,253	0,307
DEAA (mSv/an) <i>pour 100 h</i>	Site	-	0,005	0,008	0,006	0,005	0,005	0,004	0,006	0,005	0,007
Total DEAA (mSv/an) SCENARIO 1	Hameau Chez Roffin	-	0,489	0,287	0,411	0,286	0,306	0,311	0,273	0,258	0,314

Scénario 2 : Adulte retraité de plus de 60 ans résidant sous influence du site (7300 h à l'intérieur des habitations + 1360 h à l'extérieur), et susceptible de se promener en bordure ou sur le site (100 h).

EXPOSITION PAR INHALATION – RETRAITE											
	Groupe de référence	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
DEAA (mSv/an) <i>pour 6800 h en intérieur et 860h en extérieur</i>	Hameau Chez Roffin	-	0,547	0,315	0,458	0,317	0,341	0,347	0,300	0,286	0,347
DEAA (mSv/an) <i>pour 100 h</i>	Site	-	0,005	0,008	0,006	0,005	0,005	0,004	0,008	0,005	0,007
Total DEAA (mSv/an) SCENARIO 2	Hameau Chez Roffin	-	0,552	0,323	0,464	0,322	0,346	0,351	0,308	0,291	0,354

Scénario 3 : Adulte (agriculteur) de moins de 60 ans ne résidant pas sous influence du site mais susceptible de travailler en bordure du site (400 h).

EXPOSITION PAR INHALATION – AGRICULTEUR											
	Groupe de référence	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
DEAA (mSv/an) <i>pour 6800 h en intérieur et 860h en extérieur</i>	Hameau Chez Roffin	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DEAA (mSv/an) <i>pour 100 h</i>	Site	-	0,021	0,031	0,025	0,022	0,020	0,017	0,024	0,018	0,029
Total DEAA (mSv/an) SCENARIO 3	Hameau Chez Roffin	-	0,021	0,031	0,025	0,022	0,020	0,017	0,024	0,018	0,029

Scénario 4 : Adulte de moins de 60 ans, ne résidant pas sous influence du site mais travaillant périodiquement sur le site (400 h).

		EXPOSITION PAR INHALATION – EMPLOYE									
	Groupe de référence	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
DEAA (mSv/an) <i>pour 6800 h en intérieur et 860h en extérieur</i>	Hameau Chez Roffin	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DEAA (mSv/an) <i>pour 100 h</i>	Site	-	0,021	0,031	0,025	0,022	0,020	0,017	0,024	0,018	0,029
Total DEAA (mSv/an) SCENARIO 4	Hameau Chez Roffin	-	0,021	0,031	0,025	0,022	0,020	0,017	0,024	0,018	0,029

Ces résultats montrent que, quelque soit le scénario et l'année de mesure, la dose efficace annuelle ajoutée liée à l'exposition par inhalation est significative mais reste inférieure à 1 mSv/an (< 0,552 mSv/an pour un enfant).

⇒ Exposition par ingestion :

Comme expliqué précédemment, seuls les résultats obtenus depuis 2007 sont considérés dans le cadre du calcul de la dose efficace ajoutée annuelle due à l'exposition par ingestion.

Le tableau suivant récapitule les résultats obtenus en 2007 et 2009. Il est à noter que la DEAA Chaîne alimentaire est nulle pour les scénarii dits « agriculteur » et « employé » du fait de l'absence de consommation de fruits et légumes issus de jardins situés sous l'influence du site.

Scénario	Groupe de référence	Année	DEAA chaîne alimentaire (mSv/an)	DTI (mSv/an) ¹
Enfant de 2 à 7 ans	Hameau Chez Roffin	2007	0,012	0,000
		2009	0,048	0,001
Retraité de plus de 60 ans	Hameau Chez Roffin	2007	0,017	0,000
		2009	0,059	0,001

¹ Liée à l'eau de consommation

⇒ SCENARII COMPLETS :

Pour l'année 2007 :

A partir des différents résultats sur la DEAA, quatre scénarii complets ont été établis pour l'année 2007. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après pour le hameau Chez Roffin, près du site de Rophin.

Scénario	Exposition externe	Exposition par inhalation	Exposition par ingestion		DEAA totale (mSv/an)
	DEAA externe	DEAA air (mSv/an)	DEAA chaîne alimentaire (mSv/an)	DTI (mSv/an)	
Enfant de 2 à 7 ans résidant sous influence du site (6800 h à l'intérieur des habitations + 860 h à l'extérieur), scolarisé hors influence du site (1000 h) et susceptible de se promener en bordure du site (100 h)	0,006	0,273	0,012	0	0,291
Retraité de plus de 60 ans résidant sous influence du site (7300 h à l'intérieur des habitations + 1360 h à l'extérieur), et susceptible de se promener en bordure du site (100 h)	0,006	0,308	0,017	0	0,331
Agriculteur de moins de 60 ans ne résidant pas sous influence du site mais susceptible de travailler en bordure du site (400 h)	0,024	0,024	0	0	0,048
Employé de moins de 60 ans ne résidant pas sous influence du site mais travaillant périodiquement sur le site (400 h)	0,024	0,024	0	0	0,048

Pour l'année 2007, ces quatre scénarii montrent que les résultats sont inférieurs à la limite réglementaire de 1 mSv/an.

Pour l'année 2008 :

A partir des différents résultats sur la DEAA, quatre scénarii complets ont été établis pour l'année 2008. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après pour le hameau Chez Roffin, près du site de Rophin. En l'absence d'analyse, les résultats du calcul de DEAA pour la chaîne alimentaire utilisés sont celle de l'année 2007.

Scénario	Exposition externe	Exposition par inhalation	Exposition par ingestion		DEAA totale (mSv/an)
	DEAA externe	DEAA air (mSv/an)	DEAA chaîne alimentaire (mSv/an)	DTI (mSv/an)	
Enfant de 2 à 7 ans résidant sous influence du site (6800 h à l'intérieur des habitations + 860 h à l'extérieur), scolarisé hors influence du site (1000 h) et susceptible de se promener en bordure du site (100 h)	0,006	0,258	0,012	0,000	0,276
Retraité de plus de 60 ans résidant sous influence du site (7300 h à l'intérieur des habitations + 1360 h à l'extérieur), et susceptible de se promener en bordure du site (100 h)	0,006	0,291	0,017	0,000	0,314
Agriculteur de moins de 60 ans ne résidant pas sous influence du site mais susceptible de travailler en bordure du site (400 h)	0,024	0,018	0	0	0,042
Employé de moins de 60 ans ne résidant pas sous influence du site mais travaillant périodiquement sur le site (400 h)	0,024	0,018	0	0	0,042

Pour l'année 2008, ces quatre scénarii montrent que les résultats sont inférieurs à la limite réglementaire de 1 mSv/an.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 115/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Pour l'année 2009 :

A partir des différents résultats sur la DEAA, quatre scénarii complets ont été établis pour l'année 2009. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après pour le hameau Chez Roffin, près du site de Rophin.

Scénario	Exposition externe	Exposition par inhalation	Exposition par ingestion		DEAA totale (mSv/an)
	DEAA externe	DEAA air (mSv/an)	DEAA chaîne alimentaire (mSv/an)	DTI (mSv/an)	
Enfant de 2 à 7 ans résidant sous influence du site (6800 h à l'intérieur des habitations + 860 h à l'extérieur), scolarisé hors influence du site (1000 h) et susceptible de se promener en bordure du site (100 h)	0,009	0,314	0,048	0,001	0,372
Retraité de plus de 60 ans résidant sous influence du site (7300 h à l'intérieur des habitations + 1360 h à l'extérieur), et susceptible de se promener en bordure du site (100 h)	0,009	0,354	0,059	0,001	0,423
Agriculteur de moins de 60 ans ne résidant pas sous influence du site mais susceptible de travailler en bordure du site (400 h)	0,036	0,029	0	0	0,065
Employé de moins de 60 ans ne résidant pas sous influence du site mais travaillant périodiquement sur le site (400 h)	0,036	0,029	0	0	0,065

Pour l'année 2009, ces quatre scénarii montrent que les résultats sont inférieurs à la limite réglementaire de 1 mSv/an.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 116/132
Auteur : Nadine HIMEUR	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 sur le site de Rophin,
- 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.

La majorité des sites miniers uranifères du Puy-de-Dôme possèdent une verse à stériles. Dans le cadre du réaménagement des sites, le sommet de la verse a été écrêté, puis en fonction des stocks disponibles recouvert de terre végétale. Certains sites ont fait l'objet d'un assainissement radiologique :

- L'aire de stockage du minerai du site du Poyet,
- L'aire de stockage du minerai du site du Bois des Fayes,
- L'aire de stockage du minerai du site du Bois des Gardes,
- Une partie du site de Bancherelle.

Ces mesures ont contribué à limiter les impacts des stériles sur le vecteur air, vérifiés par des mesures de débits de photons au SPPy.

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 du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 117/132
Auteur : Nadine HIMEUR	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 du Puy-de-Dôme. La campagne de prélèvements réalisée en 2010 permet de valider cette décision avec des valeurs maximum de rejet enregistrées de 200 µg/l pour l'uranium 238 soluble et 1,66 Bq/l en radium 226 soluble, pour le site de Rophin. Les valeurs maximales enregistrées dans les ruisseaux en aval des sites sont relevées en aval des sites de Lachaux :

- 11 µg/l en uranium 238 soluble,
- 0,08 Bq/l en radium 226 soluble.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 118/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

11 CONCLUSIONS

11.1 CONCLUSIONS DE L'ANALYSE ENVIRONNEMENTALE

L'analyse environnementale issue de la recherche documentaire, des différentes études réalisées, des investigations de terrains, des mesures de débits de fosse sur site et dans leur environnement, et des analyses effectuées dans le compartiment aquatique, a mis en évidence :

- Des rejets d'eau identifiés à des concentrations en radionucléides maximales de 200 µg/l pour l'uranium 238 soluble et 1,66 Bq/l en radium 226 soluble sur le site de Rophin, et inférieures à de 37 µg/l en uranium 238 soluble et 0,08 Bq/l en radium 226 soluble pour les autres sites ;
- Un impact limité sur les cours d'eau récepteurs ($U\ 238_{max} = 11\ \mu\text{g/l}$ et $Ra\ 226_{max} = 0,08\ \text{Bq/l}$) mesurable sur des cours d'eau à faible débit ;
- L'absence d'impact significatif sur les cours d'eau en aval hydraulique des sites ($U\ 238_{max} = 3,3\ \mu\text{g/l}$ et $Ra\ 226_{max} = 0,05\ \text{Bq/l}$) ;
- L'absence d'impact significatif du site de Rophin sur le vecteur Air dans son environnement ;
- Des anomalies du type fontis ou affaissement repérés à la surface de certains sites ;
- Une descenderie partiellement obturée sur le site de Montatroux ;
- Des zones radiologiquement marquées (supérieures à 1 000 chocs/s SPPγ). Ces zones correspondent à des versants à stériles, à un chemin (site du Temple) et à une zone située à proximité d'anciens travaux de recherche (site de Montaudot) ;
- L'absence d'informations sur les pratiques en matière de cessons des stériles miniers aux particuliers et aux collectivités pour les sites exploités avant 1965 ;
- Une surveillance radiologique maintenue sur un site présentant des enjeux environnementaux spécifiques liés à la présence de résidus de traitement du minerai (site de Rophin).

11.2 PROPOSITIONS D'ACTIONS CORRECTIVES A METTRE EN ŒUVRE

Suite aux visites de terrain effectuées au cours de l'été 2010, AREVA NC propose de mettre en œuvre, sur les sites placés sous sa responsabilité, les actions décrites dans les paragraphes suivants.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 119/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

LE BOIS DES FAYES

- Constat : Un parement de 10 m de haut est visible à partir du fond de la fosse. Le haut de parement est peu accessible du fait de la végétation, mais n'est pas clôturé. Le risque de chute de promeneurs n'est donc pas à exclure.
- Proposition : La zone correspondant au haut du parement sera clôturée sur une longueur d'environ 50 m, sous réserve de l'accord du propriétaire de la parcelle concernée. Une signalisation adéquate sera mise en place afin de prévenir du risque de chute.

LE BOIS DES GARDES

- Constat : Un parement de 10 m de haut est visible à partir d'un chemin situé sur la ligne de crête, et n'est pas sécurisé vis-à-vis du risque de chute. Il est cependant à noter que la majorité du parement est inaccessible du fait de la végétation.
- De plus, la visite de terrain réalisée en été 2010 n'a pas donné lieu à un prélèvement d'eau au niveau du ruisseau du Macharoux, situé en aval hydraulique des travaux miniers souterrains et des mines à ciel ouvert Nord-Ouest et centrale.
- Proposition : La zone accessible à partir du chemin sera clôturée sur une longueur d'environ 15 m. Une signalisation adéquate sera mise en place afin de prévenir du risque de chute.
- Deux prélèvements seront réalisés sur le ruisseau du Macharoux, en amont et en aval hydraulique immédiat du site.

LE TEMPLE

- Constat : Des stériles ont été utilisés durant l'exploitation pour la création d'une piste reliant le site au chemin dit de la Grand'rive au Temple. Des anomalies radiométriques sont mesurées sur ce chemin entre l'ancien puits et le travers-bancs sur environ 100 m d'extension. Les valeurs mesurées au SPPy oscillent entre 400 et 6500 chocs/s, avec une moyenne autour de 1 200 chocs/s SPPy.
- Proposition : Le chemin sera décapé afin d'enlever tous les produits radiologiquement marqués (supérieurs à 500 chocs/s SSPy). Une couche de tout-venant sera mise en place. Les mesures nécessaires seront prises pour s'assurer de la stabilité du chemin. Les produits issus du décapage seront stockés sur le site du Bois des Gardes, dans une tranchée réalisée à cet effet.

RELIEZ

- Constat : Des vestiges de l'exploitation, en particulier en béton, subsistent sur le site.
- Proposition : Ces vestiges seront démolis et évacués dans les filières de stockage ou d'élimination adéquates. Un contrôle radiologique sera réalisé de façon systématique avant tout enlèvement.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 120/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

ROPHIN

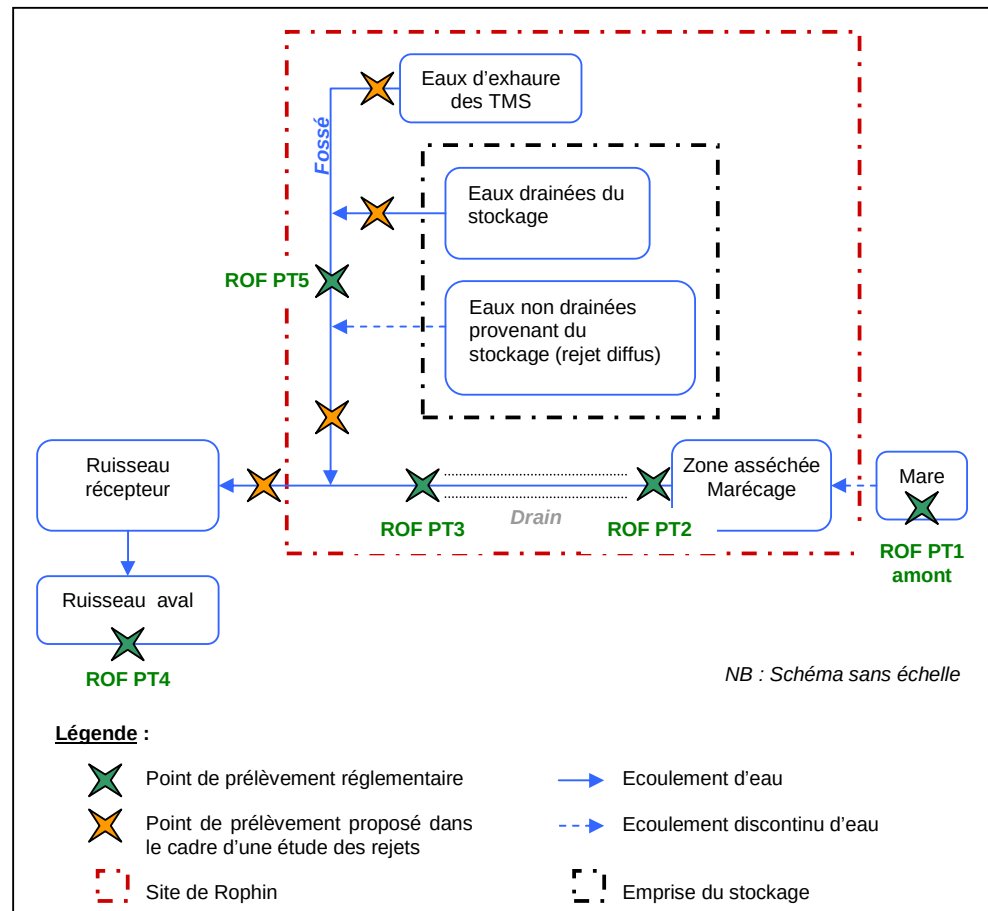
Constat :

Les rejets des travaux miniers souterrains et du stockage ne sont pas caractérisés de façon distincte. Par ailleurs, aucune mesure n'a été réalisée en sortie immédiate du site au cours des visites de site réalisées en été 2010.

Il n'existe pas, à l'heure actuelle, de plan compteur de la zone de stockage des produits issus du décapage du site de Bancherelle, et de la zone de stockage des vestiges démolis du site de Rophin.

Propositions :

Des prélèvements seront réalisés trimestriellement pendant un an sur les eaux d'exhaure du travers-bancs, sur la sortie des drains du stockage de résidus de traitement et sur les eaux en sortie de site. Parallèlement, les prélèvements réalisés dans le cadre du suivi réglementaire seront réalisés non pas semestriellement mais trimestriellement sur la même période. L'emplacement des points de prélèvements proposés figurent dans la figure suivante :



Les résultats de la caractérisation précise de chacun des rejets du site seront remis à la DREAL Auvergne. Des propositions de modifications de la surveillance réglementaire du site pourront être proposées suivant les conclusions de cette étude.

Un plan compteur des zones de stockage de résidus de traitement, des produits issus du décapage du site de Bancherelle et des déchets de démolition des vestiges de l'usine de Rophin, sera réalisé. Le secteur concerné comprend toute la zone actuellement grillagée.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 121/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

MONTAUDOT

Constat : l'IRSN a réalisé, en 2010, un prélèvement sur le petit ruisseau situé en aval hydraulique du site de Montaudot, sur les fractions solubles et insolubles de l'U 238 et le Ra 226. Les analyses effectuées par AREVA NC la même année ne prenaient en compte que la fraction soluble des radioéléments précités.

Par ailleurs, une zone d'environ 100 m², située au Sud-Est du site de Montaudot, est marquée radiologiquement (1 500 à 3 000 chocs/s SPPy).

Proposition : Deux prélèvements seront réalisés sur le ruisseau situé à proximité du site, en amont et en aval hydraulique. Les analyses réalisées sur ces eaux porteront sur l'U 238 soluble et insoluble, ainsi que sur le Ra 226 soluble et insoluble. Les résultats d'analyses seront comparés avec ceux obtenus par l'IRSN.

AREVA NC propose le décapage de la zone radiologiquement marquée et la mise en place d'une couche de terre végétale. Les produits issus du décapage seront stockés sur le site de Rophin ou du Bois des Gardes, en accord avec la DREAL Auvergne.

11.3 GESTION DES STÉRILES 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.

Afin de répondre à cette demande, AREVA NC a prévu deux grandes phases de reconnaissance :

- PHASE 1 : Survol aérien de reconnaissance sur l'ensemble des communes concernées par les sites miniers uranifères du Puy-de-Dôme. La Figure 13 présente la zone concernée par ce survol aérien.
- PHASE 2 : Vérification et identification au sol des anomalies relatives repérées par le survol aérien, puis vérification de la compatibilité des usages.

La méthode retenue est la réalisation d'un levé spectrométrique hélicopté de très haute résolution.

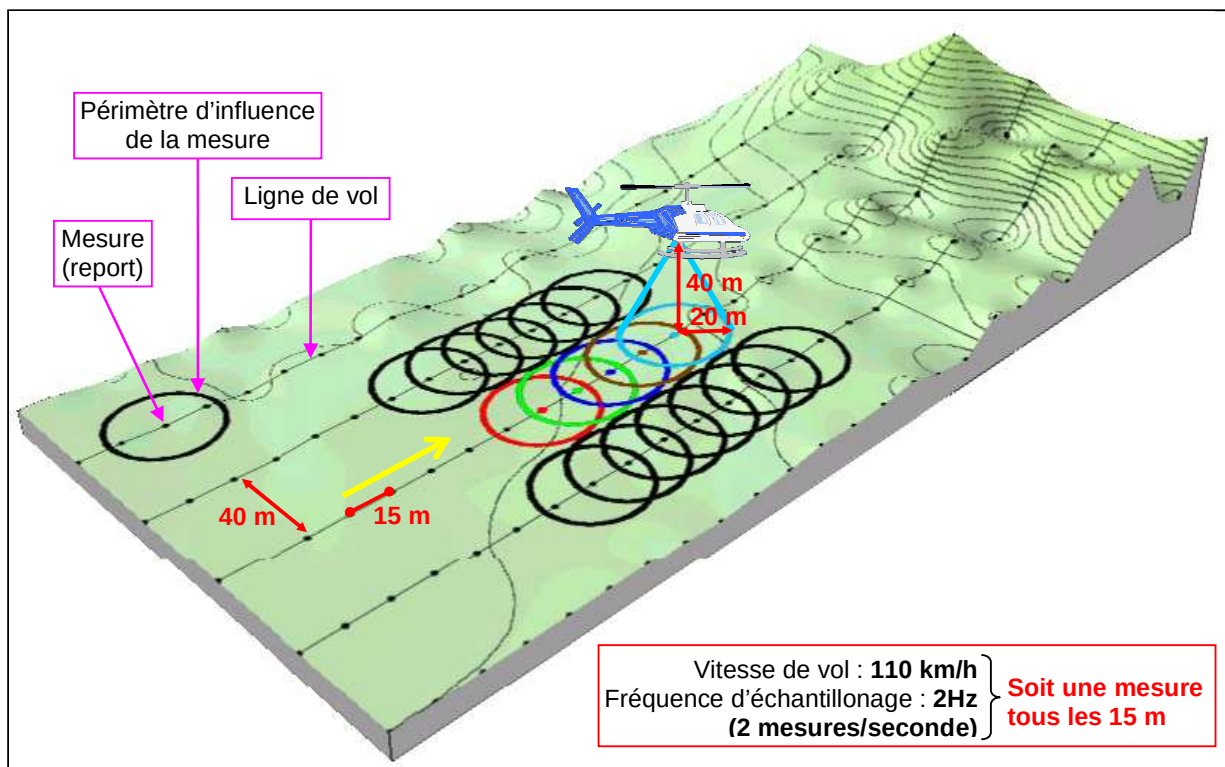
La spectrométrie gamma est la seule méthode de détection directe d'anomalies radiométriques. Il s'agit d'une méthode classique et systématique en exploration minière pour l'uranium, à l'échelle régionale ou sur cible. Ce dispositif hélicopté permet un inventaire systématique et rapide.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 122/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les spécifications retenues ont été adaptées à la problématique des stériles miniers et sont les suivantes :

- Vitesse de l'hélicoptère : 110 km/h,
- Echantillonnage : 2 Hz, soit 15 m entre deux mesures consécutives,
- Volume de cristal (NaI): 41,8 l (deux spectromètres),
- Espacement entre les lignes de vol : 40 m,
- Hauteur de vol : 40 m.

Le schéma suivant reprend ces caractéristiques :



A l'issue de cette campagne aérienne, les cartes suivantes seront élaborées :

- des cartes en couleur ombragée et contour du potassium (%), de l'uranium (ppm), du thorium (ppm), du comptage total (débit de dose en nGy/h) et des radioéléments (ternaire, ratios,...) ;
- une carte du modèle numérique de terrain.

La seconde phase comprend la reconnaissance au sol des anomalies relatives observées sur ces cartes. La reconnaissance au sol peut se faire de manière pédestre ou autoportée en fonction des cas et sera accompagnée d'une vérification de l'origine des matériaux créant ces anomalies.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 123/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Enfin, si les matériaux repérés par la reconnaissance au sol s'avèrent être des stériles miniers, il sera réalisé des mesures de débit de dose sur les zones concernées puis une évaluation dosimétrique avec des scénarios génériques.

En cas d'incompatibilité d'usage, la situation sera étudiée au cas par cas en lien avec l'ARS (anciennement DDASS) et l'ASN.

11.4 INFORMATION DU PUBLIC

La circulaire du 22 juillet 2009, cosignée entre l'ASN et le MEEDDM, portant sur la gestion des anciennes mines d'uranium, précise, dans l'axe 4 « Renforcer l'information et la concertation », qu'un affichage doit être réalisé afin d'informer le public de la présence d'anciennes mines d'uranium.

Sur le département du Puy-de-Dôme, seul le site de Rophin, faisant l'objet d'une surveillance réglementaire, fait l'objet d'un affichage :



Panneau d'informations du site de Rophin

Ce panneau mentionne entre autres l'arrêté préfectoral prescrivant la surveillance, et l'adresse du site internet du Réseau National de Mesures de Radioactivité de l'Environnement, où AREVA NC transmet l'ensemble des mesures réglementaires réalisées sur ce site.

Il n'est pas envisagé d'affichage sur les autres sites.

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 124/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Pierre-Christian GUIOLLARD, *L'uranium du Morvan et du Forez*, 2002
- [2] Site internet du Conservatoire des Espaces et Paysages Auvergne : <http://www.cen-auvergne.fr>
- [3] A. POUGHON, *Les minerais uranifères français – volume II – Forez*, 1962
- [4] Site internet de l'Institut National des Statistiques et des Etudes Economiques : <http://www.insee.fr>
- [5] Site internet Planète Auvergne : <http://www.planete-auvergne.com>
- [6] Site internet Hydro banque : <http://www.hydro.eaufrance.fr/>
- [7] Données de l'Agence Régionale de Santé Auvergne
- [8] Site internet du MEEDDM : Plan National du Gestion des Matières et Déchets Radioactifs : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Le-plan-national-de-gestion-des.html>
- [9] Site internet de l'IRSN : Programme MIMAUSA : http://www.irsn.fr/FR/base_de_connaissances/Environnement/surveillance-environnement/surveillance-mines-uranium/
- [10] AREVA NC, *Analyse de la tenue à long terme des digues de rétention de stockage de résidus de traitement de minerais uranifères*, Rapport BUM/DO/DQSE RT 07/062, Janvier 2009
- [11] 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 du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 125/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

LISTE DES FIGURES, ANNEXES ET PLANS

FIGURES

- Figure 1 : Carte du relief de la région Auvergne
- Figure 2 : Carte des principaux aquifères de la région Auvergne
- Figure 3 : Production cumulée : minerai et stériles du département du Puy-de-Dôme
- Figure 4 : Sites miniers et bassins versants : Le Sichon et le Vauziron
- Figure 5 : Sites miniers et bassins versants : La Dore, la Chaméane, la Chabanne et la Pampeluze
- Figure 6 : Résultats d'analyses : Bassin versant du Vauziron : Gagnol
- Figure 7 : Résultats d'analyses : Bassin versant du Vauziron : Rophin
- Figure 8 : Résultats d'analyses : Bassin versant du Vauziron : Etang de Reliez, Reliez, Bancherelle, Dragon
- Figure 9 : Résultats d'analyses : Bassin versant du Sichon : Bigay-Gourniaud
- Figure 10 : Résultats d'analyses : Bassin versant de la Dore : le Temple, le Bois des Fayes, le Bois des Gardes
- Figure 11 : Résultats d'analyses : Bassin versant de la Chaméane : Chaméane
- Figure 12 : Résultats d'analyses : Bassin versant de la Pampeluze : Montaudot
- Figure 13 : Plan des zones concernées par le survol aérien (Puy-de-Dôme)

ANNEXES

- Annexe 1 : Fiches de sites, fiches de chantiers, fiches ICPE
- Annexe 2 : Planches photographiques
- Annexe 3 : Cartes IGN de localisation des sites miniers et des points de prélèvements
- Annexe 4 : Situation des sites miniers sur fonds cadastraux
- Annexe 5 : Carte géologique départementale, cartes géologiques et structurales
- Annexe 6 : Arrêté préfectoral n°10-00962 du 13 avr il 2010 relatif à la réalisation d'un bilan environnemental des sites du Puy-de-Dôme

PLAN

Plan : situation des sites miniers uranifères exploités sur la région Auvergne

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 126/132
Auteur : Nadine HIMEUR	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 becquerel (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 du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 127/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

CHAÎNE 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 (µG/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 du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 128/132
Auteur : Nadine HIMEUR	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 du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 129/132
Auteur : Nadine HIMEUR	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 du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 130/132
Auteur : Nadine HIMEUR	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 du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 131/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

SIGLES ET ABREVIATIONS

AEP	Alimentation en Eau Potable
ANDRA	Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs
AP	Arrêté Préfectoral
CEA	Commissariat à l'Energie Atomique
CESAAM	Centre d'Etudes et de Suivi des Anciennes Activités Minières
COGEMA	Compagnie Générale des MATières nucléaires
DAM	Direction de l'Après-Mines
DDASS	Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales
DDCSPP	Direction Départementale de la cohésion sociale et de la protection des populations
DEAA	Dose Efficace Ajoutée Annuelle
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DRIRE	Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
DPPR	Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques
DTL	Dosimètre Thermo-Luminescent
EAP	Energie Alpha-Potentielle
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IGN	Institut Géographique National
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
Miner+pseu	Uranium produit issu du minerai ou du pseudo-minerai
OPRI	Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants
RGIE	Règlement Général des Industries Extractives
SIMO	Société Industrielle des Minerais de l'Ouest
SPP2 et SPP γ	Scintillomètre Portatif de Prospection
TMS	Travaux Miniers Souterrains

Bilan environnemental – Sites miniers du Puy-de-Dôme	13/10/2010	Page : 132/132
Auteur : Nadine HIMEUR	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0