

ETABLISSEMENT DE BESSINES

CESAAM



---

**BILAN DE FONCTIONNEMENT**

**Nord HAUTE-VIENNE**

---

# SOMMAIRE

<b>Glossaire.....</b>	<b>6</b>
<b>Sigles et abréviations .....</b>	<b>8</b>
<b>Généralités concernant la radioactivité .....</b>	<b>9</b>
<b>Préambule.....</b>	<b>12</b>
<b>1. PRESENTATION GENERALE DES ACTIVITES MINIERES ET INDUSTRIELLES DU NORD DE LA HAUTE-VIENNE .....</b>	<b>14</b>
2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE .....	14
2.2. HISTORIQUE .....	14
<b>2. PRESENTATION GENERALE DE L'ENVIRONNEMENT DES SITES.....</b>	<b>17</b>
2.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE .....	17
2.1.1. Géologie des terrains uranifères.....	17
2.1.2. Tectonique .....	17
2.1.3. Caractéristiques de la minéralisation.....	17
2.1.4. Fond radiométrique régional.....	18
2.2. ENVIRONNEMENTS PAYSAGERS ET DEMOGRAPHIQUES [4].....	18
2.3. CONTEXTE CLIMATIQUE .....	18
2.3.1. Pluviométrie .....	18
2.3.2. Températures.....	19
2.3.3. Vents.....	19
2.4. CONTEXTE HYDROLOGIQUE .....	19
2.4.1. Bassins versants.....	19
2.4.2. Débit des cours d'eau .....	19
2.4.3. Utilisation des eaux.....	20
2.5. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE .....	22
<b>3. L'EXPLOITATION MINIERE ET LE TRAITEMENT DES MINERAIS .....</b>	<b>23</b>
3.1. LES METHODES D'EXPLOITATION .....	23
3.1.1. Exploitation à ciel ouvert.....	23
3.1.2. Exploitation souterraine .....	23
3.2. LE TRAITEMENT DU MINERAI .....	24
<b>4. PRESENTATION DES SITES MINIERS .....</b>	<b>26</b>
4.1. GENERALITES.....	26
4.2. CONTEXTE REGLEMENTAIRE.....	27
4.2.1. Titres miniers .....	27
4.2.2. Réglementations européennes et nationales .....	28
4.2.3. Arrêtés préfectoraux .....	31
4.2.4. Situation réglementaire des sites et installations arrêtées .....	32

4.3.	SITES MINIERES ET BASSINS VERSANTS .....	32
4.4.	PRESENTATION DES SITES .....	33
4.4.1.	Complexe minier du Bernardan .....	34
4.4.2.	Site minier des Loges .....	35
4.4.3.	Site minier de Piégut.....	36
4.4.4.	Site minier de La Cote Moreau.....	36
4.4.5.	Site minier des Masgrimauds .....	37
<b>5.</b>	<b>LES RESIDUS ET DECHETS D'EXPLOITATION .....</b>	<b>38</b>
5.1.	LES STERILES MINIERES.....	38
5.1.1.	Généralités – teneur en uranium .....	38
5.1.2.	Réaménagement des verses à stériles .....	38
5.1.3.	Réutilisation particulière des stériles .....	39
5.2.	LES RESIDUS DE TRAITEMENT .....	39
5.3.	LES PRODUITS DE DEMANTELEMENT.....	40
<b>6.</b>	<b>EVALUATION DES IMPACTS EN TERME DE SECURITE PUBLIQUE .....</b>	<b>41</b>
6.1.	INTRODUCTION .....	41
6.2.	LES RISQUES LIES AUX TRAVAUX SOUTERRAINS .....	41
6.2.1.	Les ouvrages de liaison fond-jour.....	41
6.2.2.	Les infrastructures et chantiers souterrains.....	42
6.3.	LES RISQUES LIES AUX MINES A CIEL OUVERT .....	46
6.4.	LES RISQUES LIES AUX VERSES A STERILES.....	46
6.5.	LES RISQUES LIES AUX DIGUES DE RETENUE DU STOCKAGE DE RESIDUS DU BERNARDAN .....	47
<b>7.</b>	<b>EVALUATION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT .....</b>	<b>49</b>
7.1.	IMPACT SUR LE VECTEUR EAU.....	49
7.1.1.	Voies de contamination sur le milieu aquatique .....	49
7.1.2.	Valeurs de référence « milieu naturel » .....	50
7.1.3.	Analyse par site de l'impact sur le milieu aquatique.....	50
7.1.4.	Bilan des impacts sur le milieu aquatique .....	55
7.2.	IMPACT SUR LE VECTEUR AIR .....	56
7.2.1.	Voies de contamination de l'air.....	56
7.2.2.	Surveillance de la qualité radiologique de l'air .....	56
7.2.3.	Résultats de la surveillance de la qualité de l'air.....	57
7.3.	IMPACT SUR LA CHAINE ALIMENTAIRE ET LES SOLS .....	60
7.3.1.	Voies de contamination de la chaîne alimentaire .....	60
7.3.2.	Contrôles de la chaîne alimentaire .....	60
7.3.3.	Résultats des contrôles de la chaîne alimentaire .....	60
<b>8.</b>	<b>EVALUATION DE LA DOSE EFFICACE AJOUTEE.....</b>	<b>62</b>
8.1.	PRINCIPE DE L'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES.....	62
8.2.	RISQUES RADIOLOGIQUES.....	62
8.3.	LA NOTION DE DOSE EFFICACE.....	63

<b>8.4. METHODE D'EVALUATION DE LA DOSE EFFICACE AJOUTEE DANS L'ENVIRONNEMENT PROCHE DES SITES .....</b>	<b>64</b>
8.4.1. Voies d'exposition à considérer.....	64
8.4.2. Détermination des groupes de référence .....	64
8.4.3. Calcul de la dose efficace annuelle ajoutée .....	65
<b>9. MESURES PRISES POUR REDUIRE LES IMPACTS .....</b>	<b>71</b>
9.1. REDUCTION DES IMPACTS SUR LE VECTEUR AIR .....	71
9.1.1. Les résidus de traitement du minéral .....	71
9.1.2. Les stériles miniers .....	72
9.2. REDUCTION DES IMPACTS SUR LE VECTEUR EAU.....	73
<b>10. MESURES ENVISAGEES POUR REDUIRE LES IMPACTS ET PROPOSITION DE PROGRAMME DE SURVEILLANCE .....</b>	<b>76</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>78</b>

## Glossaire

LES DEFINITIONS PRESENTEES ICI SONT ADAPTEES DES DEFINITIONS FIGURANT DANS LE GLOSSAIRE GENERAL DE L'EDITION 2002 DU RAPPORT DE L'OBSERVATOIRE NATIONAL DE L'ANDRA « OU SONT LES DECHETS RADIOACTIFS EN France ? »

- ANDRA :** **Agence Nationale pour la gestion des Déchets 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 ».
- CEA :** **Commissariat à 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
- COGEMA :** **COmpagnie GÉNérale des MATières nucléaires**  
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 :** Etat caractérisant la matière suite à la présence indésirable 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)
- DECHET :** « 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)
- FAMILLE RADIOACTIVE (CHAINE DE DESINTEGRATION) :**  
Ensemble de radionucléides dont chaque membre est formé par désintégration radioactive du précédent. Il existe trois familles radioactives naturelles, avec comme « têtes de chaîne » (premier radionucléide) : l'uranium 238, l'uranium 235 et le thorium 232.
- IPSN :** **Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire**  
Ancien établissement du CEA créé en 1976, chargé de la recherche et de l'expertise sur le risque nucléaire et ses conséquences. L'IPSN a été regroupé avec l'OPRI en février 2002 pour former l'IRSN.
- IRSN :** **Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire**  
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 :** Procédé qui permet d'extraire certains composés contenus dans un milieu pulvérulent, perméable ou poreux, par passage d'un liquide approprié à travers ce milieu

**OPRI :** **Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants**  
Etablissement public de l'Etat chargé des aspects sanitaires de la radioactivité et ayant pour vocation de prévenir les risques dus aux rayonnements ionisants et de développer les moyens nécessaires pour en limiter les effets. L'OPRI a été regroupé avec l'IPSN en février 2002 pour former l'IRSN.

**PRODUITS RADIFERES :** Produits contenant du radium

**PRODUITS URANIFERES :** Produits contenant de l'uranium

**RESIDUS DE TRAITEMENT :**

Expression désignant les produits sableux et très fins résultant de l'extraction de l'uranium à partir des minerais et contenant tous les autres éléments et minéraux d'origine à l'exception de l'uranium qui en a été extrait

**SITE OU MILIEU RADIOLOGIQUEMENT MARQUE :**

Site ou milieu où l'on détecte des traces de radionucléides sans qu'il y ait nécessairement à envisager d'actions particulières

**STERILES :** Terres, sables ou roches ne contenant pas de minerai, mais qu'il faut extraire pour pouvoir accéder au minerai lui-même

**STOCKAGE :** Mise en place de produits radioactifs dans une installation appropriée, sans intention de les récupérer

**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%)

## Sigles et abréviations

ADEME	Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AEP	Alimentation en Eau Potable
ANDRA	Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs
AP	Arrêté Préfectoral
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
BU	Business Unit de COGEMA
BV	Bassin Versant
CEA	Commissariat à l'Energie Atomique
CESAAM	Centre d'Etudes et de Suivi des Anciennes Activités Minières
CFM	Compagnie Française de Mokta
CIM	Compagnie Industrielle et Minière
CMDT	Compagnie Minière de Dong-Trieu
CMMI	Compagnie Minière et Métallurgique de l'Indochine
COGEMA	Compagnie Générale des MATières nucléaires
DDASS	Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales
DEAA	Dose Efficace Ajoutée Annuelle
DRIRE	Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
DPPR	Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques
DTI	Dose Total Indicative
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
IRSN	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
JO	Journal Officiel
MA	Million d'Années
MCO	Mine à Ciel Ouvert
OPRI	Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants
PUK	Péchiney-Ugine-Kuhlmann
QIX	Débit instantané maximal
QMNA2	Débit mensuel minimum bisannuel
QMNA5	Débit mensuel minimum quinquennal
RGIE	Règlement Général des Industries Extractives
SCUMRA	Société Centrale de l'Uranium et des Minerais RAdioactifs
SIMO	Société Industrielle des Minerais de l'Ouest
SMAC	Société des Mines de Bitume et d'Asphalte du Centre
SMJ	Société des Mines de Jouac
SMUC	Société Minière de l'Uranium du Centre
SOREMCO	Société de Recherches Minières du Centre-Ouest
SPP2	Scintillomètre Portatif de Prospection
TCMF	TOTAL Compagnie Minière France
TMS	Travaux Miniers Souterrains
TUD	Tranches UniDescendantes

# **Généralités concernant la radioactivité**

## **Quelques définitions concernant l'atome**

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

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

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

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

*Exemple :*

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

## **La radioactivité : un phénomène naturel**

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

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

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.

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

### Caractérisation d'une source radioactive

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

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

On a donc :

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

- *sa période (ou demi-vie)*, c'est-à-dire la durée au bout de laquelle son activité a diminué de moitié. En effet, l'activité d'un échantillon radioactif diminue avec le temps du fait de la disparition progressive par désintégration des noyaux instables qu'il contenait initialement. La période radioactive est une propriété intrinsèque des radionucléides et peut aller de quelques fractions de seconde (0,000164 seconde pour le polonium 214) à plusieurs milliards d'années (4,47 milliards d'années pour l'uranium 238).
- *l'énergie du ou des rayonnements qu'elle produit* et notamment l'énergie que ces rayonnements cèdent à la matière qu'ils traversent. La quantité de rayonnements absorbés (ou dose absorbée) par un organisme ou un objet est exprimée en gray noté Gy.

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

### La notion d'activité

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

# Préambule

Le présent bilan de fonctionnement :

- a été rédigé conformément aux dispositions de l'arrêté n° 2008-678 du 1<sup>er</sup> avril 2008 du Préfet de la Haute-Vienne, pris en vertu de l'arrêté ministériel du 17 juillet 2000 pris en application de l'article 17-2 du décret n° 77-1133 du 21 septembre 1977, lui-même pris pour l'application de la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement (art. L. 511-1 et suivants du code de l'environnement) ;
- comporte trois parties, déclinées en dix chapitres répondant successivement à chacune des exigences énumérées de l'article 1 de l'arrêté préfectoral n° 2008-678 du 1<sup>er</sup> avril 2008 susvisé.

Ainsi, ce bilan a pour objectif de dresser un état des lieux des connaissances sur les sites miniers uranifères du Nord de la Haute-Vienne, sites hérités par AREVA NC au cours des différents rapprochements avec les sociétés privées exploitantes.

## **Partie 1 : Présentation des anciennes activités minières et industrielles du Nord de la Haute-Vienne**

La première partie du bilan de bilan de fonctionnement décrit de façon détaillée les activités exercées par les différents exploitants privés dans le secteur étudié. Elle les situe dans leur environnement géographique, géologique, climatique, hydrologique et hydrogéologique (chapitres 1, 2 et 3).

Compte tenu du contexte local, les auteurs du bilan se sont employés à mettre en évidence les éventuelles relations hydrauliques par groupes de sites après avoir rappelé, au préalable et pour chacun de ces groupes, la situation réglementaire des installations concernées (chapitre 4).

La première partie s'achève par une description détaillée des résidus et déchets d'exploitation (chapitre 5).

## **Partie 2 : Evaluation des impacts**

La deuxième partie analyse les impacts des activités minières uranifères hautes-viennoises dans le secteur étudié, tant en ce qui concerne la sécurité publique (chapitre 6) que la salubrité publique (chapitre 7). L'analyse des impacts prend en compte l'ensemble des risques liés aux exploitations minières et industrielles et des risques d'exposition (eau, air, chaîne alimentaire). Elle se conclue par une évaluation de l'impact sanitaire au regard de la réglementation applicable en la matière (chapitre 8).

**Partie 3 : Mesures prises pour réduire les impacts et à prendre pour en améliorer les connaissances**

Dans cette troisième partie du bilan de fonctionnement, sont présentées les mesures prises pour réduire les impacts des sites miniers uranifères sur l'environnement (chapitre 9). Dans un second temps, AREVA NC propose des actions correctives pour améliorer la surveillance des anciens sites miniers (chapitre 10).

**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 glossaire général, une liste des sigles et abréviations ainsi que des éléments concernant la radioactivité – placé en tête, p. 6, 8 et 9 – a été établi.

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

# 1. PRESENTATION GENERALE DES ACTIVITES MINIERES ET INDUSTRIELLES DU NORD DE LA HAUTE-VIENNE

## 2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le périmètre concerné par ce bilan de fonctionnement couvre l'ensemble des activités minières et industrielles uranifères passées sur la concession de Mailhac-Sur-Benaize, au Nord du département de la Haute-Vienne.

Ces activités sont regroupées sur un seul secteur couvrant les communes de CROMAC, JOUAC, MAILHAC-SUR-BENAIZE et SAINT-LEGER-MAGNAZEIX.

Cette concession comporte : 5 sites miniers uranifères, une ancienne usine de traitement dynamique, une ancienne aire expérimentale de lixiviation statique du minerai et un stockage de résidus de traitement du minerai et de produits de démolition de l'usine.

## 2.2. HISTORIQUE [1]

Le Nord du département de la Haute-Vienne a vu l'exploitation, de 1978 à 2002, d'un ensemble de gisements uranifères granitiques qui ont produit 7 757 tonnes d'uranium métal à partir de 1 486 482 tonnes de minerai d'une teneur moyenne de 5,2 ‰ (5,2 kg d'uranium par tonne). L'exploitation du minerai s'est faite :

- par mines à ciel ouvert pour les sites des Loges, des Masgrimauds et de la Cote Moreau,
- par travaux miniers souterrains pour le site de Piegut,
- et par les deux techniques sur le site du Benardan.

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

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

*Groupe PECHINEY et TOTAL :*

- 1955 : Les Chambres de Commerce et de l'Industrie du Massif Central créent la Société Centrale de l'Uranium et des Minerais et Métaux Radioactifs (SCUMRA).
- 1957 : Créée en 1916, la Société des Charbonnage de Dong-Trieu prend le nom de Compagnie Minière et Métallurgique de l'Indochine (CMMI).
- 1973 : La CMMI passe sous le contrôle du groupe Schneider et devient la Compagnie Minière de Dong-Trieu (CMDT).
- 1974 : Pechiney-Ugine-Kuhlmann (PUK) procède à l'acquisition de la SCUMRA.
- 1976 : PUK et TOTAL mettent en commun, à parts égales, leurs moyens « uranium » disponibles et créent MINATOME SA.
- 1983 : TOTAL rachète les 50 % de PUK dans MINATOME SA et devient TOTAL Compagnie Minière (TCM). TOTAL se porte acquéreur de la CMDT.

1986 : Après la fusion de la SCUMRA et de la CMDT, est créée TOTAL Compagnie Minière France (TCMF).

1993 : TOTAL cède ses actifs uranium à COGEMA. La filiale Société des Mines de Jouac (SMJ) est créée.

**Groupe IMETAL :**

1955 : Création par le CEA, le Nickel et Peñarroya, Péchiney, Kuhlmann, Huaran et Rotshild, de la Compagnie Française des Minerais d'Uranium (CFMU).

Création de la Compagnie Française de Mokta (MOKTA), partenaire de la CFMU dans l'uranium.

1956 : La Société des Mines de Bitume et d'Asphalte du Centre (SMAC) entreprend des travaux de prospections uranifères.

1960 : La SMAC forme avec la CFMU un syndicat de recherche transformé en Société Minière de l'Uranium du Centre (SMUC).

1971 : Le Nickel et Peñarroya s'unissent dans un holding IMETAL et absorbe MOKTA.

1981 : IMETAL transforme la CFMU en Compagnie Française de Mokta (CFM).

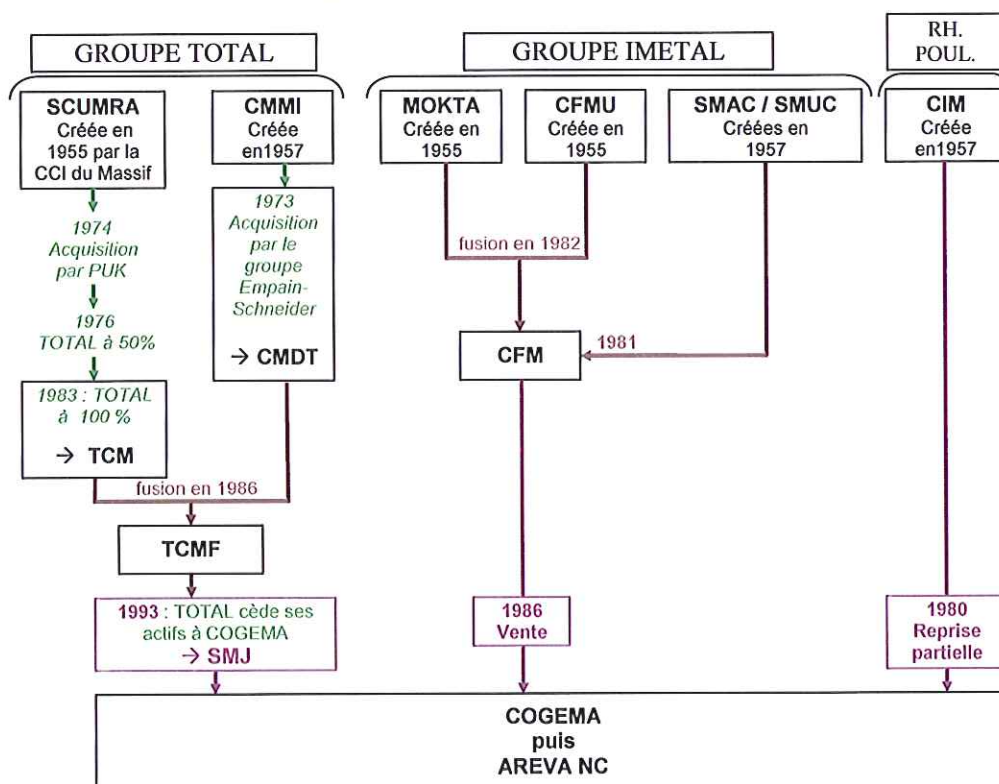
1986 : Vente de CFM à COGEMA.

**Groupe RHONE-POULENC :**

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

1980 : COGEMA a repris le portefeuille minier de la CIM.

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



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

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

Depuis 2005, le suivi environnemental des sites est assuré par le CESAAM (Centre d'Etude et de Suivi des Anciennes Activités Minières) situé à Bessines-sur-Gartempe (87).

L'exploitation minière dans le Nord de la Haute-Vienne a été réalisée par la Compagnie Minière de Dong-Trieu puis reprise par la Société des Mines de Jouac.

## 2. PRESENTATION GENERALE DE L'ENVIRONNEMENT DES SITES

### 2.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE [2] et [3] (plan n°3 et annexe 5.2)

Le secteur exploité dans le Nord de la Haute-Vienne est situé dans la chaîne granitique de la Marche occidentale caractérisée par les granites à deux micas. La dislocation de la Marche constitue l'élément structural majeur de la région concernée. Elle est synchrone avec la mise en place des granites qu'elle met en contact, au Nord, avec les gneiss et micaschistes du Plateau d'Aigurande.

C'est dans cet environnement proche de la dislocation de la Marche qu'ont été exploités les principaux gisements uranifères de la concession de Mailhac-Sur-Benaize.

#### 2.1.1. Géologie des terrains uranifères

Localisé au Sud de la dislocation de la Marche, le domaine granitique de la Marche occidentale se présente sous la forme de plusieurs faciès. Le faciès dominant, d'âge Westphalien (315 à 325 MA) et dont les teneurs en uranium étaient économiquement exploitables, est constitué par des granites à deux micas à grain moyen dont les proportions de biotite et de muscovite varient en fonction des secteurs. On rencontre ainsi des granites pauvres en biotite et à dominante de muscovite, très leucocrate et des granites plus riches en biotite présentant des textures porphyroïdes plus fréquentes.

Au Nord de la faille de la Marche, les terrains métamorphiques du Plateau d'Aigurande sont constitués de gneiss et de micaschistes.

La plupart des gisements est située dans les granites à deux micas dans des colonnes de granites ayant perdu leur quartz par altération hydrothermale (les épi-syénites). Seul un gisement (Piégut) est situé dans l'encaissant métamorphique.

Une carte géologique et structurale simplifiée sur fond IGN est présentée en annexe 5.2.

#### 2.1.2. Tectonique

Le contact entre les deux entités géologiques présentées ci-dessus se fait principalement par l'accident majeur constitué par la zone de cisaillement de la Marche, orientée N 120°E. Celle-ci a fonctionné en deux temps : la première période a abouti à la formation de mylonite puis la seconde période correspond une phase de fracturation. Plusieurs failles conjuguées d'orientation N 65°E à N 90°E, ou N 150°E sont associées à cette faille majeure.

#### 2.1.3. Caractéristiques de la minéralisation

Les minéralisations uranifères au sein ces massifs granitiques sont localisées principalement au sein des colonnes d'épi-syénites. En effet, les faciès renferment de l'uranium facilement remobilisable. Les solutions minéralisées ont emprunté le même réseau de fractures que celui responsable de la formation des épi-syénites. Ces solutions après imprégnation dans la roche ont déposé l'uranium au sein des pores formés par le lessivage du quartz.



Les minéralisations observées sont constituées principalement par de la pechblende, des produits noirs souvent associés à des sulfures de fer. Il est également possible de trouver de l'autunite et des gummites en surface et dans les niveaux supérieurs.

La teneur des minerais extraits est comprise entre 2,04 ‰ et 15,1 ‰ pour une teneur moyenne de 5,2 ‰.

#### 2.1.4. Fond radiométrique régional

L'ordre de grandeur du fond radiométrique régional est compris entre 100 et 150 chocs/s SPP2, avec localement des valeurs plus élevées correspondant aux indices uranifères de surface (cf. annexe 5.2).

## 2.2. ENVIRONNEMENTS PAYSAGERS ET DEMOGRAPHIQUES [4]

Le cadre régional est caractérisé par une différenciation progressive du paysage du Nord vers le Sud, conséquence de l'étagement du relief (voir figure 1).

Le secteur concerné du Nord de la Haute-Vienne est caractérisé par des paysages peu vallonnés (altitude comprise entre 200 m et 400 m) entaillés par la vallée de la Benaize, qui présente des pentes boisées. La majorité des terrains est destinée à l'élevage à dominante bovin et ovin.

Globalement, la population des communes concernées par ce bilan (Jouac, Cromac, Mailhac-Su-Benaize et Saint-Léger-Magnazeix) est vieillissante : elle comptait 1402 habitants en 1999, et 1517 habitants en 1990 (Source : INSEE – Statistiques Locales).

## 2.3. CONTEXTE CLIMATIQUE

L'ensemble des plateaux de l'ouest du Limousin jouit d'un régime océanique modulé par le relief (voir figure 1) et subit l'influence des courants climatiques de l'Atlantique. Sur le département de la Haute Vienne, le climat est caractérisé par :

- une atténuation des extrêmes (coups de froid passagers et de faible durée),
- des précipitations étalées toute l'année avec des fluctuations saisonnières,
- une prédominance des pluies d'automne et d'hiver,
- des pluies rarement fortes, mais durables.

### 2.3.1. Pluviométrie [4]

La pluviométrie du Limousin est dépendante du relief. Ainsi, le Nord du département de la Haute-Vienne présente les précipitations moyennes souvent comprises entre 800 et 900 mm/an.

A titre indicatif, dans l'étude d'ARCADIS sur le site du Bernardan [5] de 2004, une modélisation hydrologique régionale à l'échelle du bassin versant de la Benaize à Jouac a permis l'établissement d'un bilan hydrique. Les résultats obtenus sont les suivants :

Sur les 906 mm de précipitation moyenne :

- 546 mm (62%) sont évapotranspirés,
- 326 mm (36%) sont ruisselés et donc recueillis par les cours d'eau,
- 16 mm (2%) sont infiltrés et alimentent la nappe contenue dans les arènes,
- soit 342 mm (38%) de pluie efficace.

### 2.3.2. Températures [4]

Les températures du Limousin s'étagent en fonction du relief. Le Nord du département de la Haute-Vienne présente les températures moyennes comprises entre 10 et 11°C.

### 2.3.3. Vents

Les vents dominants du Limousin proviennent majoritairement du Sud-Ouest, du Nord et du Nord-Est et enfin du Sud-Est. De force en général plus faible de juin à octobre, ils sont plus forts de février à avril. Les moyennes recensées font état d'une vitesse des vents de  $3 \text{ m.s}^{-1}$  en moyenne annuelle. Les vents les plus violents ( $> 8 \text{ m.s}^{-1}$ ) soufflent en été ou en hiver, liés à des tempêtes ou des orages, et se produisent surtout dans la direction S-W.

## 2.4. CONTEXTE HYDROLOGIQUE

### 2.4.1. Bassins versants

Les gisements exploités sont répartis sur le bassin versant de la Benaize d'une surface totale de  $582 \text{ km}^2$  (figure 2). Seul le tronçon situé entre Mailhac-Sur-Benaize et Saint-Martin-le-Mault est concerné par les exploitations minières (4 sites). Ce tronçon est alimenté notamment, de l'amont vers l'aval, par les ruisseaux de Chaume, Le Riaubrigand et Le Rigeallet.

La rivière L'Asse, affluent rive gauche de La Benaize (confluence situé à La Trimouille (Vienne)), est également concernée par une exploitation minière au niveau de la commune de Saint-Léger-Magnazeix.

### 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 effectués à des stations hydrométriques. Sur le secteur concerné, les données sont fournies pour la rivière La Benaize, par une station localisé à Jouac, en aval hydraulique des sites miniers. Il n'existe pas de station pour la rivière l'Asse.

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

Bassin versant	Localisation	Surface du BV $\text{km}^2$	Débits moyens $\text{m}^3/\text{s}$	Débits d'étiage		Crues		Débits maxi. journaliers $\text{m}^3/\text{s}$	Débits maxi. instantanés $\text{m}^3/\text{s}$
				QMNA2 $\text{m}^3/\text{s}$	QMNA5 $\text{m}^3/\text{s}$	QIX biennal $\text{m}^3/\text{s}$	QIX décennal $\text{m}^3/\text{s}$		
Benaize	Jouac (87)	190	2,00	0,130	0,067	39,0	74,0	60,0	79,4*

\* valeurs estimées (mesurée ou reconstituée) que la DIREN juge incertaine.

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

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

### 2.4.3. Utilisation des eaux

#### Production d'hydroélectricité :

Aucun barrage destiné à la production d'hydroélectricité n'a été repéré sur le cours de La Benaize et de l'Asse.

#### Alimentation en eau potable :

En Haute-Vienne, la plupart des communes gèrent indépendamment leur alimentation en eau potable à partir de captages de sources de la nappe superficielle des altérites (arène granitique).

Pour les communes concernées par ce bilan de fonctionnement, leur système d'alimentation est présenté dans le tableau suivant et sur le plan n°4, à partir des données obtenues à la DDASS de la Haute-Vienne en 2006 :

Commune	Sites miniers présents sur la commune	Unité de distribution	Sources ou captages	Situation du captage par rapport aux sites miniers
Mailhac-Sur-Benaize	Masgrimauds	Mailhac-Sur-Benaize Les Grands Chezeaux (680 habitants)	Plantedit	en amont hydraulique du site de Masgrimauds
Cromac	Piégut La Cote Moreau	Cromac (250 habitants)	Gorces Ouvertes	en amont hydraulique des sites de Piégut et de la Cote Moreau
		<i>Pour information : Nord de la commune de Cromac :</i> Saint-Georges-les-Landes (332 habitants)	Bantard	sites miniers en dehors de la zone d'alimentation de ce captage
Jouac	Le Bernardan	Jouac (224 habitants)	Les Sablons	sites miniers en dehors de la zone d'alimentation de ce captage
Saint-Léger-Magnazeix	Les Loges	Petites Magnelles Saint-Léger-Magnazeix (300 habitants)	Gartempe Moulin de Coulerolles	sites miniers en dehors de la zone d'alimentation de ce captage
		Saint-Léger-Magnazeix (252 habitants)	La Roche 1 et 2	sites miniers en dehors de la zone d'alimentation de ce captage
<i>Pour information :</i> Saint-Martin-le-Mault Lussac-les-Eglises	Pas de sites miniers sur ces communes mais à proximité du site du Bernardan	Saint-Martin-le-Mault (90 habitants)  Lussac-les-Eglises (700 habitants)	Le Couret 1 et 2	sites miniers en dehors de la zone d'alimentation de ce captage

Les cinq sites miniers du Nord de la Haute-Vienne sont localisés hors des zones d'alimentation des captages d'alimentation en eau potable présents sur le secteur.

### *Assainissement :*

La grande difficulté de l'assainissement en milieu rural est la dispersion de la population en de nombreux hameaux qui ne comprennent que 20 à 30 personnes le plus souvent. Toutes les habitations ne peuvent donc être raccordées au réseau, du fait de leur implantation. Le taux de collecte varie de 30 à 70 % en Haute-Vienne, pour une moyenne de 55 % (DDASS, 1991). En 2003, la situation de l'assainissement collectif concerne près des  $\frac{3}{4}$  de la population de la Haute Vienne (70% des communes de moins de 200 éq hab sont équipées). D'autres facteurs limitant l'efficacité de l'assainissement sont les branchements erronés sur le réseau d'eau pluviale, et les pertes par défauts d'étanchéité ou par les déversoirs d'orage.

Les stations d'épuration de plus de 3 000 éq hab traitent en général des effluents industriels à pollution organique (abattoirs par exemple), en plus des eaux usées communales. Lorsque cette part industrielle est prépondérante, la station doit subir des variations de charge sensibles, nuisant aux rendements épuratoires.

L'évolution actuelle de l'assainissement comprend :

- l'équipement en stations d'épuration ou l'amélioration des stations existantes pour les agglomérations de plus de 2 000 habitants, rendue obligatoire avant la date limite du 31 décembre 2005 par une directive européenne,
- une évolution vers l'assainissement autonome pour les nouvelles constructions. Depuis 1982, 80 % des constructions individuelles en zone rurale sont assainies de cette façon (DDASS, 1991),
- l'équipement progressif des hameaux isolés, limité par le nombre important des unités à mettre en place et par leur coût.

### *Le tourisme et les loisirs :*

La faible densité de population du milieu rural, le relatif isolement, et la beauté simple de ses paysages donnent au tourisme limousin une certaine spécificité, correspondant à un tourisme familial ou de groupe dont l'attraction est liée à la pratique d'activités proches de la nature (tourisme dit « vert »).

Les activités touristiques qui s'y pratiquent sont les randonnées pédestres, équestres, VTT, ... mais aussi la pêche compte tenu de l'importance du réseau hydrographique. De ce fait, la vallée de la Benaize est très prisée. La base de loisirs du lac de Mondon (activités de pêche, ballades en barques) et l'étang de Murat (parc ornithologique) constitue l'un des principaux sites attractifs du secteur concerné par ce bilan.

La capacité d'hébergement touristique du département de la Haute-Vienne 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 et chambres d'hôtes),
- des terrains de camping.

## 2.5. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Deux types d'aquifères peuvent être rencontrés :

- les aquifères superficiels, dans la zone arénisée, dont l'épaisseur peut dépasser une dizaine de mètres sur les plateaux, où les eaux vont s'accumuler. Ces aquifères constituent des « poches » au niveau des interfluves, appelées « nappes d'arènes ». Elles sont souvent isolées et d'extension limitée, exploitées par des puits fermiers creusés jusqu'au substratum,
- les aquifères profonds 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.

Dans ce type d'environnement, les surfaces piézométriques suivent globalement la topographie avec des écoulements, à valeur de perméabilité uniforme, conformes à la pente de ces niveaux piézométriques. Ces niveaux affleurent au niveau des sources qui correspondent en général à l'intersection de l'interface granite – arène ou fractures ou discontinuité pétrographique avec la surface topographique.

### 3. L'EXPLOITATION MINIÈRE ET LE TRAITEMENT DES MINÉRAIS

#### 3.1. LES MÉTHODES 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.

##### 3.1.1. Exploitation à ciel ouvert

Quatre des gisements rencontrés sur le secteur ont été exploités par mines à ciel ayant conduit à la production de plusieurs millions de tonnes brutes (6,2 Mt pour le Bernardan, 1,1Mt pour les Masgrimauds, 0,6 Mt pour La Cote Moreau et 3,7 Mt pour Les Loges).

Suivant l'importance de l'excavation, deux méthodes d'exploitation ont été retenues :

- l'exploitation sur la surface totale du projet par gradins de 8 mètres de hauteur, inclinés de 60 à 75°, avec des largeurs de banquettes d'environ 3 m. Le profil moyen des MCO est de 42 à 48°. Un prédécoupage des parements a permis une coupe franche de l'ensemble des parements des mines à ciel ouvert (Les Loges, Masgrimauds et La Cote Moreau)
- l'exploitation sur la surface totale du projet par gradins de 10 à 14 mètres de hauteur, inclinés à 75°, avec une largeur de banquette de 9 m entre les gradins, correspondant à la piste d'accès en colimaçon (pente 10 à 13°). La pente moyenne de la fosse est de 45 à 50°. Un prédécoupage des parements a permis une coupe franche de l'ensemble des parements de la mine à ciel ouvert (Le Bernardan).

Les zones minéralisées étaient délimitées par mesures de la radioactivité dans les trous de tir d'abattage. Après le tir, un contrôle radiométrique était fait au chargement des camions, suivi d'un contrôle en sortie de fosse par portique équipé d'un scintillomètre pour un tri des minerais selon leurs teneurs.

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

##### 3.1.2. Exploitation souterraine

Deux des sites miniers du Nord de la Haute-Vienne ont conduit à une exploitation du gisement en souterrain, de taille variable (Le Bernardan et Piégut).

###### Site de Piégut :

L'infrastructure d'accès aux travaux souterrains était constituée d'une descenderie de 12 m<sup>2</sup> de section et de 15 % de pente, qui progressait de façon à déverrouiller les tranches au fur et mesure de l'exploitation.

L'exploitation des tranches a été conduite de la manière suivante :

- les 2 premières tranches (cote -10 à -16) ont été exploitées en tranches descendantes sous dalle béton puis totalement remblayées par des stériles miniers et clavées avec du sable de carrière.

- les 7 tranches suivantes (cote -16 à -29) ont été exploitées par la méthode « descendant foudroyé » : après coulage d'une dalle béton, les cadre en bois de soutien de la dalle supérieur sont torpillés et un autorembayage est constitué par l'affaissement de la dalle supérieure, l'enchevêtrement des cadres et le délitement des parements.
- les 13 dernières tranches (cote -29 à -65) ont été exploitées par la méthode « tranches descendantes sous dalle béton (épaisseur : 1,5 m).
- reprise par tranchée depuis la surface de la partie sud jusqu'en tête de tranche 2 avec mise en place d'un plancher en fond de fosse et remblayage intégral avec des stériles de descenderie.

#### Site du Bernardan (figure 3 et 4) :

L'accès au gisement s'effectuait par descenderie de 20 m<sup>2</sup> de section pentée à 15 % reliant la surface (niveau 250) aux différents amas jusqu'au niveau -16.

Le gisement a été exploité selon la méthode des tranches descendantes sous remblai béton et pour certains amas plus modestes par chambres vides soutirées.

Afin de réduire les coûts engendrés par le remblai intégral, des remblais partiels ont été adoptés :

- remblai partiel en filon (largeur de chantier inférieure à 10 m) avec remblai limité aux épontes,
- remblai partiel en amas avec un taux de remplissage de l'ordre de 80 %.

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

### 3.2. LE TRAITEMENT DU MINERAI

Les activités minières de la concession de Mailhac-Sur-Benaize se sont déroulées de 1978 à 2001. La totalité du minerai extrait sur les cinq sites a été acheminée et traitée à l'usine de traitement dynamique du Bernardan à Jouac.

*Remarque :* Des installations expérimentales de traitement statique du minerai avaient été mises en place sur le site du Bernardan.

Le tableau suivant présente les origines du minerai traité à l'usine du Bernardan.

Origine du minerai	Tonnage (t)
MCO Bernardan	340 658
MCO Masgrimauds	64 549
MCO Cote Moreau	18 543
TMS Piégut	78 017
MCO Les Loges	187 916
MCO Gouzon	102 850
MCO La Ribière	7 096
TMS Bernardan	810 371
Divers SMJ (Lixi. digues, boues et curages Bernardan)	57 659
Résines Bertholène	/
Boues Bertholène	1 034
Minerais COGEMA	92 379
Résines Lodève	/
<b>TOTAL</b>	<b>1 761 072</b>

Le procédé de traitement dynamique décrit ci-dessous concerne l'usine du Bernardan. Il consistait en une attaque acide, en cuves agitées, du minerai broyé à environ 500 µm, suivie d'une extraction par solvant et d'une réextraction par saumure de l'uranium des jus d'attaque. A partir de la saumure uranisée, on précipitait le diuranate de magnésie, qui était filtré, séché et enfûté. Les différentes étapes du traitement se déroulaient comme suit (figure 5) :

#### *Préparation mécanique :*

Le minerai tout-venant subissait différentes étapes de concassage, débouillage et criblage jusqu'à obtention d'une granulométrie variant autour de 500 µm en fonction de la nature du minerai tout-venant.

#### *Attaque acide et filtration :*

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

#### *Purification par solvant :*

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

#### *Traitement des effluents :*

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



## 4. PRESENTATION DES SITES MINIERES

### 4.1. GENERALITES

Le Nord de la Haute-Vienne comprend cinq sites miniers de taille variable. Ils correspondent à des mines à ciel ouvert de taille variable (diamètre compris entre 100 et 240 m) (sites des Loges, La Cote Moreau et Masgrimauds) et à une mine souterraine pour le site de Piégut. Le site le plus important est celui du Bernardan qui comprenait une mine à ciel ouvert d'environ 270 m de diamètre et un important réseau d'exploitation en souterrain (près de 8 km de galeries).

L'emprise des terrains concernés par les sites miniers du Nord de la Haute-Vienne représente une surface totale d'environ 240 ha (plus de 800 ha pour la Division Minière de la Crouzille). Ces sites miniers ont été exploités à l'intérieur de la concession de Mailhac-Sur-Benaize, accordée par décret du 24 février 1970 (JO du 1<sup>er</sup> mars 1970), au profit de la Société Française Immobilière et Minière de Dong-Trieu. Cette concession a été mutée par décret du 12 août 1976 au profit de la Compagnie Minière de Dong-Trieu, puis par procès-verbal du 12 octobre 1993 à la Société des Mines de Jouac. Son échéance est prévue le 31/12/2018.

Afin d'établir ce bilan de fonctionnement des sites miniers du Nord de la Haute-Vienne, le système de documents établi pour le Bilan Décennal Environnemental des sites de l'ancienne Division Minière de la Crouzille a été repris. Ont été définis préalablement aux travaux :

*La notion de chantier :*

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

*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), au titre de la Police des Mines.

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

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 300 à 304.

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

Des planches photographiques historiques, ou prises au cours des visites effectuées au mois de juillet 2008, 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. Un zoom cartographique replaçant les sites dans leur environnement proche est présenté en annexe 3. Ces zooms dont l'emprise est illustrée sur le plan n°3, ont été réalisés sur fonds IGN géoréférencés à partir de cartes détaillées d'exploitation et de fonds topographiques précis.

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

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

## 4.2. CONTEXTE REGLEMENTAIRE

### 4.2.1. Titres miniers

Les travaux et installations d'extraction de minerais d'uranium relèvent du Code Minier.

Le Code Minier a pour but de permettre l'extraction de substances minérales stratégiques renfermées dans le sous-sol, sans qu'il soit nécessaire d'obtenir l'accord du propriétaire du sol.

Une mine se définit comme un gîte reconnu pour contenir une substance concessible, indépendamment de la méthode d'extraction ; ainsi, il existe des mines souterraines et des mines à ciel ouvert.

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

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

Toutefois, depuis la loi n° 77-620 du 16 juin 1977, la durée d'une concession a été limitée à cinquante ans, avec possibilité de prolongations successives, chacune d'une durée inférieure ou égale à vingt-cinq ans. L'article 7 de la loi n° 94-588 du 15 juillet 1994 (codifié aux alinéas III et IV de l'article 29 du Code Minier) précise que les concessions qui ont été octroyées avant 1977 et dont la durée était illimitée, expireront le 31 décembre 2018.

Les ouvertures des travaux miniers de la concession de Mailhac-Sur-Benaize ont été autorisées conformément à la législation minière par arrêtés préfectoraux et soumises à une surveillance administrative spécifique pendant l'exécution des travaux.

#### 4.2.2. Réglementations européennes et nationales

La réglementation dans les domaines de la santé et de l'environnement provient la plupart du temps de la transcription en droit français des directives européennes, notamment en ce qui concerne la radioprotection. Elle s'appuie essentiellement sur deux codes qui rassemblent les principaux textes de lois applicables à ces problématiques, à savoir :

- le Code de la Santé Publique,
- le Code de l'Environnement qui définit notamment les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) et leurs modalités de surveillance.

Pour ce qui est des activités particulières aux mines, elles sont régies par le Code Minier complété par le Règlement Général des Industries Extractives (Décret n°80-331 du 7 Mai 1980 modifié).

Dans le cas particulier des sites miniers réaménagés du Nord de la Haute-Vienne, il faut appréhender de manière différente les sites sur lesquels sont stockés des résidus de traitement de minerais d'uranium (Le Bernardan), et les sites miniers classiques. En effet, les premiers sont des Installations Classées alors que les seconds relèvent de la Police des Mines.

#### Réglementation afférente aux sites de stockage de résidus de traitement

La Loi n°76-663 du 19 Juillet 1976, codifiée au Titre 1<sup>er</sup> du Livre V (Articles L.511-1 à L.517-2) du Code de l'Environnement, définit et régit les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement. Au sens de cette loi, 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* ».

Sont soumises à autorisation préfectorale les installations qui présentent de graves dangers ou inconvénients pour les intérêts précédemment énumérés ; sont soumises à déclaration les installations qui, 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.

Le site de stockage des résidus de traitement du Bernardan a donc été classé à la rubrique 1735 de la nomenclature des ICPE « *Substances radioactives (dépôt, entreposage ou stockage de) sous forme de résidus solides de minerai d'uranium, de thorium ou de radium, ainsi que leurs produits de traitement ne contenant pas d'uranium enrichi en isotope 235 et dont la quantité totale est supérieure à 1 tonne* ») qui, aux termes de l'article 44 du décret du 21 septembre 1977, est constituée par la nomenclature résultant du décret du 20 mai 1953 modifié.

## Réglementation applicable aux sites miniers

Dès que l'autorisation d'ouvrir les travaux est accordée, la police spéciale des mines s'applique. La surveillance administrative est exercée par le Préfet sur l'ensemble des travaux et installations situés dans son département.

Lors de l'arrêt de l'exploitation, pour des raisons économiques ou d'épuisement des réserves, l'exploitant adresse au Préfet une déclaration d'arrêt définitif des travaux miniers et d'utilisation des installations de surface qui y sont liées.

Cette déclaration doit satisfaire aux dispositions des Articles 91 et 93 du Code Minier et de l'Article 44 du Décret du 9 mars 1995 modifié.

**L'article 91 du Code Minier** précise que « *les déclarations prévues par la procédure d'arrêt des travaux miniers* » (qui fusionne les deux anciennes procédures de délaissement des travaux et d'abandon des travaux) « *doivent être faites au plus tard au terme de la validité du titre 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 1er de la Loi n°76-629 du 10 Juillet 1976 relative à la protection de la nature
- les intérêts énumérés par les dispositions de l'article 2 de la Loi n°92-3 du 3 Janvier 1992 sur l'eau (Code de l'Environnement : Article L.211-1)
- les intérêts agricoles des sites et des lieux affectés par les travaux et par les installations afférents à l'exploitation.

L'article 1<sup>er</sup> de la Loi n°76-629 du 10 Juillet 1976 relative à la protection de la nature suscite précise que « *la protection des espaces naturels et des paysages, la préservation des espèces animales et végétales, le maintien des équilibres biologiques auxquels ils participent et la protection des ressources naturelles contre toutes les causes de dégradation qui les menacent sont d'intérêt général* ».

L'article L.211-1 du Code de l'Environnement reprenant l'article 2 de la Loi n°92-3 du 3 Janvier 1992 sur l'eau suscite 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...)

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

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.

**L'Article 44 du Décret n°95-696 du 9 mai 1995 modifié par le Décret 2001-209 du 6 mars 2001** décrit les documents accompagnant la déclaration d'arrêt des travaux miniers :

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

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

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

Toutefois des mesures peuvent encore être prescrites après ce donné acte lorsque des événements imputables aux anciens travaux miniers compromettent les intérêts mentionnés à l'Article 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.

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) sur lequel s'appuient actuellement les Arrêtés Préfectoraux prescrivant la surveillance radiologique des sites miniers réaménagés de la concession de Mailhac-Sur-Benaize.

### Réglementation concernant la radioprotection

Les textes fondamentaux en matière de radioprotection sont les articles L.1333-1 à 20 et R.43-1 à 49 du Code de la Santé Publique ainsi que le Décret n°66-450 relatif aux principes généraux de protection contre les rayonnements ionisants, modifié par le Décret n°88-521 du 18 avril 1988, puis abrogé par le Décret n°2002-460 du 4 Avril 2002 relatif à la protection générale des personnes contre les rayonnements ionisants. Ce dernier, transcription 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.

Ce décret 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* » (Article L.1333-1, Articles L 1333-20 et R 1333-1 à R1333-93 du Code de la Santé Publique).

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

#### 4.2.3. Arrêtés préfectoraux

Les réglementations édictées au niveau européen ou national sont ensuite appliquées à l'échelle locale par l'intermédiaire d'arrêtés préfectoraux.

Ces arrêtés préfectoraux peuvent varier en fonction de la nature du site concerné (site avec ou sans résidus de traitement). Cependant, ils possèdent de nombreux points communs, notamment concernant les mesures prescrites en matière de contrôle des rejets et de surveillance de l'environnement.

Comme indiqué au paragraphe précédent, les arrêtés préfectoraux s'appliquant actuellement aux sites du Nord de la Haute-Vienne suivent les prescriptions du Décret n°90-222 qui constitue la seconde partie, relative à la protection de l'environnement, du titre Rayonnements ionisants du Règlement Général des Industries Extractives (RGIE).

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

Cette disposition renforce et complète celles prévues par le Code Minier quant aux procédures d'arrêt des travaux. Elle a donc présidé, à la définition de la méthode retenue par les exploitants privés pour le réaménagement des anciennes mines.

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 :

- 3 700 Bq/m<sup>3</sup> pour le radium 226 insoluble,
- 1 800 mg/m<sup>3</sup> pour l'uranium 238 soluble,
- pour le radium 226 soluble :
  - 370 Bq/m<sup>3</sup> si l'eau doit être traitée, c'est-à-dire si l'eau brute a une concentration en radium 226 soluble supérieure à 740 Bq/m<sup>3</sup>,
  - 740 Bq/m<sup>3</sup> si la concentration en radium 226 soluble de l'eau brute est inférieure à 740 Bq/m<sup>3</sup> et si la dilution du rejet par le cours d'eau récepteur est supérieure à 5.

#### 4.2.4. Situation réglementaire des sites et installations arrêtées

La situation administrative, au regard des procédures d'arrêt définitif des travaux miniers ou des cessations d'activités industrielles, est résumée dans le tableau suivant :

SITE	NATURE DES TRAVAUX	PERIODE D'EXPLOITATION	NATURE DU DOSSIER	DATE D'ENVOI	DONNER ACTE date de l'AP	AP (a) Arrêt des contrôles (c) Arrêté complémentaire
Le Bernardan	MCO	1978 - 1987	Arrêt définitif	18/02/2001	17/10/2001	03/06/2003 (c) 11/04/2006 (c)
	TMS	1983 - 2001				
	Usine	1979 - 2001	Cessation d'activité	12/10/2001	21/05/2002	/
Les Loges	MCO	1985 - 1998	Arrêt définitif	04/02/2003 complété le 03/10/2003	01/04/2004	13/05/2004 (c)
Piégut	TMS	1979 - 1985	Arrêt définitif	10/07/2003	08/01/2004	/
La Cote Moreau	MCO	1980 - 1982	Arrêt définitif	08/02/2000	22/08/2000	/
Masgrimauds	MCO	1982 - 1986	Arrêt définitif	02/02/2000	22/08/2000	

#### 4.3. SITES MINIERS 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. Les bassins versants concernés sont ceux de la Benaize et de son affluent l'Asse.

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

- Eaux de surverse gravitaire après noyage de mines à ciel ouvert ou de travaux miniers souterrains. Leurs points d'exutoire sont créés par :
  - la surverse du plan d'eau constituée par une mine à ciel ouvert isolée (La Cote Moreau, Les Masgrimauds et Les Loges).  
*Remarque : La mine à ciel ouvert du Bernardan est en cours de remplissage.*
  - une émergence au niveau d'un ouvrage de liaison fond-jour de type puits, entrée de descenderie ou de travers-banc, forage, situé au point bas topographique du site (Piégut).
- Eaux de ruissellement avec un point de rejet identifié. Ces eaux peuvent éventuellement s'infiltrer dans les remblais stériles ou les résidus de traitement et réapparaître sous forme de sources de pied de verses. Dans le cas du stockage de résidus du Bernardan, ces eaux ont été drainées pour être traitées.
- Eaux de ruissellement ou écoulements souterrains avec points de rejets non identifiés. Leur impact est jugé potentiel. (Le Bernardan, Piégut, Les Masgrimauds, Les Loges)

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, peut être résumée dans le tableau suivant (figure 2):

Cours d'eau principaux	Cours d'eau secondaires	Plans d'eau	Sites	Type d'écoulement
La Benaize	Ruisseau de Chaume	Aucun	Masgrimauds	Potentiel
	Aucun	Etang de Mondon	Masgrimauds	Identifié
	Talweg du Bauget	Aucun	Piégut	Identifié
	Aucun	Aucun	La Cote Moreau	Identifié
	Ruisseau Le Riaubrigand	Etang de Cherbois	Le Bernardan	Potentiel
	Ruisseau du Rigeallet	Etang des Alleux	Le Bernardan	Identifié
L'Asse (affluent de la Benaize)	Talweg des Loges	aucun	Les Loges	Identifié
	Talweg des Cicardières	Plans d'eau des Cicardières	Les Loges	Potentiel
	Aucun	Etang d'Héru	Les Loges	Identifié
	Aucun	Etang de Murat	Les Loges	Identifié
			Le Bernardan	Potentiel

#### 4.4. PRESENTATION DES SITES

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



#### 4.4.1. Complexe minier du Bernardan

→ Fiche 300, annexes 2.1 – 3 – 4.1 et 5

Le complexe minier du Bernardan se trouve à 2,5 km au Sud-Ouest de Jouac. Le paysage environnant correspond à un paysage de bocage, avec quelques bois de moins de 10 hectares.

L'emprise du site couvre une superficie de 192 ha dont 127 ha actuellement clôturés (zone correspondant au stockage de résidus et à la station de traitement). Les activités passées ont été multiples et ont concerné :

- des travaux miniers souterrains et à ciel ouvert de 1978 à 2001.
- l'usine de traitement du minerai de 1979 à 2001.
- le stockage de résidus de traitement du minerai dans quatre cellules après édification d'une digue (1 942 000 tonnes – fiche ANDRA n° LIM 7).

Aujourd'hui, le secteur de l'ancienne usine et le carreau TMS ont été réaménagés en zone d'activités artisanales où deux sociétés occupent les anciens locaux.

Les travaux de réaménagement ont été réalisés de 2001 à 2003 et ont consisté en :

- pour les travaux miniers souterrains, la mise en sécurité des ouvrages de liaisons fond-jour (renforcement de la stabilité des ouvrages et accès définitivement interdit), le remblayage d'une chambre de soutirage, le curage (y compris l'étang du Cherbois) et le remblayage des bassins et enfin le déséquipement complet du carreau.
- pour la mine à ciel ouvert, sa mise en sécurité et son aménagement en plan d'eau avec un fossé de débordement prévu vers le ruisseau du Rigeallet. La MCO est actuellement en cours de noyage.
- pour l'usine de traitement, la mise en sécurité du point de vue radiologique et chimique, avec le démantèlement et la démolition de l'usine, le curage et le remblayage des différents bassins, l'assainissement radiologique des surfaces concernées par les installations (aires de stockage du minerai...). Seuls les anciens bureaux et ateliers ont été conservés.
- pour le stockage des résidus de traitement du minerai et des produits de démolition, la mise en place d'une couverture adaptée (couches de stériles de 2,3 m puis de terre végétale de 20 cm). Une petite zone a été également aménagée en vue de recevoir les boues de traitement des eaux de la station du site.

De plus, une nouvelle station de traitement des eaux du site a été construite en aval hydraulique du site. Elle collecte et traite, si nécessaire, l'ensemble des eaux du site (eaux de ruissellement, eaux de pied de digue et surverse des travaux miniers souterrains) avant leurs rejets dans le ruisseau du Rigeallet, affluent de La Benaize.

Les contrôles à réaliser (eau, air et bioindicateurs) sont fixés par un arrêté préfectoral en date du 17/10/2001. Les résultats sont transmis à la DRIRE trimestriellement et accompagnés d'un bilan annuel.

Un plan compteur après réaménagement (maille 10 × 10 m) a été effectué. Le bruit de fond est compris entre 100 et 150 chocs/s SPP2. Les mesures effectuées sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Zone de mesures	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP2
Stockage de résidus	150 - 600 chocs/s sur les talus (quelques points compris entre 850 et 1500 chocs/s) 120 - 300 chocs/s sur la couverture (deux point mesurés à 900 chocs/s)
Carreau TMS	70 - 350
Secteur des anciens bassins et aire de stockage du minéral	80 - 250
Autour de la MCO	80 - 400
Usine	180 - 480

#### 4.4.2. Site minier des Loges

→ Fiche 301, annexes 2.2 – 3 – 4.2 et 5

Le site minier des Loges se trouve à 4 km à l'Ouest de Mailhac-Sur-Benaize. Le paysage environnant correspond à un paysage de bocage, avec quelques bois et prairies.

Les travaux miniers ont consisté en l'exploitation d'une mine à ciel ouvert et d'une tranchée de reconnaissance (amas des Prés) située à environ 150 m au Nord de la fosse principale, de 1985 à 1989 puis de 1996 à 1998.

Les verses à stériles ont été remodelées avec mise en place d'une piste drainante à mi-pente et reboisement par plantation de robiniers. La tranchée de reconnaissance a été intégralement remblayée. La fosse principale a été conservée pour en faire un plan d'eau, après un confortement préalable du flanc Sud situé à proximité du chemin d'accès de la ferme des Loges. La surverse a été aménagée à la cote 261,14, les eaux sont ensuite canalisées avant leur rejet dans l'Asse, affluent de la Benaize.

Une clôture grillagée avait été posée autour de la MCO, celle-ci a été partiellement retirée par l'actuel propriétaire du site.

Aucun traitement des eaux avant rejet n'est nécessaire, cependant des contrôles, fixés par l'arrêté préfectoral n°04-559 du 01/10/2004, complété par l'arrêté préfectoral n°04-2114 du 15/11/2004, sont effectués au point de surverse des eaux de la fosse en cas de débordement ou dans la fosse, à défaut.

Un plan compteur après réaménagement (maille 20 × 20 m) a été effectué. Le bruit de fond est compris entre 100 et 150 chocs/s SPP2. Les mesures effectuées sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Zone de mesures	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP2
Verse Ouest	entre 150 et 400 chocs/s
Verse Est	entre 120 et 300 chocs/s
Carreau	entre 150 et 400 chocs/s

Deux points présentant des valeurs plus élevées (1200 et 1600 chocs/s SPP2) ont été repérés au Nord de la verse Est.

#### 4.4.3. Site minier de Piégut

→ Fiche 302, annexes 2.3 – 3 – 4.3 et 5

Le site minier de Piégut se trouve à 700 m au Sud-Est de Cromac. Le paysage environnant est vallonné et constitué de bois, prairies, cultures fourragères destinées à l'élevage de bovins.

Les travaux miniers ont consisté en l'exploitation d'une mine souterraine, de 1979 à 1985. L'accès se faisait par une descenderie, qui desservait 22 niveaux de la cote 201 à la cote 127.

Les travaux de réaménagement ont consisté en la mise en sécurité des ouvrages fond-jour (comblement de la descenderie, du puits de recherche et des deux cheminées d'aéragage), le remblayage des deux premiers niveaux par du stérile. Les 7 tranches suivantes ont été bloquées par foudroyage, puis pour les tranches suivantes, la méthode d'exploitation utilisée (défruitage par la méthode sous dalle épaisse) assure une résistance à la compression des terrains. Le remblayage des deux galeries de reconnaissance (N-25 et N-50) a été réalisé avec du béton. Un périmètre de sécurité grillagé a été mis en place entourant la zone à l'aplomb des travaux miniers, englobant l'ancien puits de recherche.

L'entrée de la descenderie a été équipée d'un drain assurant l'équilibre hydrostatique en cas de remontée des eaux dans les travaux après réaménagement. Aucune arrivée d'eau n'est constatée sur le site. Seule une émergence avait été repérée à l'intérieur du périmètre de sécurité en 1992, un drain a été mis en place afin d'évacuer les eaux vers le talweg en aval du site.

Aucun traitement des eaux avant rejet n'est nécessaire. Des contrôles portant sur le vecteur air, fixés par l'arrêté préfectoral n°04-29 du 08/01/2004, sont effectués au village le plus proche (village du Reculais). Ces résultats sont transmis dans un bilan annuel à la DRIRE.

Un plan compteur après réaménagement (maille 10 × 10 m) a été effectué. Le bruit de fond est compris entre 100 et 150 chocs/s SPP2. Les mesures effectuées sont résumées dans le tableau ci-dessous.

<b>Zone de mesures</b>	<b>Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP2</b>
A l'intérieur du périmètre de sécurité (à l'aplomb des TMS)	entre 150 et 600 chocs/s <i>1 point a été mesuré à 1000 chocs/s</i>
Secteur Nord hors périmètre de sécurité (ancien carreau)	entre 200 et 700 chocs/s <i>2 points ont été mesurés à 1300 chocs/s</i>

#### 4.4.4. Site minier de La Cote Moreau

→ Fiche 303, annexes 2.4 – 3 – 4.4 et 5

Le site minier de La Cote Moreau se trouve à 600 m au Nord-Ouest de Cromac. Le paysage environnant est vallonné et constitué de bois, prairies, cultures fourragères destinées à l'élevage de bovins.

Les travaux miniers ont consisté en l'exploitation d'une mine à ciel ouvert principale et d'une autre plus petite situé sur un amas à l'Est de la première, de 1980 à 1982.

La verse à stériles a été remodelée en pente douce puis recouverte par de l'arène et enfin de terre végétale. La mine à ciel ouvert « lentille Est » a été entièrement remblayée par des stériles puis recouverte de terre végétale. La fosse principale a été convertie en plan d'eau après remblayage partiel, création d'un îlot central et d'un merlon formant barrage sur la piste d'accès.

Un double périmètre de protection a été installé : le premier sur la périphérie du site (clôture barbelée) et le second autour de la mine à ciel ouvert (clôture grillagée).

Un canal busé a été mis en place maintenant la surverse du plan d'eau à la cote 194,8. Les eaux sont ensuite redirigées, sans traitement préalable, vers la Benaize.

Des contrôles (eau et air), fixés par l'arrêté préfectoral n°00-365 du 22/08/2000, ont été effectués, pour l'eau, au point de surverse du plan d'eau, dans le plan d'eau et dans la Benaize en aval du site pendant les deux années suivant la parution de l'AP.

Un plan compteur après réaménagement (maille 20 × 20 m) a été effectué. Le bruit de fond est compris entre 100 et 150 chocs/s SPP2. Les mesures effectuées sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Zone de mesures	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP2
MCO « lentille Est »	entre 150 et 260 chocs/s
Carreau et autour de la MCO principale	entre 130 et 300 chocs/s <i>2 points ont été mesurés à 500 chocs/s</i>
Verse à stériles	entre 80 et 300 chocs/s

#### 4.4.5. Site minier des Masgrimauds

→ Fiche 304, annexes 2.5 – 3 – 4.5 et 5

Le site minier des Masgrimauds se trouve à 1 km au Nord-Est de Mailhac-Sur-Benaize. Le paysage environnant correspond à un paysage de bocage, peu vallonné, et constitué de bois, prairies, cultures fourragères destinées à l'élevage de bovins.

Les travaux miniers ont consisté en l'exploitation d'une mine à ciel ouvert principale, de 1982 à 1986. La fosse a été convertie en plan d'eau où se déroulent aujourd'hui des activités de plongée. La verse à stériles a été remodelée en pente douce et le sommet a été écrêté. Un périmètre de sécurité grillagé a été posé autour de la fosse interdisant son accès et un système de clôture a été mis en place autour du site.

La surverse du plan d'eau a été aménagée à la cote 263. Les eaux sont ensuite redirigées, sans traitement préalable, vers la Benaize, via un ruisseau.

Des contrôles (eau et air), fixés par l'arrêté préfectoral n°00-366 du 22/08/2000, ont été effectués, pour l'eau, au point de surverse du plan d'eau, dans le plan d'eau et dans la Benaize en aval du site pendant les deux années suivant la parution de l'AP.

Un plan compteur après réaménagement (maille 20 × 20 m) a été effectué. Le bruit de fond est compris entre 100 et 150 chocs/s SPP2. Les mesures ont été effectuées sur la verse à stériles. Elles sont comprises entre 100 et 260 chocs/s SPP2.

## 5. LES RESIDUS ET DECHETS D'EXPLOITATION

### 5.1. LES STERILES MINIERES

#### 5.1.1. 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.

Dans la pratique, en auréole du minerai ou à l'intérieur même du gisement, il est fréquent de trouver des roches ayant une teneur supérieure à celle des stériles, mais inférieure à une teneur de coupure définie selon les critères économiques du moment. Le tri radiométrique avait pour objet de les extraire séparément, pour éviter de « salir » le minerai. Elles constituent les stériles de « sélectivité ».

La teneur des minerais détermineraient le mode de traitement adapté :

- traitement statique pour les minerais dits « pauvres »,
- traitement dynamique pour les autres minerais.

Concernant les sites de Mailhac-Sur-Benaize, seule la teneur de coupure STERILE-MINERAI était réellement utilisée. On distinguait rarement le minerai pauvre du stérile. D'une manière générale, avant 1996, celle-ci était fixée à 300 ppmU. Après 1996, celles-ci ont évolué en fonction des conditions économiques du moment. Leur ordre de grandeur était de 1000 ppmU, voire plus en cas de conditions économique défavorable.

L'ensemble des stériles ont été mis en verses à proximité des lieux d'extraction ou en remblai dans les MCO et les TMS.

#### 5.1.2. Réaménagement des verses à stériles

Plus de 10,7 millions de tonnes de stériles ont ainsi été extraites et pour la très grande majorité mises en dépôt en verses à proximité des lieux d'extraction. Les stériles extraits par mines à ciel ouvert représentent entre 94% et 97 % du volume total extrait, en fonction de la taille de découverte initiale (rapport minerai/stériles de l'ordre de 1/10). Aucune donnée n'est disponible sur les tonnages de stériles extraits par travaux souterrains : à titre indicatif, pour la Division Minière de la Crouzille, les stériles issus des TMS représentent 12% du volume total, avec un ratio minerai/stériles de l'ordre de 1/1.

De manière générale, les travaux de réaménagement de ces verses ont consisté en :

- un remodelage général des formes afin d'assurer une bonne intégration paysagère,
- une atténuation des pentes pour assurer leur stabilité,
- un apport de terre végétale en fonction des stocks disponibles.

Des mesures radiométriques effectuées au SPP2, après réaménagement, ont été réalisées. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous pour les sites présentant une verse à stériles :

Sites présentant une verse à stériles	Radiométrie (min – max) (au SPP2 en chocs/s)
Les Loges	90 - 1600
La Cote Moreau	75 - 300
Masgrimauds	100 - 370

### 5.1.3. Réutilisation particulière des stériles

S'agissant du risque de dispersion des stériles miniers dans le domaine public, aucune cession, avant et après acquisition de SMJ par COGEMA, n'a eu lieu, cependant, les sites n'étant pas clôturés au début de leur exploitation, des enlèvements par des particuliers, non autorisés par SMJ, ne sont pas à exclure.

## 5.2. LES RESIDUS DE TRAITEMENT

Sur la concession de Mailhac-Sur-Benaize, seul le site du Bernardan a fait l'objet d'un stockage de résidus de traitement du minerai.

Ces résidus proviennent du traitement dynamique de l'usine du site. Ils correspondent :

- aux résidus d'attaque sensu-stricto : ce sont des sables (0 - 500 µm avec un taux d'humidité de l'ordre de 28 %) contenant peu d'uranium (environ 90 à 100 ppm) mais qui présentent encore 75 % de la radioactivité initiale du minerai puisque tous les autres éléments sont encore présents.
- aux boues résultant du traitement des effluents du procédé : ce sont des boues fines ayant un taux d'humidité d'environ 70 %, constituées pour l'essentiel de sulfates de calcium et d'hydroxydes métalliques (fer et aluminium).

Ces résidus étaient essorés sur filtre à bande avant d'être déversés dans les cellules de stockage.

Au total, sur le site du Bernardan, les résidus du traitement dynamique représentent 1 942 000 tonnes répartis dans 4 cellules sur une surface totale d'environ 27 ha. L'activité en radium 226 de ces résidus est de 110,21 TBq, représentant une activité massique de 52,1 kBq par kg de résidu.

Ce stockage (fiche ANDRA n° LIM 7) est soumis à la réglementation relative aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (rubrique 1735) et soumis à un arrêté préfectoral concernant la surveillance de l'environnement (AP n°2002-247 du 21/05/2002).

### Caractérisation des résidus de traitement :

Les résidus de traitement dynamique du Bernardan ont fait l'objet de travaux scientifiques détaillés ([7] et [8]), notamment en ce qui concerne leur caractérisation minéralogique et géochimique.

Les études minéralogiques ont permis de caractériser l'essentiel des phases minérales constitutives des différentes fractions granulométriques :

- l'une est composée notamment de fragments de quartz, feldspaths, micas, zircon, sulfures (pyrite, marcassite, galène,...) et d'oxydes de fer qui sont le reflet de la roche encaissante (granite / gneiss et micaschistes) et de la minéralisation uranifère exploitée et traitée : il s'agit donc de minéraux hérités ou primaires ;
- l'autre correspond à un ensemble de minéraux qui constitue un ciment autour des minéraux hérités ; il s'agit d'une association de gypse, barytine, hydroxydes de fer, smectites et phosphates d'uranium qui se sont formés après le dépôt des résidus : il s'agit de minéraux néoformés ou secondaires.

Les proportions des différentes phases minéralogiques sont les suivantes :

- micas et feldspaths : entre 55 et 78 %
- argiles (dont smectites) : entre 10 et 20 %
- quartz : entre 4 et 11 %
- sulfates et carbonates : entre 6 et 20 %

De plus, la caractérisation géochimique des résidus a permis de mettre en avant un enrichissement notable en Ca et Mg, dû à la nature même du traitement du minerai.

Des analyses sur les radionucléides suivants :  $U_{238}$ ,  $Ra_{226}$ ,  $Pb_{210}$  et  $Th_{230}$  ont été réalisés sur 8 échantillons provenant d'un carottage effectué en 1994. Les résultats sont les suivants :

$U_{238}$ (en Bq/kg)			$Th_{230}$ (en Bq/kg)			$Ra_{226}$ (en Bq/kg)			$Pb_{210}$ (en Bq/kg)		
moy.	mini.	maxi.	moy.	mini.	maxi.	moy.	mini.	maxi.	moy.	mini.	maxi.
1739	410	2180	42182	13820	59750	41358	19800	50900	54982	26160	67570

On note :

- un équilibre entre le Th 230, Ra 226 et Pb 210 non touché par l'attaque acide et témoin de l'équilibre initial des minerais,
- une activité en uranium liée à l'uranium résiduel non extrait (rendement usine de 97,7%).

### 5.3. LES PRODUITS DE DEMANTELEMENT

Une aire de stockage des produits de démantèlement de l'usine du Bernardan a été aménagée en bordure Nord-Est des cellules de stockage de résidus de traitement. La nature de ces produits et les tonnages correspondants sont regroupés dans le tableau suivant :

Nature	Masse (tonnes)	Volume (m <sup>3</sup> )
Béton armé	8 800	6 200
Métal	2 100	7 000
Plastique	300	1 000
Bois	120	480
Caoutchouc	60	200
<b>TOTAL</b>	<b>11 380</b>	<b>14 880</b>

L'activité en radium 226 des produits de démantèlement a été évaluée à 0,4TBq, qui, comparée à l'activité totale des résidus de traitement (110,21TBq), représente 0,36 % de l'activité totale des produits stockés.

Les produits issus du démantèlement de l'usine ont été ensuite recouverts par une couche d'environ 1,5 m de stériles puis par 20 cm de terre végétale.

Une petite zone a été aménagée au dessus de ce stockage pour permettre le stockage des boues de traitement des eaux de la station du site du Bernardan.

## 6. EVALUATION DES IMPACTS EN TERME DE SECURITE PUBLIQUE

### 6.1. INTRODUCTION

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

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

Les risques sont liés à :

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

### 6.2. LES RISQUES LIES AUX TRAVAUX SOUTERRAINS

#### 6.2.1. Les ouvrages de liaison fond-jour

L'inventaire des ouvrages fond-jour a été réalisé sur la base des documents d'archives. Il a mis en évidence 11 ouvrages verticaux et 2 galeries débouchant au jour. La liste est figurée par site dans le tableau suivant :

Sites	Date d'exploitation	Nature de l'ouvrage	Dénomination	Section
Le Bernardan	1978 - 2001	descenderie	/	20 m <sup>2</sup>
		cheminées d'aérage	VA2	Ø 2,4 m
			VA3	Ø 2,4 m
			VASE	Ø 2,4 m
			VA4	Ø 2,4 m
			VA4B	Ø 2,4 m
			issue de secours	Ø 1,8 m
			VAS5	Ø 2,4 m
			VASO	Ø 1,8 m
Piégut	1979 - 1985	descenderie	/	12 m <sup>2</sup>
		puits	/	7,5 m <sup>2</sup>
		cheminées d'aérage	/	Ø 2,0 m
			/	Ø 2,4 m



A titre indicatif, 4 galeries débouchent dans la MCO du Bernardan (VASO1, VASO2, Niveau 212 et Niveau 196). Elles ont été remblayées sur 5 m minimum avec pose d'un drain. Elles sont actuellement noyées.

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

- total des ouvrages verticaux par des stériles miniers et pour certains, avec mise en place d'un bouchon grave-ciment en tête d'ouvrage puis mise en place d'une dalle en béton armé,
- de l'entrée des descenderies par un bouchon de grave ciment de 5 m puis par des stériles miniers, avec pose d'un drain pour maintenir un exutoire contrôlable des eaux.

L'ensemble ces ouvrages sont localisés à l'intérieur des périmètres de sécurité à l'exception de la descenderie du Bernardan. De plus, ils font l'objet d'une auscultation visuelle régulière. Aucun désordre ou anomalie n'a été constaté.

### 6.2.2. Les infrastructures et chantiers souterrains

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

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

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

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

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

- *Les effondrements « classiques »*

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

Si l'on considère un coefficient de foisonnement F et une hauteur de vide H, la hauteur H<sub>1</sub> de terrain susceptible de tomber et de remplir le vide est donnée par la formule :

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

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

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

Dans le rapport d'étude 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 "autorembayage", 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 effondrements en tiroir*

Ils concernent tous les chantiers exploités 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, 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 risques de mouvement de terrains sont donc théoriquement envisageables sur les sites de Piégut et du Bernardan.

Site de Piégut :

78 000 tonnes de minerai ont été extraites du dépilage sur le site de Piégut. Les trois dernières tranches (-81, -84 et -87) sont isolées : elles sont séparées de la tranche supérieure (-65) par un stot de 11 mètres. Compte tenu de la structure lenticulaire de la formation minéralisée dans cette partie du gisement, un glissement en tiroir de ce stot est à exclure. En cas d'éboulement en cloche, le foisonnement des matériaux comblerait intégralement le vide de ces trois dernières tranches.

Ainsi, pour les risques de mouvements de terrains en surface, seul le dépilage jusqu'à la tranche -65 sera considéré, ce qui représente 70 000 tonnes de minerai extrait soit environ 30 000 m<sup>3</sup>.

Une estimation des vides résiduels a été réalisée (cf. figures 7 et 8) :

- dans la relevée 0 / -12 m : il n'existe pas de vides miniers,
- dans la relevée -12 / -29 m : le volume des vides miniers correspond à environ 40 % du dépilage soit 3 350 m<sup>3</sup> (exploitation par la méthode du descendant foudroyé),
- dans la relevée -29 / -65 m : le volume des vides peut être estimé à 60 % soit 10 000 m<sup>3</sup> (exploitation par la méthode descendante sous dalle béton).

La totalité des vides miniers résiduels représente donc environ 13 350 m<sup>3</sup>.

Compte tenu de la structure filonienne de la formation minéralisée, l'hypothèse d'effondrement en tiroir apparaît comme la plus probable. Le scénario le plus pessimiste conduit à un comblement des vides de la partie inférieure du dépilage par les remblais des tranches supérieures. Dans ce cas, une déstabilisation des dalles épaisses créeraient un enchevêtrement donc un foisonnement supplémentaire qui limiterait encore le volume des vides résiduels théoriques. Un tel évènement se limiterait à une vidange (type sablier) des produits de remblayage mis en place dans les tranchées en tête de filons au profit des niveaux inférieurs.

Même si la probabilité d'un tel désordre en surface est quasi nulle, il a été décidé de protéger la zone à l'aplomb de l'exploitation par un périmètre de sécurité englobant la totalité des travaux miniers. L'emprise de cette clôture répond aux directives préconisées par l'Ecole des Mines de Paris pour ce type de gisement filonien avec risque potentiel d'effondrement en tiroir. La limite obtenue laisse une marge de sécurité de 10 mètres de part et d'autre du dépilage.

Site du Bernardan :

En fonction des méthodes d'exploitation, les risques d'effondrement sont différents :

- dans les chantiers exploités en tranches descendantes sous remblai cimenté : les études menées depuis plusieurs années, en collaboration avec l'Ecole des Mines de Paris, ont démontré que les convergences dans le remblai sont négligeables et que la géométrie des vides laissés dans les chantiers évolue peu.
- dans les chantiers exploités par chambre vide soutirée : le soutirage s'est arrêté au contact granite sain / épisyénite, c'est-à-dire à niveau d'une discontinuité de deux faciès ayant une résistance très différentes (épisyénite :  $0 < R_c < 5$  MPa et granite sain :  $60 < R_c < 80$  MPa). Ainsi, le vide minier a tendance à être stable et à se comporter comme une cavité naturelle, cependant cela ne suffit pas à garantir la pérennité de la stabilité à long terme.

La figure 4 présente une coupe schématique des méthodes d'exploitation utilisées et des vides résiduels sur l'ensemble du gisement du Bernardan. La situation, amas par amas, est présentée dans les tableaux suivants :

Nom de l'amas	Tonnage minéral extrait	Méthodes d'exploitation	Stots
Amas Nord	490 623 t	Tranches descendantes sous remblai béton avec un coefficient de remplissage de 50 à 100 % selon les tranches	environ 50 m avec les parements de la MCO et 90 m avec la surface
Amas Sud	165 413 t		
Amas Est	29 234 t	Méthode par chambre vide soutirée : - cote 212 à 182 : remblayage par béton + stériles avec dalle béton à la base - cote 182 à 162 : début de remplissage par autofoisonnement - cote 162 à 182 : début de remplissage par autofoisonnement	/
Amas Sud-Ouest	22 370 t	- Tranches descendantes sous remblai béton. La partie supérieure a une faible surface (80 m <sup>2</sup> )	20 m sous la MCO pour la tranche de tête

Nom de l'amas	Tonnage minéral extrait	Méthodes d'exploitation	Stots
Amas Sud-Est	28 459 t	- cote 228 à 209 : tranches descendantes sous remblai cimenté - cote 209 à 165 : méthode par chambre soutirée - cote 165 à 153 : tranches descendantes sous remblai cimenté - cote 153 à 133 : méthode par chambre soutirée	environ 30 m pour la tranche de tête
Amas intermédiaire	12 430 t	- Partie supérieure (jusqu'à la cote 79) : méthode par chambre soutirée – environ 800 m <sup>3</sup> de vides - Partie inférieure : tranches descendantes sous remblai cimenté	/
Amas Nord 27	42 198 t	Exploité en 3 corps dont chacun a été exploité : - pour moitié en tranches descendantes sous remblai cimenté - pour l'autre moitié par la méthode par chambre soutirée Toits des chambres des corps 1.2 et 3 bétonnés (cf. figure 4). Chambre du corps 4 remblayée.	143 m pour la tranche de tête
Amas P14	80 000 t	Tranches descendantes sous remblai cimenté	/

Les conséquences sur la stabilité des terrains en surface à moyen et long terme sont résumées dans le tableau suivant :

Nom de l'amas	Problème de stabilité à moyen et long terme
Amas Nord	Aucun après l'ennoyage de la mine du fait de la méthode d'exploitation et de l'importance du stot.
Amas Sud	Aucun après l'ennoyage de la mine du fait de la méthode d'exploitation et de l'importance du stot.
Amas Est	Les probables mouvements de terrains atteindraient le parement sud de la MCO qui est noyée et sont alors imperceptibles.
Amas Sud-Ouest	Aucun en raison de la faible surface exploitée de la tranche de tête et de l'importance du stot.
Amas Sud-Est	La stabilité à long terme de la chambre supérieur n'est pas garantie : le soutirage a été effectué sur 3 niveaux avec un pendage toit significatif (38°/verticale) et le volume des vides est important (≈ 6 000 m <sup>3</sup> ). Avec un coefficient de foisonnement F = 1,6 (analogie avec l'étude de D. GOETZ sur les épi-sénites de Margnac), le profil du contour hypothétique de la cloche d'effondrement a été tracée (voir figure 9). L'effondrement affecterait la surface à proximité de la Départementale 912.
Amas intermédiaire	Seule la partie supérieure serait susceptible de s'autorembler par foisonnement. En prenant un coefficient de foisonnement F = 1,6, le toit de la cloche avoisinerait le niveau 100, ce qui laisserait un stot de plus de 100 mètres entre le toit de la cloche et le parement de la MCO.
Amas Nord 27	Aucun du fait de l'importance du stot et de la méthode d'exploitation des tranches supérieures aux chambres.
Amas P14	Aucun du fait de la méthode d'exploitation utilisée.

Au niveau de la stabilité à long terme de l'ensemble des dépilages de l'incidence en surface des éventuels mouvements de terrain après l'exploitation, seul l'amas Sud-Est présentait des risques certains. Pour y pallier, des mesures particulières ont été prises en traitant les vides par remblayage avec des produits stériles à partir des recoupes des niveaux 209 et 197.

### 6.3. 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. Les sites concernés sont présentés dans le tableau suivant :

Sites	Etat de fosse	Observations
Les Loges	En eau. Sans parements visibles.	Accessible au public : Clôture autour de la fosse partiellement retirée par l'actuel propriétaire.
La Cote Moreau	En eau après remblayage partiel de la fosse (profondeur actuelle 0,80 m). Sans parements visibles.	Accessible au public : Clôture autour de la fosse.
Les Masgrimauds	En eau. Sans parements visibles.	Clôture autour du site et autour de la fosse.
<i>A titre indicatif</i> Le Bernardan	En cours de remplissage	Non accessible au public : à l'intérieur du périmètre de sécurité du site

Par ailleurs, le site de stockage de résidus de traitement du Bernardan est entièrement clôturé et inaccessible au public.

### 6.4. 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 (ce qui est le cas pour les sites miniers du Nord de la Haute-Vienne), il peut s'agir de phénomènes mettant en jeu des volumes de matériaux restreints (quelques dizaines de m<sup>3</sup>) et prenant principalement la forme de glissement pelliculaire.

De plus, certaines de ces verses ont été recouvertes de terre végétale et revégétalisées par plantation d'arbustes. En cas de dégradation du couvert végétal, des glissements pelliculaires et des rigoles de ravinement le long de flancs peu végétalisés peuvent se former. Ces phénomènes peuvent être accentués notamment par érosion ou par le développement de certaines activités humaines (entretien agricole des talus, VTT, motocross).

De tels phénomènes n'ont pas été observés sur les verses des sites miniers visés par ce présent bilan de fonctionnement.

En 2005, une étude de stabilité sur les verses du site des Loges a été réalisée par Jacques FINE, Conseiller en Géotechnique et Exploitation du Sous-sol, dans le cadre de l'arrêt définitif des travaux miniers (rapport SMJ/054 – 18 mars 2005).

Cette étude a défini les paramètres caractérisant les matériaux et régissant la stabilité des flancs des verses :

- angle de frottement  $\phi = 35^\circ$
- cohésion  $C = 2,5 \text{ kPa}$

Avec ces paramètres, en l'absence d'eau, il est constaté que le facteur de sécurité reste toujours supérieur à 1,5, facteur utilisé pour une stabilité à long terme (ex : pour une hauteur de talus de talus de 25 m et une pente de  $20^\circ$ , facteur de sécurité des verses = 2,07).

En présence d'eau, la porosité relativement importante (estimée à 23% ramenée à 15% pour tenir compte d'une teneur en eau permanente), la quantité d'eau nécessaire à la saturation est trop importante pour obtenir une saturation susceptible de déstabiliser le flanc de verse, puisqu'il faudrait une pluie de 15 cm d'eau pour saturer seulement une hauteur d'un mètre. Ainsi, le seul phénomène susceptible de se produire serait une érosion superficielle due aux eaux de ruissellement. La végétation permet de s'affranchir partiellement ou totalement de cette érosion.

Cette étude a conclu que la faible pente donnée aux verses et leur mise en végétation garantissent la stabilité à long terme.

## 6.5. LES RISQUES LIES AUX DIGUES DE RETENUE DU STOCKAGE DE RESIDUS DU BERNARDAN

En 2002, pour répondre à une demande de la DRIRE du Limousin, SMJ avait mandaté la société ANTEA pour effectuer une expertise sur la stabilité à long terme de la digue du stockage de résidus de traitement du minerai [9]. Cette étude a été effectuée en appliquant la méthodologie définie par le BRGM (rapport BRGM/RP-51068-FR de septembre 2001).

Cette expertise a permis d'examiner et vérifier les points suivants :

- la conception générale des ouvrages,
- la pérennité des organes de maîtrise des eaux,
- la stabilité mécanique du parement aval de la digue en conditions extrêmes.

Les principales conclusions de cette expertise peuvent être résumées de la manière suivante.

### **Conception générale des ouvrages :**

L'implantation générale de la digue périphérique du dépôt présente des atouts favorables comme son implantation sur un dôme topographique, sa forme circulaire fermée (absence d'apport hydraulique extérieurs), ses fondations (arène sablo-argileuse reposant sur le socle granitique) et son éloignement suffisant par rapport aux anciens travaux miniers. La conception générale du dépôt est globalement très robuste (couverture peu perméable, digue peu élevée et relativement perméable).

### **Pérennité des organes de maîtrise des eaux :**

Un système de drainage superficiel sera à mettre en œuvre et comprendra des rigoles transversales pour limiter les ravinements de surface, des caniveaux périphériques renforcés évitant des déversements multiples sur les flancs de digues et accompagnés d'exutoires spécifiques pour évacuer les eaux de pluies, et enfin, des exutoires dédiés aux eaux de drainage interne au stockage.

**Remarque :** Suite à ces préconisations, le modelé du sommet du stockage a été réalisé en pente douce vers le Nord-Ouest. Des pistes drainantes (5 orientées NW-SE et 1 en bordure du talus NW) orientent les eaux de ruissellement vers 2 goulottes, situées à flanc de talus. Les eaux sont ensuite dirigées vers les fossés Est et Ouest entourant le stockage et recueillant également les eaux de drainage interne du stockage (exutoires Est et Ouest).

### **Stabilité mécanique de la digue :**

Compte tenu son dimensionnement, il n'y a aucun risque d'instabilité mécanique en masse de la digue. Toute l'attention doit être concentrée sur la maîtrise de l'écoulement des eaux, qui seules pourrait entamer l'intégrité de l'ouvrage à long terme.

Ce rapport d'expertise a préconisé un système de surveillance actuel et futur qui est aujourd'hui appliqué. En résumé :

#### Visite trimestrielle (personnel du site)

- relevé des niveaux piézométriques,
- contrôle des volumes d'eaux collectés,
- vérification de l'absence d'embâcle sur le réseau de collecte des eaux périphérique.

#### Visite annuelle (géomètre expert + personnel du site)

Cette visite approfondie comporte en sus :

- un lever topographique des plots de mesure (tassements, déplacements),
- une inspection de la couverture.

#### Visite pluriannuelle (expert extérieur)

Un examen d'ensemble du dossier et une visite des sites seront prévus une fois tous les cinq ans par un expert extérieur.

## 7. EVALUTION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

### 7.1. IMPACT SUR LE VECTEUR EAU

#### 7.1.1. 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 les TMS sont noyés (ce qui est le cas des sites du Bernardan et de Piégut), les eaux de noyage émergeant des galeries sont canalisées et rejetées dans le milieu naturel, après traitement ou non, suivant leur teneur en radioéléments. 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 (Le Bernardan, Les Loges, La Cote Moreau et Les Masgrimauds). Elles peuvent aussi être marquées par entraînement de particules en suspension sur lesquelles sont adsorbés des éléments toxiques.

##### *Voies de contamination des sédiments*

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

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

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

L'absence de station de traitement pour les sites miniers du Nord de la Haute-Vienne, hormis le site du Bernardan, tend à favoriser cette deuxième option.



### 7.1.2. Valeurs de référence « milieu naturel »

En l'absence de point zéro, l'IRSN propose dans sa tierce expertise [12] des valeurs de références pour le milieu naturel pour la Division Minière de la Crouzille :

Eaux de surface :	U <sub>238</sub> soluble de l'ordre de 0,01 Bq/l Ra <sub>226</sub> soluble compris entre 0,001 et 0,02 Bq/l
Eaux souterraines : (Source AREVA NC)	U <sub>238</sub> soluble de l'ordre de quelques µg/l (quelques dizaines de mBq/l) Ra <sub>226</sub> soluble de l'ordre de quelques mBq/l (en général valeurs plus élevées que pour les eaux de surface)
Sédiments :	U <sub>238</sub> compris entre 180 et 1100 Bq/kg de matière sèche Ra <sub>226</sub> compris entre 150 et 800 Bq/kg de matière sèche

### 7.1.3. Analyse par site de l'impact sur le milieu aquatique

L'annexe 3 présente une vue d'ensemble du réseau de surveillance mis en place autour des sites miniers de la concession de Mailhac-Sur-Benaize, ainsi que les résultats les plus récents des différents points de contrôles.

#### SITE DU BERNARDAN

*Analyse des eaux des résidus de traitement de minerai d'uranium :*

L'étude réalisée en 1999 par l'IRSN [8] présente des résultats d'analyses chimiques et radiologiques effectuées sur trois échantillons d'eaux prélevés aux drains du stockage de résidus. Les résultats de ces analyses sont fournis dans le tableau suivant :

Cations	
Na <sup>+</sup>	273 à 564 mg.l <sup>-1</sup>
K <sup>+</sup>	16,5 à 57,2 mg.l <sup>-1</sup>
Mg <sup>2+</sup>	682 à 1390 mg.l <sup>-1</sup>
Ca <sup>2+</sup>	338 à 502 mg.l <sup>-1</sup>
Mn <sup>2+</sup>	0,77 à 4,21 mg.l <sup>-1</sup>
Li <sup>+</sup>	1,19 à 2,53 mg.l <sup>-1</sup>
Al <sup>3+</sup>	<LD à 0,02 mg.l <sup>-1</sup>
As <sup>4+</sup>	0,13 à 0,23 mg.l <sup>-1</sup>
Ba <sup>2+</sup>	0,03 à 0,04 mg.l <sup>-1</sup>
Pb <sup>2+</sup>	<LD
Fe <sup>3+</sup>	0,02 à 0,03 mg.l <sup>-1</sup>

Anions	
Cl <sup>-</sup>	553 à 1107 mg.l <sup>-1</sup>
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	219 à 392 mg.l <sup>-1</sup>
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,35 à 2,45 mg.l <sup>-1</sup>
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	3273 à 5361 mg.l <sup>-1</sup>

Radioéléments	
U	1,33 à 3,18 mg.l <sup>-1</sup>
Ra <sub>226</sub>	0,72 à 2,79 Bq.l <sup>-1</sup>

*Analyse de l'impact de l'ensemble du site sur le vecteur eau :*

Compte tenu de la présence d'un stockage de résidus et d'une station de traitement des eaux sur le site, un réseau dense de surveillance des eaux a été défini et schématisé sur la figure n°10. L'ensemble des eaux du site sont collectées, via un réseau de drains de fossé et de canalisations :

- les eaux drainées en base de stockage (exutoires Est et Ouest) sont collectées dans le bassin B6,
- le bassin B8 collecte les eaux provenant des fosses Est et Ouest du stockage de résidus (principalement eaux de ruissellement) et celles du bassin B7 (fuites provenant du stockage de résidus),
- les eaux de ruissellement sur la zone de stockage sont, au-delà d'un certain débit, rejetées directement dans le Rigeallet (évacuateur de crues).

*Remarque :* Après débordement des eaux de noyage des TMS et de la MCO, prévu dans plusieurs dizaines d'années (Rapport d'étude LHM/RD/99/7 : Etude prévisionnelle de la remontée des eaux dans les installations minières du Bernardan – Ecole des Mines de Paris – 22 mars 1999), les eaux seront traitées à la station actuelle.

Ces eaux (B6 et B8) sont ensuite traitées dans la station, puis rejoignent un bassin de rejet B9 qui, par débordement, rejette les eaux dans le ruisseau du Rigeallet, via une canalisation enterrée, en aval de l'étang des Alleux. Des contrôles mensuels sont réalisés sur les eaux des bassins B6 et B8 et hebdomadaires sur celles du bassin B9.

En cas de fortes précipitations, un système de sécurité a été mis en place pour éviter le débordement du bassin B8. Trois possibilités ont été envisagées :

- les eaux du bassin sont redirigées directement vers le bassin B9 avec possibilité de traitement (station annexe de sécurité),
- les eaux peuvent être pompées et envoyées dans la MCO,
- les eaux des fossés Est et Ouest (eaux de ruissellement) peuvent être rejetées directement dans le cours d'eau récepteur.

Sur le site, des piézomètres (cf. figure 11) ont été mis en place, notamment en périphérie du stockage et en aval hydraulique du site afin de vérifier la qualité des eaux contenues dans la nappe d'arène et dans le granite (contrôles semestriels).

De plus, une série de contrôle est réalisée sur les cours d'eau et plans d'eau situé à proximité et en aval hydraulique du site.

Les résultats des analyses radiologiques (moyennes annuelles) des différents points de contrôles sont présentés sur la figure 10. D'une manière générale, sur une chronique allant de 2002 à 2007 (phase post-réaménagement), il apparaît que :

- les eaux issues des exutoires des drains de stockage présentent des concentrations en  $U_{238 \text{ sol.}}$  comprises entre 3,17 et 5,23  $\text{mg.l}^{-1}$  (soit 39 et 64  $\text{Bq.l}^{-1}$ ) et en  $Ra_{226 \text{ sol.}}$  comprises entre 0,44 et 1,10  $\text{Bq.l}^{-1}$ .
- les eaux du bassin B6 présentent des concentrations reflétant celles des eaux des exutoires, avec, pour l'uranium 238 soluble, des valeurs comprises entre 2,43 et 3,61  $\text{mg.l}^{-1}$  (soit 29,8 et 44,4  $\text{Bq.l}^{-1}$ ) et pour le radium 226 soluble, des valeurs comprises entre 0,48 et 0,78  $\text{Bq.l}^{-1}$ .
- les eaux du bassin B8 présentent des concentrations reflétant le mélange des eaux du bassin B7 (fuites du stockage) et des eaux collectées dans les fossés périphériques, avec, pour l' $U_{238 \text{ sol.}}$  des valeurs comprises entre 0,66 et 1,12  $\text{mg.l}^{-1}$  (soit 8,1 et 13,8  $\text{Bq.l}^{-1}$ ) et pour le  $Ra_{226 \text{ sol.}}$  des valeurs comprises entre 0,27 et 0,95  $\text{Bq.l}^{-1}$ .
- les eaux du bassin B9 (eaux traitées) présentent des concentrations conformes aux prescriptions de l'arrêté préfectoral (AP n°2002-247) en radioéléments avec, pour l' $U_{238 \text{ sol.}}$  des valeurs comprises entre 0,38 et 0,67  $\text{mg.l}^{-1}$  (soit 4,7 et 8,2  $\text{Bq.l}^{-1}$ ) et pour le  $Ra_{226 \text{ sol.}}$  des valeurs comprises entre 0,04 et 0,08  $\text{Bq.l}^{-1}$ .

- les eaux des cours d'eau récepteurs en aval hydraulique du site possèdent des concentrations faibles en radioéléments, avec :
    - o pour le Rigeallet :  $0,032 < U_{238 \text{ sol.}} < 0,08 \text{ mg.l}^{-1}$  (soit  $0,4 < U_{238 \text{ sol.}} < 1,0 \text{ Bq.l}^{-1}$ )  
 $< 0,05 < Ra_{226 \text{ sol.}} < 0,08 \text{ Bq.l}^{-1}$
    - o pour la Benaize :  $0,001 < U_{238 \text{ sol.}} < 0,005 \text{ mg.l}^{-1}$  (soit  $0,01 < U_{238 \text{ sol.}} < 0,2 \text{ Bq.l}^{-1}$ )  
 $Ra_{226 \text{ sol.}} < 0,03 \text{ Bq.l}^{-1}$
- On constate que ces concentrations en radioéléments dans les eaux diminuent nettement dans la Benaize, ceci est dû à l'effet de dilution de la Benaize qui est plus important que celui de Rigeallet.
- les eaux du Riaubrigand présentent de très faibles concentrations en radioéléments, ce qui montre la très faible influence de site du Bernardan sur ces eaux. De plus, ces concentrations sont quasi nulles pour les eaux de la Benaize en aval du point de confluence.
    - o pour le Riaubrigand :  $0,023 < U_{238 \text{ sol.}} < 0,09 \text{ mg.l}^{-1}$  (soit  $0,3 < U_{238 \text{ sol.}} < 0,5 \text{ Bq.l}^{-1}$ )  
 $< 0,04 < Ra_{226 \text{ sol.}} < 0,09 \text{ Bq.l}^{-1}$
    - o pour la Benaize :  $0,001 < U_{238 \text{ sol.}} < 0,002 \text{ mg.l}^{-1}$  (soit  $0,01 < U_{238 \text{ sol.}} < 0,25 \text{ Bq.l}^{-1}$ )  
 $< 0,02 < Ra_{226 \text{ sol.}} < 0,04 \text{ Bq.l}^{-1}$

Les analyses chimiques sur Cl, F, Fe, SO<sub>4</sub> et Ba, présentées sur la figure 10 bis, montrent des eaux enrichies en sulfates et dans une moindre mesure, en fluor et chlorures. Cet impact est visible sur les cours d'eau à faible débit pour tous les paramètres et encore perceptible sur la Benaize pour les sulfates.

#### *Bilan de l'impact du site du Bernardan sur les eaux :*

En 2004, dans son rapport [5], ARCADIS, faisant le bilan de toutes les études produites (cf. fiche de site n°300 en annexe 1) présente également une série d'analyses radiologiques sur les eaux de l'ensemble du site et de son environnement proche. Les résultats sont du même ordre de grandeur que ceux présentés précédemment. Leur examen a abouti aux conclusions suivantes :

- L'impact sur la Benaize est imperceptible.
- En aval du site, l'impact sur le Rigeallet et le Riaubrigand est très faible.
- Sur l'exutoire Ouest en pied de digue, les concentrations en U et Ra sont typiques du marquage par les résidus et les stériles miniers et sur l'exutoire Est, les concentrations sont plus élevées.
- Le bassin B8, qui ne collecte que des eaux de ruissellement, présente des concentrations en U<sub>238</sub> nettement moins marquées que le bassin B6. Les teneurs en Ra<sub>226</sub> sont par contre du même ordre de grandeur que sur B6, ce qui traduit très certainement une influence des stériles miniers (ndlr : résidus de traitement du minerai).
- La composition des eaux du bassin B9 confirme l'efficacité du système de traitement. Les concentrations moyennes en U et Ra sont réduites d'un facteur 3 à 10 par rapport à celles des bassins B6 et B8.
- Concernant les piézomètres, les eaux des granites (piézomètres long, série « H ») ne présente pas de marquage significatif. Le même constat peut être fait pour les piézomètres courts (série « h ») captant la nappe des arènes, à l'exception de l'ouvrage h4 où les pH sont très acides (4,0 en moyenne) et les concentrations en U et Ra typiques d'un impact mixte par les résidus et les stériles miniers. Ce piézomètre témoigne d'un impact du stockage en bordure immédiate de la fuite de collecte du bassin B7.

Les tendances observées par ARCADIS sont globalement conformes aux résultats du modèle prévisionnel du Centre d'Informations Géologique de l'École des Mines de Paris (1999) [10] et confirment l'efficacité du système de drainage et de traitement des eaux. L'impact radiologique du stockage sur la qualité des eaux superficielles et souterraines est faible voire peu perceptible.

De plus, on notera aucun dépassement des valeurs seuils fixées par l'AP n°2002-247 du 21 mai 2002 n'a eu lieu ( $U_{238 \text{ sol.}} < 1,8 \text{ mg.l}^{-1}$  et  $Ra_{226 \text{ sol.}} < 0,74 \text{ Bq.l}^{-1}$  en moyenne annuelle).

#### SITE DES LOGES

Les eaux de la MCO des Loges font l'objet d'analyses trimestrielles depuis la mise en application de l'AP d'arrêt définitif des travaux. Une série d'analyses a également été effectuée sur les eaux de la rivière l'Asse, en aval hydraulique du site minier, jusqu'en 2004.

Le plan d'eau des Loges a atteint sa cote de débordement (261,14 m) fin novembre 2008. Des analyses sont alors réalisées depuis décembre 2008, au point de surverse de la MCO et sont à nouveau effectuées sur l'Asse, afin d'évaluer l'impact réel du site sur le cours d'eau.

Les résultats des analyses sont présentés sur la figure 12. Il apparaît que :

- les eaux de la MCO ont des concentrations en  $U_{238 \text{ sol.}}$  comprises entre 96 et 440  $\mu\text{g.l}^{-1}$  (soit 1,2 et 5,4  $\text{Bq.l}^{-1}$ ) et en  $Ra_{226 \text{ sol.}}$  comprises entre 0,17 et 0,35  $\text{Bq.l}^{-1}$ . Pour l'uranium, ces concentrations moyennes ont largement diminué au fil des années.
- les eaux de la rivière l'Asse ne sont pas impactées par la présence du site (aucun rejet n'ayant eu lieu jusqu'en décembre 2008) :  $U_{238 \text{ sol.}} < 10 \mu\text{g.l}^{-1}$  (soit  $< 0,1 \text{ Bq.l}^{-1}$ ) et  $Ra_{226 \text{ sol.}} < 0,02 \text{ Bq.l}^{-1}$ . Ces mesures pourront alors servir de référence en comparaison avec les résultats à venir depuis le débordement du plan d'eau des Loges.

#### SITES DE PIEGUT ET DE LA COTE MOREAU

Les eaux de la MCO de la Cote Moreau, celles situées dans un talweg en aval du site de Piégut et les eaux de la Benaize, au Reculais situé en aval hydraulique de ces deux sites, ont fait l'objet d'analyses radiologiques jusqu'en 2003.

Un bassin a été réalisé sur la parcelle 1762 (cf. annexe 4.3) par le propriétaire des terrains situés en aval immédiat du site de Piégut en début d'année 2008. Un contrôle de la qualité des eaux de ce bassin a été effectué en juillet 2008.

Les résultats des analyses sont présentés sur la figure 13. Il apparaît que :

- les eaux de la MCO de La Cote Moreau ont des concentrations faibles en  $U_{238 \text{ sol.}}$  inférieures à 50  $\mu\text{g.l}^{-1}$  (soit 0,6  $\text{Bq.l}^{-1}$ ) et en  $Ra_{226 \text{ sol.}}$  comprises entre 0,05 et 0,07  $\text{Bq.l}^{-1}$ .
- les eaux du talweg situé en aval du site de Piégut présentent des concentrations en  $U_{238 \text{ sol.}}$  comprises entre 70 et 116  $\mu\text{g.l}^{-1}$  (soit 0,9 et 1,4  $\text{Bq.l}^{-1}$ ) et en  $Ra_{226 \text{ sol.}}$  comprises entre 0,05 et 0,10  $\text{Bq.l}^{-1}$ . Ceci montre un faible impact du site sur les eaux de ce talweg.
- les eaux de la Benaize au Reculais ne sont pas impactées par les sites miniers de Piégut et de La Cote Moreau. Elles montrent des concentrations en  $U_{238 \text{ sol.}}$  inférieures à 50  $\mu\text{g.l}^{-1}$  (soit 0,6  $\text{Bq.l}^{-1}$ ) et en  $Ra_{226 \text{ sol.}}$  inférieures à 0,06  $\text{Bq.l}^{-1}$ .
- les eaux du bassin situées en aval immédiat du site de Piégut sont marquées notamment en uranium par les eaux provenant des travaux miniers :  $U_{238 \text{ sol.}} = 110 \mu\text{g.l}^{-1}$  (soit 1,4  $\text{Bq.l}^{-1}$ ) et  $Ra_{226 \text{ sol.}} = 0,06 \text{ Bq.l}^{-1}$ .

## SITE DES MASGRIMAUDS

Les eaux de la MCO, celles de la surverse et les eaux de la Benaize, à Mailhac-Sur-Benaize en aval du site, ont fait l'objet d'analyses radiologiques jusqu'en 2003.

Les résultats des analyses sont présentés sur la figure 14. Il apparaît que :

- les eaux de la MCO ou de la surverse ont des concentrations faibles en  $U_{238 \text{ sol.}}$  souvent inférieures à  $50 \mu\text{g.l}^{-1}$  (soit  $0,6 \text{ Bq.l}^{-1}$ ) et en  $Ra_{226 \text{ sol.}}$  comprises entre  $0,04$  et  $0,08 \text{ Bq.l}^{-1}$ .
- les eaux de la Benaize ne sont pas impactées par celles provenant du site des Masgrimauds : les concentrations mesurées sont souvent inférieures aux limites de détection :  $U_{238 \text{ sol.}} < 50 \mu\text{g.l}^{-1}$  (soit  $0,6 \text{ Bq.l}^{-1}$ ) et  $Ra_{226 \text{ sol.}} < 0,02 \text{ Bq.l}^{-1}$ .

## ANALYSES SUR LES SEDIMENTS ET VEGETAUX AQUATIQUES DU BASSIN VERSANT DE LA BENAIZE

Plusieurs prélèvements de sédiments ont été effectués depuis l'arrêt des activités minières sur le cours de la Benaize et de ses affluents. Des analyses sur les végétaux aquatiques (iris) ont été réalisées en 2006 sur trois points (1 en amont du site du Bernardan (BEN JOU) et 2 en aval du rejet du site (RIG RED et BEN B)). Les résultats d'analyses sur les sédiments et végétaux aquatiques sont présentés sur la figure 15.

Pour les sédiments; les teneurs en  $Ra_{226}$  et  $Pb_{210}$  sont du même ordre de grandeur quelque soit le point de prélèvement, en amont ou en aval des rejets. Cependant, on constate une augmentation modérée des teneurs en uranium 238 (de l'ordre de  $300 \text{ Bq d'U}$  par kg de m.s. pour la fraction  $< 2 \text{ mm}$ ) pour les points situés en aval du rejet actuel du site du Bernardan (RIG RED et BEN B) et en aval de l'ancien rejet de l'usine de traitement (RIO et BEN P), par rapport aux points situés en amont hydraulique du site (BEN J et BEN A), en particulier sur la fraction très fine ( $< 50 \mu\text{m}$ ).

Pour les végétaux aquatiques, les concentrations en  $U_{238}$ ,  $Ra_{226}$  et  $Pb_{210}$  sont du même ordre de grandeur que l'on soit en amont ou en aval du rejet actuel du site du Bernardan, ce qui indique un impact négligeable du site du Bernardan sur la flore aquatique de la Benaize et du Rigeallet.

## ANALYSES DES DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES, DE LA MACROFAUNE BENTHIQUE ET LENTHIQUE ET DE LA PISCIFAUNE SUR LA BENAIZE, ENTRE 1978 ET 2000

Dans son rapport [5], ARCADIS présente une synthèse et une analyse de diverses études réalisées sur la rivière La Benaize (cf. liste sur fiche de site n°300 en annexe 1) et portant sur :

- les données physico-chimiques,
- la macrofaune benthique et lenthique,
- la faune piscicole.

Ces études ont été effectuées entre 1978 et 2000, c'est-à-dire avant l'exploitation du site du Bernardan (existence d'un état zéro) et pendant l'exploitation du site.

Les conclusions d'ARCADIS ont montré concernant le suivi de la qualité physico-chimique de La Benaize, une amélioration de la qualité des cours d'eau et une dégradation de la macrofaune, depuis 1978 jusqu'en 2000. L'impact du site minier concerne essentiellement la conductivité, à des concentrations significatives selon la grille de qualité inter-agences de l'eau. Cette incidence ne peut toutefois pas être considérée comme un impact pour la macrofaune benthique et la faune piscicole car elles n'ont aucune perte de qualité des populations qui les constituent à l'aval immédiat du bourg de Jouac.

Globalement, il semble, d'après les nombreuses études réalisées sur ce sujet, que l'exploitation du site minier de Jouac n'a pas entraîné d'impacts significatifs notoires, directs ou indirects, sur les biocénoses aquatiques de la rivière la Benaize.

#### 7.1.4. Bilan des impacts sur le milieu aquatique

Le contrôle des eaux sur site ou dans l'environnement, effectué depuis la fin du réaménagement des sites miniers, a porté sur des prélèvements réalisés :

- dans les MCO en eau et au niveau de leurs rejets identifiés dans le milieu naturel (Les Loges, La Cote Moreau et Les Masgrimauds),
- au niveau des rejets des TMS identifiés (Piégut),
- au niveau des rejets traités (Bernardan)
- au niveau des ruisseaux récepteurs des rejets,
- au niveau des ruisseaux potentiellement impactés en aval hydraulique des sites.

Ces résultats sont synthétisés comme suit ( $U_{238 \text{ sol.}}$  en  $\mu\text{g/l}$  et  $Ra_{226 \text{ sol.}}$  en  $\text{Bq/l}$ ) :

Sites	MCO en eau		Rejet		Ruisseau récepteur 1		Ruisseau aval hydraulique	
Le Bernardan			50	0,06	36	0,06	3	<0,03
			<i>(après traitement)</i>					
Les Loges	236	0,22					<50	<0,02
Piégut					116	0,07	20	0,06
La Cote Moreau	50	0,05					20	0,06
Les Masgrimauds	75	0,06	50	0,10			<50	0,05

En résumé, on peut dire que :

- Les eaux des MCO présentent de faibles charges en uranium 238 (< 75  $\mu\text{g/l}$ ), à l'exception du site des Loges (236  $\mu\text{g/l}$  – moyenne sur 5 ans) et en radium 226 (0,05 à 0,22  $\text{Bq/l}$ ). On notera que la concentration en  $U_{238}$  de la MCO des Loges diminue nettement depuis 2004 : celle-ci est de 96  $\mu\text{g/l}$  pour 2008.
- Le rejet des Masgrimauds est conforme avec la qualité mesurée dans le plan d'eau.
- Le rejet en sortie du site du Bernardan est conforme aux prescriptions de l'AP de surveillance du 21/05/2002.
- L'impact sur les milieux récepteurs est largement tributaire du rapport de dilution. Les ruisseaux à faible débit présentent des charges en uranium 238 soluble souvent plus élevées. Cet impact devient négligeable sur la rivière La Benaize présentant un plus fort débit où l'effet de dilution est plus important (ex : site de Piégut : le talweg récepteur du rejet présente une concentration de 116  $\mu\text{g/l}$  d' $U_{238}$  atténuée par dilution dans la Benaize (20  $\mu\text{g/l}$  d' $U_{238}$ )).

## 7.2. IMPACT SUR LE VECTEUR AIR

### 7.2.1. 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.

### 7.2.2. Surveillance de la qualité radiologique de l'air

La surveillance de la qualité radiologique de l'air fait appel à un ensemble de stations de mesure implantées sur les sites et dans des villages situés dans leur environnement. Elles se composent de trois appareillages :

- Un Dosimètre Thermo-Luminescent (DTL) qui permet de déterminer le débit de dose de rayonnement gamma exprimé en nGy/h. Cet appareillage utilise des matériaux qui ont la propriété, lorsqu'ils sont soumis à un rayonnement ionisant, de piéger les électrons émis suite à l'ionisation. Lorsque l'on chauffe ces éléments irradiés, les électrons sont libérés des pièges et retournent à leur état d'origine. Ce phénomène s'accompagne d'une émission de lumière proportionnelle au nombre d'électrons libérés. Ces grains de lumière sont comptés et, comme il existe une relation simple entre ce nombre et la dose de radioactivité absorbée, les algorithmes du lecteur calculent cette dernière valeur.
- Un dosimètre mesurant les Energies Alpha-Potentielles (EAP) dues aux descendants à vie courte du radon 220 et du radon 222 et exprimées en nJ/m<sup>3</sup>. Le principe d'un dosimètre est le même que celui de la photographie. Les particules alpha émises par le radon heurtent le film du dosimètre. Un procédé chimique permet de révéler sur ce film les impacts. Un micro-ordinateur associé à un microscope équipé d'une caméra permet de reconnaître et de compter les traces des particules alpha du radon.
- Un dosimètre qui prélève en continu et mesure l'activité volumique des émetteurs alpha à vie longue contenus dans les poussières (mesure alpha totale à partir d'un filtre), avec un résultat exprimé en mBq/m<sup>3</sup>.

Ces appareils sont placés de manière à fournir des résultats représentatifs des niveaux de contamination moyens observés ; ils sont donc positionnés :

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

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

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

En l'absence de point zéro avant exploitation, la mesure de la qualité radiologique pour le milieu naturel a été mise en place sur la commune de Lussac-Les-Eglises (Haute-Vienne), en position topographique assez représentative des plateaux de la Marche Occidentale et sur un substratum géologique comparable au secteur haut-viennois concerné (granite à deux micas).

La mise en place des dispositifs de contrôle de la qualité de l'air résulte de l'application d'arrêtés préfectoraux après réaménagement des sites. Ces dispositifs de contrôle ont été appliqués sur les sites de La Cote Moreau et Les Masgrimauds jusqu'en 2002, Piégut jusqu'en 2003 et Les Loges jusqu'en 2004. Ils restent applicables actuellement sur et dans l'environnement du site du Bernardan depuis la fin du réaménagement, ainsi que dans l'environnement des sites de Piégut et des Loges.

### 7.2.3. Résultats de la surveillance de la qualité de l'air

Les résultats sur les différents paramètres mesurés apparaissent dans les tableaux suivants (sur site et dans leur environnement) :

#### REFERENCE « MILIEU NATUREL »

	Village LUSSAC-LES- EGLISES		
	DD en nGy/h	EAP Rn 220 en nJ/m <sup>3</sup>	EAP Rn 222 en nJ/m <sup>3</sup>
1999	110	17	53
2000	110	15	44
2001	110	13	52
2002	100	13	42
2003	100	14	61
2004	110	11	45
2005	100	13	56
2006	90	13	42
2007	80	8	38
moyenne	100	13	48

#### SITE DU BERNARDAN

##### ➤ Stations sur site

	Station météo (zone artisanale)			Verse (stockage)		
	DD en nGy/h	EAP Rn 220 en nJ/m <sup>3</sup>	EAP Rn 222 en nJ/m <sup>3</sup>	DD en nGy/h	EAP Rn 220 en nJ/m <sup>3</sup>	EAP Rn 222 en nJ/m <sup>3</sup>
2002	Pas de surveillance			Pas de surveillance		
2003				250	11	52
2004	170	10	37	210	10	31
2005	160	11	46	170	12	42
2006	110	12	37	160	14	33
2007	110	9	43	160	8	35



➤ Stations dans l'environnement immédiat du site

	Ferme des Alleux			Village des Alleux		
	DD en nGy/h	EAP Rn 220 en nJ/m <sup>3</sup>	EAP Rn 222 en nJ/m <sup>3</sup>	DD en nGy/h	EAP Rn 220 en nJ/m <sup>3</sup>	EAP Rn 222 en nJ/m <sup>3</sup>
1998	Pas de surveillance			120	16	99
1999	70	n.s.	84	120	14	115
2000	120	12	73	140	17	103
2001	Arrêt de la surveillance			140	11	86
2002				110	14	68
2003				Arrêt de la surveillance		

	Village du Cherbois			Village de Menussac		
	DD en nGy/h	EAP Rn 220 en nJ/m <sup>3</sup>	EAP Rn 222 en nJ/m <sup>3</sup>	DD en nGy/h	EAP Rn 220 en nJ/m <sup>3</sup>	EAP Rn 222 en nJ/m <sup>3</sup>
1998	80	14	47	Pas de surveillance		
1999	80	12	55	110	16	85
2000	110	14	44	140	15	47
2001	90	12	47	110	13	47
2002	100	10	37	140	14	43
2003	90	12	49	110	13	58
2004	100	10	37	110	10	41
2005	90	12	48	100	13	51
2006	70	13	46	110	12	42
2007	80	9	41	100	8	42

SITE DES LOGES

	Site			Village des Loges		
	DD en nGy/h	EAP Rn 220 en nJ/m <sup>3</sup>	EAP Rn 222 en nJ/m <sup>3</sup>	DD en nGy/h	EAP Rn 220 en nJ/m <sup>3</sup>	EAP Rn 222 en nJ/m <sup>3</sup>
1998	340	13	67	Pas de surveillance		
1999	280	14	66			
2000	330	15	54			
2001	240	14	58	130	12	52
Réaménagement du site						
2002	140	13	52	140	10	40
2003	120	16	79	120	12	56
2004	120	10	42	140	10	48
2005	Arrêt de la surveillance sur site			130	13	57
2006				110	14	42
2007				110	7	50

SITE DE PIEGUT

	Site			Village du Reculais		
	DD en nGy/h	EAP Rn 220 en nJ/m <sup>3</sup>	EAP Rn 222 en nJ/m <sup>3</sup>	DD en nGy/h	EAP Rn 220 en nJ/m <sup>3</sup>	EAP Rn 222 en nJ/m <sup>3</sup>
2000	Pas de surveillance			140	14	91
2001	430	12	71	120	15	89
2002	420	13	62	190	15	85
2003	360	14	72	150	15	113
2004	Arrêt de la surveillance sur site			160	12	84
2005				150	18	118
2006				130	13	96
2007				140	11	101

## SITE DE LA COTE MOREAU

	Site			Village de Montlambert		
	DD en nGy/h	EAP Rn 220 en nJ/m <sup>3</sup>	EAP Rn 222 en nJ/m <sup>3</sup>	DD en nGy/h	EAP Rn 220 en nJ/m <sup>3</sup>	EAP Rn 222 en nJ/m <sup>3</sup>
2001	150	12	58	90	14	57
2002	160	10	43	110	11	51
2003	Arrêt de la surveillance					

## SITE DES MASGRIMAUDS

	Site			Village des Masgrimauds		
	DD en nGy/h	EAP Rn 220 en nJ/m <sup>3</sup>	EAP Rn 222 en nJ/m <sup>3</sup>	DD en nGy/h	EAP Rn 220 en nJ/m <sup>3</sup>	EAP Rn 222 en nJ/m <sup>3</sup>
2001	130	13	57	130	14	86
2002	130	13	48	160	12	67
2003	Arrêt de la surveillance					

### *Remarque :*

L'activité volumique des émetteurs alpha à vie longue contenus dans les poussières, dans les villages et sur les sites réaménagés, n'a jamais dépassé le limite de détection (1 mBq.m<sup>-3</sup> jusqu'en 2005 et 0,3 mBq.m<sup>-3</sup> à partir de 2006). La contamination de l'air par les poussières radioactives issues des anciens sites miniers est aujourd'hui nulle.

Après comparaison de ces résultats avec les valeurs représentatives du milieu naturel (station de Lussac-Les-Eglises), il apparaît que :

- les débits de dose de rayonnement gamma dans les villages proches des sites miniers sont du même ordre de grandeur que ceux enregistrés à Lussac-Les-Eglises (100 à 140 nGy/h), hormis pour le village du Reculais qui présentent des valeurs plus élevées (entre 120 et 190 nGy/h) reflétant les variations naturelles du substratum géologique sous-jacent.
- les débits de dose de rayonnement gamma sur les sites réaménagés reflètent la faible activité des stériles miniers stockés (110 à 430 nGy/h).
- le débit de dose de rayonnement gamma sur le stockage de résidus de traitement du Bernardan tend à diminuer depuis son réaménagement (250 nGy/h en 2004 et 160 nGy/h en 2007 – moyenne sur 5 ans : 190 nGy/h). Il atteste de l'efficacité de la couverture vis-à-vis du rayonnement gamma.
- Les sites réaménagés et les villages environnants présentent des EAP radon 220 et 222 similaires à celles mesurées dans le village de Lussac-Les-Eglises. Les variations enregistrées illustrent des positions topographiques légèrement différentes (ex : position sommitale pour le stockage de résidus de traitement, flanc de coteau pour le village du Reculais).

Ce constat a été clairement souligné dans le cadre des travaux d'expertise menés par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) autour des sites miniers uranifères de la Haute-Vienne, où les variabilités de ce paramètre ont été attribuées aux conditions aérologiques : le radon aura tendance à s'accumuler dans les fonds de vallée et, au contraire, à être rapidement dispersé par le vent en position sommitale. L'IRSN retient, dans le secteur des anciennes mines uranifères de la Haute-Vienne, les valeurs maximales des moyennes annuelles pour les stations références « milieu naturel » [12] :

- 43 nJ.m<sup>-3</sup> pour une position sommitale,
- 154 nJ.m<sup>-3</sup> pour une position en flanc de coteau,
- 178 nJ.m<sup>-3</sup> pour une position en fond de vallée.

## 7.3. IMPACT SUR LA CHAÎNE ALIMENTAIRE ET LES SOLS

### 7.3.1. Voies de contamination de la chaîne alimentaire

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

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

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

### 7.3.2. Contrôles de la chaîne alimentaire

Les analyses sur la chaîne alimentaire (dont l'eau de consommation) concernent l' $U_{238}$ , le  $Ra_{226}$ , le  $Pb_{210}$ , le  $Th_{230}$  et à partir de 2007, le  $Po_{210}$  (supposé préalablement être à l'équilibre avec le  $Pb_{210}$ ). Les analyses sont effectuées par le laboratoire ALGADE.

Les prélèvements sont effectués, dans les jardins des groupes de référence, sur les aliments pour lesquels l'autoconsommation est la plus importante. Des prélèvements de lait et de volailles sont effectués dans certains villages producteurs. Il est également procédé à des pêches afin d'évaluer la contamination des poissons.

Les mêmes produits sont prélevés dans des villages hors influence des sites miniers pour servir de référence milieu naturel.

Ce protocole de surveillance de la chaîne alimentaire concerne principalement l'environnement du site du Bernardan et est répété au moins tous les deux ans.

### 7.3.3. Résultats des contrôles de la chaîne alimentaire

Le groupe de référence « milieu naturel » est le village de Lussac-Les-Eglises.

Actuellement, l'impact des sites réaménagés sur la chaîne alimentaire est nul. En effet, les mesures, que ce soit pour le milieu naturel ou dans l'environnement proche des sites, sont toujours, ou presque, en dessous des limites de détection, avec des valeurs très faibles et proches les unes des autres.

Les résultats sont détaillés sur la figure 16 et peuvent être résumés de la manière suivante (valeur maximum relevée pour une chronique de mesures allant de 2001 à 2007) :

Classe d'aliments	Eléments mesurés	Milieu naturel	Villages de référence
Lait	Ra <sub>226</sub> en Bq/l	<0,37	<0,38
	U <sub>238</sub> en Bq/l	<6,00	<6,20
	Pb <sub>210</sub> en Bq/l	<1,50	<1,50
	Th <sub>230</sub> en Bq/l	<11,00	<13,00
Eau de consommation	Ra <sub>226</sub> en Bq/l	0,04	0,14
	U <sub>238</sub> en Bq/l	<0,10	0,43
	Pb <sub>210</sub> en Bq/l	<1,41	<1,43
	Th <sub>230</sub> en Bq/l	11,40	<11,30
	Po <sub>210</sub> en Bq/l	0,040	0,035
Volailles, gibiers	Ra <sub>226</sub> en Bq/kg m.f.	<0,60	<1,00
	U <sub>238</sub> en Bq/kg m.f.	<3,00	<3,40
	Pb <sub>210</sub> en Bq/kg m.f.	<3,10	<4,60
	Th <sub>230</sub> en Bq/kg m.f.	<21,40	<19,90
	Po <sub>210</sub> en Bq/kg m.f.	<0,215	<0,097
Poissons (chair)	Ra <sub>226</sub> en Bq/kg m.f.	pas de valeurs	<0,80
	U <sub>238</sub> en Bq/kg m.f.		<2,90
	Pb <sub>210</sub> en Bq/kg m.f.		<4,20
	Th <sub>230</sub> en Bq/kg m.f.		<23,90
Légumes feuilles	Ra <sub>226</sub> en Bq/kg m.f.	2,00	1,60
	U <sub>238</sub> en Bq/kg m.f.	1,90	<2,40
	Pb <sub>210</sub> en Bq/kg m.f.	2,80	<2,90
	Th <sub>230</sub> en Bq/kg m.f.	<11,10	<14,60
	Po <sub>210</sub> en Bq/kg m.f.	<0,020	0,091
Légumes racines	Ra <sub>226</sub> en Bq/kg m.f.	<0,70	<0,60
	U <sub>238</sub> en Bq/kg m.f.	<1,80	<1,90
	Pb <sub>210</sub> en Bq/kg m.f.	<2,00	<2,20
	Th <sub>230</sub> en Bq/kg m.f.	<19,80	<16,80
	Po <sub>210</sub> en Bq/kg m.f.	<0,910	0,091
Légumes fruits	Ra <sub>226</sub> en Bq/kg m.f.	<0,30	<0,30
	U <sub>238</sub> en Bq/kg m.f.	<0,60	<0,70
	Pb <sub>210</sub> en Bq/kg m.f.	<1,00	<1,10
	Th <sub>230</sub> en Bq/kg m.f.	<10,40	<10,90
Fruits	Ra <sub>226</sub> en Bq/kg m.f.	<1,20	<1,40
	U <sub>238</sub> en Bq/kg m.f.	<2,80	<5,70
	Pb <sub>210</sub> en Bq/kg m.f.	<3,30	<7,10
	Th <sub>230</sub> en Bq/kg m.f.	<17,10	<47,70
	Po <sub>210</sub> en Bq/kg m.f.	<0,027	0,030

L'analyse de l'impact dosimétrique liée à leur consommation apparaît dans le chapitre 8 de ce rapport.

## 8. EVALUATION DE LA DOSE EFFICACE AJOUTEE

### 8.1. PRINCIPE DE L'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

L'évaluation de l'impact sanitaire dû à des sites pollués ou à des activités anthropiques fait très souvent appel à la démarche d'évaluation quantitative des risques sanitaires, notamment lorsque les connaissances sur les effets de la pollution étudiée sont restreintes ou incomplètes et que la mise en place d'une étude épidémiologique n'est pas envisageable (du fait d'un manque de temps, d'une population exposée trop peu importante...).

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

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

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

### 8.2. RISQUES RADIOLOGIQUES

Les rayonnements ionisants, qu'ils soient de type  $\alpha$ ,  $\beta$  ou  $\gamma$ , transportent de l'énergie qu'ils cèdent à la matière avec laquelle ils rentrent en interaction. La quantité de rayonnements absorbée (ou dose absorbée) par la matière est alors exprimée en gray noté Gy.

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.

### 8.3. LA NOTION DE DOSE EFFICACE

Les rayonnements alpha, qui sont constitués de grosses particules (noyaux d'hélium), ne peuvent pas pénétrer profondément dans les tissus et déposent donc leur énergie très localement. A dose absorbée égale, ils sont donc beaucoup plus perturbateurs que des rayonnements gamma qui, du fait de leur pénétration plus importante, étalent leur dépôt d'énergie.

Pour un tissu donné, l'effet biologique des rayonnements ionisants varie donc en fonction de leur nature. Pour tenir compte de ces variations, un « facteur de qualité » a été défini pour chacun d'eux. Il permet de calculer la dose équivalente  $H_T$ , exprimée en Sievert, qui mesure l'effet biologique subi par le tissu T étudié.

$$H_T = \sum_R D_{T,R} \cdot W_R$$

avec  $H_T$  = dose équivalente reçue par le tissu T (en Sv)  
 $D_{T,R}$  = dose absorbée moyenne due au rayonnement R et reçue par le tissu T (en Gy)  
 $W_R$  = facteur de qualité pour le rayonnement R (en Sv/Gy).

Ainsi, pour les photons X et  $\Gamma$  et les électrons (rayonnements bêta et gamma), le facteur de qualité  $W_R$  est égal à 1 alors qu'il est égal à 20 pour les particules alpha.

Cependant, le risque biologique n'est pas uniforme pour tout l'organisme. En effet, tous les tissus ne réagissent pas de façon identique pour une même dose équivalente reçue. Pour chacun d'eux, un coefficient de pondération reflétant leur radiosensibilité a donc été défini. Ce facteur permet de calculer la dose efficace (exprimée en Sievert) reçue par chaque tissu.

Pour estimer le risque d'apparition à long terme d'un cancer dans l'organisme entier, on calcule la dose efficace totale E correspondant à la somme des doses efficaces reçues par chaque organe ou tissu T.

$$E = \sum_T H_T \cdot W_T$$

avec  $E$  = dose efficace corps entier (en Sv)  
 $H_T$  = dose équivalente reçue par le tissu T (en Sv)  
 $W_T$  = coefficient de pondération pour le tissu T (sans unité)

Les réglementations européenne (Directive 96/29/EURATOM) et française (décret n°2002-460) définissent des limites à ne pas dépasser pour la dose efficace ajoutée par les activités nucléaires, et reçue par les personnes du public, sur un an. Elles ont été fixées d'après les recommandations de la publication n°60 de la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) parue en 1990.

## 8.4. METHODE D'EVALUATION DE LA DOSE EFFICACE AJOUTEE DANS L'ENVIRONNEMENT PROCHE DES SITES

### 8.4.1. Voies d'exposition à considérer

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

- **l'exposition externe** due au rayonnement gamma issu du site et calculée à partir des valeurs des débits de dose mesurés sur les zones de présence des groupes de population considérés.
- **l'exposition interne par inhalation** des descendants à vie courte du radon 222 et 220, calculée à partir des concentrations volumiques en énergies alpha potentielles (EAP) des descendants à vie courte du radon 222 et 220 mesurées dans l'air respiré par les individus des groupes de population. L'identification de la contribution du site aux énergies mesurées dans l'environnement constitue une des difficultés principales de ce type d'évaluation.
- **l'exposition interne par ingestion** de produits alimentaires issus de parcelles proches du site et consommés par les personnes des groupes de référence.  
Pour l'eau, est prise en compte l'eau consommée, qu'elle soit issue d'un réseau de distribution ou d'un puits.  
L'utilisation d'eau en aval d'un site à des fins d'arrosage peut constituer une source de contamination des végétaux.

### 8.4.2. Détermination des groupes de référence

La détermination de groupes de référence associés aux sites miniers n'a pas été établie à partir de la méthodologie, initialement proposée par COGEMA, validée dans ses grandes lignes par l'IRSN [11] et améliorée au fur et à mesure des recommandations exprimées par l'IRSN [12] ou le Groupe d'Expertise des Mines du Limousin. Cette méthodologie est détaillée dans l'annexe 6. Cette démarche consiste, après recensement de la totalité des zones habitées dans un rayon de 1 km autour du site, à les classer à partir des notes attribuées à plusieurs critères liés aux risques d'exposition (importance du site, aval vent ou hydraulique, position topographique, ...). Les (ou la) zones ayant l'indice d'exposition (somme des notes attribuées à chaque critère) le plus élevé sont considérées comme groupe de référence.

Pour les sites concernés par le présent bilan de fonctionnement, le choix des groupes de référence a été réalisé en fonction de la proximité des villages par rapport aux sites miniers. Ces groupes de référence sont présentés sur la figure 17.

Le dispositif de qualité de l'air et les prélèvements de chaîne alimentaire sont alors effectués dans chacun des groupes de référence ainsi définis.

Cette démarche a été appliquée pour les cinq sites miniers de la concession de Mailhac-Sur-Benaize, conformément aux arrêtés préfectoraux présentés dans le tableau suivant :

Site	Référence de l'AP	Observations
Le Bernardan	AP n°2002-247 du 21 mai 2002	pris au titre des ICPE et précisant les conditions de suivi de l'impact radiologique du site sur son environnement.
Les Loges	AP n°2004-559 du 1 avril 2004 complété par l'AP n°2004-2114 du 15 novembre 2004	précisant les conditions de suivi de l'impact radiologique du site sur son environnement.
Plégut	AP n°2004-29 du 8 janvier 2004	précisant les conditions de suivi de l'impact radiologique du site sur son environnement.
La Cote Moreau	AP n°2000-365 du 22 août 2000	précisant les conditions de suivi de l'impact radiologique du site sur son environnement. <i>Appliqué jusqu'en 2002</i>
Les Masgrimauds	AP n°2000-366 du 22 août 2000	précisant les conditions de suivi de l'impact radiologique du site sur son environnement. <i>Appliqué jusqu'en 2002</i>

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 (ex : site des Loges, des Masgrimauds, de la Cote Moreau), professionnelles ou agricoles (ex : Le Bernardan).

Le calcul de la dose efficace dépend, pour chaque groupe de référence, de leur emploi du temps (temps de présence dans la zone habitée dont temps passé à l'intérieur des habitations), des lieux fréquentés, et des quantités consommées. La Directive européenne 96/29/EURATOM, dispose, dans son Article 45, que les scénarii d'exposition retenus doivent refléter les modes de vie locaux réels. Ils sont détaillés dans l'annexe 6.

#### 8.4.3. 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 l'annexe 6 et des mesures réalisées dans l'environnement des deux sites mentionnés plus haut.

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

- Le rayonnement gamma issu du site ne pénètre pas à l'intérieur des habitations et ne provoque donc pas d'augmentation de l'exposition externe des groupes de référence pendant leur temps de présence à l'intérieur. C'est une hypothèse tout à fait réaliste car elle découle de la capacité des murs à absorber les photons gamma en provenance du site.
- L'Energie Alpha-Potentielle due aux descendants à vie courte du radon apporté par le site est supposée identique que l'on soit à l'intérieur ou l'extérieur des habitations (hypothèse simplificatrice qui s'affranchit des variations du facteur d'équilibre au cours de l'année). Le radon naturel issu du sous-sol ou des murs n'est évidemment pas pris en compte.



## PASSAGE A LA DOSE EFFICACE AJOUTEE

Les coefficients de doses présentés dans l'annexe 6 permettent de relier les quantités de substances radioactives ou de rayonnements ionisants incorporés aux doses efficaces reçues par l'organisme. Ils sont définis dans la directive 96/29/EURATOM et varient avec l'âge.

*Pour l'exposition externe ( $E_1$ )*

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

*Pour l'inhalation du radon 222 ( $E_2$ ) et 220 ( $E_3$ )*

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

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

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

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

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

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

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

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

## RESULTATS

Le calcul des doses efficaces ajoutées au milieu naturel sont réalisées pour les scénarii présentés dans l'annexe 6. Un scénario a été cependant ajouté, du fait de la présence d'une zone artisanale sur le site du Bernardan : un calcul de dose efficace ajoutée annuelle est présenté pour une personne travaillant dans les bâtiments de la ZA (ex : partie anciens ateliers).

⇒ Vecteur AIR :

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

	GROUPES DE REFERENCE	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
DEAA (mSv/an) pour 6800 h en intérieur et 860 h en extérieur	Ferme des Alleux	/	0,25	/	/	/	/	/	/	/
	Village des Alleux	0,53	0,53	0,31	0,23	/	/	/	/	/
	Cherbois	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03
	Menussac	0,27	0,05	0,0	0,05	0,01	0,00	0,00	0,02	0,05
	Village des Loges	/	0,03	0,02	0,03	0,02	0,05	0,03	0,02	0,13
	Reculais	/	0,42	0,33	0,45	0,48	0,37	0,58	0,49	0,59
	Montlambert	/	/	0,05	0,08	/	/	/	/	/
	Village des Masgrimauds	/	/	0,31	0,26	/	/	/	/	/
DEAA (mSv/an) pour 100 h	Verse (stockage)	/	/	/	/	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00
	site des Loges	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	/	/	/
	site de Piégut	/	/	0,03	0,03	0,03	/	/	/	/
	site de la Cote Moreau	/	/	0,00	0,01	/	/	/	/	/
	site des Masgrimauds	/	/	0,00	0,00	/	/	/	/	/
Total DEAA (mSv/an) SCENARIO 1	Ferme des Alleux									
	Village des Alleux									
	Cherbois					0,02	0,01	0,01	0,03	0,03
	Menussac					0,03	0,01	0,01	0,02	0,05
	Village des Loges		0,05	0,03	0,04	0,02	0,05			
	Reculais			0,36	0,48	0,51				
	Montlambert			0,05	0,09					
	Village des Masgrimauds			0,31	0,26					

Pour ce scénario, quelque soit l'année, les résultats sont inférieurs à la limite réglementaire de 1mSv/an. Les expositions maximales susceptibles d'être reçues pour les personnes habitant le village du Reculais sont plus élevées que pour les autres groupes de référence du fait d'un substratum géologique spécifique (gneiss).

**Scénario 2 :** Adulte de plus de 60 ans (retraité) résidant sous influence du site (7300 h + 1360 h) et susceptible de se promener en bordure ou sur le site (100 h)

		GROUPES DE REFERENCE	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<b>DEAA (mSv/an)</b> pour 7300 h en intérieur et 1360 h en extérieur	Ferme des Alleux	/	0,29	/	/	/	/	/	/	/	/
	Village des Alleux	0,60	0,44	0,36	0,26	/	/	/	/	/	/
	Cherbois	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,03
	Menussac	0,30	0,07	0,00	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,07
	Village des Loges	/	0,05	0,03	0,05	0,03	0,07	0,05	0,03	0,16	
	Reculais	/	0,49	0,37	0,54	0,57	0,44	0,68	0,57	0,69	
	Montlambert	/	/	0,05	0,10	/	/	/	/	/	/
	Village des Masgrimauds	/	/	0,35	0,32	/	/	/	/	/	/
<b>DEAA (mSv/an)</b> pour 100 h	verse (stockage)	/	/	/	/	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
	site des Loges	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	/	/	/	/
	site de Piégut	/	/	0,03	0,03	0,03	/	/	/	/	/
	site de la Cote Moreau	/	/	0,00	0,01	/	/	/	/	/	/
	site des Masgrimauds	/	/	0,00	0,00	/	/	/	/	/	/
<b>Total DEAA (mSv/an)</b> SCENARIO 2	Ferme des Alleux										
	Village des Alleux										
	Cherbois					0,02	0,01	0,01	0,04	0,03	
	Menussac					0,03	0,01	0,01	0,03	0,07	
	Village des Loges		0,07	0,04	0,06	0,03	0,07				
	Reculais			0,40	0,57	0,60					
	Montlambert			0,05	0,11						
	Village des Masgrimauds			0,35	0,32						

Pour ce scénario, quelque soit l'année, les résultats sont inférieurs à la limite réglementaire de 1mSv/an.

**Scénario 3 :** Adulte de 17 à 60 ans résidant hors influence du site et séjournant en bordure ou sur le site dans le cadre d'une activité de loisirs ou agricole (400 h)

		GROUPES DE REFERENCE	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<b>DEAA (mSv/an)</b> SCENARIO 3	verse (stockage)	/	/	/	/	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
	station météo	/	/	/	/	/	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	site des Loges	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	/	/	/	/
	site de Piégut	/	/	0,03	0,03	0,03	/	/	/	/	/
	site de la Cote Moreau	/	/	0,00	0,01	/	/	/	/	/	/
	site des Masgrimauds	/	/	0,00	0,00	/	/	/	/	/	/

**Scénario 4 :** Adulte de 17 à 60 ans résidant sous influence du site (5400 h + 760 h), travaillant dans une zone d'activités sur le site (2500 h) (Zone artisanale du Bernardan) et susceptible de se promener en bordure ou sur le site (100 h).

	GROUPES DE REFERENCE	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<b>DEAA (mSv/an)</b> pour 5400 h en intérieur et 760 h en extérieur	Ferme des Alleux	/	0,2	/	/	/	/	/	/	/
	Village des Alleux	0,43	0,43	0,25	0,19	/	/	/	/	/
	Cherbois	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02
	Menussac	0,22	0,03	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00	0,02	0,04
	Village des Loges	/	0,04	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03	0,02	0,10
	Reculais	/	0,34	0,26	0,36	0,39	0,30	0,47	0,40	0,48
	Montlambert	/	/	0,04	0,07	/	/	/	/	/
	Village des Masgrimauds	/	/	0,25	0,22	/	/	/	/	/
<b>DEAA (mSv/an)</b> pour 100 h	verse (stockage)	/	/	/	/	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00
	site des Loges	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	/	/	/
	site de Piégut	/	/	0,03	0,03	0,03	/	/	/	/
	site de la Cote Moreau	/	/	0,00	0,01	/	/	/	/	/
	site des Masgrimauds	/	/	0,00	0,00	/	/	/	/	/
<b>DEAA (mSv/an)</b> pour 2500 h en intérieur	verse (stockage)	/	/	/	/	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	station météo	/	/	/	/	/	0,00	0,00	0,00	0,01
<b>Total DEAA (mSv/an)</b> SCENARIO 4	Ferme des Alleux									
	Village des Alleux									
	Cherbois					0,02	0,01	0,01	0,04	0,03
	Menussac					0,03	0,01	0,01	0,03	0,07
	Village des Loges		0,07	0,04	0,06	0,03	0,07			
	Reculais			0,40	0,57	0,60				
	Montlambert			0,05	0,11					
	Village des Masgrimauds			0,35	0,32					

Pour ce scénario, quelque soit l'année, les résultats sont inférieurs à la limite réglementaire de 1mSv/an.

**Scénario 4 :** Adulte de 17 à 60 ans résidant hors influence du site, travaillant 2080 h (soit 40 h par semaine) sur la zone d'activités du Bernardan (1300 h en intérieur et 780 h en extérieur).

	GROUPES DE REFERENCE	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<b>DEAA (mSv/an)</b>	Verse (stockage)	/	/	/	/	0,12	0,05	0,05	0,06	0,06
	station météo	/	/	/	/	/	0,08	0,05	0,02	0,04
	<b>SCENARIO 4</b>						0,13	0,1	0,08	0,1

⇒ Vecteur CHAÎNE ALIMENTAIRE :

Le calcul de la dose efficace ajoutée annuelle, pour la chaîne alimentaire (sans l'eau de consommation), a été effectué à partir des résultats de l'année 2007 pour les raisons évoquées précédemment.

Les résultats sont les suivants :

Année 2007	DEAA (mSv/an)
Village des Loges	0,007
Menussac	0,007
Le Cherbois	0,006
Le Reculais	0,007

A partir des résultats de l'eau de consommation (eau du robinet), un calcul de la dose totale indicative (DTI) a été réalisé, également pour l'année 2007 :

Pour un adulte :

Année 2007	DTI (mSv/an)	A titre indicatif Captage AEP (cf. plan n°4)
Village des Loges	0,04	Gartempe – Moulin de Coulerolles
Menussac	0,04	Les Sablons
Le Cherbois	0,02	Les Sablons
Le Reculais	0,05	Gorges Ouvertes drains 1-2

Pour un enfant de 2 - 7 ans :

Année 2007	DTI (mSv/an)	A titre indicatif Captage AEP (cf. plan n°4)
Village des Loges	0,06	Gartempe – Moulin de Coulerolles
Menussac	0,06	Les Sablons
Le Cherbois	0,04	Les Sablons
Le Reculais	0,09	Gorges Ouvertes drains 1-2

⇒ A partir de ces différents résultats sur la DEAA, deux scénarios complets présentant ont été établis pour l'année 2007. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Scénarios « AIR » retenus	Groupes de référence	DEAA (mSv/an)		DTI (mSv/an)	DEAA totale (mSv/an)
		« Air »	« CA »		
Enfant de 2 à 7 ans résidant sous influence du site (6800 h + 860 h), scolarisé hors influence du site (1000 h) et susceptible de se promener en bordure ou sur le site (100 h)	Cherbois	0,03	0,006	0,04	0,076
	Menussac	0,05	0,007	0,06	0,117
Adulte de 17 à 60 ans résidant sous influence du site (5400 h + 760 h), travaillant dans une zone d'activité sur le site (2500 h) (Zone artisanale du Bernardan) et susceptible de se promener en bordure ou sur le site (100 h).	Cherbois	0,03	0,006	0,04	0,076
	Menussac	0,07	0,007	0,06	0,137

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

## 9. MESURES PRISES POUR REDUIRE LES IMPACTS

### 9.1. 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 (site du Bernardan),
- les stériles miniers qu'ils soient stockés sur les sites mêmes ou réutilisés dans le domaine public.

Les travaux de réaménagement ont eu pour objet la sécurité des personnes et de l'environnement et la limitation de l'impact radiologique à des niveaux aussi faibles que raisonnablement possible par les meilleures techniques disponibles de l'époque à un coût économiquement acceptable.

#### 9.1.1. Les résidus de traitement du minerai

Sur la concession de Mailhac-Sur-Benaize, seul le site du Bernardan possède un stockage de résidus de traitement dynamique. Ces résidus (1 942 000 tonnes) ont été répartis dans quatre cellules de stockage délimitées par des digues constituées de stériles de découverte issus de la mine à ciel ouvert du site. Ces résidus ont été ensuite recouverts par une couche de stériles de 2,3 m puis par 20 cm de terre végétale.

Un dosimètre de site a été mis en place sur la partie sommitale du stockage à partir de 2003. Dans le paragraphe 7.2.3, les mesures effectuées montrent des résultats du même ordre de grandeur (légèrement plus élevés pour le débit de dose) que ceux du milieu naturel à Lussac-Les-Eglises.

Stockage (2003-2007)	DD = 160 à 250 nGy/h EAP Rn <sub>220</sub> = 8 à 14 nJ/m <sup>3</sup> EAP Rn <sub>222</sub> = 31 à 52 nJ/m <sup>3</sup>
----------------------	---

Lussac-Les-Eglises (2003-2007)	DD = 80 à 100 nGy/h EAP Rn <sub>220</sub> = 8 à 14 nJ/m <sup>3</sup> EAP Rn <sub>222</sub> = 38 à 61 nJ/m <sup>3</sup>
--------------------------------	--

On notera que depuis 2004, les valeurs mesurées pour le débit de dose tendent à diminuer (vraisemblablement dû au tassement des produits de couverture ou au développement du couvert végétal) puis semblent s'être stabilisées autour de 160 nGy/h.

De décembre 2000 à avril 2003 (pendant le réaménagement), des mesures d'exhalation de radon 222 sur planche d'essai ont été réalisées sur la cellule n°2 (cellule Sud-Est) du stockage de résidus, afin de tester l'efficacité de la couverture vis-à-vis du dégagement du radon. Des mesures sur résidus bruts et dans l'environnement proche du site (Cherbois, Menussac et Lussac-Les-Eglises) ont également été effectuées en vue de comparaisons en 2000.

Les résultats des mesures d'exhalation de radon 222 sont les suivants (moyenne sur les 3 années) :

En 2000 : Résidus bruts :  $8,4 \text{ Bq.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$   
 Lussac-Les-Eglises :  $0,036 \text{ Bq.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$   
 Village du Cherbois :  $0,029 \text{ Bq.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$   
 Village de Menussac :  $0,055 \text{ Bq.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$

De 2000 à 2003 : Résidus avec couverture stérile de 1,60 m :  $0,024 \text{ Bq.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$   
 Résidus avec couverture stérile de 1,20 m :  $0,027 \text{ Bq.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$

Les résultats obtenus sur le stockage sont du même ordre de grandeur que ceux obtenus dans son environnement proche. Ceci montre l'efficacité de la couverture vis-à-vis de l'atténuation du radon.

**Les mesures effectuées à partir du dosimètre de site et celles sur planches d'essais montre l'efficacité de la couverture mis en place sur les résidus vis-à-vis du vecteur air.**

De plus, un plan compteur après réaménagement a été effectué sur le site. Les mesures effectuées au SPP2 après réaménagement à l'emplacement du stockage sont :

- sur les talus, comprises entre 150 et 600 chocs/s (avec quelques points compris entre 850 et 1500 chocs/s),
- sur la couverture, comprises entre 120 et 300 chocs/s (avec deux points mesurés à 900 chocs/s).

### 9.1.2. Les stériles miniers

Les mesures pour limiter les impacts sur le vecteur air ont consisté en un assainissement radiologique de surface lors du remodelage des verses. La qualité du réaménagement était validée par les résultats de mesures de débit de dose réalisées par plan compteur radiométrique sur les sites. Les sites concernés et les résultats obtenus sont :

Sites	surface couverte	maille	valeur minimum (chocs/s SPP2)	valeur maximum (chocs/s SPP2)	valeur moyenne (chocs/s SPP2)
Les Loges	155 600 m <sup>2</sup>	20 × 20 m	90	1600	250
La Cote Moreau	87 500 m <sup>2</sup>	20 × 20 m	75	300	180
Les Masgrimauds	52 800 m <sup>2</sup>	20 × 20 m	100	370	150
Piégut (pas de verses)	20 000 m <sup>2</sup>	10 × 10 m	150	1300	300

S'agissant du risque de dispersion des stériles miniers dans le domaine public, aucune cession, avant et après acquisition de SMJ par COGEMA, n'a eu lieu, cependant, les sites n'étant pas clôturés au début de leur exploitation, des enlèvements par des particuliers, non autorisés par SMJ, ne sont pas à exclure.

## 9.2. 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 (Les Loges, Les Masgrimauds, La cote Moreau et Piégut) et si nécessaire des traitements (dans des stations aménagées à cet effet – site du Bernardan) visant à restituer à l'environnement une eau dont les caractéristiques sont conformes aux exigences réglementaires.

Le traitement des eaux par les exploitants miniers uranifères a été initié en 1977 avec une généralisation d'un procédé physico-chimique avec :

- élimination du radium 226 par précipitation d'un sel double de sulfate de baryum et radium, après ajout de chlorure de baryum en présence d'ions sulfates ;
- ajustement du pH à l'aide de soude ;
- élimination de l'uranium 238 par précipité d'oxydes de fer (ou d'aluminium), après ajout de chloro-sulfate complexe de fer (ou de sulfates d'alumine).
- utilisation éventuelle de flocculants pour faciliter la décantation dans un ou plusieurs bassins.

Ce procédé, utilisé (totalement ou pour partie selon les radionucléides à éliminer) a été mis en œuvre pendant l'exploitation sur tous les sites de la concession de Mailhac-Sur-Benaize et après le réaménagement sur le site du Bernardan.

Le schéma du circuit des eaux de l'actuelle station du Bernardan est présenté sur la figure 18. Le principe de fonctionnement peut être résumé de la manière suivante :

### LES BASSINS DE RECEPTION

**Le bassin B6** (volume 1 500 m<sup>3</sup>), recueillant les eaux des exutoires Est et Ouest (eaux d'infiltration du stockage de résidus) est équipé de 2 pompes qui alimentent le réacteur R780 de la station de traitement des eaux. Ces pompes sont commandées par 3 poires de niveau (bas, haut, très haut) et équipées d'un horamètre.

**Le bassin B7** (500 m<sup>3</sup>), situé à l'est des verses, recueille les eaux de ruissellement et les fuites issues du stockage. Il se déverse par une canalisation enterrée qui contourne les verses et rejoint le bassin B8.

**Le bassin B8** (2 000 m<sup>3</sup>), recueillant les eaux de ruissellement, est muni d'un déversoir de crue vers le bassin B9 avec possibilité éventuelle de réguler automatiquement le pH par ajout de soude. Deux pompes alimentent le réacteur R780 de la station de traitement des eaux ; elles sont commandées par 3 poires de niveau (bas, haut, très haut) et équipées d'un horamètre. Les eaux peuvent être éventuellement envoyées par surverse dans le bassin de rejet B9. En cas de débordement du B8, une pompe flight peut éventuellement renvoyer les eaux vers la MCO.



## LA STATION DE TRAITEMENT

Elle est alimentée par le pompage de l'eau des bassins B6 et B8 qui démarre et s'arrête automatiquement selon le réglage des poires de niveau des bassins.

Elle comprend les installations suivantes :

- 1 bâtiment principal fermé où se trouvent :
  - o les commandes de la station de traitement des eaux,
  - o les appareils de fabrication et de stockage du chlorure de baryum liquide et du floculant liquide à partir des produits en poudre,
  - o un groupe électrogène de secours.
- 1 silo (R760) de 75 m<sup>3</sup> stockant la chaux.
- 1 local fermé pour stockage des sacs de chlorure de baryum et de floculant.
- 1 colonne de 30 m<sup>3</sup> pour stockage du clarfer.
- 1 réacteur (R780) de 40 m<sup>3</sup> environ pourvu d'un agitateur.
- 1 station de traitement à la soude, incluant 2 cuves de 11 m<sup>3</sup> contenant de la lessive de soude, qui ne sera utilisé qu'en cas de défaut de la chaux dans le R 780.

Ces installations sont équipées de bacs de rétention.

Les pompes doseuses de floculant et de chlorure de baryum se mettent en route ou s'arrêtent quand les 2 électrodes situées en sortie du réacteur R780 détectent la présence ou l'absence de liquide. Le débit des pompes est asservi au flux à traiter.

L'arrivée de chaux par distributeur à vis est asservie à un pH-mètre situé dans le réacteur.

La surverse du réacteur est dirigée vers le décanteur R795.

## LE BASSIN DE DECANTATION (R795)

Le bassin R795 (200 m<sup>3</sup>) sert de décanteur, il est équipé d'une électrode qui arrête l'installation en cas de détection d'un pH anormal et déclenche une alarme prioritaire.

La surverse se jette dans le bassin B9.

## LE BASSIN DE REJET B9

La surverse du bassin B9 (volume 2 500 m<sup>3</sup>) est acheminée par une conduite enterrée vers le point de rejet au milieu naturel. Le débit de sortie est comptabilisé et prélevé par un échantillonneur automatique. Une sonde de pH permet son suivi.

En cas de crue, un déversoir permet aux eaux de B9 de rejoindre le ruisseau Rigeallet, puis la Benaize, en passant par l'étang des Alleux.

## REJET DANS LE MILIEU NATUREL

Le rejet se fait dans le Rigeallet, affluent de la rivière Benaize, en aval de l'étang des Alleux.

## GESTION DES BOUES ISSUES DU TRAITEMENT

A l'initiative du responsable de la station et selon l'état de remplissage des bassins, les boues, résultant de la décantation des eaux avant et après traitement, sont pompées à partir du bassin de décantation R795 vers une alvéole aménagée à cet effet dans la verse de stockage des résidus de traitement.

Les tableaux suivants illustrent le degré d'efficacité de ce traitement :

	[U sol] entrée (mg/l)	[U sol] sortie (mg/l)	taux d'abattement U soluble (%)
2003	1,685	0,43	74,5
2004	1,995	0,38	81,0
2005	2,365	0,67	71,7
2006	2,035	0,50	75,4
2007	2,005	0,58	71,1
moyenne	2,017	0,512	74,7

	[Ra sol] entrée (Bq/l)	[Ra sol] sortie (Bq/l)	taux d'abattement Ra soluble (%)
2003	0,865	0,08	90,8
2004	0,455	0,07	84,6
2005	0,435	0,04	90,8
2006	0,44	0,06	86,4
2007	0,375	0,05	86,7
moyenne	0,514	0,06	87,8

## 10. MESURES ENVISAGEES POUR REDUIRE LES IMPACTS ET PROPOSITION DE PROGRAMME DE SURVEILLANCE

L'analyse environnementale issue de la recherche documentaire, des différentes études réalisées, des mesures de débits de dose sur sites et dans leur environnement, et des analyses effectuées sur le compartiment aquatique ont mis en évidence :

- des rejets d'eau identifiés à des concentrations en radionucléides inférieures aux seuils fixés par la réglementation en particulier ceux mentionnés par le décret n°90-222 qui constitue la seconde partie relative à la protection de l'environnement, du titre Rayonnements ionisants du Règlement Général des Industries Extractives ( $U_{238}$  maxi = 0,67 mg/l et  $Ra_{226}$  maxi = 0,17 Bq/l).
- un impact limité sur les cours d'eau récepteurs ( $U_{238}$  maxi = 0,08 mg/l et  $Ra_{226}$  maxi = 0,08 Bq/l), mesurable sur les ruisseaux à très faible débit et indétectable après dilution dans la Benaize, cours d'eau de plus grande importance.
- une mise en sécurité des ouvrages miniers.
- un réseau de surveillance radiologique des sites et de leur environnement, notamment pour le site du Bernardan présentant des enjeux environnementaux spécifiques liés à la présence de résidus de traitement des minerais.

Les actions qu'AREVA NC se propose de mettre en œuvre concernent :

- La station de traitement du Bernardan :

Actuellement, toutes les eaux collectées sur le site du Bernardan sont traitées avant rejet dans le milieu naturel. Afin d'améliorer le fonctionnement de la station, il est envisagé d'effectuer une séparation des eaux arrivant actuellement à la station. Ainsi, les eaux issues des infiltrations dans le stockage de résidus de traitement continueraient à être traitées et celles provenant du ruissellement sur le site pourraient être, après analyses confirmant le respect de la réglementation, rejetées dans le Rigeallet sans traitement préalable.

- La réutilisation des stériles dans l'environnement proche des sites :

Bien qu'aucune cession des stériles n'a eu lieu dans le domaine public pour chacun des sites de la concession de Mailhac-Sur-Benaize, ces sites n'étant pas clôturés au début de leur exploitation, des enlèvements par des particuliers, non autorisés par SMJ, ne sont pas à exclure.

Par conséquent, AREVA NC propose une investigation radiométrique complémentaire sur les chemins situés en périphérie des anciens sites miniers afin d'identifier les lieux à réutilisation de stériles miniers dans le domaine public. Des actions correctives pourront être éventuellement engagées sur la base de seuils à fixer en concertation avec l'administration et en conformité avec la réglementation en vigueur.

– Proposition de programme de surveillance sur les sites du Nord de la Haute-Vienne

AREVA NC propose en concertation avec la DRIRE d'optimiser le réseau de surveillance actuel sur les sites. Le suivi actuel des analyses sur le vecteur eau et la proposition du CESAAM sont présentés respectivement sur les figures 19 et 20. La proposition de surveillance des sites et de leur environnement comporte les points suivants :

- une généralisation des mesures sur les fractions insolubles de l'uranium et radium sur le rejet traité (sortie du bassin B9) et des milieux récepteurs (Rigeallet aval rejet et Benaize)
- la limitation des analyses chimiques Al, Ba, Cl et F sur le rejet traité et les milieux récepteurs.
- le maintien de l'indicateur « sulfates ».
- l'arrêt des mesures sur la fraction insoluble pour les milieux non impactés par le rejet traité.
- la reprise des contrôles sur les sites de La Cote Moreau et des Masgrimauds.
- la modification des points de contrôles sur Les Loges, suite au débordement du plan d'eau de l'ancienne mine à ciel ouvert.
- la suppression des dosimètres de sites dans les villages suivants : Menussac, Lussac-Les-Eglises, Les Loges et Le Reculais.
- le maintien des dosimètres sur le stockage de résidus et dans la zone d'activité du Cherbois.
- la suppression des bioindicateurs (sédiments et végétaux aquatiques) dans les ruisseaux.
- la suppression de la chaîne alimentaire sur les villages en amont hydraulique des sites et recherche d'un jardin potentiellement sous influence (arrosage à partir d'un puits ou d'un milieu naturel situé en aval rejet).
- la suppression des analyses chimiques sur les piézomètres du site du Bernardan, à l'exception du piézomètre h4.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Antoine PAUCARD et ses amis, *La mine et les mineurs de l'uranium français*, Tome IV, Volume I, 2007.
- [2] BRGM, *Notice de la carte géologique au 1/50 000° (n°615) : secteur de Saint-Sulpice-les-Feuilles*
- [3] Pierre-Christian GUIOLLARD et Gérard MILVILLE, *L'Uranium de deux « Privés »*, 2003
- [4] DIREN et Conseil Régional du Limousin, *Recueil de données : l'environnement en Limousin*, 1999.
- [5] ARCADIS, *Site du Bernardan – Expertise pour déterminer l'efficacité du réaménagement du site et de la gestion des eaux – Etude Simplifiée des Risques*, 2004.
- [6] Hydro Banque - <http://www.hydro.eaufrance.fr/>
- [7] Stéphanie SOMOT - CREGU, Thèse : *Radium, uranium et métaux dans les résidus de traitement dynamique, acides et alcalins, de minerais d'uranium*, soutenue à l'Université Henri Poincaré à Nancy, 1997
- [8] IRSN – DPRE/SEGRD, *Caractérisation physico-chimique des résidus de traitement de minerais d'uranium de Jouac*, Rapport 98-12, Juin 1998.
- [9] ANTEA, *Stabilité à long terme de la digue à stériles uranifères du Bernardan à Jouac (Haute-Vienne)*, Rapport A29023/A, Décembre 2002.
- [10] CIG – ARMINES – Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, *Etude prévisionnelle de l'impact hydrochimique du stockage de résidus après arrêt de l'exploitation du Bernardan*, Rapport LHM/RD/99/11), Juillet 1999.
- [11] IRSN – DPRE/SERGD/01-53, *Méthode d'évaluation de l'impact des sites de stockage de résidus de traitement de minerais d'uranium*, novembre 2001
- [12] IRSN – DEI/SARG/2007-042, *Expertise globale du bilan décennal environnemental d'AREVA NC, 2ème partie : impact environnemental à l'échelle des bassins versants et évaluation de la surveillance*, 2007.