

ETABLISSEMENT DE BESSINES

CESAAM



BILAN DE FONCTIONNEMENT

CREUSE

SOMMAIRE

Glossaire.....	6
Sigles et abréviations	8
Généralités concernant la radioactivité	9
Préambule.....	12
1. PRESENTATION GENERALE DES ACTIVITES MINIERES ET INDUSTRIELLES DU DEPARTEMENT DE LA CREUSE.....	14
2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE	14
2.2. HISTORIQUE	14
2. PRESENTATION GENERALE DE L'ENVIRONNEMENT DES SITES.....	17
2.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE	17
2.1.1. Géologie des terrains uranifères.....	17
2.1.2. Tectonique	18
2.1.3. Caractéristiques de la minéralisation.....	19
2.1.4. Fond radiométrique régional.....	19
2.2. ENVIRONNEMENTS PAYSAGERS ET DEMOGRAPHIQUES	20
2.3. CONTEXTE CLIMATIQUE	20
2.3.1. Pluviométrie	20
2.3.2. Températures	21
2.3.3. Vents.....	21
2.4. CONTEXTE HYDROLOGIQUE	21
2.4.1. Bassins versants.....	21
2.4.2. Débit des cours d'eau	22
2.4.3. Utilisation des eaux.....	23
2.5. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	24
3. L'EXPLOITATION MINIERE ET LE TRAITEMENT DES MINERAIS	25
3.1. LES METHODES D'EXPLOITATION	25
3.1.1. Les travaux de reconnaissance.....	25
3.1.2. Exploitation à ciel ouvert.....	25
3.1.3. Exploitation souterraine	25
3.2. LE TRAITEMENT DU MINERAL	26
3.2.1. Traitement dynamique	27
3.2.2. Traitement des minerais pauvres par lixiviation statique en tas.....	28
4. PRESENTATION DES SITES MINIERES	29
4.1. GENERALITES.....	29

4.2.	CONTEXTE REGLEMENTAIRE.....	31
4.2.1.	Titres miniers	31
4.2.2.	Réglementations européennes et nationales	32
4.2.3.	Arrêtés préfectoraux	35
4.2.4.	Situation réglementaire des sites et installations arrêtées	36
4.3.	SITES MINIERES ET BASSINS VERSANTS	37
4.4.	PRESENTATION DES SITES	38
4.4.1.	Bassin versant de la Petite Creuse	38
4.4.2.	Bassin versant direct de la Creuse	42
4.4.3.	Bassin versant de la Benaize	45
4.4.4.	Bassin versant de la Voueize	47
4.4.5.	Bassin versant du Taurion	47
5.	LES RESIDUS ET DECHETS D'EXPLOITATION	48
5.1.	LES STERILES MINIERES.....	48
5.1.1.	Généralités – teneur en uranium	48
5.1.2.	Réaménagement des verses à stériles	48
5.1.3.	Réutilisation particulière des stériles	49
5.2.	LES RESIDUS DE TRAITEMENT	50
6.	EVALUATION DES IMPACTS EN TERME DE SECURITE PUBLIQUE	51
6.1.	INTRODUCTION	51
6.2.	LES RISQUES LIES AUX TRAVAUX SOUTERRAINS	51
6.2.1.	Les ouvrages de liaison fond-jour.....	51
6.2.2.	Les infrastructures et chantiers souterrains.....	53
6.3.	LES RISQUES LIES AUX MINES A CIEL OUVERT	58
6.4.	LES RISQUES LIES AUX VERSES A STERILES.....	58
7.	EVALUATION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT	59
7.1.	IMPACT SUR LE VECTEUR EAU	59
7.1.1.	Voie de contamination sur le milieu aquatique	59
7.1.2.	Valeurs de référence « milieu naturel »	60
7.1.3.	Analyse par bassin versant de l'impact réel sur le milieu aquatique	60
7.1.4.	Bilan des impacts sur le milieu aquatique	66
7.2.	IMPACT SUR LE VECTEUR AIR	68
7.2.1.	Voies de contamination de l'air.....	68
7.2.2.	Surveillance de la qualité radiologique de l'air	68
7.2.3.	Résultats de la surveillance de la qualité de l'air.....	69
7.3.	IMPACT SUR LA CHAINE ALIMENTAIRE ET LES SOLS	70
8.	EVALUATION DE LA DOSE EFFICACE AJOUTEE.....	72
8.1.	PRINCIPE DE L'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES.....	72
8.2.	RISQUES RADIOLOGIQUES.....	72
8.3.	LA NOTION DE DOSE EFFICACE.....	73

8.4. METHODE D'EVALUATION DE LA DOSE EFFICACE AJOUTEE DANS L'ENVIRONNEMENT PROCHE DES SITES	74
8.4.1. Voies d'exposition à considérer	74
8.4.2. Détermination des groupes de référence	74
8.4.3. Calcul de la dose efficace annuelle ajoutée	75
9. MESURES PRISES POUR REDUIRE LES IMPACTS	80
9.1. REDUCTION DES IMPACTS SUR LE VECTEUR AIR	80
9.1.1. Les résidus de traitement du minéral	80
9.1.2. Les stériles miniers	81
9.2. REDUCTION DES IMPACTS SUR LE VECTEUR EAU	81
10. MESURES ENVISAGEES POUR AMELIORER LA CONNAISSANCE DES IMPACTS	83
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	85

Figures

Figure 1 :	Orographie –Hydrographie et Climatologie du Limousin
Figure 2 :	Sites miniers et bassins versants (Petite Creuse, Creuse, Voueize, Taurion et Benaize)
Figure 3 :	Captages d'alimentation en eau potable du département de la Creuse
Figure 4 :	Principe du traitement dynamique – Usine SIMO de Bessines-sur-Gartempe
Figure 5 :	Principe de lixiviation en stalles – Site de La Ribière
Figure 6 :	Production cumulée minerais et stérile du département Creuse
Figure 7 :	Chaumaillet : résultats d'analyses sur les eaux et les sédiments
Figure 8 :	La Ribière : résultats d'analyses sur les eaux
Figure 9 :	Le Montagnaud : résultats d'analyses sur les eaux et les sédiments
Figure 10 :	Coussat – Le Montell : résultats d'analyses sur les eaux et les sédiments
Figure 11 :	Point Benoît – Le Pouyoux: résultats d'analyses sur les eaux
Figure 12 :	Le Fournioux : résultats d'analyses sur les eaux et les sédiments
Figure 13 :	Hyverneresse : résultats d'analyses sur les eaux
Figure 14 :	Lombarteix – Mas-Roussine : résultats d'analyses sur les eaux
Figure 15 :	Champsanglard : résultats d'analyses sur les eaux
Figure 16 :	Le Vignaud : résultats d'analyses sur les eaux
Figure 17 :	Crozant : résultats d'analyses sur les eaux et les sédiments
Figure 18 :	La Cueillère – Le Mont : résultats d'analyses sur les eaux
Figure 19 :	Lafat-Vieille - Basseneuille : résultats d'analyses sur les eaux
Figures 20 -20 bis :	Grands Champs : résultats d'analyses sur les eaux et les sédiments
Figure 21 :	Villepigue – Le Grand Peux : résultats d'analyses sur les eaux
Figure 22 :	Localisation des zones d'habitations autour du site de La Ribière

Annexes

Annexe 1 :	Fiches de sites, fiches de chantiers, fiches ICPE
Annexe 2 :	Planches photographiques
Annexe 3 :	Cartes IGN de localisation des sites miniers et des points de prélèvements
Annexe 4 :	Situation des sites miniers sur fonds cadastraux
Annexe 5 :	Carte géologique régionale, cartes géologiques et structurales, localisation des indices uranifères
Annexe 6 :	Méthodologie d'évaluation de la dose efficace ajoutée pour les groupes de population vivant dans l'environnement des sites miniers du Limousin (Haute-Vienne, Creuse et Corrèze)

Plans

Plan 1 :	Situation des sites miniers uranifères exploités en Limousin
Plan 2 :	Situation des sites miniers uranifères exploités en Limousin – Exploitants – Communes concernées et nature des travaux
Plan 3 :	Positionnement des planches IGN et des ZNIEFF

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 GEnérale 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
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^e siècle, être les constituants élémentaires de la matière, peuvent être décomposés en deux parties :

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

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

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

Exemple :

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

La radioactivité : un phénomène naturel

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

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

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 m³. Si votre terrain est situé en pays cristallin (granitique...), en Bretagne par exemple, il est probable que ces 80 m³ contiennent une radioactivité d'environ 1 GBq.

Cela signifie que ce volume de terre « émet » une radioactivité naturelle correspondant à un milliard de désintégrations par seconde (10⁹), due essentiellement aux éléments uranium, thorium, radium et potassium 40 qui rentrent dans la composition de cette terre.

Exemples de valeurs de radioactivité naturelle pour différents milieux

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

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

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

Préambule

Le présent bilan de fonctionnement :

- a été rédigé conformément aux dispositions de l'arrêté n° 2008-0081 du 21 janvier 2008 du Préfet de la Creuse, 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° 2008-0081 du 21 janvier 2008 susvisé.

Ainsi, ce bilan a pour objectif de dresser un état des lieux des connaissances sur les sites miniers uranifères du département de la Creuse, 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 département de la Creuse

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 creusoises 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 connaissance du niveau de réaménagement 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 DEPARTEMENT DE LA CREUSE

2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le périmètre concerné par ce bilan de fonctionnement couvre l'ensemble des activités minières et industrielles uranifères passées sur le territoire du département de la Creuse.

Ces activités peuvent être regroupées en quatre grandes zones (plans n°1 et 2):

- la zone « Nord-Est de la Creuse », possédant le plus de sites miniers, située principalement au Nord et à l'Ouest de Guéret. Elle couvre les communes de BONNAT, ANZEME, CHAMPSANGLARD, CHENIERS, CLUGNAT, DOMEYROT, GOUZON, JOUILLAT et ROCHES.
- la zone « Nord-Ouest de la Creuse », comprenant les activités survenues sur les communes de CROZANT, NOTH et VAREILLES.
- le secteur « Sud de la Creuse » pour les activités survenues sur la commune de GIOUX.
- le secteur « Ouest de la Creuse » pour les activités minières ayant eu lieu sur la commune de CHATELUS-LE-MARCHEIX.

Le département de la Creuse comporte : 20 sites miniers uranifères, une ancienne aire de lixiviation statique du minerai et un stockage de résidus de traitement statique du minerai.

2.2. HISTORIQUE [1]

Le département de la Creuse a vu l'exploitation, de 1954 à 1989, d'un ensemble de gisements uranifères granitiques – à l'exception de deux sites exploités dans des terrains sédimentaires – qui ont produit 1 470 tonnes d'uranium métal à partir de 841 437 tonnes de minerai d'une teneur moyenne de 1,75 ‰ (1,75 kg d'uranium par tonne). L'exploitation du minerai s'est faite par mines à ciel ouvert pour la majorité des sites, et travaux miniers souterrains ou travaux de reconnaissance pour les sites de plus petite taille, souvent antérieurs à 1970.

En juin 1952, le gouvernement Pinay adopte un plan quinquennal de développement de l'énergie atomique avec la participation de l'industrie privée. Certains secteurs du territoire français dont la Creuse, la Corrèze et le Nord de la Haute Vienne, 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, Pechiney, Kuhlmann, Huaran et Rotshild, de la Compagnie Française des Minerais d'Uranium (CFMU).
Création de la Compagnie Française de Mokta (MOKTA), partenaire de la CFMU dans l'uranium.
- 1956 : La Société des Mines de Bitume et d'Asphalte du Centre (SMAC) entreprend des travaux de prospections uranifères.
- 1960 : La SMAC forme avec la CFMU un syndicat de recherche transformé en Société Minière de l'Uranium du Centre (SMUC).
- 1971 : Le Nickel et Peñarroya s'unissent dans un holding IMETAL et absorbe MOKTA.
- 1981 : IMETAL transforme la CFMU en Compagnie Française de Mokta (CFM).
- 1986 : Vente de CFM à COGEMA.

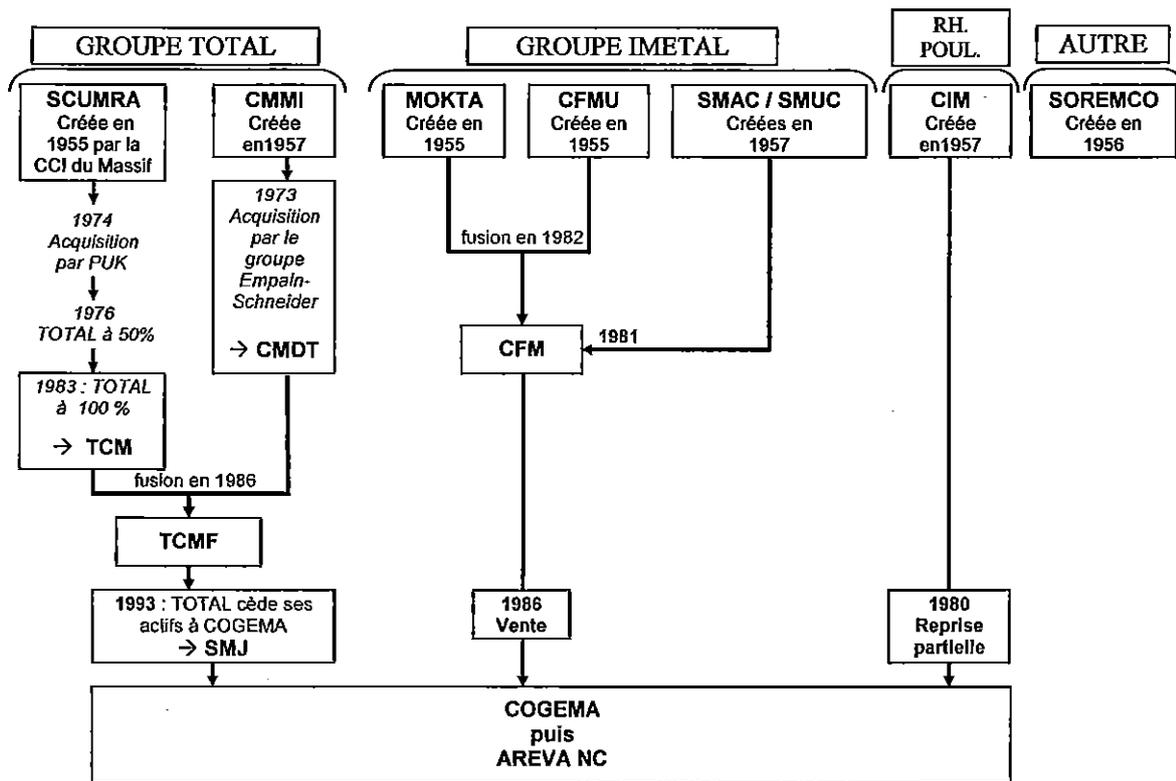
Groupe RHONE-POULENC :

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

Divers (SOREMCO) :

- 1956 : La Société de Recherches Minières du Centre-Ouest (SOREMCO) effectue des travaux de recherche jusqu'en 1961 dans la région de Châtelus-le-Marcheix.
- 1964 : La SOREMCO propose au CEA de poursuivre les reconnaissances sur le secteur. Le CEA décline l'offre en raison du peu de perspectives offertes par les indices. Aucune suite n'a jamais été donnée à leurs travaux.

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 en Creuse par les différentes compagnies minières se répartie de la manière suivante :

Compagnies minières	Sites miniers
C.F.M.	Le Fournioux, Coussat, Le Monteil, Point Benoit, Le Pouyoux, Montagnaud, Lombarteix, Mas-Roussine, Champsanglard, Le Vignaud, Hyverneresse
C.F.M.U.	Crozant, Le Mont, Lafat-Vieille, Basseneuille, La Cueillère
T.C.M.	La Ribière, Chaumailat, Grands Champs
SO.RE.M.C.O.	Villepigue-Le Grand Peux

2. PRESENTATION GENERALE DE L'ENVIRONNEMENT DES SITES

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

Les secteurs exploités de la Creuse sont établis sur plusieurs massifs cristallins de la partie nord-ouest du Massif Central (annexe 5.1). Cette région comprend quatre zones principales :

- au Nord, les gneiss et micaschistes du plateau d'Aigurande renfermant quelques intrusions granitiques comme le Massif de Crozant et le Massif de Chéniers,
- au Centre, le domaine granitique de la Marche-Guéret,
- à l'Ouest, le massif granitique des Monts de Saint-Goussaud,
- et au Sud, le complexe granitique du Plateau des Millevaches.

Quelques terrains sédimentaires d'âge Eocène et Oligocène affleurent au Nord-Est du département.

Les principaux indices uranifères ont été mis en évidence au sein des terrains granitiques ainsi que dans une partie des terrains oligocènes.

2.1.1. Géologie des terrains uranifères

Le domaine granitique de la Marche-Guéret :

Localisé au Sud du Plateau d'Aigurande, ce domaine, d'âge dévono-carbonifère (416 à 299 MA), comprend deux ensembles distincts : le massif de la Basse-Marche et le massif de Guéret.

Le massif de Guéret est une unité géologique présentant plusieurs faciès (faciès de La Souterraine, faciès de Bénévent, ...). En dépit de ces variations locales, il est constitué d'un granite à grain moyen, de teinte bleue caractéristique, à dominante de biotite et présentant des phénocristaux de microcline et de quartz.

Le massif de la Basse-Marche se présente sous la forme d'un granite leucocrate, pouvant être très complexe dans son détail, et qui renferme la majeure partie des indices uranifères. Ce granite peut être orienté, laminé voire franchement mylonitisé. Il présente un grain variable : moyen dans la région de Châtelus-Malvaleix, fin dans la région d'Anzème et gros dans la région de Vareilles. La proportion de biotite est également variable localement : elle peut être dominante voire absente.

Le contact entre ces deux massifs est relativement imprécis. Il est parfois marqué par des brèches et des mylonites plus importantes que celles marquant la dislocation Nord de la Marche, limite entre le Plateau d'Aigurande et le massif de la Basse-Marche.

Les massifs intrusifs de Crozant et de Chéniers :

Le massif de Crozant est constitué par un gneiss à deux micas très riche en biotite, recoupé par des intrusions granitiques d'importance variable, qui ont permis la mise en place d'une minéralisation hydrothermale.

Le massif granitique de Chéniers se présente sous la forme d'un granite à grain moyen, de teinte grise ou rosée, pouvant montrer localement une foliation. Ce granite est particulièrement minéralisé en pyrite, marcassite, goethite et surtout en autunites et produits noirs uranifères.

Le complexe granitique du Plateau des Millevaches :

Le complexe granitique est constitué d'un ensemble de faciès granitiques avec: principalement un granite à deux micas montrant des variantes au niveau de la texture (grain fin à gros, parfois porphyroïde), et plus localement un granite porphyroïde à biotite ou encore un granite à cordiérite. Le contact avec le granite de Guéret est marqué par des micaschistes et des migmatites à deux micas.

Le massif des Monts de Saint-Goussaud :

Le massif des Monts de Saint-Goussaud est caractérisé par deux faciès de granites : un granite à gros grains à deux micas et un granite à grain fin caractéristique du Dôme de Saint-Goussaud. Le contact granite-micaschistes des terrains métamorphiques encaissants est localement marqué d'étroites bandes de migmatites.

Les terrains sédimentaires :

Deux bassins sédimentaires sont présents au Nord-Ouest du département : le bassin oligocène (34 à 23 MA) de Chaumailat et le bassin éocène (56 à 34 MA) de Gouzon.

Le bassin de Chaumailat repose sur la limite des massifs granitiques de la Marche et de Guéret. D'une puissance d'environ 20 m, il est constitué à la base de niveaux d'argiles noires (lignite) puis de galets siliceux surmontés de sables continentaux quartzo-feldspathiques mêlés à des argiles sous forme de lentilles.

Le bassin sédimentaire de Gouzon repose également au Sud et à l'Ouest sur le granite de Guéret, au Nord sur le massif granitique de la Marche et à l'Est sur des terrains métamorphiques (anatexites d'Aubusson). Il est composé de dépôts sablo-argileux fluviaux, pouvant présenter des lentilles ligniteuses dans le niveau supérieur. Sa puissance est comprise entre 20 m et 60 m.

Des cartes géologiques et structurales simplifiées sur fond IGN sont présentées en annexe 5, avec la localisation des zooms sur le plan n°3.

2.1.2. Tectonique

Le contact entre les différentes entités géologiques présentées ci-dessus se fait principalement par des accidents majeurs.

Ainsi, le domaine granitique de la Marche-Guéret est séparé, au Nord, des terrains métamorphiques du Plateau d'Aigurande par la faille dextre de la Marche-Combraille orientée E-W et marquée par une zone mylonitique. Au Sud, il est séparé du complexe granitique du Plateau des Millevaches par deux failles : la faille de Bourgneuf orientée N-S et la faille de Pontarion orientée WNW-ESE et caractérisée par la présence de migmatites.

Le cisaillement dextre d'Ahun-Aubusson, orienté NW-SE affecte également le massif de Guéret. A l'inverse de la faille de la Marche-Combrailles, la faille d'Ahun ne présente pas de zone mylonitique et les granites au contact de la faille ne sont pas particulièrement déformés.

2.1.3. Caractéristiques de la minéralisation

Les minéralisations uranifères au sein des massifs granitiques se présentent surtout sous la forme d'amas ou corps minéralisés qui se sont développés dans les zones situées le long d'accidents tectoniques. Elle est constituée, en majeure partie, d'autunite, de phosphates d'uranium, de produits noirs et plus rarement de pechblende.

Au sein des terrains sédimentaires, la minéralisation se présente de deux manières. Pour le site de Chaumailat, l'uranium (autunite) est constitué en imprégnations dans les sables qui forment des lentilles d'allongement N-S. Pour le site de Grands Champs, la minéralisation (coffinite) se trouve à la base des dépôts sablo-argileux éocènes dont la structure tectonique a permis la fixation, la concentration et la conservation de l'uranium.

La teneur des minerais extraits est comprise entre 0,35 ‰ et 7,5 ‰ pour une teneur moyenne de 1,75 ‰.

2.1.4. Fond radiométrique régional

Les variations radiométriques des différents secteurs géographiques ont été mises en évidence à partir des visites de terrain effectuées en 2008. Elles sont essentiellement liées aux différenciations pétrographiques des terrains. Elles sont présentées dans le tableau suivant :

Sites miniers	Géologie	Ordre de grandeur du fond radiométrique (en chocs/seconde SPPγ)
Crozant	Leucogranite à grains grossiers	120
Basseneuille Lafat-Vieille Villepigue	Granite leucocrate à grains moyens	90 - 110
Coussat Le Monteil Le Montagaud Le Mas-Roussine Lombarteix Le Pouyoux Point Benoît Champsanglard	Granite à muscovite à gros grains	100 - 120 <i>(localement 80 - 90)</i>
Le Fournioux Le Mont Le Vignaud	Granite leucocrate à deux micas	100 - 120
La Ribière	Granite à biotite à gros grains	110 - 120
Hyverneresse	Granite à deux micas	110 - 130
La Cueillère	Granite à grains moyens	130 - 170
Chaumailat Grands Champs	Oligocène et Eocène sédimentaire	60 - 100

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 Nord et l'Ouest du département de la Creuse sont marqués par des paysages légèrement vallonnés (altitude comprise entre 200 m et 400 m) entaillés par les vallées de la Creuse et de la Petite Creuse. La majorité des terrains est destinée à l'élevage à dominante bovin à l'Ouest et à dominante ovin à l'Est.

Le Centre et l'Est du département (Bassin de Gouzon) correspondent à des régions de bas-plateaux (altitude comprise entre 400 m et 600 m) dont la majorité des terrains est destinée aux cultures et à l'élevage bovin et ovin.

Le Sud du département, correspondant à l'amorce du Plateau des Millevaches, est caractérisé par des paysages plus vallonnés (altitude comprise entre 600 m et 800 m) où une grande partie des terrains est destinée à l'exploitation forestière et à l'élevage à dominante ovin dans le secteur de Gentioux et à dominante bovin dans le secteur de La Courtine.

D'une manière générale, le quart nord-ouest du département est le plus peuplé. Les zones ayant une densité supérieure à 46 habitants par km² correspondent aux villes du département (secteurs de Guéret, La Souterraine, Aubusson, Bourgneuf et Felletin). Les secteurs moyennement peuplés sont ceux de Bonnat, Gouzon, Evaux-les-Bains. Le Sud du département est le secteur le moins peuplé avec une densité inférieure à 14 habitants par km².

Globalement, la population du département de la Creuse est vieillissante : elle comptait 124 790 habitants en 1999, 131 349 habitants en 1990 et 139 968 habitants en 1982 (Source : INSEE – Statistiques Locales).

2.3. CONTEXTE CLIMATIQUE

L'ensemble des plateaux du Limousin jouit d'un régime océanique modulé par le relief (voir figure 1). Le Nord et l'Ouest de la région sont caractérisés 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.

En revanche, le Sud et l'Est du Limousin (plateau des Millevaches) correspondent à un climat de moyenne montagne avec des précipitations beaucoup plus abondantes et des températures plus basses.

2.3.1. Pluviométrie [4]

La pluviométrie du Limousin est dépendante du relief. Le tableau présente les précipitations moyennes sur l'ensemble de la région.

Secteurs	Précipitations moyennes
Région de la Basse Marche (Nord de la Haute-Vienne et Nord de la Creuse)	< 1000 mm/an
Régions de la Marche et du Haut-Limousin (Sud Haute Vienne, Centre de la Creuse et Ouest de la Corrèze)	entre 900 et 1200 mm/an
Plateau des Millevaches (Sud de la Creuse et Est de la Corrèze)	>1200 mm/an (>1600 mm/an dans le secteur de Meymac)

2.3.2. Températures [4]

Les températures du Limousin s'étagent en fonction du relief. Le tableau présente les températures moyennes sur l'ensemble de la région.

Secteurs	Températures moyennes
Région de la Basse Marche (Nord de la Haute-Vienne et Nord de la Creuse)	> 10°C
Régions de la Marche et du Haut-Limousin (Sud Haute Vienne, Centre de la Creuse et Ouest de la Corrèze)	entre 9 et 10°C
Plateau des Millevaches (Sud de la Creuse et Est de la Corrèze)	< 9°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 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 plusieurs bassins versants (figure 2) :

- 7 sites sont localisés sur le bassin versant direct de la Creuse, affluent rive droite de La Vienne,
- 8 sites appartiennent au bassin versant de la Petite Creuse, affluent rive droite de La Creuse,
- 2 sites sont situés sur la zone amont du bassin versant de la Benaize,
- 1 site est sur le bassin versant de la Voueize.
- et 2 sites sont localisés sur le bassin versant du Taurion.

Le site de La Cueillère situé sur une ligne de crête, appartient à la fois, au bassin versant de la Creuse et à celui de la Benaize.

Le bassin versant de La Petite Creuse, d'une surface de 850 km^2 , couvre la partie nord du département. La zone concernée par les exploitations minières est localisée en rive droite de la Petite Creuse et concerne un tronçon d'environ 30 km situé entre Clugnat, en amont, et Chéniers, en aval. Ce tronçon est alimenté par plusieurs ruisseaux, dont de l'amont vers l'aval : le Verraux, le Prébournon, le Theil et le Mornay.

Le bassin versant de La Creuse, d'une surface de 9 570 km², traverse le département du Sud vers le Nord et englobe le bassin versant de La Petite Creuse. Trois tronçons sont concernés par les sites miniers :

- dans sa partie amont, le tronçon traversant le village de Croze et alimenté notamment par le ruisseau de la Gioune, concerne 1 site.
- dans sa partie aval avant sa confluence avec La Petite Creuse, le tronçon traversant les communes de Jouillat, Champsanglard, puis Anzème, concerne 4 sites. Il est alimenté par plusieurs petits cours d'eau tels que le ruisseau de Lascoux, le ruisseau des Dauges et le ruisseau de Besse.
- dans sa partie aval après sa confluence avec La Petite Creuse, le tronçon longeant la commune de Crozant, concerne 3 sites. Il est alimenté principalement par la rivière La Sedelle.

Seule la partie amont du bassin versant de la Benaize, d'une surface totale de 582 km², est située au Nord-Ouest du département. Le tronçon, concerné par les exploitations minières (4 sites), est localisé entre les communes de Vareilles (23) et de Mailhac-sur-Benaize, et est alimenté notamment par le ruisseau de la Breuille et le ruisseau de la Chaume.

Le bassin versant du Taurion, d'une surface de 1 030 km², occupe le quart sud-est du département. Seul le tronçon traversant la commune de Chatelus-le-Marcheix est concerné par 2 sites miniers. Il reçoit notamment les eaux des ruisseaux de La Barre et du Tourtouéroux.

2.4.2. Débit des cours d'eau [5]

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 Petite Creuse, par deux stations :
 - Genouillac, située en amont hydraulique des sites miniers
 - Fresselines (Puy Rageaud), situé avant la confluence avec La Creuse et en aval des exploitations minières.
- pour la rivière La Creuse, par trois stations :
 - Felletin, située dans la partie amont du cours d'eau et en aval hydraulique du site minier d'Hyverneresse.
 - Glénic, située en amont hydraulique des sites miniers.
 - Fresselines (Moulin de Vervy), avant la confluence avec La Petite Creuse et en aval hydraulique des exploitations minières.
- pour la rivière Le Taurion, par une station :
 - Châtelus-le-Marcheix, en aval hydraulique des sites miniers.
- pour la rivière La Sedelle par deux stations :
 - Lafat, en aval hydraulique des exploitations minières.
- pour la rivière La Voueize, par une station :
 - Gouzon, situé en aval hydraulique d'une exploitation minière.
- pour la rivière La Benaize, par une station :
 - Jouac (Haute-Vienne), en aval hydraulique des sites miniers.

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

Bassin versant	Localisation	Surface du BV km ²	Débits moyens m ³ /s	Débits d'étiage		Crues		Débits maxi. journaliers m ³ /s	Débits maxi. instantanés m ³ /s
				QMNA2 m ³ /s	QMNA5 m ³ /s	QIX biennal m ³ /s	QIX décennal m ³ /s		
Petite Creuse	Genouillac	558	5,46	0,420	0,220	67,0	95,0	85,6*	100,0*
	Fresselines	850	8,75	0,800	0,410	120,0	210,0	196,0	235,0
Creuse	Felletin	165	3,88	0,780	0,520	27,0	41,0	94,0	39,0
	Glénic	944	13,10	2,000	1,200	150,0	260,0	181,0*	247,0*
	Fresselines	1235	16,10	1,900	1,100	140,0	230,0	460,0	275,0
Taurion	Châtelus-le-Marcheix	665	11,80	2,500	1,100	/	/	110,0	/
Sedelle	Lafat	224	2,89	0,430	0,270	36,0	64,0	57,0	89,0
	Crozant	246	2,89	0,410	0,250	26,0	45,0	57,0	41,0
Voueize	Gouzon	144	1,53	0,095	0,046	13,0	19,0	16,9*	22,3
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 :

Sur le département de la Creuse, deux cours d'eau concernés par ce bilan de fonctionnement, possèdent des barrages hydroélectriques.

Sur la Creuse :

- Barrage de l'Age, à Dun-le-Palestel (Creuse)
- Barrage d'Eguzon, à Argenton-sur-Creuse (Indre)

Sur le Taurion :

- Barrage de la Roche Talamy, à Châtelus-le-Marcheix (Creuse)
- Barrage de l'Étroit à Châtelus-le-Marcheix (Creuse)

Alimentation en eau potable :

Plusieurs captages d'alimentation en eau potable (AEP) (sources captées, prises d'eau dans les rivières, ...) ont été repérés à proximité des sites au cours de la visite de terrain en 2008. La figure 3 présente l'ensemble des captages présents sur le département de la Creuse en 2004.

Un positionnement de ces captages par rapport aux sites miniers uranifères creusois (amont ou aval hydraulique, emprise du champ captant, ...) sera réalisé en collaboration avec la DDASS de la Creuse.

De plus, on notera que le bassin sédimentaire de Gouzon est considéré comme aquifère stratégique.

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, les vallées de la Creuse, de La Petite Creuse et du Taurion sont très prisées. Le lac de Chambon constitue l'un des principaux sites attractifs du département. Des activités de pêche, canoë-kayac et baignade s'y déroulent sur près de 312 ha de plan d'eau.

La capacité d'hébergement touristique du département de la Creuse 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

Trois 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.
- les aquifères sédimentaires, correspondant au Bassin de Chaumailat et au bassin de Gouzon. Ils constituent des réserves d'eau superficielles, de faibles étendues, dans des terrains argilo-sableux.

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. Les travaux de reconnaissance

Les travaux de reconnaissance étaient réalisés afin d'estimer la faisabilité d'une exploitation future par des travaux de plus grande ampleur. Ils peuvent être regroupés en deux catégories :

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

3.1.2. Exploitation à ciel ouvert

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

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

- l'exploitation en rétro avec petit godet
- l'exploitation sur la surface totale du projet par gradins de 5 à 15 mètres de hauteur, avec des largeurs de banquette de 3 à 5 m entre les gradins,

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

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

3.1.3. Exploitation souterraine

L'infrastructure d'accès aux mines souterraines du département de la Creuse était constituée :

- soit d'un puits vertical (de 15 m à 50 m de profondeur) et de niveaux de galeries horizontales tous les 10 à 20 mètres,
- soit d'une galerie inclinée d'accès (descenderie) et d'un unique niveau de galerie horizontale,
- soit d'une entrée à flanc de coteau correspondant à l'entrée d'un travers-banc.

Le creusement de ces galeries, qui permettaient l'accès aux chantiers, se faisait sur une section de 4 à 16 m².

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

Les exploitations souterraines ont été pour la plupart réalisées avant 1970. Elles ont été majoritairement conduites par tranches montantes sur remblai de tout venant, après abattage sélectif du minerai (soutiré à la base de cheminées) dans un premier temps et des parements stériles pour constitution du remblai à la sole, dans un second temps. Par foisonnement, il ne subsiste que très peu de vides résiduels.

Cette méthode a localement été combinée avec quelques extensions d'exploitations par chambre charpentée.

Pour des minéralisations proches de la surface, la méthode par chambre magasin avec abattage en masse, soutirage du chantier et remblayage intégral (par le fond ou le jour) a été réalisée.

Pour les travaux réalisés après 1980 (Hyverneresse), l'exploitation a été réalisée par tranches descendantes sous dalle béton (TUD).

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 Creuse se sont déroulées de 1954 à 1989, par conséquent les expéditions de minerai ont été réalisées vers trois usines de traitement en fonction de la période d'exploitation de chacun des sites :

- l'usine SIMO de Bessines-sur-Gartempe (Haute-Vienne),
- l'usine de Saint-Pierre-du-Cantal (Cantal),
- les aires de lixiviation du site de La Ribière (Creuse).

En outre, une faible quantité de minerai (quelques tonnes) des sites de Crozant et Coussat a été expédié, respectivement, vers les usines de l'Ecarpière en Vendée et de Guegnon en Saône-et-Loire, pour réaliser les premiers essais de traitement.

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

Lieu d'expédition	Sites miniers	Période
Bessines-sur-Gartempe	Crozant	1957 - 1961
	Lafat-Vieille	1961 - 1964
	Basseneuille	1958 - 1963
	La Cueillère	1957 - 1963
	Coussat	1954 - 1989
	Le Monteil	1987 - 1988
	Lombarteix	1968 - 1969
	Champsanglard	1957 - 1980
	Chaumailat	1976 - 1982
	Hyverneresse	1963 - 1985
	Le Vignaud	1956 - 1962
	Mas-Roussine	1968 - 1981
	Le Montagaud	1964 - 1966
Le Fournioux	1981 - 1983	
Bessines-sur-Gartempe Bessines + Saint Pierre du Cantal Saint Pierre du Cantal La Ribière (minerai pauvre)	La Ribière	1978 - 1980 1981 1982 1982 - 1985
Le Bernardan (Jouac)	Grands Champs	1986 - 1988

Sur les sites Le Mont, Le Pouyoux, Point-Benoît et Villepigue-Le Grand Peux, il n'y a pas eu de minerai extrait.

3.2.1. Traitement dynamique

Le procédé de traitement dynamique décrit ci-dessous concerne l'usine SIMO de Bessines-sur-Gartempe. Celui-ci était sensiblement le même à l'usine du Bernardan (Jouac – Haute-Vienne). Il a été mis au point conjointement par le CEA et UGINE KUHLMANN et consistait en une attaque acide à chaud dont les différentes opérations de traitement se déroulaient comme suit (figure 4) :

Préparation des minerais :

Après concassage et criblage, l'usine était alimentée en un minerai de granulométrie inférieure ou égale à 50 mm et en pulpe de débouillage contenant des particules inférieures à 0,5 mm (500 μm).

Concassage tertiaire et broyage :

L'usine comportait trois lignes de broyage humide où les minerais étaient réduits successivement à 20 mm (concasseur giratoire), 2 mm (broyeur à barre), 400 μm (broyeur à boulets). La sous-verse des épaisseurs, la pulpe sortant du broyeur à boulets et les pulpes de débouillage étaient mélangées puis homogénéisées dans une cuve.

Attaque par acide sulfurique :

L'usine comportait quatre lignes d'attaque acide à chaud (60°C). Pour obtenir une densité de pulpe suffisante, les pulpes étaient essorées par filtration et l'eau d'essorage recyclée au broyage. Les minerais essorés étaient repulpés au moyen de liqueurs provenant de la première infiltration après attaque dans une cuve fortement agitée.

Séparation solide/liquide :

L'usine disposait de neuf filtres à bande. La pulpe était floculée avant d'être distribuée sur les filtres, et le gâteau était lavé à l'eau neutre. Les filtrats obtenus étaient envoyés pour préclarification dans un décanteur. Après décantation, les liqueurs étaient filtrées avant d'être traitées par un solvant organique. La phase solide issue de cette opération constituait le résidu de traitement.

Traitement par solvant :

L'installation comprenait deux unités d'extraction en mélangeurs – décanteurs, une colonne pulsée d'extraction et une unité de ré-extraction en mélangeurs – décanteurs. Le solvant utilisé était composé de kérosène pour 93 % environ, d'une amine tertiaire et d'alcool tridécyclique. Sa teneur chargée en uranium était de l'ordre de 5 g.l⁻¹. La ré-extraction se faisait à contre courant par une solution de sulfate d'ammonium. La teneur en uranium de la solution en fin de chaîne était d'environ 20 g.l⁻¹.

Elaboration du concentré :

La solution de ré-extraction était neutralisée à chaud jusqu'à pH 8 au moyen d'ammoniac. Le diuranate d'ammonium précipité était décanté, filtré, lavé et séché. L'effluent était traité à la chaux et l'ammoniaque récupéré et recyclé à la précipitation. Après stockage dans une trémie, le diuranate d'ammonium (« yellow cake ») était chargé dans des conteneurs de 1 m³, puis expédié à l'usine de conversion COMURHEX MALVESI près de NARBONNE (Aude).

Traitement des effluents liquides :

Les solutions dont l'uranium avait été extrait par le solvant constituaient les effluents. Leur traitement consistait en une neutralisation-décantation. Le liquide clarifié était réutilisé dans l'usine, le reste était traité par du chlorure de baryum avant rejet dans le milieu naturel.

Conditionnement des résidus solides :

Les résidus de traitement étaient, pour partie, repulpés et cyclonés. Les sables étaient utilisés en partie pour le remblayage des travaux miniers souterrains (Haute-Vienne et Saône-et-Loire) et la confection de digues. Les produits fins étaient stockés par lagune derrière une digue (Lavaugrasse (87), Saint-Pierre-du-Cantal (15), Jouac (87)), ou dans des mines à ciel ouvert (Brugeaud, Montmassacrot, Bellezane (87)).

3.2.2. Traitement des minerais pauvres par lixiviation statique en tas

Le procédé de traitement de lixiviation statique, décrit ci-dessous, correspond à celui utilisé sur le site de La Ribière (figure 5).

La lixiviation statique consistait en une solubilisation de l'uranium par apport d'acide sulfurique. Ce procédé de traitement de l'uranium, à rendement beaucoup plus faible que le traitement en usine (de l'ordre de 80% pour le site de La Ribière), a concerné les minerais pauvres et se déroulait de la manière suivante :

L'attaque par apport d'acide sulfurique :

Le minerai était stocké sur une stalle étanche S3 pouvant contenir jusqu'à 1650 tonnes de minerai, puis arrosé par de l'acide sulfurique. La durée de l'attaque était de 48 heures.

Le lavage :

La pulpe recueillie dans la stalle S3 était ensuite redirigé vers la stalle S2 pour effectuer une opération de lavage à l'eau (pH 1,5 et 2). Le temps de lavage était fixé à 10 jours. Les jus dont la concentration était supérieure à 80 mg/l d'U étaient alors redirigés vers la stalle S1 pour l'étape dite de neutralisation.

La fixation de l'uranium sur résines :

A la sortie de la stalle S1, les jus passaient sur des résines de fixation réparties sur quatre containers. La charge des résines en uranium était de 50 kg/m³ et le temps de fixation par container était de 12 à 13 heures.

L'expédition des containers vers l'usine de Saint-Pierre-du-Cantal pour y être élués se faisait par lot de trois.

4. PRESENTATION DES SITES MINIERES

4.1. GENERALITES

Les activités minières uranifères du département de La Creuse comprennent une vingtaine de sites d'importance inégale. Les petits sites correspondent à des travaux de recherche, constitués par une tranchée ou un tronçon de galerie de quelques dizaines de mètres de long et pouvant être exploité en quelques semaines. Les sites plus importants, sont constitués par des mines à ciel ouvert d'environ 200 m de diamètre, dont une partie du gisement a été, éventuellement, par la suite exploité en travaux souterrains.

L'emprise des terrains concernés par les sites miniers de La Creuse représente une surface totale d'environ 108 ha (plus de 800 ha pour la Division Minière de la Crouzille). Ces sites miniers, principalement répartis dans le Nord du département ont été exploités sur différents permis de recherche, permis d'exploitation ou concessions, comme montré dans le tableau suivant :

Sites miniers	Dernier titre minier auquel a appartenu le site à la fin de son exploitation
Crozant	Permis de recherche de Crozant
Basseneuille	Permis d'exploitation de Vareilles
Lafat-Vieille	Permis d'exploitation de Vareilles
La Cuellère	Permis de recherche de Saint-Agnan-de-Versillat
Le Fournioux	Permis d'exploitation du Fournioux
Le Montagaud	Permis d'exploitation de Montagaud
Coussat	Concession de Montilloux
Le Monteil	Concession de Montilloux
Le Vignaud	Permis de recherche du Vignaud
Champsanglard	Permis d'exploitation du Villard
Lombarteix	Permis d'exploitation de Montagaud
Mas-Roussine	Permis d'exploitation des Dauges
La Ribière	Concession des Riots
Chaumailat	Concession des Riots
Grands Champs	Permis d'exploitation de Grands Champs
Hyverneresse	Concession de Gioux
Point Benoît	<i>inconnu</i>
Le Pouyoux	<i>inconnu</i>
Le Mont	<i>inconnu</i>
Villepigue – Le Grand Peux	Permis de recherche de Châtelus-le-Marcheix

Seule la concession des Riots, englobant les sites de La Ribière et de Chaumailat et d'une surface de 10,5 km², est encore valide. Elle couvre une partie des communes de Ladapeyre, Domeyrot et Clugnat. Elle a été accordée par décret du 21/04/1989 à la TCMF, puis mutée à SMJ par PV du 12/10/1993. Son échéance est prévue le 25/04/2014.

Afin d'établir ce bilan de fonctionnement des sites miniers du département de la Creuse, 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 ...

La notion de site minier :

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

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

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 305 à 325.

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 printemps 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. Des zooms cartographiques replaçant les sites dans leur environnement proche sont présentés en annexe 3. Ces plans 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 du département de la Creuse ont été autorisées conformément à la législation minière :

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

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

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 département de la Creuse, il faut appréhender de manière différente les sites sur lesquels sont stockés des résidus de traitement de minerais d'uranium (La Ribière), 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^{er} 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 de La Ribière 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^{er} 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 Creuse.

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 de la Creuse 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, semble-t-il, 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/m³ pour le radium 226 insoluble,
- 1 800 mg/m³ pour l'uranium 238 soluble,
- pour le radium 226 soluble :
 - 370 Bq/m³ 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/m³,
 - 740 Bq/m³ si la concentration en radium 226 soluble de l'eau brute est inférieure à 740 Bq/m³ 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

Avant mai 1980, les travaux d'exploitation et de recherche étaient réalisés dans le cadre d'un permis exclusif de recherche et/ou d'exploitation. La poursuite de ces travaux et par conséquent la prolongation du permis étaient maintenues ou non en fonction d'une note justificative de l'Ingénieur des Mines. Cette note prenait en compte notamment les derniers résultats obtenus par l'exploitant, l'économie du marché de l'uranium... Le non-renouvellement du permis impliquait ainsi l'arrêt des travaux miniers. La conformité du réaménagement était vraisemblablement contrôlée une visite sur site de l'Ingénieur des Mines mais ne donnait pas lieu à un courrier de type compte-rendu de visite.

Site	Nature des travaux	Période d'exploitation
La Cueillère	TRPC	1957 - 1963
Basseneuille	TMS	1958 - 1963
Lafat-Vieille	TMS	1961 - 1963
Crozant	TMS	1957 - 1961
Champsanglard	MCO + TMS	1957 - 1980
Le Vignaud	TMS	1956 - 1962
Mas-Roussine	MCO	1968 - 1969
Le Montagaud	MCO + TMS	1957 - 1966
Lombarteix	MCO + TMS	1958 - 1969
Point Benoît	TRPC	1957
Le Mont	TRPC	1957
Le Pouyoux	TRPC	1959
Villepigue	TRPC	1959

A partir de mai 1980, les procédures de délaissement, d'abandon ont été mise en place. Puis, la réglementation a évolué en mai 1995, définissant ainsi la procédure d'arrêt définitif des travaux. La situation administrative, au regard des procédures d'arrêt 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	DONNER ACTE date de l'AP ou du courrier DRIRE	AP (a) Arrêt des contrôles (c) Arrêté complémentaire
Le Fournioux	MCO	1981 - 1983	Abandon	28/12/1983	/
Mas-Roussine	MCO	1980 - 1981	Abandon	16/11/1981	/
Coussat - Le Monteil	MCO	1954 - 1989	Délaissement	14/11/1989	01/07/1999 (a)
La Ribière	MCO	1959 - 1985	Arrêt définitif	08/07/1997	06/04/1999 (a) 06/07/2004 (c) avec inscription ICPE
Chaumailat	MCO	1976 - 1982	Abandon	08/07/1997	27/04/1999 (a)
Grands Champs	MCO	1986 - 1988	Abandon	16/03/1995	08/01/1999 (a)
Hyverneresse	MCO + TMS	1963 - 1985	Délaissement	15/12/1989	/

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.

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

- Eaux de surverse gravitaire après noyage de mines à ciel ouvert (parfois combiné avec le noyage de travaux miniers souterrains). Leurs points d'exutoire peuvent être créés par :
 - la surverse du plan d'eau constituée par une mine à ciel ouvert isolée (Le Fournioux, Le Montagaud, Chaumailat, Grands Champs)
 - 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 (Le Vignaud, Champsanglard, Lafat-Vieille, Hyverneresse).
- Eaux de ruissellement avec un point de rejet identifié. Ces eaux peuvent éventuellement s'infiltrer dans les remblais stériles et réapparaître sous forme de sources de pied de vers. Leur débit est intermittent. (Le Fournioux, Coussat, Crozant, La Ribière, Hyverneresse).
- Eaux de ruissellement ou écoulements souterrains avec points de rejets non identifiés. Leur impact est jugé potentiel. (Basseneuille, La Cueillère, Le Monteil, Lombarteix, Montagaud, Champsanglard, Mas Roussines, Point Benoît, Le Pouyoux, Le Mont).

En raison de plusieurs sources potentielles d'impact sur le milieu aquatique récepteur, un même site peut concerner simultanément deux bassins versants voisins (site de La Cueillère : écoulements potentiels vers les bassins versants de la Benaize et de La Creuse – cf. figure 2).

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 :

Cours d'eau principaux	Cours d'eau secondaires	Plans d'eau	Sites	Type d'écoulement	
La Petite Creuse	Le Verraux	Aucun	Chaumailat	Identifié	
		Aucun	La Ribière	Identifié	
	Le Prébournon	Etang Les Brousses	Montagaud	Identifié	
		Etang du Prébournon			
	Ruisseau du Theil	Etang du Theil	Coussat	Identifié	
		Etang du Theil	Monteil	Potentiel	
	Ruisseau de Mornay	Plans d'eau du Château de Mornay	Point Benoît	Potentiel	
					Etang du Pouyoux
					Plans d'eau du Château de Mornay
	Aucun	Aucun	Le Fournioux	Identifié	
La Creuse	Ruisseau de la Gioune	Etang du Mas	Hyverneresse	Potentiel	
		Etang de Chabalenas		Potentiel	
	Aucun	Aucun		Identifié	
	Le Lombarteix puis Le Lascoux	Aucun	Lombarteix	Potentiel	
	Le Péchadoire puis Le Lascoux	Aucun	Roussine	Potentiel	
	Les Dauges	Etang des Dauges	Le Mas	Potentiel	
	Aucun	Carrière de La Roche Lambert	Champsanglard	Potentiel	
	Le Besse	Aucun	Le Vignaud	Potentiel	
	Le Ribois	Aucun	Crozant	Potentiel	
	Ruisseau puis La Sedelle	Etang de Chansaud	La Cueillère	Potentiel	
	La Cazine puis la Sedelle	Aucun	Le Mont	Potentiel	
La Voueize	La Goze	Aucun	Grands Champs	Potentiel	
La Benaize	La Breuille	Aucun	La Cueillère	Potentiel	
	La Chaume	Etang de Chantagrué	Lafat-Vieille	Potentiel	
		Etang de La Chaume	Basseneuille	Potentiel	
Le Taurion	Le Tourtouéroux	Etang de Tourtouéroux	Villegigue – Le Grand Peux	Potentiel	
	La Barre	Etang de la Barre			

4.4. PRESENTATION DES SITES

Afin d'améliorer les connaissances et d'effectuer un état des lieux, une visite des sites accompagnée d'une campagne de prélèvements a été organisée au printemps 2008. Pour des informations plus détaillées, il convient de se reporter aux fiches de sites, chantiers et ICPE en annexe 1.

4.4.1. Bassin versant de la Petite Creuse

- Site du Fournioux (fiche 309, annexes 2.5 – 3.3 – 4.5 et 5.4)

Le site du Fournioux se trouve à 1 km au Sud-Est de Chéniers. Le paysage environnant est vallonné et constitué de champs entourés de haies et de bois. Un camping est implanté sur les parcelles voisines au Nord du site.

Les travaux miniers ont consisté en l'exploitation d'une mine à ciel ouvert de 1981 à 1983. L'ancienne fosse a été laissée en eau dont l'alimentation principale se fait par un plan d'eau situé en amont du site. L'aire de stockage du minerai a été décapée et recouverte de terre végétale.

Une partie du site est aujourd'hui utilisée comme dépôt d'encombrants. Une partie des stériles de la verse ont été utilisés pour la réfection du chemin entourant le site, ainsi qu'une partie des chemins du camping situé à proximité.

Une clôture barbelée entoure le site et un périmètre de sécurité immédiat (clôture grillagée d'environ 1,5 m de hauteur) a été mis en place à l'aplomb des parements les plus abruptes.

Les eaux de surverse de la mine à ciel ouvert sont canalisées via un fossé bordant le site à l'Ouest et au Nord. Des écoulements de pieds de verse ont été identifiés et rejoignent le fossé « exutoire » au Nord du site. Les eaux sont ensuite dirigées vers une canalisation enterrée qui traverse le camping jusqu'au Moulin du Piot, où est localisé l'exutoire, pour rejoindre La Petite Creuse.

Des mesures au SPP γ ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux au printemps 2008. Le bruit de fond est de l'ordre de 100 chocs/s. Les mesures effectuées sur site ou dans son environnement immédiat sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Zone de mesures	Ordre de grandeur des valeurs mesurées au SPP γ
Entrée du site	entre 400 et 700 chocs/s
Emplacement de l'aire de stockage du minerai	150 chocs/s
Verse à stériles	entre 220 et 750 chocs/s
Chemin longeant le site à l'Ouest et chemins de l'extension « Est » du camping	entre 300 et 520 chocs/s

- *Site du Monteil (fiche 313, annexes 2.9 – 3.2 – 4.9 et 5.3)*

Le site du Monteil se trouve à 3,9 km au Sud-Est de Bonnat. Il est situé à quelques centaines de mètres du site de Coussat, à flanc de coteau et en rive droite du ruisseau du Theil, situé à une vingtaine de mètres en contrebas du site. Le paysage environnant est légèrement vallonné et constitué de champs et de bois.

Les travaux miniers ont consisté en l'exploitation d'une mine à ciel ouvert de 1987 à 1989. Celle-ci a été totalement remblayé par les stériles du site de manière à récréer au mieux l'ancienne surface topographique pour une meilleure intégration paysagère. La végétation a entièrement colonisée le site rendant ce dernier inaccessible.

Aucun écoulement n'a été repéré en contrebas du site et en bordure du ruisseau du Theil.

Des mesures au SPP γ ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux au printemps 2008. Le bruit de fond est compris entre 100 et 130 chocs/s. Les valeurs mesurées sur le site sont comprises entre 400 et 500 chocs/s et varient de 120 à 200 chocs/s sur le chemin d'accès.

- *Site de Coussat (fiche 314, annexes 2.10 – 3.2 – 4.9 et 5.3)*

Le site de Coussat se trouve à 3,7 km au Sud-Est de Bonnat, en rive gauche du ruisseau du Theil, situé à une vingtaine de mètres en contrebas du site. Le paysage environnant est légèrement vallonné et constitué de champs et de bois.

Les travaux miniers ont eu lieu de 1954 à 1989. Ils ont consisté, dans un premier temps en des travaux de reconnaissance en souterrains (un puits et environ 700 m de galeries) dont l'emprise a été reprise quelques années plus tard par l'exploitation d'une mine à ciel ouvert. La fosse a été entièrement comblée par des stériles provenant d'une partie des versants, puis recouverte de terre végétale. La versant « Sud » a été remodelée et est aujourd'hui colonisée par la végétation. Le site est clôturé.

Le site forme une légère dépression à l'emplacement de l'ancienne fosse, permettant de drainer les eaux vers un bassin de collecte qui les redirige ensuite via une canalisation vers le ruisseau du Theil. Des fossés recueillant les eaux de ruissellement entourent le site et les conduisent ensuite vers le ruisseau du Theil.

Des mesures au SPP γ ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux au printemps 2008. Le bruit de fond est compris entre 100 et 130 chocs/s. Les valeurs mesurées sur le site sont comprises entre 200 et 480 chocs/s.

- *Site du Montagaud (fiche 315, annexes 2.11 – 3.2 – 4.10 et 5.3)*

Le site du Montagaud se trouve à 3 km au Nord-Ouest du village de Roches, en rive gauche du ruisseau de Prébourgnon. Le paysage environnant est légèrement vallonné et constitué de prés entourés de haies et de bois.

Les travaux miniers ont consisté en l'exploitation d'une mine à ciel ouvert qui s'est poursuivie en travaux souterrains de 1964 à 1966. Peu d'informations sur le réaménagement sont disponibles en l'état actuel des connaissances. Le puits d'accès et les montages localisés hors de l'emprise de la mine à ciel ouvert ont été remblayés. L'ancienne fosse, dont les parements sont encore visibles a été laissée en eau. La versant à stériles « Sud » est entièrement colonisée par la végétation. L'ancien carreau sert aujourd'hui d'entreposage de bois et terre végétale.

Une canalisation située sous la versant à l'Est, en relation avec les travaux souterrains et la fosse, correspond au point de surverse des eaux. Les eaux de l'ensemble du site sont drainées vers les fossés entourant le site au Sud. Ils rejoignent ensuite le ruisseau du Prébourgnon, affluent de la Creuse.

Des mesures au SPP γ ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux au printemps 2008. Le bruit de fond est compris entre 80 et 110 chocs/s. Les valeurs mesurées sur l'ancien carreau et la versant à stériles varient de 130 et 400 chocs/s. Cependant, des valeurs plus élevées (1200 à 1400 chocs/s) ont été repérées sur le talus de la versant à stériles, le long du chemin dit de La Goutte.

- *Site de La Ribière (fiche 316, annexes 2.12 – 3.1 – 4.11 et 5.2)*

Le site de La Ribière se trouve à 4 km au Nord-Est de Domeyrot, sur le flanc ouest de la vallée du Verraux, ruisseau situé à une dizaine de mètres. Le paysage environnant est vallonné et constitué de prairies destinées à l'élevage et de bois.

Les activités du site ont consisté en l'exploitation d'une mine à ciel ouvert de 1959 à 1984 et d'installation de traitement du minerai par lixiviation statique de 1982 à 1985. Les résidus issus du traitement (192 000 tonnes) sont stockés dans la partie ouest de l'ancienne fosse.

Les travaux de réaménagement se sont déroulés en 1991 et 1992. Les installations de surface ont été démantelées. Le sommet de la versant à stériles a été remodelé. Les résidus de traitement et les aires de lixiviation, contenant 5 000 tonnes de résidus, ont été recouverts par une couche de stériles puis de terre végétale. L'ensemble du site a été clôturé.

Les eaux de l'ensemble du site sont drainées et canalisées, puis rejetées dans le Verraux, affluent de la Petite Creuse. Les eaux de ruissellement ont tendance à s'accumuler au Nord des parcelles 285, 979 et 286 ; elles rejoignent ensuite le Verraux au niveau de l'exutoire.

Des mesures au SPPy ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux au printemps 2008. Le bruit de fond varie entre 70 et 90 chocs/s. Au niveau des anciennes aires de lixiviation, les valeurs sont comprises entre 100 et 170 chocs/s. Cependant, quelques valeurs plus élevées ont été repérées :

- sur le chemin d'accès à l'aire de lixiviation (valeurs maximales comprises entre 500 et 900 chocs/s),
- la zone de cumul des eaux de ruissellement du site (valeurs maximales comprises entre 300 et 900 chocs/s).

De plus, un plan compteur après réaménagement en 1995 a été effectué d'une part, à l'emplacement des anciennes aires de lixiviation (valeurs comprises entre 140 et 500 chocs/s SPP2, avec deux points plus élevés (1000 à 1200 chocs/s SPP2) en bordure du talus nord) et d'autre part, au niveau du stockage de résidus (valeurs comprises entre 250 et 400 chocs/s SPP2).

Le stockage est régi par la réglementation relative aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (1735 : résidus de traitement de minerai d'uranium (voir fiche ICPE en annexe 1).

Dans le cadre de l'arrêté préfectoral n°2004-0458 du 6 juillet 2004, une surveillance semestrielle amont site et aval site du ruisseau Le Verraux a été mise en place, ainsi qu'une surveillance bisannuelle des eaux de rejets.

- *Site de Chaumailat (fiche 317, annexes 2.13 – 3.1 – 4.12 et 5.2)*

Le site de Chaumailat se trouve à 4 km à l'Ouest de Ladapeyre, en rive droite du ruisseau de Fragne, situé à 200 m. Le paysage environnant est assez plat et constitué de prairies destinées à l'élevage et de bois.

Les travaux miniers ont consisté en l'exploitation de 5 mines à ciel ouvert de 1976 à 1982. Trois d'entre elles ont été entièrement remblayées avec les stériles du site et les deux autres ont été aménagées en plan d'eau. L'un des plans d'eau appartient aujourd'hui à un particulier. Il n'y a pas de verse à stériles sur le site.

Les eaux de l'ensemble du site (surverse des plans d'eau et ruissellements de surface) sont drainées et canalisées vers un des anciens bassins de décantation (parcelle 581), correspondant à l'exutoire actuel du site. Les eaux sont ensuite dirigées vers le ruisseau de Fragne, affluent de la Petite Creuse.

Des mesures au SPPy ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux au printemps 2008. Le bruit de fond est compris entre 90 et 100 chocs/s. La majorité des terrains présentent des valeurs comprises entre 100 et 160 chocs/s. Les terrains ayant été réaménagés en prairies (panneaux QJ et BA) présentent des valeurs comprises entre 60 et 80 chocs/s.

Cependant, quelques valeurs plus élevées (250 à 450 chocs/s) ont été repérées :

- en bordure Est et Nord du plan d'eau correspondant au panneau QJ et dans le chemin menant à celui-ci,
- sur le chemin entre les parcelles 823 et 824.

- *Site du Point Benoît (fiche 322, annexes 2.18 – 3.2 – 4.17 et 5.3)*

Le site du Point Benoît se trouve à 3,2 km au Sud-Est de Bonnat. Le paysage environnant est légèrement vallonné et constitué de champs et de bois.

Les travaux miniers ont consisté en des travaux de reconnaissance par petit chantier en 1957. Il s'agit de 4 tranchées et d'un puits de 9 m de profondeur creusé sur l'indice principal. Ce dernier a été remblayé dès la fin du chantier compte tenu des faibles résultats obtenus.

Le site est actuellement envahi par la végétation, empêchant son accès.

Aucun écoulement n'a été repéré à proximité du site et en bordure du ruisseau de Mornay, affluent de La Petite Creuse.

Des mesures au SPPγ ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux au printemps 2008. Le bruit de fond est compris entre 70 et 100 chocs/s. Une valeur (600 chocs/s) a été mesurée à proximité du puits.

- *Site du Pouyoux (fiche 324, annexes 2.20 – 3.2 – 4.19 et 5.3)*

Le site du Pouyoux se trouve à 2,8 km au Sud de Bonnat. Le paysage environnant est légèrement vallonné et constitué de champs et de bois.

Les travaux miniers ont consisté en des travaux de reconnaissance par petit chantier en 1959. Il s'agit d'un puits de 15 m de profondeur accompagné d'une galerie d'environ 25 m. Le minerai pauvre et les stériles ont servis à remblayer les travaux.

Le site est actuellement situé dans un bois et n'est plus visible.

Aucun écoulement n'a été repéré à proximité du site et en bordure du ruisseau du Pouyoux, affluent du ruisseau de Mornay.

Des mesures au SPPγ ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux au printemps 2008. Le bruit de fond est compris entre 80 et 90 chocs/s. L'entrée de l'ancien chemin d'accès, situé sur la RD16, présente des valeurs autour de 250 chocs/s. Sur le site, des valeurs plus élevées ont été mesurées, entre 600 et 700 chocs/s, avec des points à 1000 et 1350 chocs/s.

4.4.2. Bassin versant direct de la Creuse

- *Site de Crozant (fiche 307, annexes 2.3 – 3.7 – 4.3 et 5.8)*

Le site de Crozant se trouve à 2 km au Nord-Ouest du village de Crozant. Le paysage environnant est vallonné et constitué majoritairement de prés et de bois.

Les travaux miniers ont consisté en l'exploitation d'un puits d'une quarantaine de mètres de profondeur et de trois niveaux de galeries (90 m de longueur au total) de 1957 à 1961. Les travaux ont ensuite été remblayés. Des affaissements ont été repérés à l'emplacement du puits et d'un des montages. La verse à stériles a servi d'assise pour l'établissement du quai de déchargement, qui est toujours présent.

Des écoulements de pieds de verse ont été identifiés à proximité du cours d'eau situé en contrebas du site.

Des mesures au SPPy ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux au printemps 2008. Le bruit de fond est de l'ordre de 120 chocs/s. L'ensemble du site présente des valeurs comprises entre 200 et 400 chocs. Cependant, les valeurs relevées sur la verse à stériles sont plus élevées (entre 950 et 2000 chocs/s).

- *Site du Vignaud (fiche 310, annexes 2.6 – 3.6 – 4.6 et 5.7)*

Le site du Vignaud se trouve à 3 km à l'Ouest d'Anzème. Le paysage environnant correspond à un paysage de plateaux et est constitué majoritairement de prés et de bois.

Les travaux miniers se sont déroulés de 1956 à 1962. Ils ont consisté en l'exploitation d'un chantier principal et de plusieurs petits chantiers satellites (descenderies et un puits) organisées selon les lentilles minéralisées du secteur. Le chantier principal était organisé à partir d'un carreau minier et autour de deux puits d'accès, d'où deux galeries partaient en direction des filons. Les travaux ont ensuite été remblayés. Des affaissements et fontis ont été constatés à l'emplacement des puits et des montages.

Aucun écoulement n'a été repéré sur le site, cependant, l'emplacement des descenderies est souvent marqué par une zone de mouillère et les affaissements correspondant par des zones de rétention d'eau.

Des mesures au SPPy ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux au printemps 2008. Le bruit de fond est de l'ordre de 100 à 110 chocs/s. Sur l'ancien carreau, les valeurs mesurées varient entre 400 et 800 chocs/s, avec localement des valeurs à 2000 - 2200 chocs/s. L'emplacement des descenderies sur les chantiers satellites montrent des valeurs comprises entre 480 et 750 chocs/s, à l'exception du chantier de la lentille Soubrant où les valeurs peuvent atteindre 1300 chocs/s.

- *Site de Champsanglard (fiche 311, annexes 2.7 – 3.5 – 4.7 et 5.6)*

Le site de Champsanglard se trouve à 200 m au Sud du village de Champsanglard. Le paysage environnant correspond à un paysage de plateaux et est constitué majoritairement de prés et de bois.

Les travaux miniers ont consisté en l'exploitation de plusieurs chantiers à différentes périodes. De 1957 à 1959, une exploitation en souterrain (un puits accompagné de deux niveaux de galeries (N-14 et N-30) ont eu lieu (Champsanglard III). Ces ouvrages ont été entièrement remblayés. Au cours de la même période, des travaux de reconnaissance (un puits accompagné d'une petite galerie) ont été réalisés sur Champsanglard II. Ces travaux ont ensuite été repris de 1978 à 1980 par l'exploitation de deux mines à ciel ouvert, qui ont été entièrement remblayées avec les stériles. De 1968 à 1969, une autre exploitation en souterrain (un puits d'accès et plusieurs niveaux de galeries (N-8 à N-50)) a été effectuée. Ces travaux ont été également remblayés à la fin de l'exploitation (Champsanglard IV).

Remarque : Le secteur Champsanglard I correspondant à une zone de prospection située à l'Est de Champsanglard II (Cf. photo aérienne de 1971 en annexe 2.7).

Deux émergences ont été remarquées : l'une au niveau de l'accès à la MCO « Sud » (Champsanglard II) et l'autre à proximité du puits sur Champsanglard IV.

Des mesures au SPPy ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux au printemps 2008. Le bruit de fond est de l'ordre de 100 à 110 chocs/s. L'ensemble du site présente des valeurs comprises entre 150 et 250 chocs/s. L'emplacement des puits et montages montrent des valeurs plus élevées (400 à 700 chocs/s).

- *Site de Mas-Roussine (fiche 312, annexes 2.8 – 3.5 – 4.8 et 5.6)*

Le site de Mas-Roussine se trouve à 2 km au Nord-Est de Champsanglard. Le paysage environnant est légèrement vallonné avec de petits plateaux et constitué majoritairement de prés et de bois.

Les travaux miniers ont consisté en l'exploitation de deux mines à ciel ouvert, respectivement dites « du Mas » et « de Roussine ». Une première période d'exploitation, de 1968 à 1969, a conduit à la création des deux fosses. Puis de 1980 à 1981, la fosse de Roussine a été reprise. Les deux fosses ont été conservées de manière à créer deux plans d'eau distincts. La verse à stériles est restée en l'état, puis a été colonisée par la végétation.

Il n'y a pas de surverse pour les deux plans d'eau. Le niveau d'eau est en équilibre avec celui de la nappe.

Des mesures au SPPy ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux au printemps 2008. Le bruit de fond est de l'ordre de 100 à 120 chocs/s. L'ensemble du site présente des valeurs comprises entre 200 et 700 chocs/s. Cependant, on notera deux points présentant des valeurs plus élevées : l'une sur le chemin d'accès au plan d'eau du Mas (1200 à 1500 chocs/s) et l'autre sur la verse à stériles (1000 chocs/s).

- *Site de Lombarteix (fiche 319, annexes 2.15 – 3.5 – 4.14 et 5.6)*

Le site de Lombarteix se trouve à 1 km au Nord-Ouest de Jouillat. Le paysage environnant est vallonné et constitué majoritairement de prés et de bois destinés à l'exploitation forestière.

Les travaux miniers ont consisté en l'exploitation d'un travers-banc et d'une mine à ciel ouvert de 1958 à 1969. L'entrée du travers-banc a été obturée et présente aujourd'hui un effondrement en surface sur les premiers mètres. La mine à ciel ouvert a été comblée avec une partie des stériles. La verse à stériles a été laissée en l'état et est actuellement recouverte par la végétation.

Aucune arrivée d'eau n'a été constatée à l'entrée du travers-banc. En revanche, une canalisation avec écoulement d'eau a été repérée en contrebas de l'ancienne mine. La provenance de l'eau est incertaine : elle pourrait venir soit du travers-banc, soit du drainage de terrains situés plus en amont.

Des mesures au SPPy ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux au printemps 2008. Le bruit de fond est de l'ordre de 100 chocs/s. L'ensemble du site présente des valeurs comprises entre 120 et 300 chocs/s. Cependant, on notera des valeurs plus élevées : d'une part au niveau de l'entrée du travers-banc (entre 400 et 700 chocs/s) et d'autre part, un point à 1270 chocs/s à l'entrée de la mine à ciel ouvert.

- *Site d'Hyverneresse – La Brousse (fiche 321, annexes 2.17 – 3.4 – 4.16 et 5.5)*

Le site d'Hyverneresse se trouve à 1,8 km au Nord-Est de Gioux. Le paysage environnant est vallonné et constitué majoritairement de bois destinés à l'exploitation forestière.

Les travaux miniers se sont déroulés en plusieurs phases, de 1963 à 1985. Dans un premier temps, des travaux souterrains (puits accompagné de galeries et 2 travers-bancs) ont été réalisés dans le quartier de La Brousse. Puis le gisement a été exploité en mine à ciel ouvert poursuivi d'une reprise des travaux souterrains (ouverture d'un nouveau travers-banc).

Le réaménagement du site a eu lieu en 1995 : un comblement partiel de la fosse a été effectué, ainsi que le confortement du parement sud. Les entrées des ouvrages fond-jour ont été obturées et la verse à stériles remodelée. Le site est aujourd'hui entièrement colonisé par la végétation.

Les eaux provenant de la verse sont dirigées vers un bassin situé au Nord de celle-ci, puis rejoignent, via un fossé, les eaux provenant du travers-banc du quartier de La Brousse, qui constitue le point bas du site. Les eaux sont ensuite rejetées dans un talweg rejoignant directement La Creuse.

Des mesures au SPPγ ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux au printemps 2008. Le bruit de fond est de l'ordre de 100 chocs/s. L'ensemble du site présente des valeurs comprises entre 180 et 300 chocs/s. Cependant, on notera des valeurs plus élevées (de 900 à 1400 chocs/s) sur le talus barrant l'accès à la fosse.

- *Site du Mont (fiche 324, annexes 2.19 – 3.8 – 4.18 et 5.9)*

Le site du Mont se trouve à 2,8 km au Nord de Noth. Le paysage environnant est légèrement vallonné et constitué de champs et de bois.

Les travaux miniers ont consisté en des travaux de reconnaissance par petit chantier en 1957. Il s'agit d'un puits de 20 m de profondeur accompagné d'une galerie d'une vingtaine de mètres. Peu d'informations sur le réaménagement sont disponibles en l'état actuel des connaissances. Les ouvrages fond-jours ont été remblayés probablement par du stérile.

Le site est localisé dans un champ, aucune trace n'est visible.

Aucun écoulement ou émergence n'a été repéré sur ou à proximité du site.

Des mesures au SPPγ ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux au printemps 2008. Le bruit de fond est compris entre 80 et 90 chocs/s. Les valeurs mesurées sur le site varient de 150 à 400 chocs/s.

4.4.3. Bassin versant de la Benaize

- *Site de La Cueillère (fiche 305, annexes 2.1 – 3.10 – 4.1 et 5.11)*

Le site de La Cueillère se trouve à 1,5 km au Sud de Vareilles, à une vingtaine de mètres des habitations du lieu-dit La Cueillère. Le paysage environnant est assez plat et constitué majoritairement de champs et de prés.

Les travaux miniers ont consisté en des travaux de reconnaissance par petit chantier de 1957 à 1963. Il s'agit d'un puits de 11 m de profondeur accompagné d'une galerie de trentaine de mètres. Le minerai pauvre et les stériles ont servis à remblayer les travaux.

Le site est actuellement situé en bordure de chemin et n'est plus visible.

Aucun écoulement de surface n'a été repéré à proximité du site.

Le site de la Cueillère est situé sur la ligne de crête séparant les bassins versants de la Benaize et de la Sedelle, affluent de La Creuse.

Des mesures au SPP γ ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux au printemps 2008. Le bruit de fond est de l'ordre de 170 chocs/s. Les valeurs mesurées sur le chemin varient de 320 à 380 chocs/s avec un point repéré à 1050 chocs/s à une dizaine de mètres au Nord du puits.

- *Site de Basseneuille (fiche 306, annexes 2.2 – 3.10 – 4.2 et 5.11)*

Le site de Basseneuille se trouve à 600 m au Nord de Vareilles. Le paysage environnant est légèrement vallonné et constitué majoritairement de champs et de prés.

Les travaux miniers ont consisté en des travaux souterrains réalisés sur deux niveaux (N-20 et N-25) à partir d'un puits. Deux montages ont été creusés. Peu d'informations sur le réaménagement sont disponibles en l'état actuel des connaissances. Les ouvrages fond-jour ont été remblayés par du stérile. Aucune trace n'est visible en surface, hormis de très légers tassements à l'emplacement du puits et du montage M1. Le montage M2 se situerait dans le jardin de la maison voisine et son entrée aurait été recouverte par une dalle béton.

On notera que les galeries passent sous les maisons voisines, qui étaient probablement déjà construites au moment de l'exploitation.

Aucun écoulement n'a été repéré à proximité du site, y compris à proximité du cours d'eau s'écoulant en contrebas du site.

Des mesures au SPP γ ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux au printemps 2008. Le bruit de fond est de l'ordre de 120 chocs/s. Les valeurs mesurées sur le site varient entre 200 et 400 chocs/s. Les emplacements du montage M1 et du puits sont plus marqués avec des valeurs comprises entre 600 et 1000 chocs/s.

- *Site de Lafat-Vieille (fiche 308, annexes 2.4 – 3.10 – 4.4 et 5.11)*

Le site de Lafat-Vieille se trouve à 1,5 km au Nord-Est de Vareilles. Le paysage environnant est légèrement vallonné et constitué majoritairement de champs et de prés.

Les travaux miniers se sont déroulés de 1961 à 1964. Ils ont consisté en des travaux souterrains réalisés à partir d'un puits rejoignant le niveau -70 et le niveau -35, ce dernier relié au niveau -15 par une descenderie. Cinq montages avaient été creusés. Les ouvrages fond-jours ont été remblayés par du stérile, de même que les abattages effectués pendant l'exploitation.

On notera que l'emplacement du montage M5 a été remblayé par le propriétaire actuel des terrains suite à des tassements réguliers après le réaménagement.

Des émergences ont été repérées dans le champ à proximité des montages M3 et M5. Les eaux sont recueillies par un ruisseau, affluent du ruisseau de la Chaume.

Des mesures au SPP γ ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux au printemps 2008. Le bruit de fond est de l'ordre de 150 chocs/s. Les valeurs mesurées sur le site varient entre 160 et 320 chocs/s avec deux points repérés à 500 et 750 chocs/s.

4.4.4. Bassin versant de la Voueize

- *Site de Grands Champs (fiche 318, annexes 2.14 – 3.9 – 4.13 et 5.10)*

Le site de Grands Champs se trouve à 2 km à l'Est de Gouzou. Le paysage environnant est assez plat, caractéristique des paysages de plateaux et constitué de champs destinés aux cultures et à l'élevage. Le site, où ont lieu des activités de pêche, randonnée et équitation, appartient à la Communauté de Communes du Carrefour des Quatre Provinces.

Les travaux miniers ont consisté en l'exploitation d'une mine à ciel ouvert de 1986 à 1988. L'ancienne fosse a été aménagée en plan d'eau après un comblement partiel et réaménagement des berges. La verse à stériles a été remodelée puis enherbée. Les bassins de décantation ont été curés, deux des quatre bassins ont été remblayés et les deux autres réaménagés en plan d'eau secondaire.

La surverse du plan d'eau se fait par un déversoir qui permet l'alimentation en eau du plan d'eau secondaire. Les eaux issues de ce second bassin sont ensuite rejetées dans le ruisseau des Rieux, affluent de la Goze.

Un plan compteur a été réalisé après réaménagement du site dans le cadre du dossier d'abandon. Les valeurs mesurées étaient comprises entre 100 et 500 chocs/s SPP2. De plus, des mesures de débits d'équivalent de dose gamma, ont été effectuées dans le cadre de l'intervention de la société Pe@rl réalisée en mars 2008 à la demande de la DRIRE. Les valeurs mesurées sont comprises entre 0,070 et 1,013 $\mu\text{Sv/h}$.

4.4.5. Bassin versant du Taurion

- *Site de Villepigue – Le Grand Peux (fiche 320)*

Le site de Villepigue et du Grand Peux se trouve à 1 km au Nord de Châtelus-le-Marcheix. Le paysage environnant est vallonné et constitué majoritairement de bois destinés à l'exploitation forestière.

On notera que le site a été exploité par la société SOREMCO. Aucun lien administratif n'existe entre cette société (ou le site) et les activités minières dont AREVA NC a héritées. Ce site est donc considéré comme orphelin.

Les travaux miniers ont consisté, sur le chantier de Villepigue, en le creusement d'un travers-banc de 136 m, et sur le chantier du Grand Peux, en la réalisation de tranchées dont aucune trace n'est visible aujourd'hui. L'entrée du travers-banc a été rebouchée grossièrement après l'arrêt des travaux, l'accès à l'intérieur de la galerie est aujourd'hui possible. La verse à stériles est restée en l'état.

Aucun écoulement de surface n'a été repéré à proximité du site, cependant, un regard sur une canalisation d'eau a été repéré à proximité de la verse à stériles. Il pourrait s'agir d'eau captée en amont de l'ancienne mine.

Des mesures au SPPy ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux au printemps 2008. Le bruit de fond est de l'ordre de 90 à 100 chocs/s. Les valeurs mesurées sur le site varient entre 130 et 170 chocs/s. L'entrée du travers-banc et le regard d'eau montrent des valeurs élevées, respectivement de l'ordre de 2700 chocs/s et 1750 chocs/s. On notera que de très fortes venues de radon (70 fois supérieures à la norme de l'époque) avaient été signalées dans les rapports SOREMCO adressés au CEA pour une éventuelle reprise des travaux. Le CEA a décliné cette offre en 1964.

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.

Peu d'informations sont disponibles sur les teneurs de coupure « STERILE – MINERAI PAUVRE – MINERAI » en fonction de chaque site. Le tableau suivant met en évidence les teneurs de coupure retenues sur quelques uns des sites.

Site	Teneur de Coupure (ppmU)	
	STERILES – MINERAI PAUVRE	MINERAI PAUVRE – MINERAI
La Ribière	250	600
Chaumailat	200	600
Grands Champs	300	1000
Coussat – Monteil	150	400
Hyverneresse	100	200
Le Montagaud	300	1000

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 7,3 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 55% et 96 % du volume total extrait, en fonction de la taille de découverte initiale. Les stériles extraits par travaux souterrains correspondent 54 % et 94% du volume total extrait, ces chiffres relativement élevés sont dus au fait qu'il s'agit majoritairement de travaux de recherche.

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 avec localement revégétalisation, pour les sites réaménagés après 1980.

Au cours des visites de terrain de 2008, des mesures radiométriques effectuées au SPPγ 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 (au SPPγ en chocs/s)
Le Vignaud	400 - 2200
Crozant	350 - 2050
Le Fournioux	210 - 750
Coussat	200 - 480
Mas-Roussine	350 - 1000
Le Montagaud	250 - 1400
La Ribière	300 - 400
Lombarteix	130 - 300
Villepigue	140 - 170
Hyverneresse	180 - 250
Grands Champs	120 - 500*

* valeurs mesurées au SPP2, Issues du plan compteur après réaménagement

5.1.3. Réutilisation particulière des stériles

Pendant les périodes d'exploitations des sites miniers, des cessions de stériles ont pu être réalisées, en petites quantités dans le cadre d'une politique de bon voisinage.

Après le réaménagement, les stériles miniers ont pu être réutilisés par des particuliers ou des entreprises locales.

Ces stériles miniers ont été utilisés notamment pour la réfection de chemin.

Le tableau suivant synthétise les sites sur lesquels les stériles ont fait l'objet d'une réutilisation constatée ou probable, pendant l'exploitation ou après le réaménagement.

Sites	Observations
Le Vignaud	Les dimensions de l'ancien carreau, constitué par des stériles ne sont pas conformes aux plans et présente des traces de remaniement. Une partie des stériles a pu servir au remblayage des ouvrages, mais également à divers utilisations (réfection de chemins...) par des utilisateurs locaux
Le Fournioux	Utilisation des stériles pour la réfection des chemins environnants et du terrain de camping situé à proximité du site, après le réaménagement du site.
Montagaud	Une petite partie de la verse à stériles, au Sud du site et à proximité du chemin, a été entamée, après le réaménagement du site, vraisemblablement par un utilisateur local pour de la réfection de chemin.
Coussat Monteil	Au cours de l'exploitation, des stériles auraient servi pour la réfection des chemins entourant le site.
Hyverneresse	Au cours de l'exploitation, des stériles auraient servi pour la réfection des chemins d'accès au site.

5.2. LES RESIDUS DE TRAITEMENT

Sur le département de La Creuse, seul le site de La Ribière fait l'objet d'un stockage de résidus de traitement du minerai.

Ces résidus proviennent uniquement du traitement par lixiviation statique des minerais à faibles teneurs (minerai pauvre) réalisé sur le site de La Ribière. Ils correspondent au minerai (brut ou concassé) résiduel après extraction de l'uranium (rendement 60 à 80 %) par lixiviation en stalles, par arrosage avec une solution d'acide sulfurique. Les liqueurs uranifères, chargées à quelques centaines de mg/l étaient recueillies et fixées sur des résines, puis transportées vers l'usine de traitement de Saint-Pierre-du-Cantal.

Seuls les résidus dont le traitement s'est effectué sur le site durant la période 1982 à 1985 sont stockés à La Ribière. Ainsi, 7000 tonnes de la fraction fine désuranisée ont été stockées au fond de la fosse principale. La fraction grossière (185 000 tonnes) a été déversé sur le flanc sud de la fosse et une partie de ces matériaux a été utilisé pour combler les anciennes stalles au moment du réaménagement (5000 tonnes)

L'activité en radium 226 de ces résidus est de 0,85 TBq, représentant une activité massique de 4,3 kBq par kg de résidu.

Ce stockage (fiche ANDRA n° LIM12) 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 du 06/07/2004).

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 (non concernés pour les sites creusois).
- 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 et de repérage de terrain. Il a mis en évidence 51 ouvrages verticaux et 11 galeries débouchant au jour. La liste est figurée par site dans le tableau suivant :

Sites	Date d'exploitation	Nature de l'ouvrage	Dénomination	Section	
Basseneuille	1958 – 1963	Puits	P1	2x2 m	
		Montage	M1	1x2 m	
		Montage	M2	1x2 m	
Lafat-Vieille	1961 – 1963	Puits	P1	3x3 m	
		Montage	M2	1x2 m	
		Montage	M3	1x2 m	
		Montage	M4	1x2 m	
		Montage	M5	1x2 m	
		Montage	M6	1x2 m	
La Cueillère	1957 – 1963	Puits	P1	1,5x2 m	
Crozant	1957 – 1961	Puits	P1	2x3 m	
		Montage	M1	1,5x2 m	
		Montage	M2	1,5x1,5 m	
Le Vignaud	1956 – 1962	Puits	P1	1x2 m	
		Puits	P2	2,5x2,5 m	
		Montage	M1	1x2 m	
		Montage	M2	1x2 m	
		Montage	M4	1x2 m	
		Montage	M5	1x2 m	
		Montage	M6	1x2 m	
		Montage	M7	1x2 m	
		Montage	M9	1x2 m	
		Montage	M10	1x2 m	
		Lentille Soubrant	Puits	P3	2x3 m
		Lentille 5	Descenderie	/	2,5x2 m
Lentille 8	Descenderie	/	2,5x2 m		
Lentille 9	Montage	M1	1x2 m		
Lentille 10	Descenderie	/	2,5x2 m		
Lentille 12	Descenderie	/	2,5x2 m		
Champsanglard	1957 – 1980	CPS II	Puits	P1	1,5x2 m
		CPS III	Puits	P2	3x3 m
			Montage	M1	1x2 m
		CPS IV	Puits	P1	2,5x3 m
			Montage	M1	2x2 m
			Montage	M2	1x2 m
Montage	M4	1x1 m			
Montage	M5	1x1 m			
Coussat	1954 – 1989	Puits	P1	2x2 m	
Le Montagaud	1957 – 1966	Puits	P1	2x2 m	
		Montage	M1	1x2 m	
		Montage	M2	1x2 m	
		Montage	M3	1x2 m	
		Montage	M4	1x2 m	
		Montage	M5	1x2 m	
		Montage	M6	1x2 m	
		Montage	M7	1x2 m	
		Montage	M8	1x2 m	
		Montage	M9	1x2 m	
		Montage	M10	1x2 m	
		Montage	M11	1x2 m	
		Montage	M12	1x2 m	
Le Pouyoux	1959	Puits	P1	2,5x2,5 m	
Point Benoît	1957	Puits	P1	2,5x2,5 m	
Le Mont	1957	Puits	P1	2x1,5 m	
Hyverneresse	1963 – 1985	Puits	P1	3,5x3,5 m	
		Travers-banc	N-45	2x2 m	
		Travers-banc	N-109	3,5x3 m	
		Travers-banc	N-15	2,5x2,5 m	
Lombarteix	1958 – 1969	Travers-banc	/	2x2 m	
Villepigue	1959	Travers-banc	/	3x2 m	

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

- total des ouvrages verticaux,
 - de l'entrée des galeries et descenderies avec localement drainage pour maintenir un exutoire contrôlable des eaux,
- par des produits tout-venant (stériles miniers).

L'ensemble de ces ouvrages a fait l'objet d'une auscultation visuelle réalisée en 2008. Les désordres et anomalies constatées concernent les sites figurés dans le tableau suivant :

Sites	Nature de l'ouvrage	Dénomination	Section	Taille du fontis ou anomalie
Basseneuille	Puits	P1	2x2 m	Léger affaissement de 5 cm de profondeur.
	Montage	M2	1x2 m	Léger affaissement de 5 cm de profondeur.
Lafat-Vieille	Puits	P1	3x3 m	Affaissement de 10 cm de profondeur.
	Montage	M5	1x2 m	Tassement régulier au niveau du montage. Apport de matériaux par le propriétaire de la parcelle.
Crozant	Puits	P1	2x3 m	Affaissement de 20 cm de profondeur environ.
	Montage	M2	1,5x1,5 m	Fontis de 0,5 m de profondeur environ.
Le Vignaud	Puits	P1	1x2 m	Fontis de 1,5 m de profondeur environ.
	Puits	P2	2,5x2,5 m	Fontis de 1 m de profondeur environ.
	Montage	M1	1x2 m	Fontis de 1 m de profondeur environ.
	Montage	M4	1x2 m	Fontis de 1 m de profondeur environ.
	Descenderie Lentille 9	/	2,5x2 m	Zone humide à l'emplacement de la descenderie.
Le Montagaud	Puits	P1	2x2 m	Léger affaissement de 5 cm de profondeur.
Lombarteix	Travers-banc	/	2x2 m	L'entrée du travers-banc s'est effondré sur environ 5 m. L'accès à l'intérieur n'est pas possible
Villepigue	Travers-banc	/	3x2 m	Le remblai de l'entrée du travers-banc a tassé. L'accès est possible par une ouverture de 0,5 x 1 m.

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 H₁ de terrain susceptible de tomber et de remplir le vide est donnée par la formule :

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

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

F	H ₁
1,4	2,5 H
1,5	2,0 H
1,6	1,7 H

Si l'on veut avoir un coefficient de sécurité maximum, on appliquera comme critère la règle de TINCELIN (« La mécanique du foudroyage »... TINCELIN – FINE – BENYAKHLEF – 12^{ème} congrès minier mondial – NEW DEHLI – novembre 1984) qui considère que la hauteur totale du vide disponible et fontis (H et H₁) est environ égale à quatre fois la hauteur du vide initial (H) (F < 1,4).

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

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

Sites	Période d'exploitation	Dépilage associé	Niveaux	Sections (l×h en m)	Remblayage
La Cueillère	1957 – 1963	non	N-10	(1,5 à 2) × 2	sans information
Basseneuille	1958 – 1963	non	N-15 et N-25	(2 à 2) × 2	partiel
Crozant	1957 – 1961	oui	N-12, N-30 et N-40	2 × 2	sans information
Lafat-Vieille	1961 – 1964	oui	N-35 et N-70	2 × 2	remblayage des abattages (10/64)
Le Vignaud	1956 – 1962	oui	5 descenderies et N-14, N-10, N-12, N-20, N-30	4 × 2	remblayage des abattages
Champsanglard	1957 – 1969	oui	N-12, N-23, N-35 et N-50	2 × 2	oui
Montagaud	1964 – 1966	oui, mais dans l'emprise de la MCO	Subsiste N-25 hors emprise MCO	2 × 2	sans information
Lombarteix	1958 – 1959	non	/	2 × 2	sans information
Villepigue	1959	non	/	/	sans information
Hyverneresse	1963 – 1985	oui, dans l'emprise de la MCO	N-45 et N-109	2 × 2 (N-45) 3,5 × 3 (N-109)	non
Le Mont	1957	non	N-20	2 × 2	sans information
Le Pouyoux	1959	non	N-15	2 × 2	non

Ces risques d'affaissement doivent être toutefois relativisés :

- Les hauteurs de galeries de reconnaissance ou d'accès sont toutes limitées à 2 m (hormis N-109 à Hyverneresse). L'application de la règle « Tincelin » écarte tous risques de désordre de surface au-delà d'un stot de 8 m. Aucun site n'est donc concerné. L'application de la règle « INERIS » porte ce stot à environ 20 m. Seraient donc concernés les sites de La Cueillère, Basseneuille, Crozant, Le Vignaud, Champsanglard, Le Mont et Le Pouyoux.
- L'autorembayage par foisonnement est un phénomène progressif qui limite l'ampleur de l'affaissement potentiel de surface au fur et à mesure de la progression de la déstabilisation de la voute vers la surface. Ainsi pour une galerie située à 10 m de profondeur, le fontis de surface ne peut excéder le mètre, pour une galerie située à 15 m, le fontis est limité à 0,5 m, ... (application de la règle INERIS).
- L'absence d'incidents à l'aplomb de ces galeries tracées il y a plus de 40 ans, plaide en faveur d'une stabilité du bâti minier. Seul un léger tassement à l'aplomb du niveau N-30 sur le site du Vignaud (parcelle 462, à proximité du montage M9 – cf. annexe 4.6), témoigne de la possibilité de tels phénomènes (tassements de surface de quelques décimètres (cf. photo en annexe 2.6)).

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

CROZANT (Cf. fiche 307a de l'annexe 1)

- Trois tranches exploitées à parti du niveau N-12 à l'Est du puits.
- Hauteur exploitée : 7 m Longueur : 8 à 28 m Stot : 3 à 8 m
- Méthode : tranches montantes (2 m) sur remblai tout venant probable.
- Epaisseur du filon : pechblende (0,10 à 0,20 cm) dans filon de 0,70 à 0,80 m.

Remarque : Sur la base des documents disponibles, il semble que l'exploitation se soit limitée au filonnet de pechblende avec localement prise du filon (épaisseur maximum 0,80 m). Le remblayage très probable, eu égard au stot très réduit, aurait été constitué par les produits stériles foisonnés abattus pour élargir le passage dans la tranche (largeur = 2 m). Les risques d'affaissement apparaissent donc nuls ou, le cas échéant, de très faible amplitude.

LAFAT-VIEILLE (Cf. fiche 308a de l'annexe 1)

- Trente tranches exploitées à partir des niveaux N-35 et N-70 à l'Est et à l'Ouest du puits.
- Hauteur exploitée : 65 m Longueur : 10 à 80 m Stot : 0 m à l'Ouest du puits.
18m à l'Est du puits.
- Méthode : tranches montantes (2 m) sur remblai tout venant.
- Epaisseur du filon : lentilles discontinues au sein du filon.

Remarque : L'exploitation de Lafat-Vieille prenant la suite des travaux de Crozant, la même technique semble avoir été utilisée (l'exploitation des minéralisations, abattages des parements avec produits laissés au sol, reprise de la tranche supérieure). Les minéralisations ont été exploitées jusqu'en surface à l'Ouest du puits et les travaux ont été visiblement intégralement remblayés (mention faite dans un rapport de 1964). Les risques d'effondrement sont donc jugés négligeables. Aucun tassement de ces produits de remblayage n'a été observé en surface.

LE VIGNAUD (Cf. fiche 310a à 310 g de l'annexe 1)

- Exploitation de lentilles minéralisées de surface (cf. annexe 4.6).
 - Lentilles 1 – 2 – 3 – 4 – 6 et 7* : exploitation de la lentille 1 à partir du niveau N-12 par le puits P1 et du niveau N-30 par le puits P2, puis exploitation des autres lentilles, vers le Nord et à l'Est du puits, également à partir du niveau N-30 (environ 580 m de galerie).
 - Lentille 5* : Accès par descenderie au niveau N-12.
 - Lentille 8* : Accès par descenderie au niveau N-14.
 - Lentille 9* : Accès par descenderie au niveau N-10.
 - Lentille 10* : Accès par descenderie au niveau N-10.
 - Lentille 11-12-13* : sans information.
- Hauteurs exploitées :
 - Lentille 1 – 2 – 3 – 4 – 6 et 7* : sans information.
 - Lentille 5* : 0 à 13 m (puissance 1 m à 1,20 m)
 - Lentille 8* : 2 à 17 m (puissance non mentionnée)
 - Lentille 9* : 0 à 10 m (puissance 1,30 m à 2 m)
 - Lentille 10* : 2 à 10 m (puissance 1 m à 1,20 m)
 - Lentille 11-12-13* : sans information.
- Méthode : chambres foudroyées avec soutirage depuis la descenderie et remblayage intégral depuis le jour ou par cheminées (lentille 8).
- Epaisseur du filon : lentilles discontinues au sein du filon.

Remarque : Les chantiers ont été exploités jusqu'en surface par chambres foudroyées intégralement remblayées. Les risques d'effondrement sont donc nuls. Aucun tassement de ces produits de remblayage n'a été observé en surface, sur les chantiers dont l'exploitation a été réalisée par descenderie (lentilles 5 – 8 – 9 et 10). Cependant, pour les travaux miniers concernant les lentilles 1 à 4, 6 et 7 (accès à partir des puits), un léger tassement à l'aplomb du niveau N-30 a été observé sur une vingtaine de mètres à proximité du montage M9 (parcelle 462).

CHAMPSANGLARD III (Cf. fiche 311b de l'annexe 1)

- Exploitation à partir des niveaux N-14 et N-30 au Nord et au Sud du puits.
 - Hauteur exploitée : sans information. Longueur : 32 m de galerie au N-14
87 m de galerie au N-30 Stot : 14 m à l'Ouest du puits. 18m à l'Est du puits.
 - Méthode : apparemment uniquement traçage de galeries (d'après une note de 1964).
- Remarque* : L'exploitation de Champsanglard III aurait consisté uniquement au traçage de galeries de reconnaissance, vraisemblablement remblayées à la fin du chantier. Les risques d'effondrement sont donc jugés négligeables. Aucun tassement n'a été observé en surface.

CHAMPSANGLARD IV (Cf. fiche 311c de l'annexe 1)

- 21 tranches exploitées à partir des niveaux N-12, N-23, N-35 et N-50.
 - Hauteur exploitée : 47 m Longueur : 4 à 20 m Stot : 1m (à proximité et à l'Ouest du montage M1) à 25 m (à l'Est du montage M1)
 - Méthode : tranches montantes (2 m) sur remblai tout venant et chambres charpentée au N-35.
- Remarque* : La technique d'exploitation utilisée à Champsanglard IV semble avoir été la même que pour le site de Lafat-Vieille (l'exploitation des minéralisations, abattages des parements avec produits laissés au sol, reprise de la tranche supérieure), à l'exception du niveau N-35. Les travaux ont été visiblement intégralement remblayés. Les risques d'effondrement sont donc jugés négligeables. Aucun tassement de ces produits de remblayage n'a été observé en surface.

HYVERNERESSE (Cf. fiche 321a de l'annexe 1)

- 16 tranches (hauteur = 3 m) à partir du puits situé en fond de fosse et du niveau N-64.
Hauteur exploitée : 50 m Longueur : 10 à 50 m Stot : 5 m (fond de fosse)
 - Méthode : colonne d'épisyénite exploitée dans un premier temps depuis le niveau de base (N-109) par chambres charpentées (square set) avec abandon de la méthode suite à un éboulement. Reprise par tranches descendantes sous dalle béton à partir du puits réalisé en fond de fosse.
- Remarque* : Un effondrement du bâti minier se traduirait par un affaissement en fond de fosse de la mine à ciel ouvert dont l'ampleur serait liée au coefficient de foisonnement des dalles béton enchevêtrées.

CONCLUSION

Les risques d'affaissement de surface liés à des effondrements de chantiers exploités en travaux souterrains paraissent très limités en raison de :

- l'ouverture réduite des tranches exploitées (souvent de l'ordre de ou inférieures à 2 m). Les calculs d'une surface de cisaillement sur la surface de glissement (les épontes), c'est-à-dire le rapport, exprimé en bar, du poids du tiroir effondrable (en t) sur la surface de glissement du tiroir (en m²) seraient pour l'ensemble des chantiers inférieur à 0,2 t/m² (0,2 bar). L'analyse conjuguée de ce paramètre avec d'autres facteurs aggravants préconisée par l'Ecole des Mines de Paris permet de définir s'il y a des mesures de sauvegarde particulière à prendre (l > 2,8 m, stot < 25 m, pendage > 55 gr et contrainte > 0,3 bar).
- le remblayage intégral probable des chantiers exploités proches de la surface.
- l'ancienneté des travaux sans manifestation visible en surface.

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
Le Montagaud	En eau. Parements visibles sur 1 à 5 m.	Accessible au public : Pas de clôture autour de la fosse. Présence d'un merlon de sécurité à l'Ouest en bordure de la route et au Sud de la fosse.
Le Mas Roussine	2 MCO en eau. Parements visibles sur 1 à 3 m pour la MCO de Roussine.	Accessible au public : Pas de clôture autour des fosses. Présence d'un merlon de sécurité au Nord-Ouest de la fosse « Roussine ».
Le Fournioux	En eau. Sans parements visibles.	Clôture autour du site. Présence d'une clôture grillage au niveau des parements les plus abruptes.
Chaumailat	2 MCO en eau. Sans parements visibles.	Accessible au public : Pas de clôture autour des fosses.
Grands Champs	En eau. Sans parements visibles.	Accessible au public : Pas de clôture autour de la fosse.
Hyverneresse	Pas d'eau. Parements visibles sur environ 35 m de la MCO.	Difficilement accessible au public compte tenu de l'importance de la végétation. Présence d'une clôture barbelée et d'un merlon de sécurité au Nord Ouest de la MCO en bordure du chemin.

Par ailleurs, le site de stockage de résidus de traitement de La Ribière 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 majoritairement le cas pour les sites miniers creusois), il peut s'agir de phénomènes mettant en jeu des volumes de matériaux restreints (quelques dizaines de m³) et prenant principalement la forme de glissement pelliculaire. De tels phénomènes n'ont pas été observés sur les verses des sites miniers visés par ce présent bilan de fonctionnement.

Lorsque les verses sont constituées de matériaux plus fins (sables), 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). Une légère déstabilisation du flanc de talus a été ainsi observée sur la verse du site de Grands Champs (Cf. photos en annexe 2.14)

7. EVALUATION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

7.1. IMPACT SUR LE VECTEUR EAU

7.1.1. Voie de contamination sur le milieu aquatique

Voies de contamination de l'eau

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

- Lorsque le niveau d'eau remonte dans les travaux remblayés (TMS ou MCO), il est possible que les eaux émergent en surface, comme à l'entrée des descenderies ou des travers-bancs (Le Vignaud, Hyverneresse), ou encore à l'emplacement de certains montages ou sondages de recherche (Champsanglard, Le Vignaud). 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 (Coussat, Le Monteil, Hyverneresse, La Ribière, Grands Champs, Chaumailat, Lombarteix, Crozant, Le Fournioux). 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 m³/h), ils peuvent conduire à des flux de radioéléments importants susceptibles d'engendrer des marquages dans l'environnement, notamment liés à l'accumulation de ces radionucléides dans le compartiment sédimentaire. Ils sont associés à la fraction fine des sédiments et le marquage peut être d'autant plus important que le régime hydrodynamique est favorable au dépôt. De ce fait, les retenues constituent des zones d'accumulation privilégiées des particules marquées.

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

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

L'absence de station de traitement pour les sites miniers de Creuse tend à favoriser cette deuxième option. Les débits faibles estimés au cours de la campagne de terrain 2008 (< 10 m³/h) semblent plaider, à priori, en faveur d'un faible impact radiologique sur ce compartiment sédimentaire.

7.1.2. Valeurs de référence « milieu naturel »

En l'absence de point zéro, l'IRSN propose dans sa tierce expertise [6] des valeurs de références pour le milieu naturel pour la Division Minière de la Crouzille :

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

7.1.3. Analyse par bassin versant de l'impact réel sur le milieu aquatique

Compte tenu du manque d'informations sur certains sites miniers, une campagne de prélèvements (eau et sédiments) a été réalisée au printemps 2008, principalement sur les cours situés en aval hydraulique des sites, sur les éventuels plans d'eau issus d'anciennes fosses et sur les émergences observées sur les sites. L'emplacement des points de prélèvements et le détail des résultats analytiques sont présentés sur les cartes IGN figurant en annexe 3.

De plus, quelques analyses sur des sédiments prélevés dans les cours ont été effectuées, également au printemps 2008.

Le synoptique de la figure 2 présente les rejets successifs, potentiels ou avérés, dans les différents cours d'eau récepteurs du fait des anciens sites réaménagés.

Les sites sont présentés de l'amont vers l'aval hydraulique des cours d'eau principaux à savoir : La Petite Creuse, Creuse, La Benaize, La Voueize et Le Taurion.

BASSIN VERSANT DE LA PETITE CREUSE

L'impact potentiel des sites sur la rivière la Petite Creuse se fait majoritairement par l'intermédiaire de cours d'eau affluents comme, de l'amont vers l'aval, Le Verraux, Le Prébourgnon, Le Theil et Le Mornay, à l'exception du site du Fournieux dont le rejet s'effectue directement dans la Petite Creuse.

- *Ruisseau Le Verraux*

Le premier site susceptible d'impacter ce cours d'eau est celui de **Chaumailat**. Le site, localisé dans un petit bassin oligocène argilo-sableux, possède deux anciennes MCO réaménagées en plan d'eau (prélèvements CHM OJ4 et CHM MN4). Les eaux du site sont collectées puis redirigées vers l'exutoire correspondant à un ancien bassin de décantation, localisé sur la parcelle 581 (prélèvement CHM EXU). Les eaux sont ensuite rejetées dans le ruisseau de Fragne, affluent du Verraux (prélèvement CHM RU).

Il apparaît, de la campagne de prélèvements réalisée en 2008 :

- des concentrations en radioéléments faibles avec respectivement 2 à 16 µg/l (0,02 à 0,2 Bq/l) pour l'uranium 238 et 0,05 à 0,09 Bq/l pour le radium 226 pour l'eau des MCO, et conformes avec la qualité des eaux rejetées 6 µg/l soit 0,07 Bq/l en U₂₃₈ et 0,11 Bq/l en Ra₂₂₆.

- l'absence totale d'impact sur le ruisseau de Fragne tant sur le vecteur eau (<1 µg/l soit <0,01 Bq/l en U_{238} et 0,05 Bq/l en Ra_{226}) que sur les sédiments prélevés (équilibre U_{238} et Ra_{226} avec des activités massiques de l'ordre de 70 Bq/kg).

Les eaux du site de **La Ribière** (prélèvements RIB EXU et RIB 3) sont rejetées dans le Verraux, affluent de La Petite Creuse, en aval de la confluence entre les ruisseaux de Fragne et le Verraux. Le site possède un stockage de résidus de traitement du minerai. Les eaux du site sont collectées puis redirigées directement via une buse dans le ruisseau (prélèvements VER A et VER B).

Le rejet des eaux à très faibles débits (voire intermittent) et à faible charge en uranium 238 (20 à 25 µg/l soit 0,26 à 0,31 Bq/l) est sans impact sur le cours d'eau du Verraux :

- amont site (moyenne 2006 – 2008) : $U_{238} = 5 \mu\text{g/l}$ (0,06 Bq/l)
 $Ra_{226} = 0,04 \text{ Bq/l}$
- aval site (moyenne 2006 – 2008) : $U_{238} = 4 \mu\text{g/l}$ (0,05 Bq/l)
 $Ra_{226} = 0,05 \text{ Bq/l}$

Les ruisseaux de Fragne et du Verraux n'alimentent aucun plan d'eau en aval de ces anciens sites miniers.

Les résultats d'analyse effectués dans les cours d'eau à proximité de ces sites sont présentés dans les tableaux des figures 7 et 8.

- *Ruisseau du Prébournon*

Seul le site du **Montagaud** est susceptible d'impacter les eaux du Prébournon. Le site comprend une MCO en eau (prélèvement MTG 4). L'ensemble des eaux du site (écoulements de pied de verse, éventuelle surverse, eaux de ruissellement) est canalisé et redirigé vers un talweg rejoignant le ruisseau du Prébournon (prélèvement MTG RU).

La qualité des eaux de la MCO présente un faible charge en U_{238} (22 µg/l soit 0,27 Bq/l) et en Ra_{226} (0,20 à 0,38 Bq/l) détectable dans les eaux du talweg affluent du Prébournon pour l'uranium 238 (23 µg/l soit 0,28 Bq/l), mais sans impact sur les sédiments prélevés (< 130 Bq par kg de matière sèche en U_{238} , Ra_{226} et Pb_{210}).

Le ruisseau du Prébournon alimente deux plans d'eau en aval du rejet du site de Montagaud : l'étang des Brousses, situé à environ 1300 m en aval du site, et l'étang du Prébournon localisé plus de 2300 m en aval du site.

Les résultats d'analyse effectués dans les cours d'eau à proximité de ce site sont présentés dans les tableaux de la figure 9.

- *Ruisseau du Theil*

Le site de **Coussat** est susceptible d'impacter en premier le ruisseau du Theil. L'ensemble des eaux du site (eaux de ruissellement à l'emplacement de la MCO remblayée et écoulement de pied de verse – prélèvement COU VE1) est canalisé pour être rejeté dans le cours d'eau (prélèvement COU RU) via une canalisation partiellement enterrée. Le site du **Monteil**, constitué d'une MCO entièrement remblayée et situé à une cinquantaine de mètres en aval de Coussat, ne présente pas de rejet identifié. Cependant, la proximité du site par rapport au cours d'eau étant environ 30 m et sa position topographique à flanc de coteau, impliquent que les eaux de ruissellement en provenance du Monteil sont susceptibles d'avoir une influence sur le ruisseau du Theil (prélèvement MON RU).

Les concentrations des eaux recueillies présentent une légère charge en U_{238} (15 $\mu\text{g/l}$ soit 0,18 Bq/l) sans impact sur le ruisseau de Theil (2 $\mu\text{g/l}$, soit 0,02 Bq/l, en aval du site de Coussat et 3 $\mu\text{g/l}$, soit 0,04 Bq/l, en aval du site du Monteil). Les sédiments du ruisseau, prélevés en 2008, ont une activité massique à l'équilibre séculaire (U_{238} , Ra_{226} et Pb_{210}) de l'ordre de 400 à 500 Bq/kg de matière sèche.

Le ruisseau du Theil alimente un petit plan d'eau situé à proximité du lieu-dit « Le Quérut » par dérivation. Ce plan d'eau est situé à environ 4000 m en aval hydraulique des sites.

Les résultats d'analyse effectués dans le ruisseau du Theil en aval de ces sites sont présentés dans les tableaux de la figure 10.

- *Ruisseau de Mornay*

Deux sites miniers correspondant à des travaux de reconnaissance par petit chantier peuvent influencer les eaux du ruisseau du Mornay, bien qu'aucun écoulement n'ait été identifié lors de la visite de terrain en 2008 : le **Point Benoit** (prélèvement PTB RU) et le **Pouyoux** via le ruisseau du Pouyoux (prélèvement PYX RU).

Les concentrations relevées sont conformes avec des valeurs représentatives du fond radiométrique naturel (quelques $\mu\text{g/l}$ en U_{238} et inférieures à 0,15 Bq/l en Ra_{226}).

Cinq plans d'eau ont été repérés sur le cours de ces deux ruisseaux. Le premier est situé sur le ruisseau du Pouyoux, situé à environ 300 m du site minier du même nom. Les quatre autres correspondent aux plans d'eau successifs situés au niveau du Château de Mornay, situé à plus de 2,5 km en aval hydraulique des sites miniers.

Les résultats d'analyse effectués dans ces cours d'eau sont présentés dans les tableaux de la figure 11.

- *Rivière La Petite Creuse*

Le dernier site pouvant impacter les eaux de la rivière la Petite Creuse est celui du **Fournioux**. Le site possède une MCO en eau dont les eaux de surverse (prélèvement FOU 3) sont canalisées dans un fossé puis via une canalisation enterrée vers La Petite Creuse (prélèvement FOU BUS). Les écoulements de pieds de verse (prélèvement FOU VER) repérés lors de la visite de terrain en 2008, sont également collectés par ce fossé.

Les eaux prélevées à la surverse de la MCO présentent de faibles concentrations en U_{238} (4 $\mu\text{g/l}$ soit 0,05 Bq/l) et en Ra_{226} (<0,02 Bq/l). En revanche, les écoulements de pieds de verse montrent des concentrations légèrement plus élevées en U_{238} (21 $\mu\text{g/l}$ soit 0,26 Bq/l) et en Ra_{226} (0,05 Bq/l). Les eaux de ce site sont sans impact sur le milieu naturel, le rejet global du site présentant de faibles valeurs en U_{238} (3 $\mu\text{g/l}$ soit 0,04 Bq/l) et en Ra_{226} (0,04 Bq/l). Les sédiments, prélevés à l'exutoire du site en 2008, ont une activité massique à l'équilibre séculaire (U_{238} , Ra_{226} et Pb_{210}) de l'ordre de 140 Bq/kg de matière sèche.

Aucun plan d'eau n'est situé entre le site et la Petite Creuse et sur le cours de la rivière jusqu'à sa confluence avec la rivière La Creuse.

Les résultats d'analyse effectués sur ce site sont présentés dans le tableau de la figure 12.

BASSIN VERSANT DE LA CREUSE

L'impact potentiel des sites sur la rivière la Creuse se fait majoritairement par l'intermédiaire de cours d'eau affluents comme, d'amont vers l'aval, La Gioune, Le Lascoux, Les Dauges, le ruisseau de Besse, Le Ribois et La Sedelle, à l'exception du site de Champsanglard dont les rejets potentiels peuvent s'effectuer directement dans la Creuse.

- *La Creuse amont, le ruisseau de La Gioune et cours d'eau associés*

Seul le site d'**Hyverneresse**, situé le plus en amont sur le cours de La Creuse, peut influencer les eaux des ruisseaux environnants. Le rejet identifié du site (prélèvement HYV EXU) se fait via le ruisseau de La Brousse qui rejoint La Creuse. Trois écoulements potentiels à partir du site ont été repérés via des talwegs (prélèvements HYV MAS, HYV CHA et HYV MTX), dont deux d'entre eux alimentent le ruisseau de La Gioune.

Les eaux d'exutoire du site présentant des concentrations assez significatives en U_{238} (223 $\mu\text{g/l}$ soit 2,7 Bq/l) et faibles en Ra_{226} (0,06 Bq/l). L'impact sur le ruisseau de la Brousse, à faible débit, est visible avec des concentrations de 60 à 80 $\mu\text{g/l}$ (0,74 à 0,98 Bq/l) en uranium 238 soluble (prélèvement 2001 et 2002). Le site n'a, par contre, aucun impact sur les trois autres ruisseaux en aval hydraulique du site (Ruisseau du Mas, de Chabalenas et des Matroux ($U_{238 \text{ sol.}} < 2 \mu\text{g/l}$ (0,02 Bq/l) et $Ra_{226 \text{ sol.}} < 0,02 \text{ Bq/l}$)).

Deux petits plans d'eau, alimentant les ruisseaux du Mas et de Chabalenas sont situés en aval de deux des écoulements potentiels.

Les résultats d'analyse effectués sur ce site sont présentés dans les tableaux de la figure 13.

- *Ruisseau de Lascoux et ruisseau des Dauges*

Situé beaucoup plus en aval du site d'Hyverneresse (plus de 60 km), le ruisseau de Lascoux rejoint la Creuse. Le site de **Lombarteix**, où aucun écoulement n'a été identifié, est le premier à pouvoir influencer ce cours d'eau via le ruisseau de Lombarteix (prélèvement LOM RU). La MCO de **Roussine**, constituant un plan d'eau (prélèvement MRO R4) n'ayant pas de surverse (donc pas de rejet identifié), est susceptible d'impacter le Lascoux via le ruisseau de Péchadoire (prélèvement MRO RRU).

Aucun plan d'eau n'est alimenté par l'un de ces trois ruisseaux.

La petite MCO en eau du **Mas** (prélèvement MRO M4), ne possédant pas de surverse, pourrait influencer le ruisseau des Dauges (prélèvement MRO MRU), en amont de l'étang des Dauges qui est alimenté par ce cours d'eau.

L'ensemble des eaux prélevées dans les MCO et les ruisseaux susceptibles d'être impactés présente des concentrations du même ordre de grandeur que le fond radiométrique naturel (1 à 6 $\mu\text{g/l}$ soit 0,01 à 0,07 Bq/l en U_{238} et 0,02 à 0,10 Bq/l en Ra_{226}) à l'exception du ruisseau des Dauges qui présente des concentrations en uranium 238 légèrement plus élevées (17 $\mu\text{g/l}$ soit 0,21 Bq/l).

Les résultats d'analyse effectués dans l'environnement de ces sites sont présentés dans les tableaux de la figure 14.

- *La Creuse à Champsanglard*

Le site de **Champsanglard**, constitué de travaux souterrains et de deux MCO remblayées, est situé en bordure du plateau surplombant la vallée de la Creuse. Aucun écoulement n'a été repéré sur le site, à l'exception de mouillères à l'emplacement de la MCO Sud (prélèvement CPS 3) et d'une émergence d'un ancien sondage (prélèvement CPS 5).

La présence d'un ancien site minier uranifère n'est identifiable que sur la qualité radiologique d'eaux prélevées au niveau d'un point d'émergence d'un ancien sondage (12 µg/l soit 0,15 Bq/l en U_{238} sol. et 0,40 Bq/l en Ra_{226} sol.)

Un plan d'eau, situé en contrebas du site, au lieu-dit La Roche Lambert, pourrait être influencé par des écoulements souterrains provenant du site compte tenu du contexte topographique.

Les résultats d'analyse effectués dans l'environnement de ces sites sont présentés dans les tableaux de la figure 15.

- *Ruisseau de Besse*

Le site de **Vignaud**, constitué de travaux souterrains, est situé sur un plateau à proximité de la vallée de la Creuse. Aucun écoulement n'a été repéré sur le site, à l'exception de mouillères à l'emplacement des anciennes descenderies. De possibles écoulements souterrains peuvent se faire en direction des talwegs environnants (prélèvements VIG RIG et VIG RU) et dans le ruisseau de Besse (prélèvement VIG RBE).

L'impact du site est nul sur les eaux des ruisseaux environnants (< 1 µg/l soit < 0,01 Bq/l en U_{238} sol. et <0,02 Bq/l en Ra_{226} sol.).

Aucun plan d'eau n'est alimenté par l'un de ces ruisseaux.

Les résultats d'analyse effectués dans l'environnement de ce site sont présentés dans les tableaux de la figure 16.

- *Ruisseau du Ribois*

Seul le site de **Crozant**, situé en bordure du ruisseau du Ribois, est susceptible d'impacter ces eaux. Des écoulements de pieds de verse, rejoignant le ruisseau du Ribois, ont été repérés lors de la visite de terrain en 2008 (prélèvement CRZ VER).

L'impact du site sur le ruisseau aval est nul :

- pour les eaux (1 µg/l soit 0,01 Bq/l en U_{238} et 0,02 Bq/l en Ra_{226}).
- pour les sédiments (équilibre séculaire U_{238} , Ra_{226} et Pb_{210} avec activité massique < 200 Bq/kg de matière sèche).

Aucun plan d'eau n'est alimenté par ce ruisseau.

Les résultats d'analyse effectués sur ce site sont présentés dans les tableaux de la figure 17.

- *Rivière la Sedelle*

Le premier site pouvant impacter les eaux de la Sedelle est **La Cueillère**, où aucun écoulement de surface n'a été observé sur le site, seul un fossé avec de l'eau stagnante a été repéré à proximité du site (prélèvement CUE FOS). Plus en aval, le site du **Mont** serait susceptible d'avoir un impact sur la qualité des eaux de la Sedelle via le ruisseau de la Cazine (prélèvement MNT ABR). Compte tenu de la taille de ces sites (un puits de recherche et une galerie d'une vingtaine de mètres) et de leur distance par rapport au cours d'eau affluent de La Sedelle le proche (150 m pour le Mont et 300 m pour la Cueillère), il est peu probable que le site de La Cueillère influe sur la qualité de ces cours d'eau.

Les concentrations mesurées sur le site de La Cueillère en U_{238} et Ra_{226} (respectivement 7 $\mu\text{g/l}$ soit 0,09 Bq/l et 0,19 Bq/l) témoignent d'un fond radiologique naturel élevé. L'impact du site du Mont sur le ruisseau de la Cazine est nul ($<1 \mu\text{g/l}$ soit $<0,01 \text{ Bq/l}$ en U_{238} et 0,05 Bq/l en Ra_{226})

Seul l'étang de Chansaud est situé en aval hydraulique du site minier de La Cueillère.

Les résultats d'analyse effectués sur ces sites sont présentés dans les tableaux de la figure 18.

BASSIN VERSANT DE LA BENAIZE

Le premier site pouvant avoir un impact sur les eaux de la Benaize, via le ruisseau de la Breuille est **La Cueillère**. Cependant pour les mêmes raisons que précédemment, il est peu probable que le site influe sur la qualité de ces cours d'eau.

Le site de **Lafat-Vieille** (TMS) et plus en aval, celui de **Basseneuille**, peuvent influencer les eaux de la Benaize via le Ruisseau de la Chaume. Une émergence, provenant d'un montage, a été repérée sur le site de Lafat-Vieille, elle se jette dans le talweg à proximité du site (prélèvement LFV RU). Par contre aucun écoulement n'a été observé à Basseneuille.

Les concentrations mesurées sur les points d'eau et talwegs environnants témoignent à nouveau d'un fond radiologique naturel assez élevé, particulièrement mesurable sur le radium 226 (0,3 à 0,4 Bq/l) et sur l'uranium 238 soluble (2 $\mu\text{g/l}$ soit 0,02 Bq/l).

Deux plans d'eau, en aval hydraulique des sites miniers, sont alimentés par le ruisseau de la Chaume : l'étang situé à proximité du lieu dit Chantagruet et l'étang de la Chaume.

Les résultats d'analyse effectués sur ces sites sont présentés dans les tableaux de la figure 19.

BASSIN VERSANT DE LA VOUEIZE

Seul le site de **Grands Champs** est susceptible d'influencer la qualité des eaux de La Voueize, via le ruisseau des Rieux puis le ruisseau de La Goze. Le site est constitué d'une MCO réaménagée en plan d'eau. Les eaux de surverse sont redirigées vers un second bassin (anciens bassins de décantation) puis elles sont rejetées dans le ruisseau des Rieux.

Les résultats acquis après la fermeture du site (1997-1998) par l'exploitant, ou des laboratoires extérieurs (IRSN en 2003 et Pe@rl en 2008) permettent de constater :

- des concentrations assez significatives en U_{238} sol. sur les eaux du plan d'eau principal (environ 100 $\mu\text{g/l}$ soit 1,2 Bq/l) et plus faibles en Ra_{226} (0,04 à 0,06 Bq/l).
- un marquage local des eaux sous influence des verses à stériles (59 $\mu\text{g/l}$ soit 0,73 Bq/l en U_{238} sol. et 0,16 Bq/l en Ra_{226} sous le verse Est - impact nul pour verse ouest avec 0,8 $\mu\text{g/l}$ soit 0,009 Bq/l pour l'uranium 238 et 0,006 Bq/l pour le radium 226).
- un marquage en U_{238} sol. toujours mesurable sur le ruisseau aval rejet (87 $\mu\text{g/l}$ soit 1,07 Bq/l), mais atténué par dilution dans le ruisseau des Rieux (64 $\mu\text{g/l}$ soit 0,79 Bq/l).
- un marquage très limité des sédiments sous influence des verses (équilibre séculaire U_{238} , Ra_{226} et Pb_{210}) avec des activités massiques < 500 Bq/kg de matière sèche.
- un marquage des sédiments plus visible sur le ruisseau des Rieux (2040 Bq d' U_{238} /kg de matière sèche et 1604 Bq de Ra_{226} /kg de matière sèche).
- l'absence de marquage sur les terres prélevées dans la prairie aval site (<70 Bq/kg m.s. pour U_{238} , Ra_{226} et Pb_{210}).

Aucun plan d'eau n'est situé en aval hydraulique du site.

Les résultats d'analyse effectués sur ce site sont présentés dans les tableaux des figures 20 et 20bis.

BASSIN VERSANT DU TAURION

Seuls les sites de **Villepigue** et **Le Grand Peux** peuvent avoir un impact sur les eaux des cours d'eau environnants (ruisseaux de la Barre (prélèvement VIP RU) et du Tourtoutéroux (prélèvement GPX RU)), affluents du Taurion. Aucun écoulement n'a été observé sur ces sites. Cependant, un regard donnant sur une canalisation enterrée a été repéré à proximité immédiate du site de Villepigue : l'eau viendrait d'un captage réalisé en amont du site (prélèvement VIP AMI). Compte tenu de la taille des sites (quelques tranchées et un travers-banc, il est peu probable que ces sites influent sur la qualité de ces cours d'eau environnants.

Toutes les eaux prélevées sur site et dans son environnement présentent des qualités radiologique du même ordre de grandeur que le fond naturel (<1 $\mu\text{g/l}$ soit <0,01 Bq/l en U_{238} sol. et de 0,07 à 0,11 Bq/l en Ra_{226}).

Deux petits plans d'eau ont été repérés en aval hydraulique des éventuels écoulements provenant de ces sites miniers : l'un sur le ruisseau de la Barre et l'autre sur le Tourtoutéroux.

Les résultats d'analyse effectués dans l'environnement de ces sites sont présentés dans les tableaux de la figure 21.

7.1.4. Bilan des impacts sur le milieu aquatique

Le contrôle des eaux réalisé en 2008 a porté sur des prélèvements réalisés :

- a) dans les MCO en eau (Mas-Roussine, Chaumailat, Le Fournioux, Montagaud et Grands Champs),
- b) au niveau des rejets identifiés des plans d'eau dans le milieu naturel (Chaumailat, Le Fournioux, Montagaud et Grands Champs),
- c) au niveau des rejets des TMS identifiés (Hyverneresse (Champsanglard))
- d) au niveau des ruisseaux récepteurs des rejets,
- e) au niveau des ruisseaux potentiellement impactés en aval hydraulique des sites.

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

Sites	MCO en eau		Rejet		Ruisseau récepteur 1		Ruisseau récepteur 2		Ruisseau aval hydraulique	
Chaumailat	2 16	0,05 0,09	→ 6	0,11	→ <1	0,05				
La Ribière			25	0,30	→ 4	0,05				
Montagaud	22	0,19			→ 23	0,04	→ <100	0,04		
Coussat – Le Monteil			15	0,07	→ 2	<0,03	→ 3	0,16		
Point Benoît									3	<0,02
Le Pouyoux									3	0,12
Le Fournioux	4	<0,02	→ 3	0,04						
Hyverneresse			223	0,06	→ 70	0,04			2 <1 <1	<0,02 <0,02 <0,02
Lombarteix									1	<0,02
Roussine	6	0,06								
Le Mas	5	0,05							17	0,15
Champsanglard			(12	0,04)	→ 3	<0,02				
Le Vignaud									<1 <1 <1	0,02 <0,02 <0,02
Crozant					1	0,02				
La Cueillère					7	0,19				
Le Mont									<1	0,05
Lafat-Vieille									2	0,28
Basseneuille									2	0,06
Grands Champs	105	0,05			→ 87	0,03	→ 64	0,04		
Villepigue – Le Grand Peux									<1 <1	0,07 0,11

En résumé, on peut dire que :

- Les eaux des MCO présentent de faibles charges en uranium 238 ($< 20 \mu\text{g/l}$), à l'exception du site de Grands Champs ($105 \mu\text{g/l}$) et en radium 226 ($0,05$ à $0,19 \text{ Bq/l}$).
- Leurs rejets sont conformes avec la qualité mesurée dans les plans d'eau (Chaumailat, Montagaud, Le Fournioux).
- Les exutoires identifiés en sortie de TMS sont limités au site d'Hyverneresse où la charge en radioéléments est significative ($900 \mu\text{g/l}$ en U_{238} et $0,22 \text{ Bq/l}$ en Ra_{226}).
- L'impact sur les milieux récepteurs est largement tributaire du rapport de dilution. Deux ruisseaux à faible débit présentent des charges en uranium 238 soluble plus élevées ($23 \mu\text{g/l}$ pour le ruisseau récepteur du Montagaud et $70 \mu\text{g/l}$ pour celui d'Hyverneresse). A l'inverse, l'impact est négligeable sur les cours d'eau à plus fort débit où l'effet de dilution est plus important (ex : Grands Champs avec un rejet à $87 \mu\text{g/l}$ d' U_{238} atténué par dilution dans le cours d'eau récepteur ($64 \mu\text{g/l}$ d' U_{238})).

Quelques écoulements situés en pieds de verse ont été identifiés avec de faibles concentrations en radioéléments : La Ribière : $25 \mu\text{g/l}$ d' U_{238} ; Coussat : $15 \mu\text{g/l}$ d' U_{238} ; Champsanglard : $12 \mu\text{g/l}$ d' U_{238} ; Grands Champs : $5 \mu\text{g/l}$ d' U_{238} .

Sur les sites sans exutoires ou écoulements identifiés, les contrôles sur les niveaux aval hydraulique ont montré des concentrations du même ordre de grandeur que le milieu naturel ($U_{238} < 3 \mu\text{g/l}$ et $Ra_{226} < 0,28 \text{ Bq/l}$). A noter, un fond naturel assez élevé pour le secteur de La Cueillère, Le Mont, Lafat-Vieille et Basseneuille (U_{238} compris entre 2 et $7 \mu\text{g/l}$ et Ra_{226} compris entre $0,06$ et $0,28 \text{ Bq/l}$).

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/m³. Le principe d'un dosimètre est le même que celui de la photographie. Les particules alpha émises par le radon heurtent le film du dosimètre. Un procédé chimique permet de révéler sur ce film les impacts. Un micro-ordinateur associé à un microscope équipé d'une caméra permet de reconnaître et de compter les traces des particules alpha du radon.
- Un dosimètre qui prélève en continu et mesure l'activité volumique des émetteurs alpha à vie longue contenus dans les poussières (mesure alpha totale à partir d'un filtre), avec un résultat exprimé en mBq/m³.

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

- dans la zone d'habitation la plus proche du site (afin de prendre en compte la population la plus exposée),
- 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 aux secteurs creusois concernés (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 applicables sur le site de Grands Champs de 1997 à 1998 et restent applicables actuellement dans l'environnement du site de La Ribière depuis 2004.

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) :

SITE DE GRANDS CHAMPS

	Site (en bordure du site)			Village		
	DD en nGy/h	EAP Rn 220 en nJ/m ³	EAP Rn 222 en nJ/m ³	DD en nGy/h	EAP Rn 220 en nJ/m ³	EAP Rn 222 en nJ/m ³
1997	120	19	62	Pas de dosimètre prescrit par arrêté préfectoral		
1998	120	18	60			

SITE DE LA RIBIERE

	Site à l'aplomb du stockage			Village « Moulin de la Ribière »		
	DD en nGy/h	EAP Rn 220 en nJ/m ³	EAP Rn 222 en nJ/m ³	DD en nGy/h	EAP Rn 220 en nJ/m ³	EAP Rn 222 en nJ/m ³
1997	290	19	116	Pas de dosimètre prescrit par arrêté préfectoral (reprise des contrôles en 2004)		
1998	270	15	97			
2004	Suppression des contrôles			120	14	131
2005				120	21	152
2006				110	17	140
2007				120	14	130

Ces résultats peuvent être comparés aux valeurs représentatives du milieu naturel (station de Lussac-Les-Eglises) :

	DD en nGy/h	EAP Rn 220 en nJ/m ³	EAP Rn 222 en nJ/m ³
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

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^{-3} jusqu'en 2005 et $0,3 \text{ mBq.m}^{-3}$ à partir de 2006). La contamination de l'air par les poussières radioactives issues des anciens sites miniers est aujourd'hui nulle.

Il apparaît que :

- les débits de dose de rayonnement gamma dans le village du Moulin de La Ribière sont du même ordre de grandeur que ceux enregistrés à Lussac-Les-Eglises.
- la présence de remblai minier contribue logiquement à des débits de dose logiquement plus élevés sur sites (2 à 3 fois le fond naturel sur le site de La Ribière et +20% sur le site de Grands Champs compte tenu d'une référence naturelle sur terrain sédimentaire légèrement inférieure à 100 nGy/h).
- la position topographique du village de La Ribière en fond de vallée du Verraux entraîne des EAP radon 220 et 222 plus élevées que celles mesurées dans le village de Lussac-Les-Eglises. 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 » [6] :
 - 43 nJ.m^{-3} pour une position sommitale,
 - 154 nJ.m^{-3} pour une position en flanc de coteau,
 - 178 nJ.m^{-3} pour une position en fond de vallée.

7.3. IMPACT SUR LA CHAÎNE ALIMENTAIRE ET LES SOLS

L'absence de prélèvements de la chaîne alimentaire associée à des terres de jardin (en particulier l'absence de jardins à proximité du site de La Ribière) n'a pas permis, pour le département de la Creuse, de vérifier l'impact potentiel lié à la présence de radionucléides dans ce compartiment (poussières véhiculées par le vent, arrosage de jardins par des eaux sous influence minière).

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

Seul le site de Grands Champs présente des résultats de mesures concernant la faune aquatique (poissons). Ces résultats sont issus du rapport IRSN DEI n°04-01 de février 2004 [7] et du rapport Pe@rl de mars 2008 [8].

RESULTATS IRSN (SEPTEMBRE 2003) :

Les mesures ont été effectuées par spectrométrie gamma sur les cendres de cinq truites (supposées entières et éviscérées) et sur les cendres des organes d'une carpe. Les résultats sont exprimés en Bq.kg⁻¹ de matière fraîche.

Eléments	Truite 1	Truite 2	Truite 3	Truite 4	Truite 5
U ₂₃₈	3,4	< LD	< LD	2,5	2,2
Ra ₂₂₆	2,1	/	/	/	/
Pb ₂₁₀	< LD				
U ₂₃₅	0,25	< LD	< LD	< LD	< LD
K ₄₀	128	106	99	124	130

Eléments	Carpe				
	Muscles	Foie	Squelette	Viscères	Branchies
U ₂₃₈	6,4	2,0	83	0,5	5,9
Ra ₂₂₆	/	/	13	/	2,9
Pb ₂₁₀	< LD	< LD	9,9	< LD	1,7
U ₂₃₅	0,59	< LD	5,0	0,05	0,29
K ₄₀	41	6	18	0,5	2

RESULTATS PE@RL (MARS 2008) :

Les mesures ont été effectuées par spectrométrie gamma sur les cendres de poissons vidés, étêtés, éviscérés et séparés par espèces (carpes et gardons). Les résultats sont exprimés en Bq.kg⁻¹ de matière fraîche.

Eléments	Carpes	Gardons
U ₂₃₈	19,37	3,45
Ra ₂₂₆	3,6	14,54
Pb ₂₁₀	<1,62	<1,75
U ₂₃₅	1,16	0,41
K ₄₀	98,08	113,24

On observe, d'une manière générale, des concentrations faibles sur les poissons entiers éviscérés avec une charge en radioéléments essentiellement portés sur le squelette (forte similitude chimique radium et calcium). Celles-ci sont du même ordre de grandeur que les analyses réalisées sur des poissons non influencés par les sites miniers. 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 α , β ou γ , transportent de l'énergie qu'ils cèdent à la matière avec laquelle ils rentrent en interaction. La quantité de rayonnements absorbée (ou dose absorbée) par la matière est alors exprimée en gray noté Gy.

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 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 Γ et les électrons (rayonnements bêta et gamma), le facteur de qualité W_R est égal à 1 alors qu'il est égal à 20 pour les particules alpha.

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 peut être établie à partir d'une méthodologie, initialement proposée par COGEMA, validée dans ses grandes lignes par l'IRSN [9] et améliorée au fur et à mesure des recommandations exprimées par l'IRSN [6] 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.

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

Cette démarche n'a pas été systématiquement appliquée pour les sites miniers creusois en raison :

- d'instruction administrative de cessation d'activité le plus souvent antérieures à la mise en place de la méthodologie (2001).
- d'une méthodologie, à l'origine, principalement applicable aux sites de stockage de résidus du traitement.

Elle n'a pas été appliquée dans le cadre de ce bilan de fonctionnement en raison :

- de l'importance toute relative des sites au regard des autres secteurs miniers uranifères où la méthode a été appliquée (Division Minière de la Crouzille (Haute-Vienne)), Division minière de Vendée, Forez) :

Surface de sites	Pourcentage de sites creusois	Pourcentage de sites pour la Division Minière de la Crouzille
inférieure à 1 ha	40 %	5%
entre 1 et 5 ha	35 %	15%
entre 5 et 10 ha	5 %	25%
entre 10 et 20 ha	20 %	30%
supérieure à 20 ha	0 %	25%

- de l'absence de données suffisantes pour la qualité radiologique de l'air et de la chaîne alimentaire.

Son application a été effectuée sur le site de la Ribière (stockage de résidus de traitement statique) conformément à l'arrêté préfectoral n°2004/0458 du 6 juillet 2004, pris au titre des ICPE et précisant les conditions de suivi de l'impact radiologique du site sur son environnement. Six zones d'habitations avaient été inventoriées dans un rayon de 1 km autour du site (cf. figure 22). La notation des différents critères apparaît dans le tableau suivant :

Nom du village	Distance (m)	Orientation par rapport au site	Note critère proximité	Note critère « topo »	Note critère aval vents	Note vue directe	Note critère « aval hydro »	Indice d'exposition
Moulin de Ribière	150	NE	8	5	2	2	2	19
Poteau de Doulon	400	NW	2	1	1	2	1	1
La Ribière	400	NE	2	3	3	2	1	11
Pouzeau	900	SW	1	3	2	1	1	8
Doulon	1000	N	1	3	2	1	1	8
La Prade	700	N	1	5	2	1	2	11

Les habitants du Moulin de Ribière apparaissent clairement comme ceux qui étaient potentiellement les plus exposés. Ce constat a conduit à la mise en place d'un dosimètre dans le village. L'absence de jardin n'a pas permis le prélèvement de chaîne alimentaire.

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 de Grands Champs), professionnelles ou agricoles.

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

Ce calcul sera appliqué pour les sites disposant d'une chronique de mesures de la qualité de l'air (Ribière, Grands Champs) ou de mesures ponctuelles sur la chaîne alimentaire (Grands Champs).

La dose efficace ajoutée du fait des anciennes activités minières est calculée à partir des scénarii d'exposition présentée 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'affranchie des variations du facteur d'équilibre au cours de l'année). Le radon naturel issu du sous-sol ou des murs n'est évidemment pas pris en compte.

PASSAGE A 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) \times temps de présence (en h) \times débit de dose ajouté au milieu naturel (en nGy/h) $\times 10^{-6}$

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

$E_{2(3)} =$ Coefficient de dose (en mSv/nJ.m³.h) \times temps de présence (en h) \times EAP ajoutée au milieu naturel (en nJ/m³) \times débit d'inhalation (en m³/h) $\times 10^{-6}$

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

$E_{ij} =$ Coefficient de dose (en mSv/Bq du radionucléide considéré (j)) \times quantité d'aliment ou de liquide ingéré (en kg ou l) \times 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 :

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

Scénario 4 : Adulte de 17 à 60 ans résidant sous influence du site (5400 h + 760 h) (a), travaillant dans une zone d'activité sur le site (2500 h) (b) et susceptible de se promener en bordure ou sur le site (100 h) (c). (Calculs applicables pour le site de La Ribière (groupe fictif) et partiellement pour le site Grands Champs (b+c)).

DEAA : Grands Champs : 1997 = 0,10 mSv.an⁻¹
1998 = 0,09 mSv.an⁻¹

La Ribière 2004 = 0,77 mSv.an⁻¹
2005 = 0,93 mSv.an⁻¹
2006 = 0,83 mSv.an⁻¹
2007 = 0,76 mSv.an⁻¹

Scénarii particuliers pour le site des Grands Champs :

Dans le cadre d'expertises menées par l'IRSN en 2004 [7] et le laboratoire Pe@rl de Limoges en 2007 [8], plusieurs évaluations du risque radiologique associé à la fréquentation du site et de ses usages ont été réalisées.

Dans [7], ont été pris en compte des scénarii proposés par la DDASS et liés à l'usage du plan d'eau en baignade (scénarii fictifs dans la mesure où la baignade demeure interdite). Sur la base de temps passé sur la plage (450 à 495 h/an selon les classes d'âge) et dans l'eau (45 à 90 h/an), d'ingestion de sable de plage (2,3 à 25 g/an) la dose efficace totale (sans déduction d'un fond radiométrique naturel) était estimée de 0,21 à 0,29 mSv.an⁻¹. Il était précisé que cette « dose a été calculée à partir de scénarii très conservatifs qui prennent en compte notamment l'érosion de la couche superficielle de sables (rapportés) et la mise à nu de la part la plus active ». L'IRSN en conclusion notait que « l'ensemble des résultats montre que l'utilisation du site comme lieu de baignade n'induit pas une augmentation importante de la dose reçue par rapport au niveau moyen d'exposition des habitants du Limousin ».

Dans [8], à partir de mesures de débits de dose ciblées par zones d'usages (pêcheurs, zone d'équitation, promeneurs, ...) les doses totales ajoutées sur l'année sont comprises entre 0,01 mSv et 0,18 mSV.

A partir de résultats d'analyses (U₂₃₈, Th₂₃₀, Ra₂₂₆, Pb₂₁₀ (Po₂₁₀ considéré à l'équilibre avec le Pb₂₁₀)) sur deux espèces de poissons (carpes et gardons), la dose induite par la consommation par un adulte de 0,8 kg de poisson par an était de 0,0068 mSv (carpes) à 0,0094 mSv (gardons) avec un coefficient de dose pour l'U₂₃₈ = 4,5.10⁻⁵ mSv/Bq.

Sur la base du scénario le plus pénalisant présenté dans l'annexe 6 (22 kg pour un adulte retraité) la dose induite par la consommation de poissons du plan d'eau par an serait de 0,19 mSv (carpes) à 0,26 mSv (gardons) avec un coefficient de dose de 4,5.10⁻⁵ mSv/Bq ou de 0,21 mSv (carpes) à 0,26 mSv (gardons) avec un coefficient de dose de 9,79.10⁻⁵ mSv/Bq : somme des coefficients de dose par ingestion de U₂₃₈, U₂₃₄, Th₂₃₄ et Pa₂₃₄.

Le laboratoire Pe@rl concluait que « le bilan met donc en évidence que la fréquentation du site de Grands Champs n'entraîne pas d'impact sanitaire ni sur le public ni sur le personnel des associations hébergées ».

Il apparaît donc que l'impact dosimétrique est acceptable au sens de la réglementation sur les sites de Grands Champs et La Ribière.

Les valeurs proches de 1 mSv pour l'environnement de La Ribière pour les scénarios 1 (0,74 à 0,94 mSv.an⁻¹), 2 (0,84 à 1,07 mSv.an⁻¹) et 4 (0,76 à 0,93 mSv.an⁻¹) résultent d'une position topographique très défavorable où le radon s'accumule en fond de vallée du Verraux (plus de 90 % de la dose). La présence de niveau de référence à position topographique équivalente permettrait sans nul doute d'abaisser ce niveau d'exposition ajouté.

L'utilisation du site de Grands Champs n'induit pas d'exposition ajoutée supérieure à 0,5 mSv (somme d'exposition liée à la présence prolongée sur site (2500 h + 100 h) et la consommation de 22 kg de poissons).

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 de La Ribière)
- 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 le département de La Creuse, seul le site de La Ribière possède un stockage de résidus de traitement par lixiviation statique. Ces résidus (192 000 tonnes) ont été placés dans la partie ouest de la fosse principale puis recouvert par une couche de 1 à 3 m de stériles miniers provenant du site, elle-même recouverte par une couche de terre végétale de 30 cm. De plus, 5 000 tonnes de résidus sont présents dans les anciennes stalles de lixiviation dont le principe de réaménagement est le même que précédemment (recouvrement par 70 cm de stériles, puis mise en place d'une couverture de 30 cm de terre végétale).

Un dosimètre de site avait été mis en place à l'aplomb du stockage de 1997 à 1998. Dans le paragraphe 7.2.3, les mesures effectuées montrent des résultats du même ordre (voire inférieurs pour les EAP) à ceux des mesures réalisées dans le village du Moulin de La Ribière.

Stockage (1997-1998) DD = 270 à 220 nGy/h
EAP Rn₂₂₀ = 15 à 19 nJ/m³
EAP Rn₂₂₂ = 97 à 116 nJ/m³

Moulin de La Ribière (2004-2007) DD = 110 à 120 nGy/h
EAP Rn₂₂₀ = 14 à 21 nJ/m³
EAP Rn₂₂₂ = 131 à 152 nJ/m³

Des plans compteurs avant travaux (1978) et après réaménagement (1995) avaient été effectués sur le site. Les mesures effectuées au SPP2 après réaménagement à l'emplacement du stockage sont du même ordre que les valeurs les plus basses répertoriées sur l'ensemble du site en 1975.

Plan compteur de 1978 : Mesures au SPP2 comprises entre 250 et >1000 chocs/s.

Plan compteur de 1995 : Mesures au SPP2 comprises entre 240 et 380 chocs/s.

Par conséquent, ceci montre l'efficacité de la couverture mis en place sur les résidus vis-à-vis du vecteur air.

9.1.2. Les stériles miniers

Les mesures pour limiter les impacts sur le vecteur air ont consisté, pour certains sites réaménagés après 1980 (soit au début des procédures de déclaration d'abandon ou de délaissement des sites miniers), 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)
Grands Champs	93 600 m ²	20 × 20 m	100	500	220
La Ribière (hors verse Sud-Est)	63 800 m ²	10 × 10 m	110	1200	310

Pour les sites arrêtés et mis en sécurité avant 1980, aucune information n'est disponible. Un balayage radiométrique aléatoire a été réalisé lors des campagnes de repérage au printemps 2008. Les résultats sont présentés dans le paragraphe 4.4.

S'agissant de la cession des stériles miniers dans le domaine public, aucune procédure, avant acquisition des exploitants privés par COGEMA, ne semble avoir été établie. Toute utilisation des stériles miniers après ces acquisitions s'est faite sans autorisation formelle de COGEMA (puis AREVA NC) et n'a relevé que d'initiative personnelle de la part de particuliers ou de collectivités (cf. paragraphe 5.13 et fiches de chantier 309a et 310a).

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 (Chaumaillet, La Ribière, Le Montagaud, Le Fournioux, Coussat, Hyverneresse, Grands Champs) et si nécessaire des traitements (dans des stations aménagées à cet effet) visant à restituer à l'environnement une eau dont les caractéristiques sont conformes aux exigences réglementaires.

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

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

Ce procédé, utilisé (totalement ou pour partie selon les radionucléides à éliminer) a été mis en œuvre, pendant l'exploitation sur les sites de :

- Hyverneresse : un bassin de décantation (sans information sur les éventuels traitements),
- La Ribière : deux bassins de décantation (sans information sur les éventuels traitements),
- Chaumailat : deux bassins de décantation aménagés sur une zone partiellement comblée des panneaux B et MN puis passage des eaux dans un bassin de clarification avant rejet dans le ruisseau des Fragnes (sans information sur les éventuels traitements),
- Coussat : deux bassins de décantation en série – pas de traitement du radium par sels de baryum, ni de traitement de l'uranium – les teneurs mesurées n'ont jamais dépassé les normes de l'époque (1,8 mg/l d'U et 10 pg/l de Ra soit 0,37 Bq/l).
- Le Fournioux : deux bassins de décantation successifs (sans information sur les éventuels traitements),
- Grands Champs : une station de traitement des eaux accompagnée de quatre bassins de traitement de décantation (sans information sur le type de traitement effectué).

Avant 1977, le traitement appliqué était limité à une simple décantation des eaux d'exhaure dans un ou plusieurs bassins. L'absence d'information sur les petits sites exploités avant 1970 ne permettent pas d'affirmer la généralisation de cette pratique.

Après réaménagement, la qualité des eaux avec des valeurs de rejets inférieures aux exigences réglementaires, a permis de s'affranchir de tout traitement physico-chimique sur l'ensemble des sites miniers uranifères creusois. La campagne de prélèvements réalisée en 2008 permet de valider cette décision avec des valeurs maximum de rejet enregistrées :

- pour l'uranium 238 de 223 µg/l pour le site d'Hyverneresse,
- pour le radium 226 de 0,30 Bq/l pour le site de La Ribière.

10. MESURES ENVISAGEES POUR AMELIORER LA CONNAISSANCE DES IMPACTS

L'analyse environnementale issue de la recherche documentaire, des investigations de terrain, des mesures de débits de dose sur sites et dans leur environnement, et les analyses récentes sur le compartiment aquatique ont mis en évidence :

- des rejets d'eau identifiés à des concentrations en radionucléides (U_{238} maxi = 223 $\mu\text{g/l}$ et Ra_{226} maxi = 0,30 Bq/l) largement sous les 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.
- un impact très limité sur les cours d'eau récepteurs (U_{238} maxi = 70 $\mu\text{g/l}$ et Ra_{226} maxi = 0,19 Bq/l), mesurable sur les ruisseaux à très faible débit et indétectable après dilution dans les cours d'eau de plus grande importance.
- une mise en sécurité des ouvrages miniers pérennes avec quelques fontis identifiés et liés plus à un tassement des remblayages qu'à des affaissements du bâti minier.
- l'absence de couverture radiométrique sur les sites les plus anciens et d'information sur les pratiques en matière de cession de stériles miniers aux particuliers et aux collectivités.
- une surveillance radiologique maintenue sur le site présentant des enjeux environnementaux spécifiques liés à la présence de résidus de traitement des minerais (La Ribière).

Les actions qu'AREVA NC se propose de mettre en œuvre porteront en premier lieu sur une amélioration des connaissances du niveau de réaménagement des sites miniers réaménagés avant 1980 (absence de couverture radiométrique) par la réalisation de plans compteurs à maille adapté (20×20 m pour des sites à débits de dose homogènes, 10×10 m pour les secteurs à débits de dose plus contrastés). Les sites concernés sont, sauf si les recherches documentaires permettent de retrouver un plan compteur après réaménagement :

- La Cueillère : 0,45 ha
- Basseneuille : 0,9 ha
- Lafat-Vieille : 2 ha
- Crozant : 0,7 ha
- Le Mont : 1 ha
- Le Fournioux : 3,7 ha
- Coussat – Le Monteil : 14 ha
- Le Montagaud : 6,3 ha
- Point Benoît : 0,25 ha
- Le Pouyoux : 0,25 ha
- Le Vignaud : 3 ha
- Champsanglard : 6,2 ha
- Mas-Roussine : 4,1 ha
- Lombarteix : 6 ha
- Chaumailat : 16 ha
- Hyverneresse : 12,5 ha
- Villepigüe : 0,49 ha

Cette investigation radiométrique sera étendue en périphérie de tous les sites sur les chemins et plateformes 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.

AREVA NC propose également un complément de remblaiement des fontis miniers mis en évidence lors de la campagne d'investigation de 2008. Ces travaux pourraient être menés en parallèle de ceux jugés souhaitables à l'issue des nouvelles campagnes d'investigation radiométrique.

AREVA NC estime pertinent et suffisant le dispositif de surveillance mis en place autour du site de La Ribière. Une suppression, allègement, ou renforcement, pourraient être envisagés à l'issue des travaux menés par le Groupe d'Expertises Pluralistes Mines du Limousin et programmés fin 2009.