

BILAN ENVIRONNEMENTAL

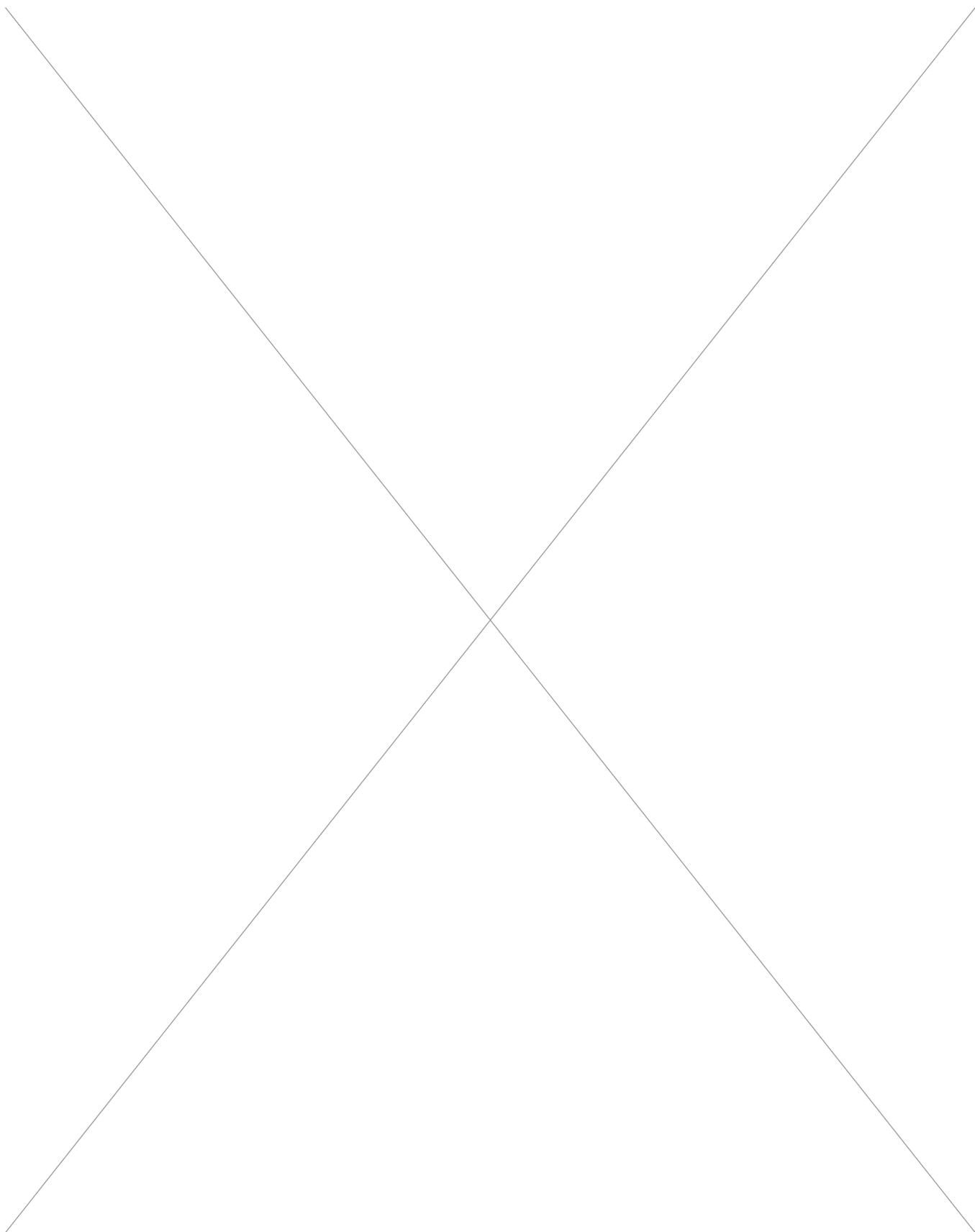
Sites miniers uranifères de l'Hérault

AREVA

Direction Internationale de l'Après-Mines

Etablissement de Bessines

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 1/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0



BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 2/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Préambule

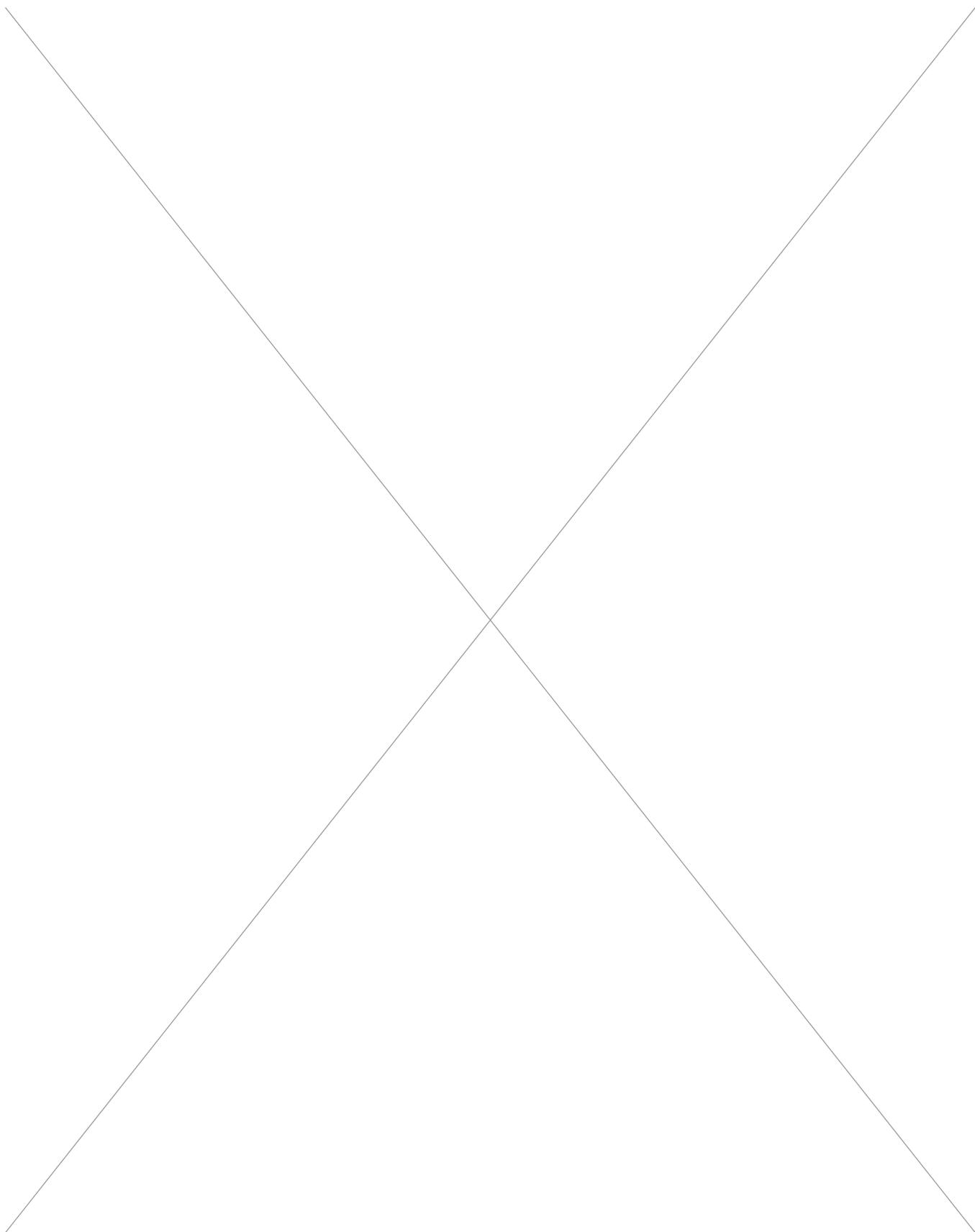
Le présent bilan environnemental a été prescrit par l'arrêté préfectoral n°2010-01-1339 du 15 avril 2010. Il a été rédigé conformément à l'article 2 de cet arrêté préfectoral et aux dispositions prévues dans la circulaire n°2009-132 du 22 juillet 2009, cosignée entre le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer et l'Autorité de Sureté Nucléaire (ASN), portant sur la gestion des anciennes mines d'uranium.

Ce bilan porte sur l'ensemble des sites miniers uranifères figurant dans l'arrêté préfectoral : Puech Bouissou, Rabejac, La Plane-Campagnac et Le Bosc, qui comporte un stockage de résidus de traitement classé ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement). Ces quatre sites sont sous la responsabilité d'AREVA Mines.

Ainsi, ce bilan a pour objectif de dresser un état des lieux des connaissances sur l'ensemble des sites miniers uranifères du département de l'Hérault. Ce bilan comporte onze chapitres répondant successivement aux exigences énumérées dans l'axe 2 « Améliorer la connaissance de l'impact environnemental et sanitaire des anciennes mines d'uranium et la surveillance » de la circulaire du 22 juillet 2009 susvisée. Les chapitres de ce bilan concernent :

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

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 3/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0



BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 4/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

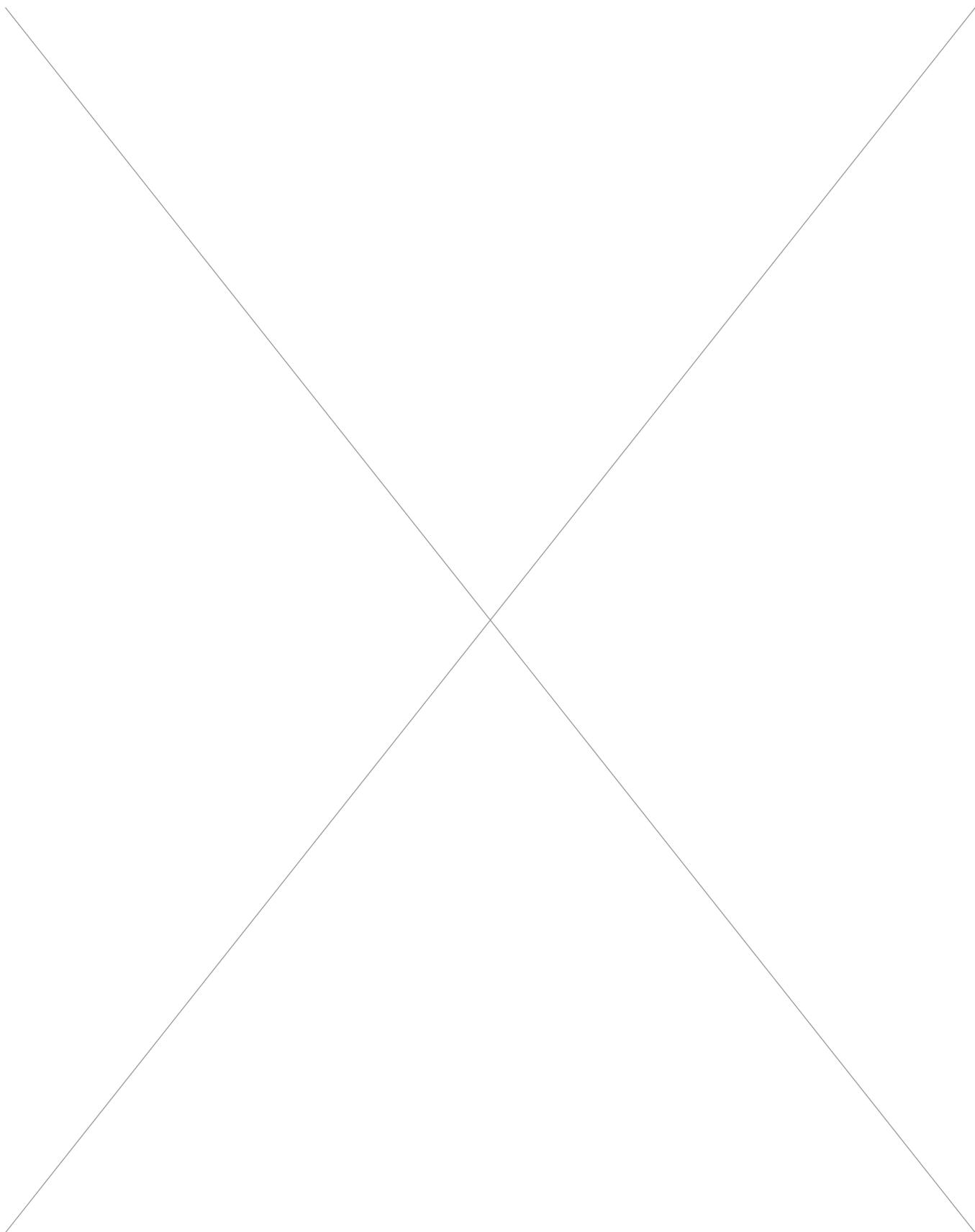
Avertissement

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

Afin de faciliter la lecture du présent document, un développement concernant des généralités sur la radioactivité a été établi à la page 11. De plus, un glossaire général et une liste des sigles et abréviations utilisés sont présentés aux pages 179 et 183.

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

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 5/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0



BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 6/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Sommaire

Généralités concernant la radioactivité	11
1 PRESENTATION GENERALE DES ACTIVITES MINIERES ET INDUSTRIELLES DE L'HERAULT	15
1.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE	15
1.2 HISTORIQUE	15
2 PRESENTATION GENERALE DE L'ENVIRONNEMENT DES SITES	17
2.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE [1] et [2]	17
2.1.1 Géologie des terrains uranifères	19
2.1.2 Tectonique	20
2.1.3 Caractérisation des minéralisations	20
2.1.4 Fond radiologique régional	21
2.2 ENVIRONNEMENTS PAYSAGER ET DEMOGRAPHIQUES	22
2.2.1 Reliefs et paysages à l'échelle départementale [3]	22
2.2.2 Démographie du département de l'Hérault	23
2.3 CONTEXTE CLIMATIQUE	23
2.3.1 Pluviométrie	24
2.3.2 Températures [1]	26
2.3.3 Vents [1]	26
2.4 CONTEXTE HYDROLOGIQUE	27
2.4.1 Bassin versant	27
2.4.2 Débits des cours d'eau	29
2.4.3 Utilisation des eaux	30
2.5 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	37
2.5.1 Généralités	37
2.5.2 Hydrogéologie du Bassin de Lodève	38
2.5.3 Etude hydrogéologiques et hydrogéochimiques réalisées sur le site minier du Bosc ..	40
3 CADRE REGLEMENTAIRE	49
3.1 REGLEMENTATION EN VIGUEUR	49
3.1.1 Polices sectorielles	49
3.1.2 Polices transversales	57
3.1.3 Tableau de synthèse des polices applicables aux sites miniers	58
3.2 PLANS D' ACTIONS DE L' ETAT	58

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 7/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

3.2.1	Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs (PNGMDR).....	58
3.2.2	MIMAUSA [13].....	60
3.2.3	Circulaire du 22 juillet 2009 sur la gestion des anciennes mines d'uranium	60
4	EXPLOITATION MINIERE ET TRAITEMENT DU MINERAI.....	63
4.1	LES METHODES D'EXPLOITATION	63
4.1.1	Les travaux de reconnaissance par petit chantier	63
4.1.2	Exploitation souterraine	63
4.1.3	Exploitation à ciel ouvert	65
4.2	LE TRAITEMENT DU MINERAI	66
4.2.1	Procédé de traitement par voie alcaline	66
4.2.2	Le traitement des effluents pendant l'exploitation.....	68
5	PRESENTATION DES SITES MINIERS	69
5.1	GENERALITES	69
5.2	SITUATION REGLEMENTAIRES DES SITES ET INSTALLATIONS ARRETEES	70
5.2.1	Titres miniers	70
5.2.2	Situation administrative relative à la fermeture des sites.....	71
5.3	SITES MINIERS ET BASSIN VERSANT	71
5.4	PRESENTATION DES SITES MINIERS	73
5.4.1	Site du Bosc (Fiche 720 et annexes n°2.1 – 3.1 – 4.1 et 5.2).....	74
5.4.2	Site de La Plane – Campagnac (Fiche 721 et annexes n°2.2 – 3.1 – 4.1 et 5.2).....	79
5.4.3	Site de Rabejac (Fiche 722 et annexes n°2.3 – 3.1 – 4.1 et 5.2).....	80
5.4.4	Site du Puech-Bouissou (Fiche 723 et annexes n°2.4 – 3.1 – 4.2 et 5.2).....	81
6	RESIDUS ET DECHETS D'EXPLOITATION.....	83
6.1	LES STERILES MINIERS.....	83
6.1.1	Généralités – Teneur en uranium.....	83
6.1.2	Caractérisation minéralogique et géochimique	84
6.1.3	Réaménagement des verses à stériles	85
6.1.4	Réutilisation particulière des stériles	86
6.2	LES RESIDUS DE TRAITEMENT DU MINERAI.....	91
6.2.1	Généralités et activités.....	91
6.2.2	Gestion des résidus de traitement et description du stockage.....	93
6.3	LES PRODUITS DE DEMANTELEMENT.....	95
6.3.1	Généralités sur le stockage des produits de démantèlement	95
6.3.2	Origine des produits mouvementés pendant le réaménagement	96
6.4	LES BOUES DE STATION DE TRAITEMENT DES EAUX.....	96
7	EVALUATION DES IMPACTS EN TERME DE SECURITE PUBLIQUE.....	99
7.1	INTRODUCTION.....	99

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 8/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

7.2	LES RISQUES LIES AUX TRAVAUX MINIERS SOUTERRAINS.....	100
7.2.1	Les ouvrages de liaison fond-jour	101
7.2.2	Les infrastructures et chantiers souterrains.....	103
7.3	LES RISQUES LIES AUX MINES A CIEL OUVERT.....	108
7.4	LES RISQUES LIES AUX VERSES A STERILES	109
7.5	LES RISQUES LIES AUX DIGUES DE RETENUE DE STOCKAGE	110
8	EVALUATION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT	119
8.1	IMPACT SUR LE VECTEUR EAU.....	119
8.1.1	Voies de contamination sur le milieu aquatique	119
8.1.2	Surveillance des sites après arrêt définitif des travaux et installations minières	121
8.1.3	Valeurs de référence « Amont site »	124
8.1.4	Analyse de l'impact réel sur le milieu aquatique.....	124
8.1.5	Bilan sur le milieu aquatique	136
8.2	IMPACT SUR LE VECTEUR AIR	138
8.2.1	Voie de contamination de l'air	138
8.2.2	Surveillance de la qualité radiologique de l'air.....	138
8.2.3	Résultats de la surveillance de la qualité de l'air	139
8.3	IMPACT SUR LA CHAINE ALIMENTAIRE	142
8.3.1	Voies de contamination de la chaine alimentaire	142
8.3.2	Résultats des contrôles de la chaine alimentaire	142
9	EVALUATION DE LA DOSE EFFICACE AJOUTEE.....	145
9.1	PRINCIPE DE L'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES	145
9.2	RISQUES RADIOLOGIQUES.....	145
9.3	LA NOTION DE DOSE EFFICACE.....	146
9.4	PRINCIPE DE L'EVALUATION DE LA DOSE EFFICACE AJOUTEE DANS L'ENVIRONNEMENT PROCHE DES SITES	147
9.4.1	Voies d'exposition à considérer	147
9.4.2	Détermination des groupes de référence	148
9.4.3	Calcul de la dose efficace annuelle ajoutée	149
9.4.4	Résultats de la dose efficace annuelle ajoutée	150
10	MESURES PRISES POUR REDUIRE LES IMPACTS.....	157
10.1	REDUCTION DES IMPACTS SUR LE VECTEUR EAU	157
10.1.1	Description de la station de traitement des eaux du Bosc.....	157
10.1.2	Actions correctrices réalisées suite aux débordements du bassin 10 000.....	162
10.2	REDUCTION DES IMPACTS SUR LE VECTEUR AIR.....	164
10.2.1	Les résidus de traitement du minerai	164
10.2.2	Les stériles miniers	168

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 9/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

10.3	MISE EN PLACE DE SERVITUDES	168
10.3.1	Les enjeux conduisant à la mise en place de servitudes.....	169
10.3.2	Nature des servitudes	169
11	CONCLUSIONS.....	173
11.1	CONCLUSIONS DE L'ANALYSE ENVIRONNEMENTALE ET PROPOSITIONS D' ACTIONS COMPLEMENTAIRES	173
11.2	GESTION DES STERILES MINIERS	175
11.3	INFORMATION DU PUBLIC	176
	Liste des figures, annexes et plan.....	178
	Glossaire	179
	Sigles et abréviations.....	183

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 10/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Généralités concernant la radioactivité

Quelques définitions concernant l'atome

La matière est constituée à partir d'atomes ou d'assemblages d'atomes (molécules...). Ceci est vrai à la fois pour le monde vivant et pour les objets inanimés (roches, air, eau...). Ces atomes, que l'on pensait, jusqu'à la fin du XIXe 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.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 11/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 12/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Caractérisation d'une source radioactive

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

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

On a donc :

1 Bq = 1 désintégration par seconde

1 000 Bq = 1 kilobecquerel (1 kBq)

1 000 000 Bq = 1 mégabecquerel (1 MBq)

1.10^9 Bq = 1 gigabecquerel (1 GBq)

1.10^{12} Bq = 1 térabecquerel (1 TBq)

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

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

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

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

La notion d'activité

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

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

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

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 13/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

On a donc : $1 \text{ Ci} = 3,7.10^{10} \text{ Bq} = 37 \text{ GBq}$

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

Supposons que vous creusiez une excavation de la taille d'une piscine d'environ 4 m x 10 m x 2 m. Vous allez extraire un volume de terre d'environ 80 m³. Si votre terrain est situé en pays cristallin (granitique...), en Bretagne par exemple, il est probable que ces 80 m³ contiennent une radioactivité d'environ 1 GBq.

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

Exemples de valeurs de radioactivité naturelle pour différents milieux

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

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

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

1 PRESENTATION GENERALE DES ACTIVITES MINIERES ET INDUSTRIELLES DE L'HERAULT

1.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE

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

Le département de l'Hérault comporte 4 sites d'extraction de minerai d'uranium dont l'un comprenait une usine de traitement du minerai et un stockage de résidus de traitement, aujourd'hui considéré comme une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

Ces activités sont présentes principalement dans le Nord du département et concernent les communes figurant dans le tableau suivant :

Communes	Sites concernés
Le Bosc	Site de La Plane – Campagnac
Soumont	Site du Bosc
Lodève	
Le Peuch	Site de Rabejac
Saint-Jean-de-la-Baquière	Site du Puech Bouissou

1.2 HISTORIQUE

Au début des années 50, des membres du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) se rendirent aux Etats-Unis pour visiter des mines d'uranium, exploitées dans des terrains sédimentaires du Permien rouge. De retour en France, il a été décidé de prospecter en détail l'ensemble des bassins permien, présentant une forte analogie avec les bassins américains. Ainsi, les premières prospections dans le Sud-Est de la France débutèrent vers 1953.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 15/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Ce n'est qu'en 1957 que la recherche de l'uranium dans le Lodévois commença. En décembre de cette même année, la première matinée de prospection révèle l'indice très fort de Rabejac et en quelques mois, les prospecteurs vont trouver la plupart des indices significatifs du Lodévois. Des campagnes de sondages sont alors très vite lancées, les travaux de prospection aboutissent à une carte géologique très détaillée du secteur.

Au début des années 60, des travaux miniers de recherche sont entrepris à Rabejac puis sur le secteur de Mas d'Alary. En 1966, la Concession du Lodévois est octroyée au profit du CEA. Celle-ci s'étend sur une vingtaine de km². Mais ce n'est qu'au début des années 70 que fut découvert le potentiel du gisement de Mas Lavayre, qui motiva réellement la décision d'ouvrir la mine du Bosc.

Les travaux d'infrastructures de la mine de Mas Lavayre démarrèrent en juillet 1975, pendant que le contour des minéralisations de la mine souterraine et des mines à ciel ouvert de Mas d'Alary se précisait par sondages. Les grandes fosses de Failles Centrales et Faille Sud entrèrent en exploitation parallèlement à la mine de Mas Lavayre en 1979. La construction de l'usine de traitement du minerai commença la même année et se termina fin 1980. Les premiers kilos de yellow cake sont produits au début l'année 1981.

L'effectif maximum de 825 personnes travaillant sur la Division Minière de l'Hérault est atteint à la fin de l'année 1983. A partir de cette année, le cours de l'uranium ne cesse de baisser entraînant des restrictions budgétaires qui conduiront à 3 plans sociaux à partir de 1988.

Alors que l'exploitation des petites mines à ciel ouvert exploitées en périphérie du site du Bosc est achevée en 1993, l'exploitation de la mine souterraine de Mas Lavayre perdura jusqu'en avril 1997 grâce à une limitation de la production à 500 tonnes d'uranium métal par an. L'usine traita le minerai jusqu'en octobre de la même année.

Par la suite, le réaménagement et la mise en sécurité du site minier du Bosc commença. Le réaménagement, démarré les années précédentes sur les mines à ciel ouvert de Rabejac puis La Plane et Tréviels Ouest, s'étend à toutes les fosses à partir de fin 1997 après l'arrêt de l'usine de traitement, dont le démantèlement fut assuré de juin 1998 jusqu'à fin 1999. L'ensemble des réaménagements des sites miniers s'acheva à la fin de l'année 2000.

Ainsi, le département de l'Hérault a vu l'exploitation, de 1957 à 1997, d'un ensemble de gisements uranifères localisés dans les terrains sédimentaires du Permien, qui ont produit 14 775 tonnes d'uranium métal à partir de 5 170 908 tonnes de minerai d'une teneur moyenne de 2,86 ‰ (2,86 kg d'uranium par tonne).

Depuis 2005, le suivi environnemental des sites miniers uranifères de l'Hérault est assuré par AREVA à travers la Direction Internationale de l'Après-Mines (DIAM), située à Bessines-sur-Gartempe (Haute-Vienne), et son antenne locale basée sur le site minier du Bosc (commune de Soumont – 34).

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 16/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

2 PRESENTATION GENERALE DE L'ENVIRONNEMENT DES SITES

2.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE [1] et [2]

Le secteur minier uranifère du Lodévois s'inscrit dans l'histoire géologique de la mise en place des premiers bassins sédimentaires d'âge Permien, comme le montre la carte géologique départementale et la carte géologique au 1/50 000^e en annexe 5.

En Europe, le Permien constitue une transition entre la période hercynienne et l'importante transgression marine du mésozoïque. En France, il se présente sous forme de petits bassins continentaux isolés, dispersés le long des grands accidents hercyniens. L'importante activité volcanique à cette époque permet de corréliser aujourd'hui différents bassins entre eux (Lodève et St-Affrique, par exemple), et semble avoir favorisé la formation de gisements métallifères de taille économique.

Le bassin de Lodève est un des bassins permien les plus importants du Massif Central. Il se situe entre ceux de Rodez et de Saint-Affrique au Nord, et le petit bassin de Gabbian-Neffiès au Sud. Sa forme générale est celle d'un quadrilatère de 25 km dans le sens Est-Ouest et 10 km dans le sens Nord-Sud.

Le bassin de Lodève est encadré par les grandes entités géologiques suivantes :

- au Nord, il est dominé par les Causses mésozoïques du Larzac,
- au Sud, par les monts de Faugères (séries paléozoïques sédimentaires),
- à l'Ouest, par les terrains métamorphiques de la Montagne Noire
- à l'Est, il est bordé par le golfe tertiaire de l'Hérault.

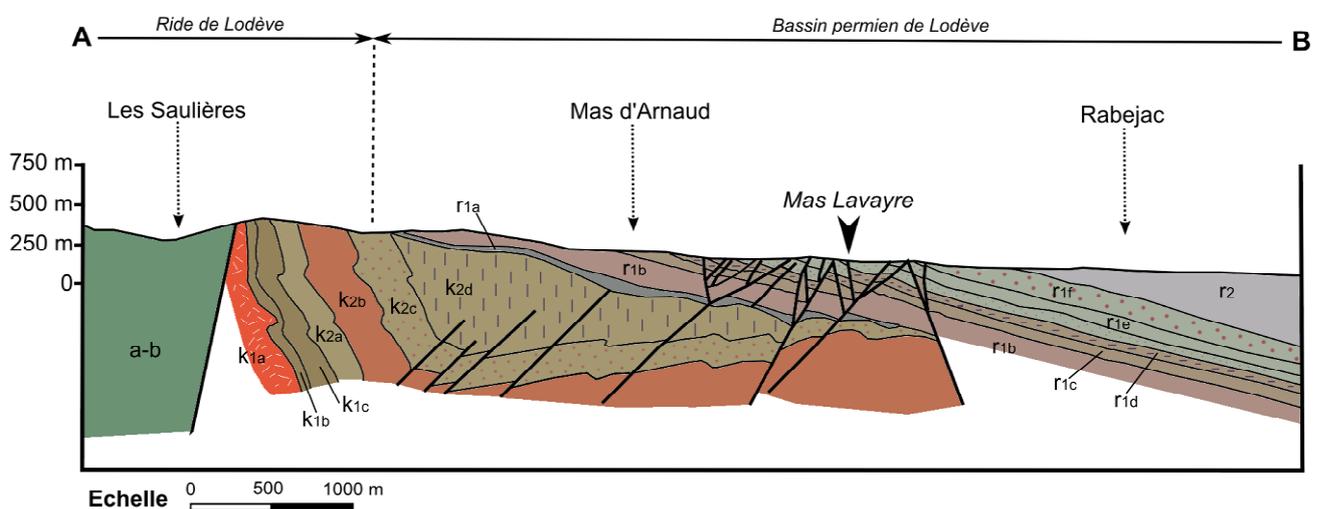
Ces limites correspondent aussi à de grands accidents tectoniques : faille des Cévennes à l'Est, faille des Aires au Sud, faille de l'Orb à l'Ouest. Au Nord, la limite du bassin est moins connue car les terrains permien sont recouverts par les séries secondaires.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 17/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

La stratigraphie du bassin de Lodève, comporte, de bas en haut :

- **Le socle plissé cambrien (séries k_1 et k_2) et antécambrien (série a-b)** : Ces séries géologiques forment une structure anticlinale d'axe Est-Ouest, affleurant au Nord-Est du bassin permien pour former ce qu'on appelle la « ride de Lodève ». La série antécambrienne est une formation schiste-gréseuse (schistes épimétamorphiques, grès, grès-quartzites, quelques passées calcaires). Le Cambrien est représenté par le Géorgien inférieur (succession de tufs rhyolitiques (k_{1a}), de conglomérats à galets de quartzite (k_{1b}), et de schistes et des grès quartzites (k_{1c})) et le Géorgien supérieur (composé de termes carbonatés, dolomitiques, et schisto-dolomitiques (k_{2a} à k_{2d})).
- **Le Carbonifère, représenté par le Stéphanien** (poudingues, grès et schistes houillers). Il affleure à l'Ouest du bassin de Lodève (non visible sur la carte géologique en annexe 5.2).
- **Le Permien (séries r_1 et r_2)**, reposant en discordance sur les terrains précédents. Il est représenté par les terrains de l'Autunien et du Saxonien, porteurs des minéralisations uranifères. Le détail de ces terrains est présenté au paragraphe 2.1.1.
- **Le Mésozoïque des Causses**, correspondant à des dépôts du Trias reposant en discordance sur les terrains du Permien. Ces dépôts sont composés de grès de base parfois conglomératiques, d'une série argileuse rouge (2 à 30 m), de grès intermédiaires, et d'argiles bariolées à gypse et à niveaux de dolomie.
- **Les basaltes plia-quaternaires** : Il s'agit de cheminées et de dykes basaltiques effusifs qui suivent et révèlent des lignes de failles.

La coupe géologique suivante, orientée Nord-Sud, schématise la stratigraphie au droit du site du Bosc (mine souterraine de Mas Lavayre) :



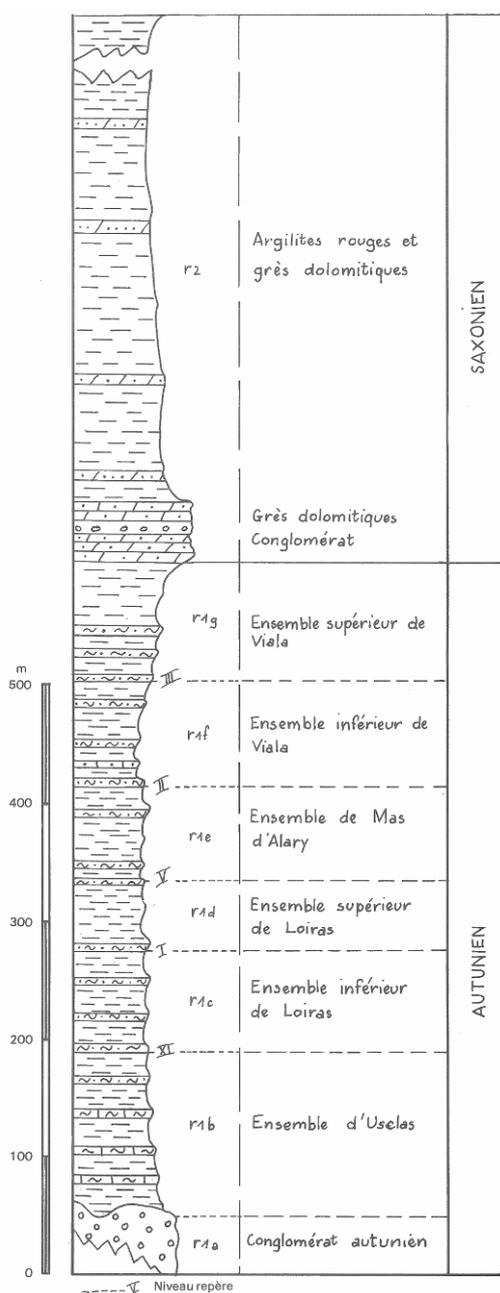
Coupe géologique Nord-Sud du bassin permien de Lodève (position A-B en annexe 5.2)

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 18/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

2.1.1 Géologie des terrains uranifères

Au sein du bassin permien de Lodève, la minéralisation uranifère est présente majoritairement dans les terrains de l'Autunien (sites du Bosc, de La Plane-Campagnac et du Puech Bouissou), et parfois dans les terrains du Saxonien (site de Rabejac).

Le log stratigraphique ci-dessous (Source : BRGM, notice de la carte géologique au 1/50000^e, n°989 – Lodève) présente la succession des différents faciès rencontrés :



SAXONIEN :

- environ 1500 m d'épaisseur au Sud du Bassin de Lodève.
- base constituée d'un conglomérat, d'épaisseur faible et constante (3 m) à l'Est et au centre du bassin. Cette épaisseur est plus importante dans la partie Ouest.
- La minéralisation uranifère du site de Rabejac est liée à des bancs de grès situés à environ 70 m de la base du conglomérat.

AUTUNIEN :

- de 500 à 600 m d'épaisseur.
- pendage générale de 10 à 15° vers le Sud.
- Quatre sous-ensembles (Usclas, Loiras, Mas d'Alary et Viala) présentant des séquences répétitives dont les faciès sont les suivants :
 - Les « grès » : silts carbonatés (sauf à la base de l'ensemble d'Usclas) à lamination fine et à figures de sédimentation.
 - La couche (shale carbonaté) riche en matière organique (principal faciès porteur des minéralisations uranifères).
 - La pélite (lutite) plus ou moins argileuse, à rares figures de sédimentation. C'est le faciès dominant.
- un ensemble conglomératique constituant la base de l'Autunien (éléments de socle peu roulés pris dans un ciment dolomitique ou pelitique).
- 5 niveaux repères principaux, formés par des cinérites ou niveaux pyroclastiques, d'épaisseur régulière de quelques décimètres.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 19/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

2.1.2 Tectonique

La forme générale du bassin est celle d'un demi-graben à pendage Sud. La ride de Lodève constitue sa limite érosive Nord. Trois accidents tectoniques majeurs l'entourent :

- A l'Est, la faille des Cévennes (direction N-NE – S-SW),
- Au Sud, la faille des Aires (direction E – W, avec affaissement du compartiment Nord),
- A l'Ouest, la faille de l'Orb (direction N-NE – S-SW avec affaissement du compartiment Est).

La faille d'Olmet traverse le bassin dans sa partie Ouest, et se traduit par un effondrement de 200 m du compartiment Ouest (Escandorgue).

On distingue trois phases tectoniques importantes, dont les conséquences sont visibles dans la zone d'étude, au Nord-Est du bassin permien :

- **L'orogénèse hercynienne** est à l'origine du plissement des terrains anté-permiens en un anticlinal d'axe W-SW – E-NE, dont le centre est occupé par des granites porphyroïdes. La formation de la ride de Lodève, flanc Sud de cet anticlinal, est donc attribuée à l'orogénèse hercynienne. Le pendage moyen du socle vers le Sud peut être localement modifié par des plis d'échelle plus réduite, toujours d'axe Est-Ouest.
- **La distension permienne Nord – Sud**, correspondant au second épisode tectonique, s'est produit pendant ou après les dépôts permien, mais avant les dépôts du Trias. Un réseau de failles subverticales a affecté les niveaux anté-triasiques, y compris les niveaux cambriens. Ces failles sont également d'axe W-SW – E-NE. Leur rejet est souvent important jusqu'à 150 m pour la faille de St-Julien) et leur extension est plurikilométrique. Cette tectonique est à l'origine de la formation d'accidents majeurs, comme les failles de St-Julien, de Riviéral, de l'Aubaygues,...
- **La compression pyrénéenne NE – SW**, dernier épisode tectonique majeur qui a affecté l'ensemble de la stratigraphie est d'âge pyrénéen. Deux directions de faille sont visibles : NE – SW proche de la direction hercynienne, et N-NE – S-SW. Ces accidents tectoniques ont parfois donné lieu à des montées basaltiques mises en évidence aujourd'hui par l'inversion de relief.

2.1.3 Caractérisation des minéralisations

Dans le département de l'Hérault, la morphologie des gisements uranifères se présente de la manière suivante :

- **les gisements stratiformes** : les minéralisations sont principalement contenues dans les faciès riches en matière organique. Ce sont les minéralisations qui sont en général les moins profondes. Leur puissance varie de un à quelques mètres et les teneurs en uranium sont en général assez modestes (1 à 2 ‰).
- **les gisements en lanières** : il s'agit d'enrichissements assez étroits qui n'ont parfois que quelques mètres de large mais qui sont très allongés avec un fort contrôle tectonique. Ces corps minéralisés correspondent à l'intersection entre une structure tectonique et un horizon stratigraphique favorable. Les teneurs en uranium peuvent être localement élevées mais elles décroissent rapidement en s'éloignant de la structure.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 20/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- **les gisements en amas** : ces minéralisations correspondent à l'imprégnation d'une brèche tectonique par un mélange intime de microgranules de pechblende et de matière organique sous forme de bitumes. Ces minéralisations en amas peuvent avoir plusieurs dizaines de mètres de puissance et présentent les plus fortes teneurs en uranium.
- **les gisements pseudo-filoniens** : ces concentrations particulières sont principalement localisées dans la partie Nord du bassin à proximité de son contact avec le socle cambrien. La minéralisation est essentiellement limitée à des fractures mineures avec peu d'extension latérale. Les couches présentent une altération plus importante que dans les autres gisements, la matière organique est très rare ou absente et la minéralisation de surface est constituée par de l'autunite. Ce type de gisement ne représente qu'un très faible potentiel.

Hormis l'uranium (essentiellement sous forme de pechblende et parfois coffinite, uraninite), les sulfures sont abondants : sulfures de fer (pyrite, marcassite), de plomb (galène), de zinc (blende), de molybdène (jordisite), et d'antimoine (stibine). Les arséniures et sulfoarséniures sont également présents (arsénopyrite). Les carbonates et le quartz constituent les autres composants minéraux.

2.1.4 Fond radiologique régional

Les variations radiométriques autour des sites miniers uranifères ont été mises en évidence à partir des plans compteurs représentant l'état initial des sites, figurant dans les dossiers d'arrêt définitif des travaux miniers. Ces variations sont essentiellement liées aux différenciations pétrographiques des terrains. Elles sont présentées dans le tableau suivant :

Géologie	Sites miniers	Ordre de grandeur du fond radiométrique (en chocs/seconde SPP2)
Terrains sédimentaires de l'Autunien	Site du Bosc	100 - 200
	La Plane-Campagnac	80 - 180
	Puech Bouissou	90 - 200
Terrains sédimentaires du Saxonien	Rabejac	150 - 220

2.2 ENVIRONNEMENTS PAYSAGER ET DEMOGRAPHIQUES

2.2.1 Reliefs et paysages à l'échelle départementale [3]

Le département de l'Hérault est composé de six grands ensembles paysagers (cf. figure 1) :

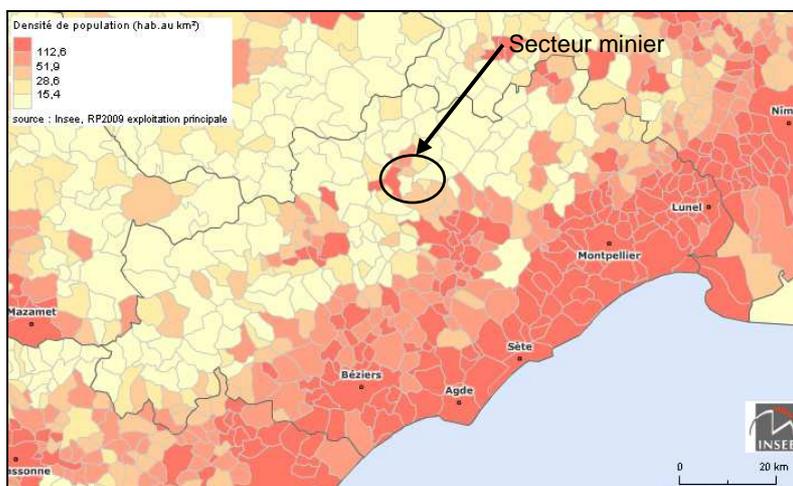
- **Le littoral et ses étangs**, comportant : 3 étangs principaux (étang de Vic, étang du Méjean et étang de l'Or) séparés de la mer par un mince et fragile cordon sableux en parti urbanisé en stations balnéaires ; le bassin de Thau, étang le plus vaste favorable à la fois aux cultures marines (huîtres de Bouzigues, moules) ; la montagne de la Gardiole, correspondant à un massif calcaire allongé au-dessus de l'étang de Vic – ce massif est protégé, couvert de garrigues et de reboisement ; et le littoral du Cap d'Agde à Valras-Plage, marquée par l'absence d'étangs qui ont été comblés au cours des derniers millénaires et remplacés en certains points par des zones humides.
- **Les plaines**, qui correspondent à des collines et des garrigues de « l'arrière-pays » et présentent les caractéristiques suivantes : faiblesse des reliefs et aplanissement général, larges ouvertures et rareté des bois, bosquets et structures végétales, forte présence de la vigne. Elles sont au nombre de six : la plaine de Lunel-Mauguio (viticole et fruitière), la plaine de Fabrègues, la plaine viticole de l'Hérault autour de Gignac, la plaine de l'Hérault de Canet à Pézenas, la plaine de l'Orb, du Libron et de l'Hérault et la plaine viticole de l'Aude.
- **Les collines du Biterrois et de l'Hérault**, caractérisées par un relief plus doux et plus continu entre les hauteurs (les puechs) et les plaines. Ces collines sont largement cultivées en vignes. Au sein de cet ensemble, il existe 3 unités paysagères : le piémont des garrigues d'Aumelas et de la Moure, les collines viticoles du Biterrois et du Piscénois et l'unité de Béziers et la vallée de l'Orb.
- **Les garrigues**, qui sont composées d'une imbrication plus ou moins étroite de plateaux et hauteurs occupées par les bois et garrigues, et de plaines dédiées aux cultures. Cet ensemble paysager comporte 9 unités paysagères, telles que le causse d'Hortus, les garrigues d'Aumelas et la montagne de la Moure, la plaine de Ganges,...et où les paysages diffèrent essentiellement par les formes de reliefs.
- **Les grands causses et les gorges**, correspondant au causse du Larzac, qui présente des paysages très contrastés et diversifiés et aux gorges de la Vis, étroites mais habitées et partiellement cultivées.
- **La montagne et ses contreforts**, dont les reliefs restent assez modestes : les sommets du Caroux, de l'Espinouse et du Somail atteignent respectivement 1091 m et 1124 m d'altitude. En revanche, ces sommets s'entourent largement de contreforts étonnamment diversifiés, notamment géologiquement, qui composent des paysages très contrastés. Cet ensemble paysager comporte 13 unités de paysage, dont ceux de « Lodève, la Lergue et les contreforts du causse du Larzac » et du « creuset géologique du Salagou ».

Le secteur des anciennes activités minières uranifères est compris dans ces deux dernières unités, où des avancées du plateau calcaire du Larzac bordent, à l'Est et à l'Ouest, le bassin de Lodève en dépression. Au centre du bassin de Lodève, marqué de collines coiffées par des épanchements volcaniques relativement récents (altitudes comprises entre 150 m et 700 m), le lac artificiel du Salagou offre une nature sauvage préservée sur des terres rouges typiques du bassin de Lodève.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 22/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

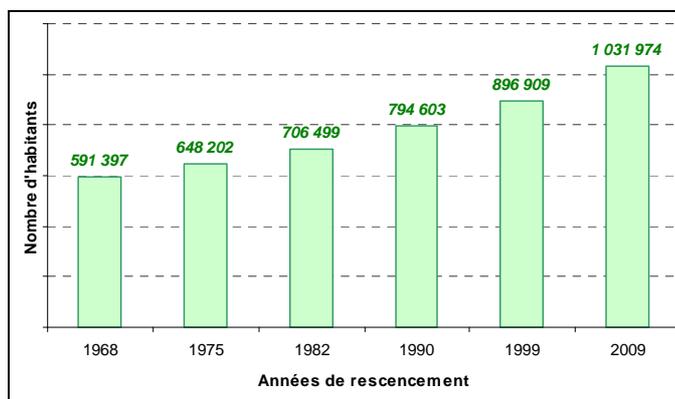
2.2.2 Démographie du département de l'Hérault

La carte suivante présente la densité de population par commune, sur l'ensemble du département :



Globalement, le département de l'Hérault présente un fort contraste de sa densité de population : l'intérieur des terres est largement moins peuplé que la zone côtière, où se trouve également les agglomérations les plus importantes.

La population de l'Hérault comptait 1 031 974 habitants en 2009 (Source : INSEE, statistiques locales). La population augmente régulièrement depuis 1968, comme le montre le graphique suivant :



2.3 CONTEXTE CLIMATIQUE

La grande majorité du département est caractérisée par un climat méditerranéen, à l'exception des zones montagneuses au Nord-Ouest qui subissent une influence océanique et de certains secteurs du Nord de l'Hérault pouvant connaître une influence continentale tempérée.

La présence du climat méditerranéen a pour conséquence un ruissellement qui constitue le principal agent de transport des éléments fragmentés par thermoclastie ou hydroclastie et qui est supplanté par l'érosion par le vent en période sèche, action particulièrement efficace sur un matériel hétérogène non consolidé.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 23/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

2.3.1 Pluviométrie

Les données pluviométriques figurant dans ce paragraphe sont extraites du rapport « Réactualisation de l'étude de dimensionnement de la station de traitement du Bosc » réalisé par MICA Environnement [4].

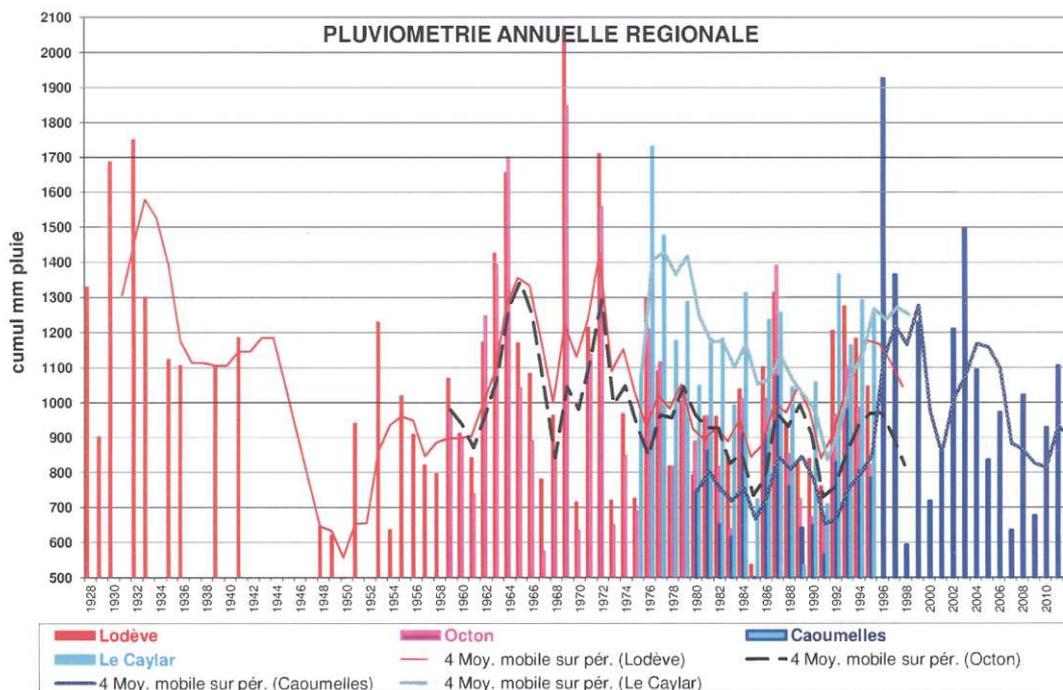
Le bassin de Lodève est soumis à un climat méditerranéen influencé par le régime cévenol qui est caractérisé par des précipitations très irrégulières et variables d'une année sur l'autre (événements pluvieux très intenses pouvant s'étendre sur deux à trois jours).

La sécheresse estivale est nette malgré la possibilité d'orages violents. Les maxima d'automne et d'hiver sont très importants de septembre à mars. Les pluies exceptionnelles tombent sur peu de jours et ne sont pas étalées dans le temps. Les averses de plus de 100 mm en 24 heures ne sont pas rares et peuvent se renouveler de 2 à 5 jours consécutifs.

Sur l'ensemble du bassin de Lodève, quatre stations météorologiques servent de référence :

- Caoumelles : station située à 700 m de la station de traitement des eaux du site du Bosc (données disponibles à partir de 1980),
- Lodève : station située à 4 km au NW de la station de traitement des eaux du site du Bosc (données disponibles à partir de 1925),
- Le Caylar : station située à 18 km au Nord de la station de traitement des eaux du site du Bosc (données disponibles à partir de 1975),
- Octon : station située à 6 km au SW de la station de traitement des eaux du site du Bosc (données disponibles à partir de 1959).

Le graphique suivant présente la pluviométrie annuelle pour ces quatre stations :



Source : MICA Environnement [4]

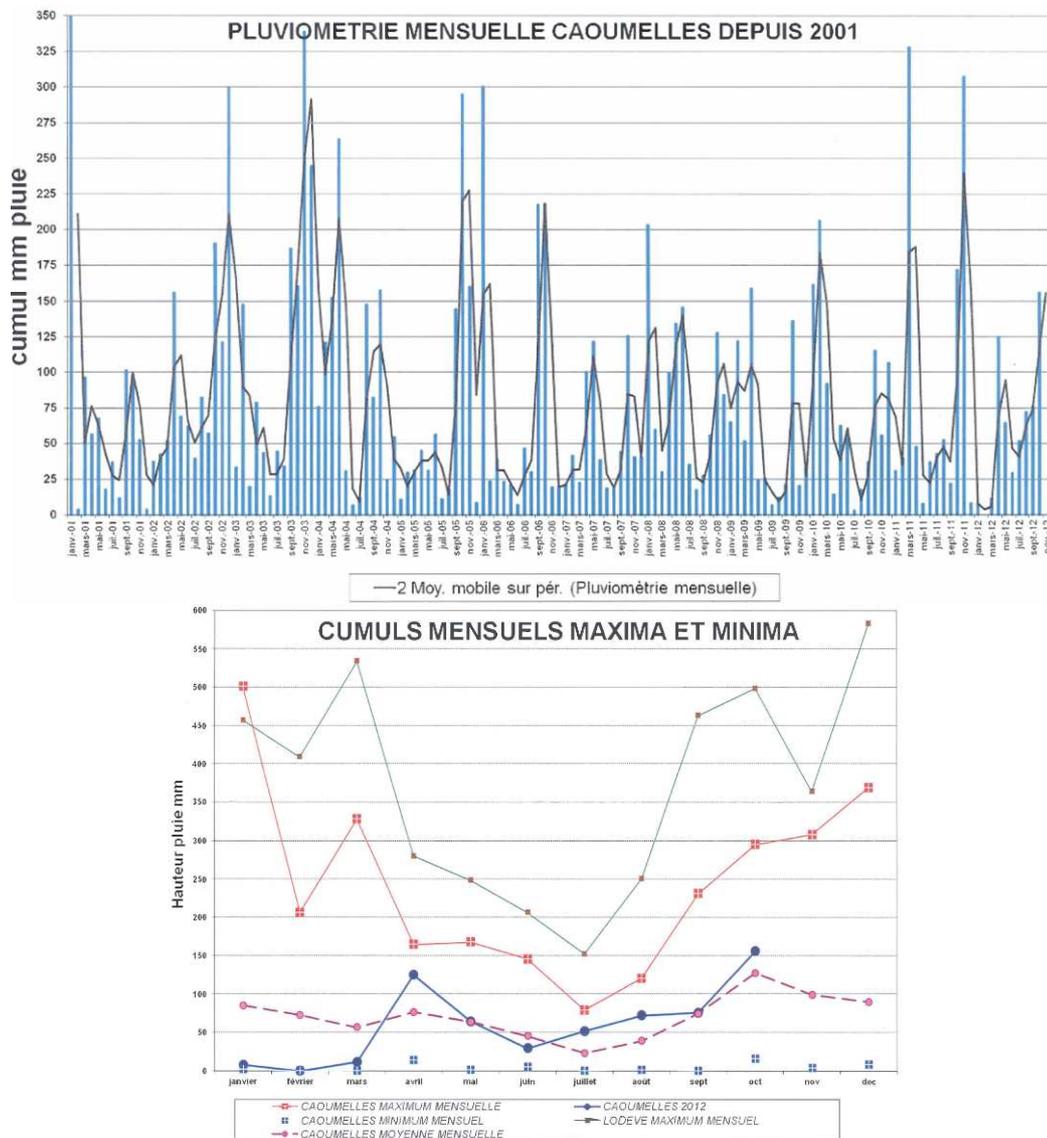
BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 24/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les données pluviométriques de ces stations mettent en évidence que :

- « sur Lodève, la moyenne annuelle de la pluviométrie est de 1050mm depuis 1925,
- sur les Caoumelles, à partir des données disponibles la moyenne annuelle depuis 1980 est de 904 mm »,
- la « comparaison des 4 stations régionales sur une période commune de mesures donne les résultats suivants :
- Cumul annuel Octon / Cumul annuel Caoumelles = + 14%,
- Cumul annuel Lodève / Cumul annuel Caoumelles = + 27%,
- Cumul annuel Le Caylar / Cumul annuel Caoumelles = + 41%.

Ces résultats montrent une plus faible pluviométrie annuelle au niveau du site du Bosc. La position plus centrale du site dans le bassin de Lodève par rapport aux reliefs caussenards et de l'Escandorgue, constituent des barrages aux influences méditerranéennes. »

Les graphiques suivants présentent la pluviométrie mensuelle, à partir de janvier 2001 et les cumuls mensuels maxima et minima, relevés à la station de Caoumelles :



Source : MICA Environnement [4]

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Jun 2013	Page : 25/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

« Le cycle mensuel aux Caoumelles présente deux périodes à fort cumul : le premier trimestre, et la fin d'année (octobre à décembre). L'année se décompose ainsi en période où de forts maxima (au-delà de 300 mm) sont possibles (octobre à mars) et d'une période à faible risques (avril à septembre). »

Comme précisé précédemment, le bassin de Lodève est soumis à un climat méditerranéen influencé par le régime cévenol qui se caractérise par de fortes pluies survenant généralement en automne, au début de l'hiver et au printemps (pluies d'équinoxes).

Pour l'ensemble des données disponibles sur la station de Caoumelles, le maximum enregistré a été de 192 mm en 24 h le 28/01/2006. Le maximum en 2011 a été de 135 mm en 24 h le 12/03/2011.

Le rapport de MICA Environnement présente également une évaluation des hauteurs et de la durée de retour pour un épisode de fortes précipitations d'une durée de 4 jours, pour la station de Lodève sur la période 1928 – 2010. En comparant ces résultats avec les valeurs maximales des hauteurs d'eau observée pour un épisode de quatre jours, le bureau d'étude conclut : « **Une hauteur d'eau de 400 mm sur un épisode de 4 jours peut être retenue sur le site du Bosc pour l'évaluation de la lame d'eau tombée pour une durée de retour centennale.** »

2.3.2 Températures [1]

Le tableau suivant présente les températures moyennes mensuelles à Lodève, de 1980 à 1996 :

Mois	jan.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc	moy.
T (°C)	6,3	7,0	9,6	12,1	15,6	19,3	22,8	22,5	18,9	14,1	9,6	7,1	13,5

2.3.3 Vents [1]

Le département de l'Hérault est soumis à 4 vents dominants :

- la Tramontane, venant du Nord, et le Mistral, venant du Nord-Ouest, correspondant à des vents violents, secs et froids, accentuant la sécheresse ;
- les vents du Sud (Marin et Grec), soufflant surtout d'octobre à avril, parfois violents et en général accompagnés de fortes précipitations (épisodes cévenols).

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 26/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

2.4 CONTEXTE HYDROLOGIQUE

2.4.1 Bassin versant

L'ensemble des sites miniers uranifères de l'Hérault sont répartis sur le bassin versant de la Lergue, qui présente une superficie totale de 426 km² (cf. figure 2). Le tronçon concerné par les anciennes exploitations minières (environ 10 km) traverse, d'amont en aval, les communes de Lodève, Le Peuch, Le Bosc, Celles et Saint-Jean-de-la-Blaquière.

Ce tronçon est alimenté par plusieurs ruisseaux, dont :

- le ruisseau du Ronel, situé en rive droite et susceptible d'être impacté par le site de Rabejac.
- le ruisseau du Mas d'Alary et ses affluents (ruisseaux des Tuilières et de Tréviels), situés en rive gauche et susceptible d'être impacté par le site du Bosc.
- le ruisseau du Riviernoux et ses affluents (ruisseaux du Riviéral et de Domergoux) situés en rive gauche et susceptible d'être impacté par les sites du Bosc et de La Plane-Campagnac.
- le ruisseau de la Marguerite et ses affluents, situés en rive gauche et susceptible d'être impacté par le site du Puech Bouissou.

CAS DU SITE MINIER DU BOSC :

Dans l'étude « Réactualisation de l'étude de dimensionnement de la station de traitement du Bosc » [4], MICA Environnement a réalisé un état des lieux détaillé du réseau hydrographique et des bassins versants associés au site minier du Bosc.

« Le réseau hydrographique du site du Bosc est structuré en bassins versants orientés nord-sud :

- *Le bassin versant du ruisseau des Tuilières : ce ruisseau a été détourné artificiellement par un canal en amont de la zone de stockage des résidus pour rejoindre le ruisseau de Tréviels à l'Ouest. Ce bassin versant représente une surface de 135 ha au niveau de son arrivée dans le bassin du ruisseau de Tréviels.*
- *Le bassin versant du ruisseau de Tréviels : sa jonction à l'aval immédiat du site du Bosc avec celui des Tuilières forme le ruisseau du Mas d'Alary.*
- *Le bassin versant du ruisseau du Mas d'Alary : il est l'affluent de la Lergue et recueille les eaux de ruissellement du site qui ne nécessitent pas de traitement. »*

Cette étude précise également :

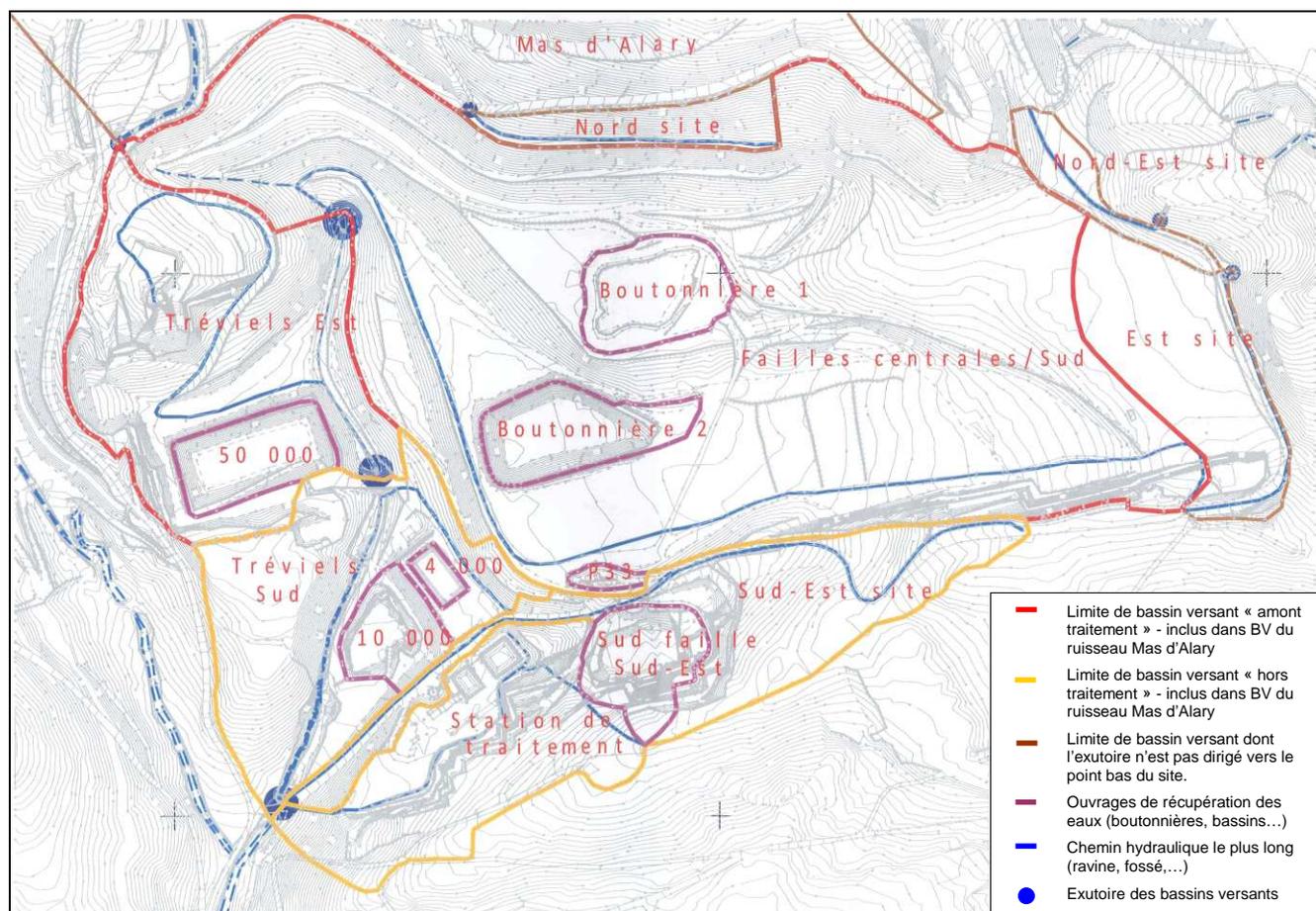
« L'état des lieux hydrologique réalisé à l'échelle du 1/1000 a permis de distinguer 7 bassins versants élémentaires sur l'ensemble de la surface du site du Bosc. (Ndlr : 7 bassins versants dans le périmètre clôturé du site)

Deux autres bassins versants (Mas d'Alary et Nord site), sont en amont de la résurgence des Tuilières et sont donc impliqués dans son alimentation par infiltration.

Sur les 7 bassins versants du site, deux ont un exutoire dans le Riviéral à l'Est (BV est site et Nord-est site). »

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 27/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

La carte suivante présente les différents bassins versants présents sur le site du Bosc :



Les surfaces des bassins et ouvrages de récupération des eaux figurent dans le tableau suivant :

Nom du bassin versant	Surface bassin versant (m ²)
BV Est site	29 195
BV Nord Est site	7 003
BV Failles centrales/ failles sud	286 016
BV Tréviels Est	72 621
BV Tréviels Sud	55 501
BV Sud-est site	40 571
BV Station de traitement	38 530
BV Mas d'Alary (les tuilières)	1 352 029
BV Nord site (inclus dans BV8)	10 452
Boutonnière failles centrales	11 782
Boutonnière failles sud	12 108
Cuvette P33	1 205
Bassin Sud faille Sud-est	10 114
Bassin 4000	1 589
Bassin 50000	10067
Bassin 10000	7 496
TOTAL	54 361

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 28/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

2.4.2 Débits des cours d'eau

Les données sur l'écoulement des cours d'eau sont fournies par des mesures de débits effectuées par des stations hydrométriques. Sur le secteur concerné par les exploitations minières, il existe une seule station de mesure, sur la rivière La Lergue.

Les valeurs des paramètres caractéristiques des débits pour cette station sont présentées dans le tableau suivant (source : www.hydro.eaufrance.fr) :

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		
La Lergue	Lodève	228	4,56	0,97	0,76	130	240	225*	580*

* valeur estimée (mesurée ou reconstituée) que le gestionnaire juge incertaine.

CAS DU SITE MINIER DU BOSC :

Dans l'étude « Réactualisation de l'étude de dimensionnement de la station de traitement du Bosc » [4], MICA Environnement a réalisé un plan des bassins versants associés au site minier du Bosc (cf. paragraphe 2.4.1) et une estimation des débits de pointe de période de retour de 100 ans pour chaque bassin versant.

Les débits de pointe par bassin versant ont été estimés à partir de la méthode théorique classique dite méthode rationnelle :

$$Q = Cr \times I \times A$$

avec :

- **Cr = coefficient de ruissellement** qui reflète la capacité de chaque bassin versant à ruisseler. La détermination du coefficient de ruissellement se calcule en fonction de trois paramètres correspondant à la perméabilité des terrains, la nature des terrains et leur pente. Cr retenu est égale à 0,38, à l'exception du bassin versant « station de traitement » où Cr = 1 (surface « urbanisée »).
- **A = surface du bassin versant**, à laquelle a été soustraite, pour plus de précision en fonction des bassins versants, les deux bassins de lagunage Failles Sud et Centrales (pas d'exutoire et contribution directe à l'infiltration) et les différents bassins de stockage des eaux du site.
- **I = intensité de la pluie pour une pluie d'une durée égale au temps de concentration (t)** qui lui-même a été calculé à l'aide de la formule de Kirpich, qui prend en compte la longueur du chemin hydraulique le plus long et du dénivelé de ce chemin hydraulique. L'intensité de la pluie a été calculée à l'aide de la formule de Montana :

$$I = \frac{a}{t^b} \text{ avec } a = 237 \text{ et } b = 0,233 \text{ coefficients retenus pour un retour de 100 ans.}$$

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 29/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Ainsi, pour chaque bassin versant, MICA Environnement a estimé les débits de pointe comme le montre le tableau suivant :

BV	BASSINS VERSANTS	Surface m ²	Longueur du plus long chemin hydraulique km	Dénivelé du plus long chemin hydraulique m	Temps de concentration min	Intensité de précipitation mm/h	Débit de pointe m ³ /s
1	BV Est site	29 195	0.307	20.5	4.54	166.6	0.514
2	BV Nord-est site	7 003	0.188	16.0	2.84	185.9	0.138
3	BV Failles centrales / failles sud	260 921	1.190	55.5	14.81	126.5	3.486
4	BV Tréviels Est	62 554	0.687	48.0	8.30	144.7	0.956
5	BV Tréviels Sud	46 416	0.533	36.0	6.92	151.0	0.740
6	BV Sud-est site	40 571	0.822	77.0	8.52	143.9	0.617
7	BV Station de traitement	38 530	0.438	57.5	4.61	166.0	1.718
8	BV Mas d'Alary (les tuilières) hors site	1 352 029	2.432	234.5	19.42	118.7	16.960
9	BV Nord site (inclus dans BV8) hors site	10 452	0.356	23.7	5.10	162.1	0.179
Total Tréviels Est + Failles centrales/Sud (amont traitement)		323 475	1.445	63.5	17.60	121.5	4.152
Total site (aval site)		448 992	1.766	77.0	20.60	117.1	5.555

Tableau des débits de pointe centennaux par bassin versant (source : MICA Environnement [4])

Remarque : Total site = BV3+BV4+BV5+BV6+BV7

2.4.3 Utilisation des eaux

BARRAGES ET PRODUCTION D'ELECTRICITE

Pour les cours d'eau concernés par ce bilan environnemental, il n'existe aucun barrage avec production d'électricité, en aval des sites miniers.

LE TOURISME ET LES LOISIRS

Le département de l'Hérault possède près de 87 km de littoral tourné vers la Méditerranée qui génère une activité touristique importante, notamment en été. Cependant, de part la diversité des paysages rencontrés, le département a développé également un grand nombre de sites et d'activités touristiques, orientés vers la nature (randonnées, sports aquatiques,...).

Ainsi, dans le secteur concerné par les activités minières visées par ce bilan environnemental, on retrouve des sites tels que le lac de barrage du Salagou (activités de baignade, pêche, canoë, randonnées pédestres ou équestres, VTT...).

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

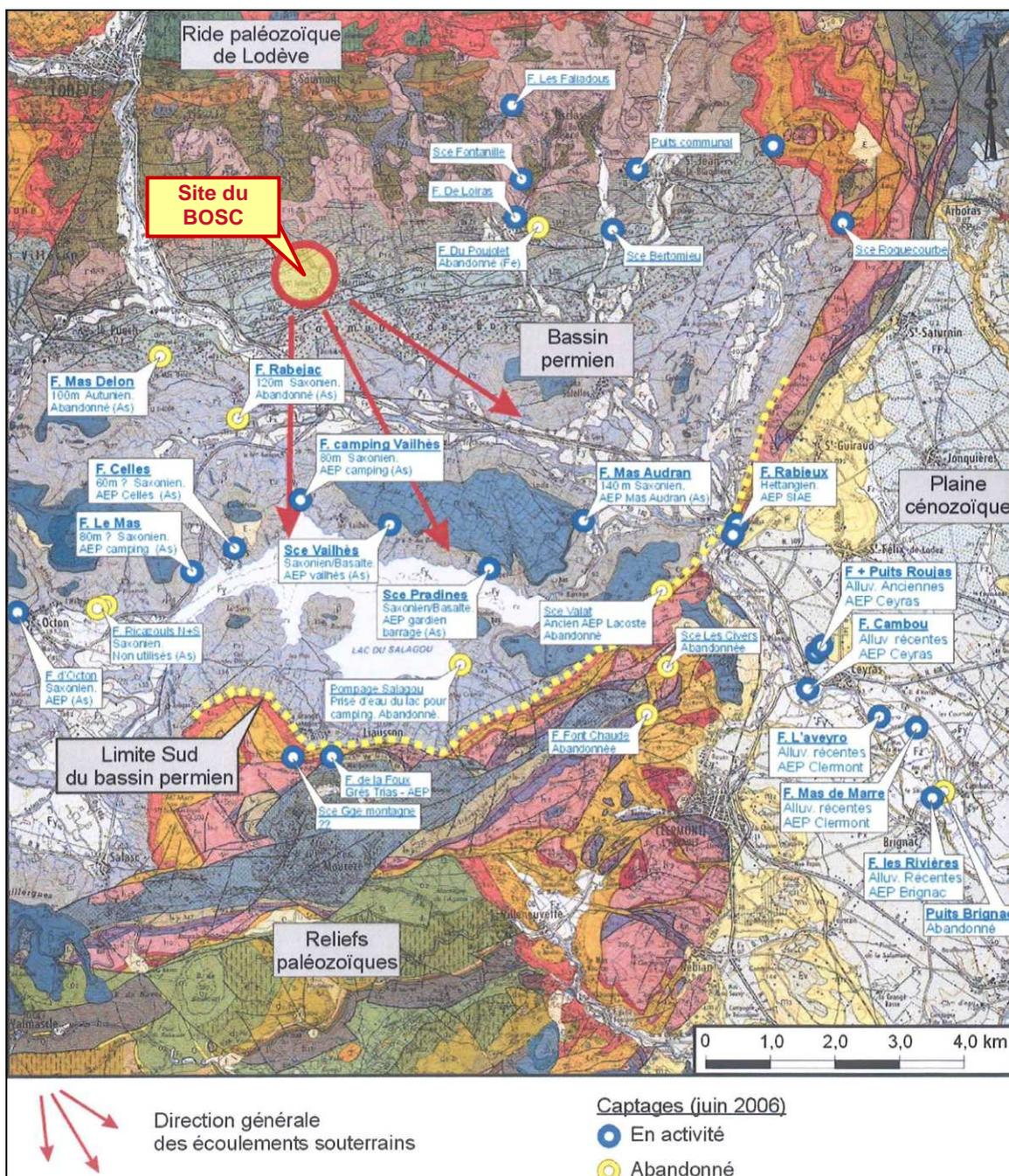
- des résidences secondaires,
- des locations de vacances (meublés, gîtes d'étapes),
- des établissements destinés à des séjours de courte durée (hôtel de tourisme et chambres d'hôtes),
- des terrains de camping.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 30/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

ALIMENTATION EN EAU POTABLE

L'article 4.4 de l'arrêté préfectoral n°2004-I-332 du 16 février 2004, concernant le site minier du Bosc, demande à AREVA de procéder annuellement à « un contrôle des eaux de consommation alimentant les populations les plus exposées à partir d'un forage ». Dans l'optique de sélectionner les forages les plus représentatifs, AREVA a demandé au bureau d'études GEE de réaliser un inventaire des captages d'alimentation en eau potable situé en aval écoulement du site minier [5].

La carte suivante présente l'ensemble des captages actuels et anciens identifiés, « dans un périmètre raisonnable, jusqu'à la limite Sud du Bassin permien » :



Carte de localisation des captages AEP en aval écoulement du site minier du Bosc

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 31/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Ainsi, 28 ouvrages ont été répertoriés par le bureau d'études GEE, dont la liste est présentée à la figure 3. Cette liste présente différentes caractéristiques des captages, telles que :

- la nature du captage (forage, puits, source, prise d'eau de surface),
- l'état de fonctionnement du captage (capté, abandonné) et le débit de pompage,
- la profondeur de l'ouvrage et la géologie associée,
- des observations concernant entre autres la présence ou non d'arsenic dans les eaux captées.

Le tableau suivant récapitule le nombre de captages en fonction de leur nature et de leur état :

Nature du captage		Etat de fonctionnement	
forages	18	Capté	15
		Abandonné	3
puits	2	Capté	1
		Abandonné	1
sources	7	Capté	1
		Abandonné	5
		<i>Inconnu</i>	1
prise d'eau de surface	1	Capté	1
TOTAL	28	Total abandonné	9
		Total capté	18

Dans l'optique de sélectionner les forages les plus représentatifs pour une surveillance, le bureau d'études GEE concluait de la manière suivante :

« Il n'existe pas de captages proches localisés en aval écoulement du site minier. Les captages présentant un réel intérêt pour la surveillance des nappes profondes sont ceux des formations autuniennes et éventuellement cambriennes. Seul, le forage de Mas Delon et de Rabejac (commune de le Puech), tous deux actuellement abandonnés en raison des problèmes d'arsenic, réunissent les critères les plus intéressants (proximité, situation aval, contexte géologique).

Tous les autres captages du bassin permien, exploitent des eaux des formations saxoniennes (ou/et des basaltes) et ne présentent qu'un intérêt limité compte tenu de leur éloignement et de leur contexte géologique. Par ailleurs, nombre de ces captages sont abandonnés ou vont l'être, en raison des problèmes d'arsenic. Les seuls captages en activité et les mieux localisés sont :

- *le captage du camping Vailhès, situé à une distance d'environ 3 km du site (mais il devrait être abandonné prochainement);*
- *le captage du Mas Audran (1 forage), situé à une distance d'environ 6 km du site.*

A notre avis, l'eau de ces 2 forages ne présente aucune liaison avec les eaux du site minier. Toutefois, ce sont les seuls captages encore en activité qui exploitent l'eau des formations permiennes en aval du site.

Pour les captages exploitant les eaux des alluvions de la Lergue, celui le plus vulnérable nous paraît être le forage de Cambou (AEP de Ceyras). Il se situe à environ 12 km du site minier (c'est aussi le plus proche). Par ailleurs, si on considère le débit d'exploitation comme critère de sélection, ce sont les deux captages de Clermont qui sollicitent le plus la nappe alluviale. Par conséquent, l'un de ces ouvrages pourrait également être retenu pour la surveillance.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 32/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Points de surveillance proposés :

- *Contexte Saxonien (intérêt très limité) :*
 - *Forage du camping Vailhès (sauf si son abandon prochaine se confirme)*
 - *Forage du Mas Audran*
- *Contexte alluvionnaire :*
 - *Forage de Cambou*
 - *Forage de l'Aveyro ou forage du Mas de Marre (voir avec la DDASS lequel est le plus productif et aussi le plus vulnérable en fonction des études hydrogéologiques faites sur ces forages et également des analyses chimiques) »*

En conséquence, AREVA a proposé et surveille les eaux des 4 captages suivants :

Nom du captage	Maitre d'ouvrage	Géologie	Observations
Forage MAS AUDRAN	AEP MAS AUDRAN	Saxonien	140 m de profondeur Présence d'arsenic
Forage CAMBOU	AEP CEYRAS	Alluvions récentes de La Lergue	/
Forage MAS DE MARRE	AEP CLERMONT	Alluvions récentes de La Lergue	/
Forage LES RIVIERES	AEP BRIGNAC	Alluvions récentes de La Lergue	/

En parallèle de l'étude précédente, la DRIRE et la DDASS ont demandé une évaluation des risques de transfert potentiels entre l'ancien site minier et les captages AEP situés en aval écoulement du site minier du Bosc. Ainsi, en 2006, AREVA a missionné ANTEA pour la réalisation d'une telle étude (rapport ANTEA n°A 43 628, Octobre 2006 [6]).

Après des rappels sur la géologie et l'hydrogéologie du site minier, ANTEA présente les modalités de gestion des eaux à l'échelle du site. Ces eaux se répartissent en deux catégories :

- **les eaux d'exhaure des mines**, qui proviennent du puits P33, et en situation de pluie exceptionnelle, du puits P37. Ces eaux sont pompées et acheminées jusqu'au bassin 4000 (ou bassin R103) recevant également les eaux du bassin 10000 (ou bassin R101) recueillant les eaux de drains du stockage de résidus. Les eaux sont ensuite dirigées vers la station de traitement (unité de fixation sur résine ou traitement à la chaux). Après traitement, les eaux sont rejetées, via une canalisation enterrée, dans la rivière La Lergue.
- **les eaux d'infiltration au niveau des anciennes mines à ciel ouvert Failles Sud et Failles Centrales contenant les résidus de traitement du minerai** (stockage ICPE). Ces eaux sont recueillies par un système de drains de surface (à l'interface entre les résidus et la couverture stérile) et de drains profonds, (à la base des résidus). Les eaux collectées sont acheminées par deux canalisations jusqu'au bassin 10000, puis vers le bassin 4000. Elles sont ensuite traitées de la même manière que les eaux d'exhaure de la mine.

Un bassin de stockage complémentaire, de 50 000 m³, a été mis en fonctionnement en janvier 2006, afin de recueillir une partie des eaux du bassin 10000 en cas d'épisode pluvieux intense, et écrêter ainsi l'effet de crue.

La description détaillée de la gestion des eaux du site est présentée au chapitre 10.1.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 33/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

ANTEA a ensuite réalisé une caractérisation des situations de débordement. Lors de la rédaction de cette étude (octobre 2006), les situations de débordement connues correspondaient aux « débordements du bassin R101 et du puits P37 [...] lors de certains épisodes pluvieux très intenses, avant la construction du bassin de 50 000 m³. »

« Lors d'un épisode pluvieux intense engendrant un risque de débordement du bassin R101, les eaux du puits P37 débordent en premier, puisque, dans ce cas, le pompage sur ce puits est arrêté (eaux chargées à 4 mg/l) pour privilégier le traitement des eaux du bassin R101 (chargées à 25 mg/l).

Lors du débordement du bassin, les eaux rejoignent par des fossés le ruisseau du Mas d'Alary, puis la Lergue. »

ANTEA a évalué les conséquences de ces débordements :

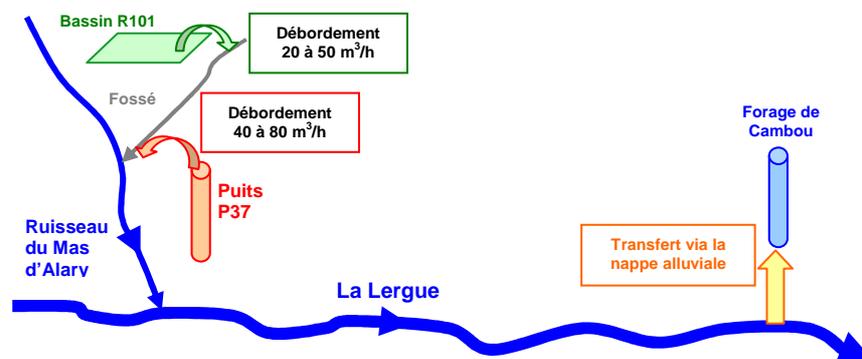
- en réalisant une analyse des conditions de débordement, basée sur une comparaison des données pluviométriques et des épisodes de débordement.
- en effectuant un essai de quantification des débordements, basé sur une comparaison des débits de fuite en pointe des trop-pleins du puits P37 et du bassin R101 (estimés respectivement à 40-80 m³/h et 20-50 m³/h), d'une estimation du débit de pointe d'alimentation du bassin R101 (estimé à environ 200 m³/h) et la capacité de la pompe de relevage du bassin R101 vers le bassin R103 (140 m³/h).

ANTEA a donc retenu, « par approche sécuritaire, l'hypothèse maximaliste de débordement suivante lors de l'évaluation des risques de transfert :

- débordement de 100 m³/h du bassin R101 avec des eaux chargées à 30 mg/l,
- débordement de 100 m³/h du puits P37 avec des eaux chargées à 4 mg/l,
- durée moyenne du débordement : 4 jours ».

Le chapitre de l'étude ANTEA est consacré à l'appréciation des risques de transfert vers l'aval en situation de débordement, qui se décline de la manière suivante :

- **réalisation du schéma conceptuel le plus probable des transferts** vers le captage AEP de Cambou (cf. schéma ci-dessous) :
 - débordement du bassin R101 et du puits P37 dans le ruisseau du Mas d'Alary,
 - écoulement au sein du ruisseau jusqu'à la Lergue sur environ 900 m,
 - écoulement dans la Lergue jusqu'au droit du captage de Cambou (parcours de 12,75 km environ),
 - dilution par les apports des affluents de la Lergue,
 - transfert vers le captage via la nappe alluviale.



BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 34/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- **étude du transfert dans les eaux de surface** (évaluation de la concentration en uranium dans la Lergue au droit du captage AEP), en tenant compte :
 - de différents facteurs d'atténuation tels que : la dilution des concentrations du rejet lors du déversement dans le ruisseau du Mas d'Alary, puis lors de la confluence du ruisseau du Mas d'Alary avec la Lergue et la dispersion cinématique (dans le ruisseau et La Lergue) et par adsorption lors du transfert au sein des alluvions.
 - des caractéristiques des eaux rejetées (débit estimé à 200 m³/h et teneur en uranium de 17 mg/l)
 - du débit de pointe du ruisseau du Mas d'Alary (estimation à partir d'un calcul théorique) et des débits moyens mensuels de La Lergue, enregistrés lors des périodes de débordement survenues sur le site (en 2002, 2003 et 2006).

« La concentration en uranium 238 dans la Lergue au droit du captage AEP serait donc comprise entre 0,006 et 0,06 mg/l »

- **étude du transfert dans les eaux souterraines**, au droit du captage AEP de Cambou (implanté à une centaine de mètres de la rivière La Lergue), au sein des alluvions, en tenant compte :
 - du fait que *« les concentrations parvenant au captage subissent un abattement »* dû à une dilution par les apports de nappe provenant d'autres origines que la rivière (infiltration des eaux de pluies dans les alluvions et apports de coteaux), à la dispersion cinématique au cours du transfert dans les alluvions et à l'adsorption éventuelle sur la matrice des alluvions, induisant un facteur de retard.
 - de la perméabilité moyenne des alluvions ($K \approx 3.10^{-3}$ m/s, obtenue à partir d'un essai de pompage réalisé par le BRGM en 1985) et du temps de transfert entre la Lergue et le captage.

« Ce temps représente l'estimation du temps de parcours de l'eau entre la Lergue et le captage. Les radionucléides, qui interagissent avec la matrice solide des alluvions, migrent moins rapidement que l'eau souterraine dans laquelle ils sont dissous, en raison des phénomènes d'adsorption-désorption avec le milieu aquifère. Le facteur de retard R, qui synthétise ces mécanismes complexes, est couramment considéré de l'ordre de 100 à 1 000 pour l'U238 en contexte alluvial.

Le temps de transfert de l'uranium dans l'aquifère alluvial, entre la Lergue et le captage de Cambou, serait ainsi de l'ordre de 400 à 4 000 jours.

Les phénomènes d'adsorption-désorption subis lors du transfert dans les alluvions induisent un déphasage considérable du transfert de pollution, mais également, là encore, un étalement dans le temps et un écrêtement du pic de concentration. »

- **évaluation de l'incidence sur la qualité des eaux du captage :**

« Compte-tenu du déphasage et de l'atténuation vraisemblablement très importants subis lors du transfert dans les alluvions, il n'apparaît guère réaliste d'estimer les concentrations atteintes dans le captage du Cambou du fait des débordements sur le site AREVA.

Il est probable que la variabilité des concentrations dans les captages AEP soit atténuée, étant donnée les temps de transfert, et les phénomènes de dispersion cinématique et par adsorption-désorption. »

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 35/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

En conclusion de l'étude « *Évaluation des risques de transfert entre l'ancien site minier et les captages AEP en aval écoulement* » [6], ANTEA précise :

« *L'incidence des débordements exceptionnels du site AREVA de Lodève, survenant lors d'épisodes pluviométriques intenses, sur les captages AEP de la Lergue, à Ceyras, a été évaluée selon une approche simplifiée menée dans une optique sécuritaire.*

[...]

Seules les dilutions ont été prises en compte comme phénomènes d'atténuation des concentrations dans la rivière. Cette approche est donc sécuritaire car elle ne tient pas compte des autres facteurs induisant une réduction des concentrations.

La concentration théorique obtenue dans la Lergue au droit du captage de Ceyras est ainsi de 0,006 à 0,06 mg/l, soit une activité comprise entre 0,007 et 0,7 Bq/l.

Le transfert entre la Lergue et le captage AEP de Cambou, alimentant Ceyras, induit pour sa part un très fort retard, du fait des phénomènes d'adsorption de l'uranium sur la matrice solide des alluvions. Ce temps de transfert au sein de l'aquifère est ainsi estimé à plus d'une année.

Il ressort donc de cette analyse que les conséquences des débordements ponctuels sur le site AREVA se trouvent de toute évidence écrêtées et lissées au droit des captages aval, le facteur essentiel du ralentissement du transfert étant le transport au sein de la nappe alluviale.

On peut donc supposer que la variabilité des concentrations dans la Lergue, notamment en période de débordement exceptionnel sur le site, est donc déphasée et atténuée au droit du captage. »

LES SDAGE ET SAGE

Le bassin versant, concerné par ce bilan environnemental, appartient au bassin Rhône-Méditerranée, qui est soumis à un Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) [7]. Le SDAGE 2010-2015 définit huit orientations fondamentales :

- « *Prévention : privilégier la prévention et les interventions à la source pour plus d'efficacité ;*
- *Non dégradation : concrétiser la mise en œuvre du principe de non dégradation des milieux aquatiques ;*
- *Vision sociale et économique : intégrer les dimensions sociale et économique dans la mise en œuvre des objectifs environnementaux ;*
- *Gestion locale et aménagement du territoire : organiser la synergie des acteurs pour la mise en œuvre de véritables projets territoriaux de développement durable ;*
- *Pollutions : lutter contre les pollutions, en mettant la priorité sur les pollutions toxiques et la protection de la santé ;*
- *Des milieux fonctionnels : préserver et développer les fonctionnalités naturelles des bassins et des milieux aquatiques ;*
- *Partage de la ressource : atteindre et pérenniser l'équilibre quantitatif en améliorant le partage de la ressource en eau et en anticipant l'avenir ;*
- *Gestion des inondations : gérer les risques d'inondation en tenant compte du fonctionnement naturel des cours d'eau »*

et les objectifs environnementaux suivants (objectif global en 2015) :

- « *66 % des eaux superficielles en bon état écologique :*
 - *Cours d'eau : 61 %*
 - *Plans d'eau : 82 %*

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 36/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- *Eaux côtières : 81 %*
- *Eaux de transition (lagunes) : 47 %*
- *82 % des eaux souterraines en bon état écologique ».*

De plus, sur l'ensemble du département, il existe des Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) [8], dont les objectifs sont en adéquation avec le SDAGE Rhône-Méditerranée. Le secteur visé par le présent bilan environnemental est intégré au SAGE « Hérault » qui comprend 4 orientations stratégiques :

- *« Mettre en œuvre une gestion quantitative durable permettant de satisfaire les usages et les milieux ;*
- *Maintenir ou restaurer la qualité de la ressource et des milieux pour permettre l'expression de leur potentialité biologique et leur compatibilité avec les usages ;*
- *Limiter et mieux gérer le risque inondation ;*
- *Développer l'action concertée et améliorer l'information. »*

2.5 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

2.5.1 Généralités

Le rapport « Description des aquifères du département de l'Hérault » rédigé par le BRGM [9], identifie six entités hydrogéologiques (nature d'aquifère) sur le département :

- les aquifères de socle, correspondant aux terrains antécambriens et primaires présents à l'Ouest du département. Ces masses d'eau sont localisées dans un horizon altéré discontinu reposant sur un substratum plus ou moins fracturé, dont l'ensemble constitue un horizon perméable en grand mais à perméabilité fortement variable localement.
- les aquifères alluviaux, correspondant aux alluvions récentes ou anciennes, en liaison avec un cours d'eau comme La Lergue ou l'Hérault.
- les aquifères karstiques, correspondant aux formations calcaires potentiellement karstifiées, qui couvrent près d'un tiers de la superficie du département. Les principaux réservoirs karstiques sont situés au Nord du bassin de Lodève (système aquifère associé au plateau du Causse du Larzac Sud) ou au Sud-Ouest de Montpellier (aquifère du pli de Montpellier).
- les aquifères sédimentaires non karstiques, dont les plus importants sont localisés au centre et au Sud du département : les sables astiens de la région d'Agde-Valras, l'ensemble marnes, calcaires et molasses du Bas Languedoc (sud du bassin versant de l'Hérault).
- les aquifères volcaniques, correspondant à des formations basaltiques de superficie limitée et constituant de petits réservoirs.
- les aquifères hétérogènes et complexes (aquifères présentant des caractéristiques de type karstique ou de socle, voire localement des horizons imperméables). Ces aquifères sont localisés à l'Ouest du département (formations de l'arc de Saint-Chinian, du Minervois, de Pardailhan ou des Monts de Faugères).

La carte de la figure 4 présente les grands systèmes aquifères du département de l'Hérault, décrit précédemment.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 37/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

2.5.2 Hydrogéologie du Bassin de Lodève

Concernant les formations géologiques constituant le bassin de Lodève, l'ensemble des études hydrogéologiques réalisées distinguent deux grands systèmes aquifères superposés : l'aquifère Autunien reposant sur l'aquifère Cambrien.

Il est à noter que le Saxonien constitué majoritairement de terrains imperméables (argilites rouges) présente des niveaux gréseux de faible épaisseur, pouvant constituer de faibles réserves d'eau dont les captages présentent de débits de l'ordre de $2\text{m}^3/\text{h}$ (Source : BRGM, notice de la carte géologique au $1/50000^{\text{e}}$, n°989 – Lodève). Les formations du Saxonien peuvent également présenter de bonnes perméabilités de fractures, créant ainsi des réserves exploitables plus ou moins en relation avec les terrains sous-jacents (Source : site internet « L'eau dans le bassin Rhône-Méditerranée » : [http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/.](http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/))

L'AQUIFERE AUTUNIEN [10] ET [11]

L'aquifère autunien est composé de deux ensembles aquifères distincts :

- **les formations multicouches grésopélitiques** (ensemble d'Usclas, du Loiras, du Mas d'Alary et du Viala) présentant une productivité globale médiocre : seuls les bancs gréseux et grésodolomitiques sont potentiellement aquifères mais fournissent des débits modestes (faible porosité de matrice due à la granulométrie fine de cet ensemble).

Les eaux sont généralement captives et l'alimentation de ces formations est directement assurée par l'infiltration des eaux météoriques mais également par l'aquifère sous pression du Cambrien sous-jacent.

Le réseau de failles N-S contribue également à la circulation d'eau souterraine au sein de ces formations. Les failles E-W créent également des zones favorables à l'écoulement.

La transmissivité de cet ensemble est de l'ordre de $5.10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$.

- **le conglomérat de base autunien**, en relation directe avec les formations cambriennes sous-jacentes. L'ensemble « Conglomérat autunien / Cambrien » est souvent considéré comme un aquifère unique et captif sous les formations moins perméables de l'Autunien.

Le conglomérat joue le rôle de drain de l'immense réservoir cambrien. Karstifié et présentant une perméabilité de fissures relativement homogène à l'échelle décamétrique, il constitue un aquifère discontinu à plus grande échelle, du fait qu'il occupe d'anciens chenaux correspondant aux paléo-vallées cambriennes.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 38/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

L'AQUIFERE CAMBRIEN [10] ET [11]

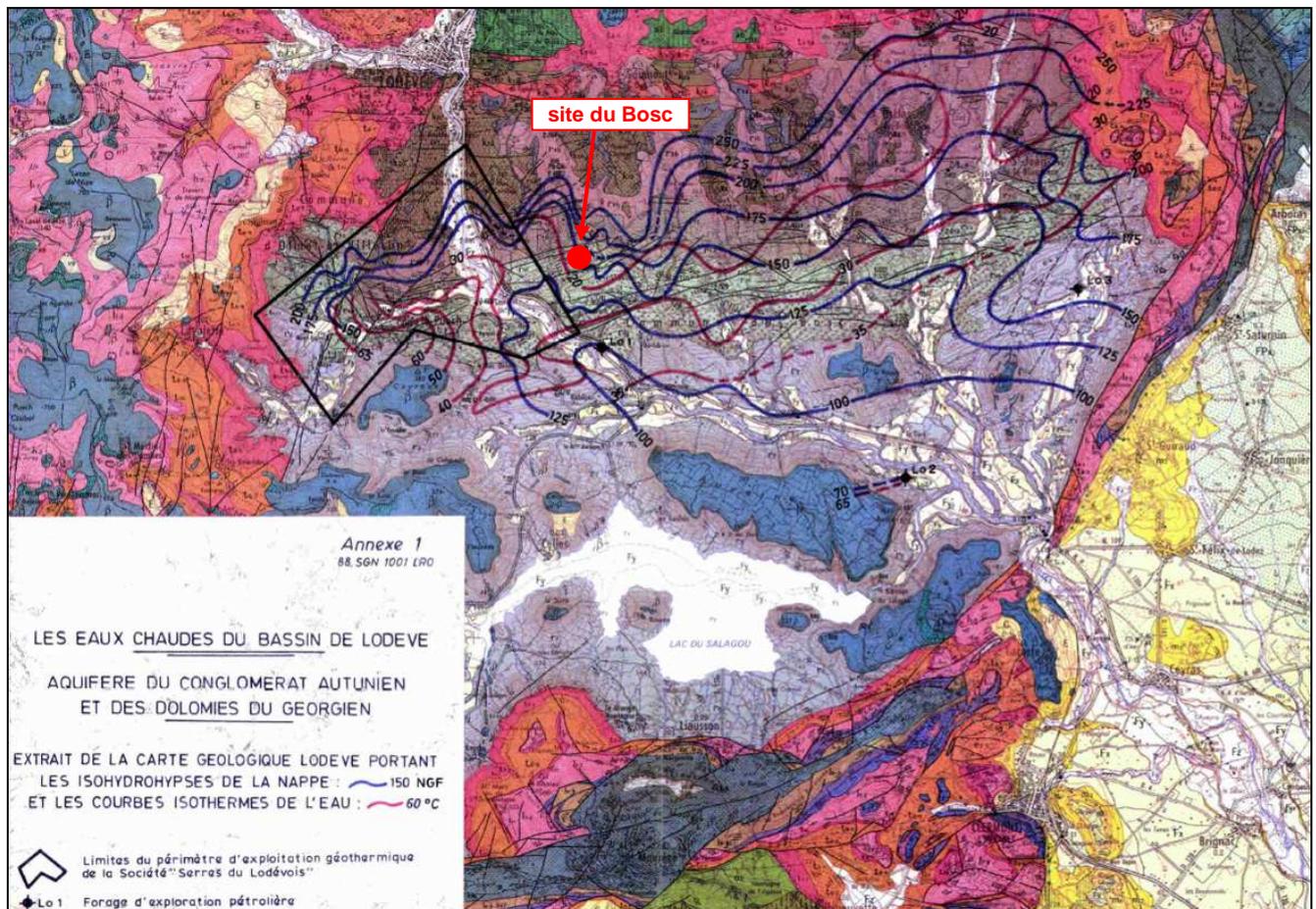
L'aquifère cambrien, dont les formations atteignent environ 1000 m d'épaisseur, présente des caractéristiques hydrauliques variables et fortement dépendantes des différents faciès géologiques du Cambrien :

- les faciès carbonatés sont potentiellement karstifiés, donc favorables aux écoulements. La karstification, plus ou moins poussée selon les secteurs, s'est développée au gré des failles créées lors des différentes phases tectoniques (distension permienne et compression pyrénéenne).
- les horizons schisteux, moins perméables.

La perméabilité du réservoir cambrien dépend donc de la nature des horizons (schistes ou dolomies), de leur fracturation et du chimisme des eaux. La transmissivité du Cambrien est très variable autour de $3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

DIRECTION DES ECOULEMENTS [10] ET [11]

Concernant l'ensemble aquifère « Cambrien / conglomérat de base autunien », l'écoulement générale des eaux se fait du Nord vers le Sud, à partir de la zone d'affleurement de l'aquifère sur la bordure Nord du bassin, comme le montre la carte suivante :



Source : annexe 1 du rapport BRGM-88 SGN 1001 LRO

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 39/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

La nappe de l'aquifère cambrien présente une continuité hydraulique, les écoulements souterrains y seraient régis par les accidents transversaux (Est-Ouest) qui jouent un rôle de barrage et favorisent le transfert des eaux en profondeur.

L'infiltration des eaux dans la nappe se fait selon deux cheminements préférentiels :

- une circulation horizontale par deux bancs de grès réputés être les plus perméables sur l'ensemble du bassin;
- une circulation verticale par les failles du faisceau du Mas d'Alary Village pouvant jouer un rôle de drain.

En fonction du rôle de ces accidents, soit les eaux sont bloquées dans les niveaux perméables de l'Autunien, soit elles rejoignent rapidement l'aquifère cambrien, pouvant être en charge par rapport à la nappe superficielle.

Concernant l'aquifère autunien, l'alimentation du système aquifère s'effectue au nord à la faveur des affleurements cambriens et autuniens. Il n'existe pas de carte piézométrique spécifique à ces formations, l'écoulement général est dirigé vers la Sud et plus localement vers la Lergue.

Remarque : Au cours de l'exploitation minière, la piézométrie de la nappe autunienne a été très fortement influencée par les travaux miniers souterrains. La nappe a ensuite retrouvé un nouvel état d'équilibre hydrodynamique après ennoyage des travaux miniers jusqu'à une cote moyenne de 128 m NGF (cote pour le pompage dans le puits P33 sur le site du Bosc).

2.5.3 Etude hydrogéologiques et hydrogéochimiques réalisées sur le site minier du Bosc

Concernant le secteur minier de Lodève, plusieurs études hydrogéologiques et hydrogéochimiques ont été effectuées : la liste de ces études est disponible à la figure 5. Seules deux études seront détaillées dans ce bilan environnemental :

- « *Etat hydrogéochimique et évolution prévisionnelle du site des anciennes exploitations d'uranium de Lodève* », rédigée par ARMINES (2010) [10 et annexe 6] Cette étude répond aux prescriptions de l'article 4 de l'arrêté préfectoral du 16 mai 2005 notamment en ce qui concerne l'évolution de la piézométrie et de la qualité des eaux souterraines. Cette étude s'appuie également sur la plupart des études réalisées précédemment.
- « *Site de Lodève (34) - Station de traitement des eaux - Résurgences constatées dans le ruisseau des Tuilières / Recherche de leur origine et propositions de mesures compensatoires* » rédigée par ANTEAGroup (Mars 2012) [11]. Cette étude sera résumée pour partie (origine des résurgences) dans ce chapitre.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 40/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

L'approche mise en œuvre dans cette étude repose sur une synthèse des données documentaires existantes, des études spécifiques aux résidus de traitement des minerais uranifères, et l'acquisition de données provenant :

- des résultats issus de la surveillance environnementale d'AREVA pour la période 1998 à 2011,
- des résultats issus d'une nouvelle campagne de prélèvements hydrogéochimiques réalisée en février 2006 et complétée en août et septembre 2006 pour les piézomètres profonds. Les analyses réalisées sont les suivantes : mesures in situ de T°C, pH, Eh, O₂ dissous, EC et alcalinité totale, et analyses des anions et cations majeurs, de la silice, des métaux (Pb, Zn, Cd, Cu, Fe, Mn, Al, As) et des radioéléments (uranium et radium soluble).

« L'analyse et l'interprétation de ces données ont permis d'identifier les différents termes sources et pôles hydrochimiques et de préciser leurs contributions respectives aux effluents observés aux principaux exutoires du site. »

ARMINES a également utilisée une modélisation thermodynamique afin de :

- *« préciser l'origine des eaux et les interactions contrôlant leur chimisme,*
- *[...] simuler l'évolution des stockages de résidus et de leurs effluents,*
- *et de projeter les effets de cette évolution sur la qualité globale des rejets pour une durée de l'ordre de 150 ans. »*

« L'ensemble de ces résultats a été utilisé pour discuter l'évolution hydrogéochimique prévisionnelle du site et définir un planning d'études et de travaux visant à autoriser à terme un arrêt du traitement des rejets. »

PARTIE 1 : LE SITE DE LODEVE

Cette partie décrit l'historique et les caractéristiques du site du Bosc (exploitation, nature du gisement, des stockages de résidus de traitement du minerai, gestion des eaux, nature des réaménagements, ...) et replace également le site dans son contexte géologique, tectonique. L'ensemble des données est repris dans différents chapitres du présent bilan environnemental.

PARTIE 2 : CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE ET HYDROCHIMIQUE

Les contextes climatique, hydrologique et hydrogéologique du secteur étudié sont respectivement présentés aux chapitres 2.3 – 2.4 et 2.5.2 du présent bilan environnemental.

Une synthèse des données piézométriques issues du réseau de surveillance environnementale du site a été ensuite effectuée depuis l'arrêt de l'exhaure minière en 1997 et dont les principales observations sont les suivantes :

- *« La situation piézométrique du secteur minier est stabilisée depuis 1998, l'amplitude des variations de quelques mètres reflétant la variabilité climatique. Le niveau d'eau dans l'Autunien est contrôlé par le niveau dans les TMS qui représente le point bas hydraulique du système. Le réservoir minier est ainsi alimenté par l'Autunien qu'il draine et probablement dans une moindre mesure par le Cambrien sous jacent qui se trouve en charge sur une partie du secteur. »*
- La comparaison entre les précipitations, les quantités d'eau infiltrée, les débits de pompage dans le réservoir minier a mis en avant que *« le réservoir minier est bien alimenté par le système aquifère mais qu'il est aussi en partie influencé par une composante rapide dépendant de la pluie brute. »*

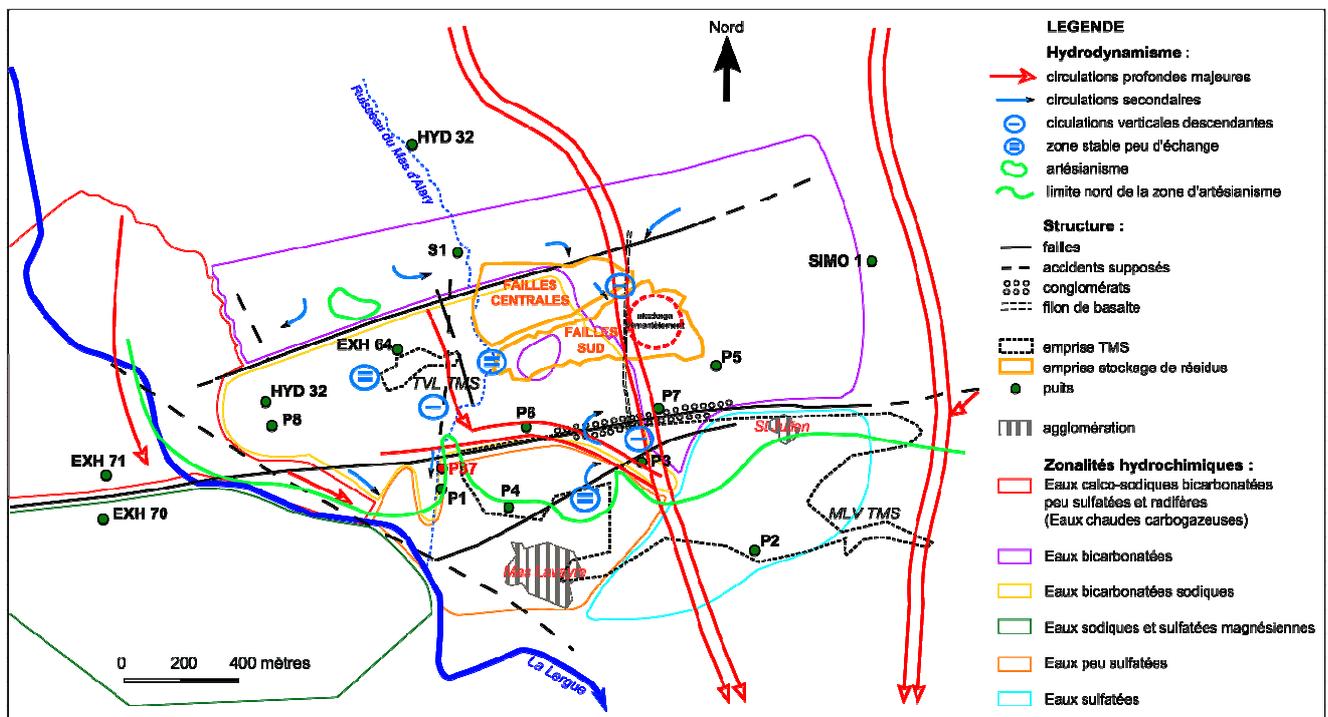
BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 41/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- La comparaison entre les débits rejetés et ceux de la Lergue a permis de calculer le coefficient de dilution des rejets et a mis en avant que « la médiane [des coefficients de dilution] s'élève à 150 et que la dilution a dépassé la valeur 100 pendant 75 % du temps sur la période 1998-2011. »

L'hydrochimie du bassin de Lodève comporte six faciès hydrochimiques sur l'ensemble du bassin :

- **type 1 : eaux bicarbonatées calciques**, peu minéralisées et oxydantes, de pH neutre, avec des pCO₂ de l'ordre de 10⁻² atmosphère, qui sont considérées comme des eaux d'origine superficielle alimentant le réservoir cambrien.
- **type 2 : eaux alcalines bicarbonatées sodiques**, de pH franchement basique (8 à 9,5), faiblement réductrices et assez peu minéralisées (de l'ordre de 200 à 250 mg/l).
- **type 3 : eaux bicarbonatées sodiques** de pH neutre, assez minéralisées (~1 g/l), peu sulfatées, et faiblement oxydantes.
- **type 4 : eaux bicarbonatées sodiques plus riches en sulfate** et plus chargées, mais de type voisin des précédentes.
- **type 5 : eaux bicarbonatées calco-sodiques** plutôt acides (pH 5,7 à 6,5), chaudes (20 à 60°C) et pauvres en sulfate. Les pCO₂ sont élevées (10^{-0,5} à 10^{0,5} atmosphère) et la charge dissoute élevée. Ces eaux « carbo-gazeuses » sont d'origine profonde et sont naturellement radifères (> 1,5 Bq/l).
- **type 6 : eaux fortement chargées, bicarbonatées et sulfatées calco-sodiques** (et magnésiennes).

La répartition initiale de ces différents faciès hydrochimiques sur le site du Bosc a été établie avant la mise en exploitation intensive des gisements uranifères. Elle est présentée sur la figure suivante :



Répartition initiale des différents faciès hydrochimiques (avant exploitation intensive des gisements uranifères)

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 42/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Cette répartition montre un compartimentage des eaux lié au réseau de fractures affectant la série permienne et le substratum cambrien. Concernant l'alimentation du site minier réaménagé, celui-ci ne serait en relation directe qu'avec l'aquifère autunien.

Au sein de celui-ci, se distinguent trois des six faciès hydrochimiques :

- « les eaux bicarbonatées sodiques occupant le secteur des MCO Failles Centrales, Failles Sud et de Tréviels ;
- les eaux bicarbonatées plus ou moins sulfatées de type 3 du compartiment sud dans lequel se sont développées une part importante des travaux miniers souterrains ;
- les eaux chaudes bicarbonatées calco-sodiques (type 5) du secteur ouest qui sont interceptées par les travaux et le travers-banc de Capitoul.

Du fait du compartimentage illustré par la figure [précédente], les autres faciès hydrochimiques ne contribueraient que de façon accessoire à l'alimentation des eaux ennoyant les travaux miniers. »

PARTIE 3 : APPROCHE GEOCHIMIQUE ET THERMODYNAMIQUE

L'étude thermodynamique est basée sur les résultats de la campagne hydrochimique décrite en introduction, et a permis de :

- préciser les caractéristiques chimiques et radiologiques, ainsi que l'origine des eaux prélevées (eaux souterraines naturelles, eaux des résidus de traitement du minerai, effluents et rejets)
- « mettre en évidence les mécanismes géochimiques permettant d'expliquer les variations de concentrations observées aux différents exutoires du site ».

Concernant les eaux souterraines naturelles, l'étude a mis en évidence que la zonalité réelle des eaux diffère légèrement du compartimentage observé avant l'exploitation intensive des gisements d'uranium (cf. tableau ci-après), « soit que les données utilisées à l'époque n'aient pas permis une définition très précise de ce compartimentage hydrochimique, soit que le nouvel état d'équilibre hydrodynamique établi après la fin de l'exploitation minière en ait partiellement modifié les limites.

On retiendra surtout le fait que les eaux souterraines du secteur des TMS relèvent essentiellement du type 3 représenté par les ouvrages P6 et HYD34 en particulier. Nous considérerons pour la suite que P6 est la référence pour l'eau souterraine naturelle de l'Autunien. »

COMPARAISON DES FACIES HYDROCHIMIQUES AVANT TRAVAUX MINIERES ET APRES REAMENAGEMENT			
Désignation	Situation	Classification initiale (avant travaux)	Faciès hydrochimiques (site réaménagé)
SIMO 1	Carreau	Type 1	Bicarbonaté Ca
LS1	Cambr. N	Type 1	Bicarbonaté Mg-Ca
LP3	Cambr. S	Type 1	Bicarbonaté Mg-Ca
P1	Aval site	Type (3)	Bicarbonaté Na
P6	Sud MCO	Type 3 (2)	Bicarbonaté Na
P4	Aval site	Type 3	Bicarbonaté Na
HYD 34	Cambr. W	Type 3 (2)	Bicarbonaté Na
P2	SE site	Type 3-4 (4)	Bicarbonaté Na
P7	Sud MCO	Type 4 (1)	Bicarbonaté Sulfaté Na
EXH 70	Capitoul S	Type 5 (6)	Bicarbonaté Na-Ca
EXH 71	Capitoul N	Type 5	Bicarbonaté Na-Ca (+ Mg)

Concernant la caractérisation des eaux émises par les stockages de résidus Failles Centrales et Failles Sud, ARMINES s'est intéressé successivement aux eaux interstitielles des résidus, aux eaux du piézomètre (FS) implanté sur le stockage Failles Sud et aux eaux des drains des deux stockages.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 43/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Leurs principales caractéristiques sont présentées dans le tableau suivant :

Eaux interstitielles des résidus	Résidus « récents » (> à 18 - 20 m)	→ eaux à dominante bicarbonatées sodiques → charge dissoute ≈ 27 g/l → concentration en arsenic plus importante
	Discontinuité nette de chimisme entre 18 et 20 m de profondeur, attribuable à la modification du procédé de traitement du minerai en usine survenue en 1984	
	Résidus « anciens » (< à 18 - 20 m)	→ eaux de type sulfaté sodique franc → charge dissoute ≈ 37 g/l → charge en métaux dissous plus importante notamment pour Mn, Mo, Ni
Eaux du piézomètre FS	Eaux à charge dissoute très élevée, de type chimique bicarbonaté (accessoirement sulfaté) sodique, assez oxydantes, nettement basiques. « En période sèche, les eaux du piézomètre FS s'approchent de l'équilibre thermodynamique avec la phase solide des résidus, leur minéralisation augmente, leur concentration en uranium et leur pH s'élèvent, pour se rapprocher du chimisme de l'eau interstitielle du cœur des résidus telle que celle obtenue par pressage. Lors d'un fort événement pluvieux, le piézomètre Failles Sud enregistre un apport d'eaux d'origine météorique très faiblement minéralisées, à tendance plutôt acide (pH des eaux de pluie entre 6 et 6,5), qui font retomber les concentrations et le pH. »	
Eaux des drains des stockages	Eaux relativement minéralisées avec : – un pH plutôt basique (8 – 8,5 pour Failles Sud et 7 pour Failles Centrales), – des concentrations en SO_4^{2-} de l'ordre de 900 mg/l pour Failles Centrales et de 1900 mg/l pour Failles Sud, – des concentrations en HCO_3^- de l'ordre de 400 mg/l pour Failles Centrales et de 180 mg/l pour Failles Sud, – des conductivités de l'ordre de 1800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour Failles Centrales et de 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour Failles Sud.	

Les principales caractéristiques des eaux des effluents et du rejet sont reprises dans le tableau suivant :

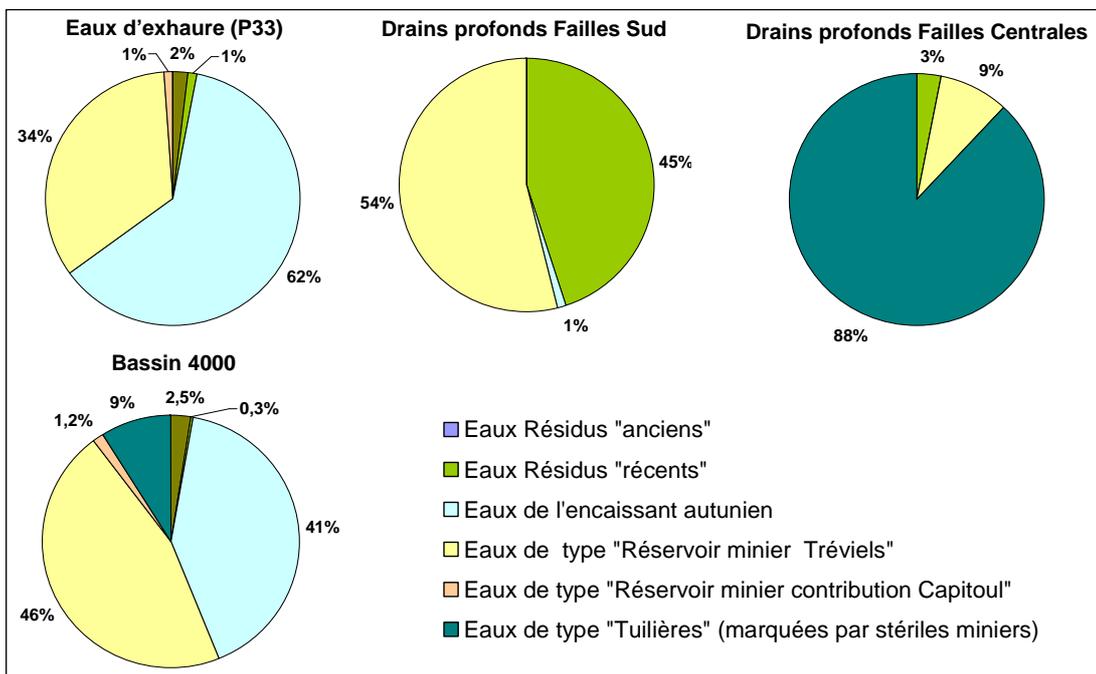
Eaux de l'ancien lit du ruisseau des Tuilières	Eaux de ruissellement rejoignant l'ancien lit du ruisseau, et amenées à percoler dans les stériles miniers, au Nord de Failles Centrales. « Eaux à tendance alcaline assez fortement minéralisées, plutôt oxydantes, de type bicarbonaté sulfaté calco-magnésien. L'eau est proche de l'équilibre avec la dolomite, l'hématite, la montmorillonite, qui sont les constituants de la série autunienne encaissante. Les concentrations en métaux, en uranium et en radium ne s'écartent pas des valeurs de fond observées dans les eaux naturelles ».
Eaux des travaux miniers souterrains	Quartier de Tréviels : Eaux modérément alcalines, plutôt réductrices, à charge dissoute modérée, de type bicarbonaté et sulfaté sodique et magnésien, très proches des eaux souterraines naturelles bicarbonaté sodique de type 2 à quelques détails près : – une concentration plus élevée en sulfate qui augmente la conductivité et la charge totale dissoute, et modifie légèrement le faciès hydrochimique ; – des concentrations un peu plus élevées en Na, Mg, et Mn ; – une élévation modérée des concentrations en uranium et en radium dissous. Ces modifications résulteraient « d'un phénomène limité de drainage acide (réaction avec les phases sulfurées et uranifères du minerai) intervenant dans le réservoir minier sous l'effet de circulations d'eaux oxydantes d'origine superficielle. » Eaux d'exhaure (TMS Mas Lavayre – Puits P33 et P37) : Eaux à pH proche de la neutralité, à charge dissoute plutôt élevée, de type bicarbonaté et sulfaté calco-sodique à sodique. Eaux P33 : proche de l'équilibre avec les constituants majeurs de l'encaissant autunien (dolomite, hématite et smectite), mais aussi de la dawsonite (un des constituants des résidus de traitement) couplée à une composante sulfatée et des concentrations en uranium et en radium dissous relativement élevées ⇒ indice d'une contribution des résidus à l'alimentation du réservoir minier. Eaux P37 : moins minéralisée et moins marquée, mais plus riche en radium dissous : le secteur du P37 est préférentiellement alimenté par les eaux radifères du secteur Capitoul du fait l'exhaure est assurée par le P33 qui intercepte l'essentiel des écoulements provenant des stockages de résidus.
Eaux des bassins	Bassin 4000 : Eaux « globalement proche (type chimique, concentrations en U et Ra, etc.) de l'eau de l'exhaure mine P33, ce qui indique qu'au moment où la campagne a été réalisée, les eaux d'exhaure constituaient probablement l'essentiel de l'alimentation de ce bassin. » Bassin 10 000 : Eaux « de type chimique apparemment identique, de conductivité et de charge totale dissoute voisines, mais de pH plus alcalin et de fugacité de CO_2 nettement plus faible que l'eau B4000. Elle s'en distingue aussi par des concentrations plus faibles en potassium, en manganèse, en radium, et plus élevées en magnésium et en uranium qui résultent vraisemblablement de la contribution des eaux des drains profonds Failles Sud et Failles Centrales parvenant à ce bassin. »
Eaux du rejet	« Eaux de type chimique mixte, sulfaté bicarbonaté sodique et calco-magnésien, de caractéristiques en fait très proche de l'eau B4000 représentant l'entrée station. »

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Jun 2013	Page : 44/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Concernant l'eau de la Lergue, celle-ci « (au moins au moment de la campagne) apparaît de type bicarbonaté calco-magnésien, [...]. Elle paraît très semblable dans sa composition aux eaux du Cambrien [...], mais avec une charge totale dissoute environ 2/3 moindre, ce qui pourrait indiquer que l'aquifère cambrien constitue une bonne part de l'alimentation de la rivière en période d'étiage. »

« La comparaison entre les deux prélèvements amont et aval rejet, ne révèle en tout cas aucune différence significative sur aucun des marqueurs potentiels provenant du site (U et Ra, SO_4^{2-} , Na, Ca, TDS), les valeurs étant même plutôt un peu inférieures en aval qu'en amont du point de rejet. On en conclut, qu'à cette date au moins, aucun impact des rejets du site minier n'était détectable sur les eaux de la Lergue. »

Suite à une caractérisation précise des différentes eaux du site, ARMINES a déterminé la contribution des pôles d'eaux dans les principaux effluents du site (P33 : pompage de l'exhaure, drains profonds du stockage et bassin 4000 qui reçoit les eaux du P33 et celles des autres bassins collecteurs du site), à l'aide un modèle mathématique basé sur les teneurs en sulfates, sodium, uranium et radium. Les graphiques suivants présentent l'origine des effluents du site du Bosc :



PARTIE 4 : MODELE DE FONCTIONNEMENT ET EVOLUTION PREVISIONNELLE

« L'estimation prévisionnelle de l'évolution du site et des effluents à traiter a été basée sur l'étude et la modélisation géochimique des termes source « résidus », et la simulation de l'évolution des stockages sous l'effet de la percolation des eaux météoriques. »

ARMINES a réalisé deux types de modélisation : la première dans cas où le fonctionnement du site ne subit pas de perturbations majeures, et la seconde dans le cas de scénarios de fonctionnement en situations dégradées ou sous conditions climatiques exceptionnelles.

Concernant l'évolution prévisionnelle de la qualité des effluents, ARMINES conclut de la manière suivante :

« Les deux stockages de résidus de traitement de Failles Centrales et de Failles Sud constituent sans conteste le terme source majeur de pollution du site. Un modèle hydrogéochimique complet des deux types de résidus a pu être construit et validé.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 45/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

L'évolution prévisionnelle des eaux émises par les stockages a été examinée à partir d'une modélisation des transformations de ces termes source sous l'effet de la percolation des eaux météoriques. L'échelle de temps de cette évolution a été grossièrement estimée sur la base des quantités d'eau infiltrées annuellement sur les stockages.

Grâce à ces résultats, on a pu simuler l'évolution probable de la qualité moyenne des eaux émises aux principaux exutoires en termes de charge totale dissoute, de concentration en sulfates et en uranium, et d'activité en radium 226 dissous, en l'absence de modifications majeures du fonctionnement hydrogéologique du site.

Les résultats obtenus indiquent que seule la concentration en uranium dissous devrait encore nécessiter un traitement et une surveillance des eaux pendant une cinquantaine d'années environ. Au-delà, la qualité des eaux devrait se stabiliser à une qualité globale autorisant un rejet sans traitement si ce n'est pour l'uranium dont la concentration pourrait toujours excéder faiblement l'autorisation actuelle de rejet (~ 2 mg/L vs 1,8 mg/L).

Le modèle simplifié utilisé pour ces simulations devra néanmoins être consolidé, et ne permet pas d'autre part de prédire l'effet de modifications importantes des conditions de fonctionnement hydrogéologique du site dues à des aléas climatiques, ou à des conditions dégradées du dispositif de gestion des eaux par exemple.

Un modèle de simulation de fonctionnement du site par transport réactif a été proposé dans ce sens. Nous n'avons toutefois pas dépassé ici le stade de la conception et de la construction du maillage, dans la mesure où les données manquent pour caler et valider un tel modèle.

Les recommandations qui suivent visent à acquérir les données manquantes, à conforter les résultats déjà obtenus, et à optimiser la gestion du site à plus long terme. »

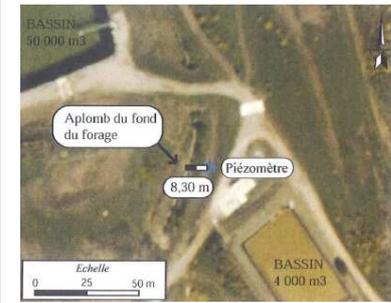
Pour de plus amples détails sur cette étude, il conviendra de se reporter à l'annexe 6 du présent bilan environnemental.

RESURGENCES CONSTATEES DANS LE RUISSEAU DES TUILLIERES / RECHERCHE DE LEUR ORIGINE – ANTEAGROUP [11].

Une partie de cette étude est dédiée à la recherche de l'origine de résurgences observées dans la partie canalisée de l'ancien lit du ruisseau des Tuillères, telles que le montre la carte de la figure 6.

Afin d'apprécier la profondeur et les fluctuations du niveau de la nappe, un piézomètre, de 32 m profondeur et incliné de 15° (soit une profondeur finale de 30,90 m - ramenée à la verticale) a été implanté en bordure du ruisseau.

La carte et le tableau suivants présentent la localisation de l'ouvrage et sa coupe lithologique :

	Profondeur (ml)	Lithologie rencontrée
	0 - 4,90	Pélites rouges
	4,90 - 6,90	Horizon bitumineux de coloration gris-bleu (dolomie)
	6,90 - 10,0	Pélites rouges
	10,0 - 32,0	Horizon bitumineux de coloration gris-bleu (dolomie)

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 46/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Ce piézomètre a fait l'objet d'un suivi en continu (mise en place d'un capteur de pression avec enregistrement, réglé au pas de temps 15 minutes) afin de mieux apprécier les fluctuations de la nappe, et pendant 4 mois (période de recouvrement entre les hautes eaux et les basses eaux). La comparaison entre ce suivi piézométrique et la pluviométrie a permis de mettre en avant que :

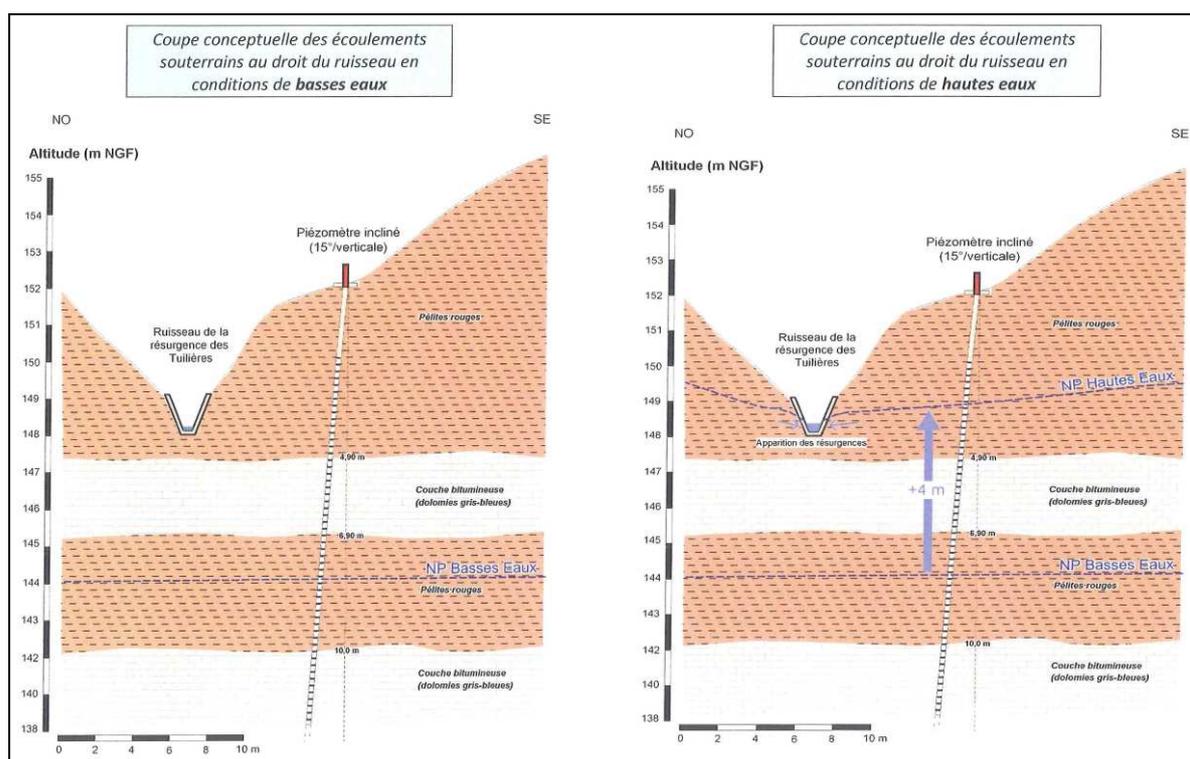
« Lors de la 1ère période sans précipitations du 21 septembre au 23 octobre 2011, les niveaux d'eau fluctuent entre 8,4 et 9,4 m/tube. Pendant cette période (fin de période estivale), le niveau de la nappe semble être caractéristique des conditions de basses eaux.

[...]

Suite à cette première période sans précipitations, le niveau de la nappe est très rapidement remonté d'environ 4 mètres dès les premières pluies (88 mm). Dès cette première phase de recharge importante de l'aquifère, le niveau d'eau reste ensuite haut et relativement stable jusqu'à la fin de la chronique représentant des conditions de hautes eaux.

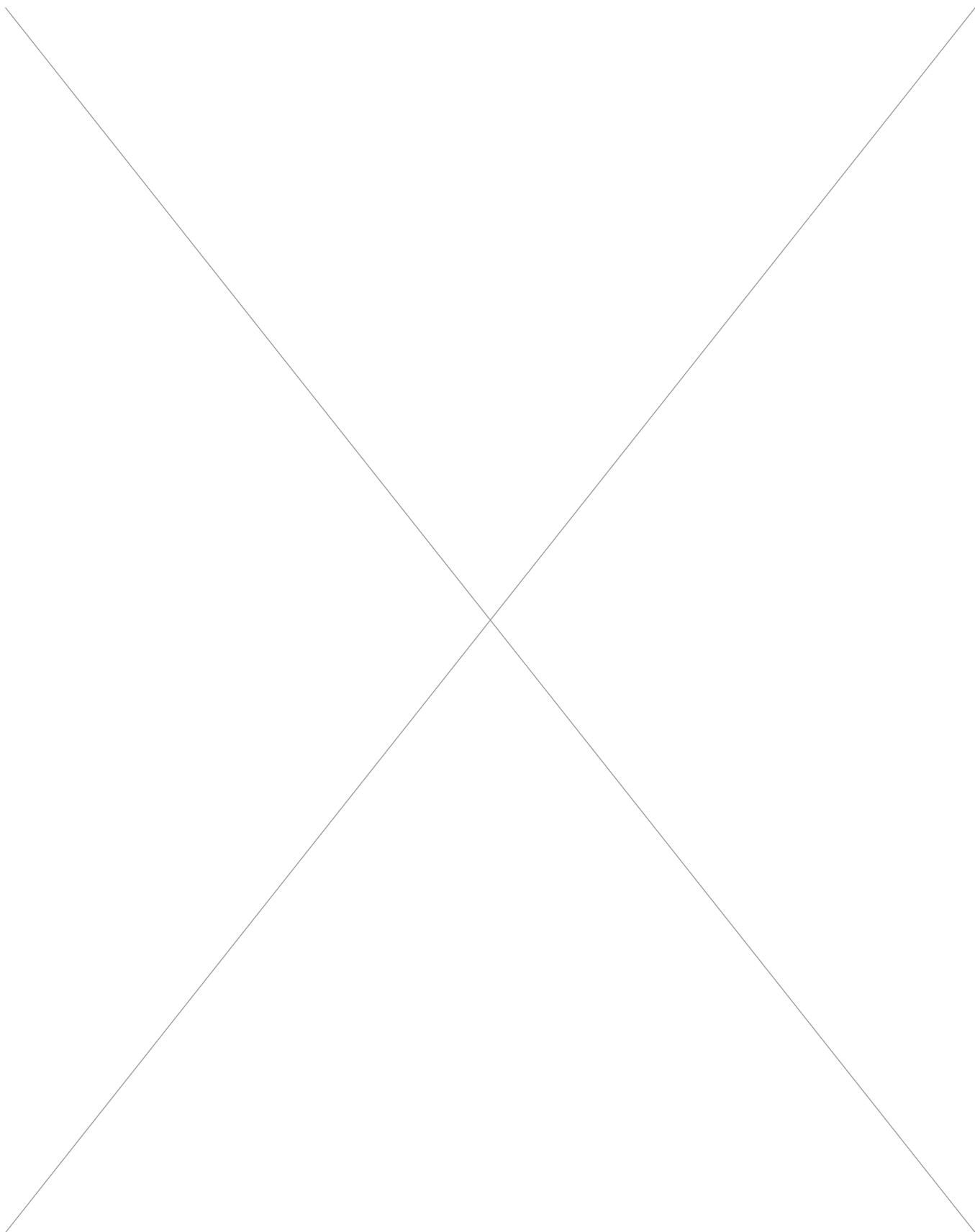
Cependant, malgré les épisodes de pluies successifs et les augmentations du niveau de la nappe se corrélant bien à chaque épisode, le niveau d'eau semble revenir systématiquement à un niveau d'équilibre à la suite de chaque épisode à environ 4,6 m/tube en moyenne. La stabilisation du niveau d'eau dans l'ouvrage semble pouvoir se corrélérer à l'altimétrie de la zone des résurgences apparaissant dans le ruisseau situé à une distance d'environ 8 m du piézomètre. Ceci signifie que la cote de débordement de la nappe à travers les joints béton du caniveau semble bien visible sur le comportement du piézomètre. »

Les schémas suivants présentent une coupe conceptuelle des écoulements souterrains au droit du ruisseau en périodes de basses eaux et de hautes eaux :



Source : Etude ANTEAGroup – Rapport A65601/B – Mars 2012

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 47/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0



BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 48/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

3 CADRE REGLEMENTAIRE

3.1 REGLEMENTATION EN VIGUEUR

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

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

3.1.1 Polices sectorielles

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

LA POLICE DES MINES :

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

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

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

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 49/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Ouverture et exploitation d'un site minier :

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

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

- L'obtention d'un titre minier :
 - Permis exclusif de recherches ou permis d'exploitation¹ (à durée limitée).
 - Concession : avant 1977, les concessions étaient à durée illimitée. Après 1977, la durée d'une concession est limitée à cinquante ans, avec possibilité de prolongations successives, chacune d'une durée inférieure ou égale à vingt-cinq ans.

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

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

- Pour la période de 1909 à 1972 : décret du 14 janvier 1909.
Ont été mis en chantier les TRPC du site de Rabejac.
L'article 6 du décret de police des mines prévoyait qu'avant d'ouvrir une mine, l'exploitant en avertissait l'ingénieur en chef des mines par courrier accompagné de plans et coupes utiles, et d'un mémoire exposant la méthode d'exploitation.
- Pour la période de 1972 à 1980 : décret n°72-645 du 04 juillet 1972.
Ce décret concerne les mines à ciel ouvert de Failles Centrales et Failles Sud, du site du Bosc.
- Pour la période de 1980 à 1995 : décret n°80-330 du 07 mai 1980.
Ce décret concerne les sites de La Plane-Campagnac, Rabejac, Puech Bouissou et pour le site du Bosc : les travaux miniers souterrains de Mas Lavayre et les mines à ciel ouvert de Tréviels (Est, Ouest et T25/27), Sud Failles Sud, Mas d'Alary Village et des Mares (1, 3 et 4-5).

Procédures de fermeture des sites :

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

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

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 50/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

→ Arrêt de l'exploitation avant mai 1980

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

De plus, il est à noter que, comme les travaux d'exploitation et de recherches étaient réalisés dans le cadre d'un permis exclusif de recherches et/ou d'exploitation, la poursuite de ces travaux et par conséquent la prolongation du permis étaient maintenues ou non en fonction de :

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

Le code Minier tel qu'il a été modifié en 1970 apporte des précisions notamment sur l'arrêt des travaux. Ainsi, l'Article L.153-8 du code Minier indiquait : « *Après exécution des travaux, l'exploitant est tenu de remettre dans leur état antérieur les terrains de culture, en rétablissant la couche arable, et la voirie* ».

→ Arrêt de l'exploitation à partir de mai 1980

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

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

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

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 51/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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

Le décret n°95-696 du 9 mai 1995 relatif à l'ouverture des travaux miniers et à la police des mines introduit la procédure actuelle d'arrêt définitif des travaux miniers (Titre VI, Chapitre III). Cette procédure est reprise et décrite dans les articles L.163-1 à L.163-12 du code Minier.

L'exploitant doit alors fournir un dossier dans lequel il présente « *les mesures qu'il envisage de mettre en œuvre pour préserver les intérêts mentionnés à l'article L. 161-1 [du code Minier], pour faire cesser de manière générale les désordres et nuisances de toute nature engendrés par ses activités, pour prévenir les risques de survenance de tels désordres, et pour ménager le cas échéant les possibilités de reprise de l'exploitation* ».

Il dresse également « *le bilan des effets des travaux sur la présence, l'accumulation, l'émergence, le volume, l'écoulement et la qualité des eaux de toute nature, évalue les conséquences de l'arrêt des travaux ou de l'exploitation sur la situation ainsi créée et sur les usages de l'eau et indique les mesures envisagées pour y remédier en tant que de besoin* » (Article L.163-5).

Parmi les intérêts mentionnés à l'article L.161-1 du code Minier on trouve notamment :

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

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

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

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 52/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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

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

Lorsque toutes les conditions et mesures ont été respectées par l'exploitant, un procès verbal de récolement est réalisé par la DRIRE (devenue DREAL), chargée de la police des mines, et le Préfet prend un « deuxième donner acte » constatant la bonne réalisation des mesures. Ces formalités mettent fin à l'exercice de la Police des Mines (article L.163-9 du code Minier).

Toutefois des mesures peuvent encore être prescrites après ce donner acte lorsque des événements imputables aux anciens travaux miniers compromettent les intérêts mentionnés à l'article L161-1 du code Minier et ce tant que le titre minier demeure valide. Le concessionnaire pourra alors demander la renonciation au titre minier. Quand ce dernier n'est plus valide ou a été renoncé, c'est la police municipale de droit commun qui se substitue à la police des mines.

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

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

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

Ce décret fixe donc le cadre réglementaire actuel. Ainsi, la déclaration d'arrêt définitif partiel des travaux et d'utilisation des installations minières du site du Bosc, de décembre 2012, a été rédigée en vue de l'obtention d'un arrêté dit de « 2^{ème} donner acte » dont le cadre est fixé par le décret du 2 juin 2006. Les futurs dossiers d'arrêt définitif des travaux pour le restant du site du Bosc et les autres sites de l'Hérault seront également encadrés par ce décret.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 53/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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

Date de fin d'exploitation	Textes réglementaires	Procédures applicables
Avant mai 1980	Décret du 14 janvier 1909 (modifié en 1970 – Art. 71-2) Décret n° 72-645 du 4 juillet 1972	Courrier à la préfecture Modification du code minier en 1970 précisant : « <i>Après exécution des travaux, l'exploitant est tenu de remettre dans leur état antérieur les terrains de culture, en rétablissant la couche arable, et la voirie.</i> »
Mai 1980 à mai 1995	Décret n°80-330 du 7 mai 1980	Procédures de délaissement et d'abandon
A partir de mai 1995	Décret n°95-696 du 9 mai 1995	Procédure d'arrêt définitif des travaux miniers
A partir de juin 2006	Décret n°2006-649 du 2 juin 2006	Procédure d'arrêt définitif des travaux et d'utilisation d'installations minières et de stockage.

Obligations de l'exploitant après la fermeture des mines :

L'Article L.163-4 du code Minier précise : « *Dans le cas où il n'existe pas de mesures techniques raisonnablement envisageables permettant de prévenir ou faire cesser tout désordre, il incombe à l'explorateur ou à l'exploitant de rechercher si des risques importants susceptibles de mettre en cause la sécurité des biens ou des personnes subsisteront après l'arrêt des travaux. Si de tels risques subsistent, il étudie et présente les mesures, en particulier de surveillance, qu'il estime devoir être poursuivies après la formalité mentionnée au premier alinéa de l'article L. 163-9* ».

La nature des « *risques importants* » évoqués ici est précisée dans l'article L.174-1 du code Minier. Il s'agit uniquement des risques d'affaissement de terrain ou d'accumulation de gaz dangereux. Si de tels risques existent, l'exploitant doit alors mettre en place les équipements nécessaires à leur surveillance et à leur prévention et les exploiter.

LE RGIE : REGLEMENT GENERAL DES INDUSTRIES EXTRACTIVES :

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

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

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 54/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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

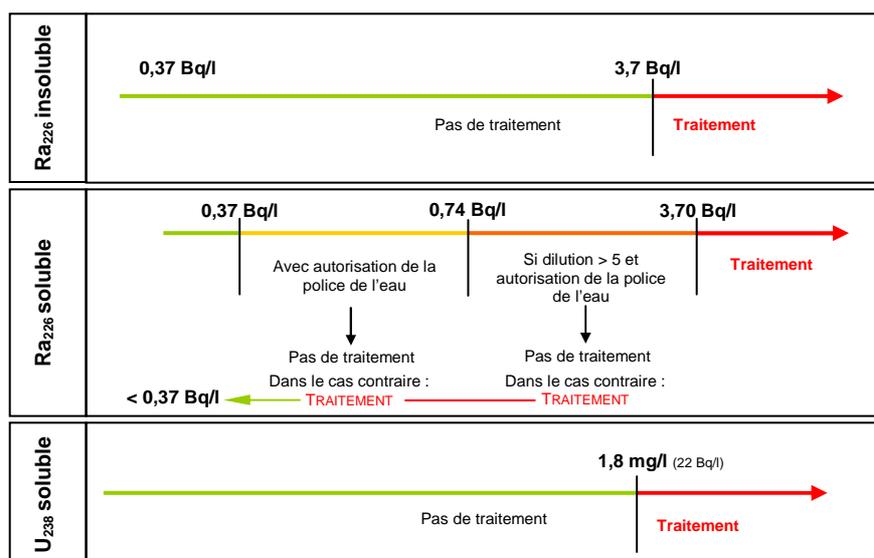
En ce qui concerne les produits solides, de manière très générale, le décret n°90-222 précité dispose que « Les dépôts de minerais et de déchets ayant une teneur en uranium supérieure à 0,03%, de minerais lixiviés, de résidus des opérations de traitement, de produits provenant des bassins de réception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

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

- 3,7 Bq/l pour le radium 226 insoluble,
- 1,8 mg/l (soit 1 800 µg/l ou 22 Bq/l) pour l'uranium 238 soluble,
- pour le radium 226 soluble :
 - 0,37 Bq/l si l'eau doit être traitée, c'est-à-dire si l'eau brute a une concentration en radium 226 soluble supérieure à 0,74 Bq/l,
 - 0,74 Bq/l si la dilution du rejet par le cours d'eau récepteur est inférieure à 5,
 - 0,37 Bq/l si la dilution du rejet par le cours d'eau récepteur est supérieure à 5.

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

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



LA POLICE DES INSTALLATIONS CLASSEES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE) :

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

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

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

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

N°	A - Nomenclature des installation classées		B - Taxe générale sur les activités polluantes		
	Désignation de la rubrique	A, D, S C (1)	Rayon (2)	Capacité de l'activité	Coef.
1700	Substances radioactives (définitions et règles de classement des) Définitions : Les termes « substance radioactive », « activité », « radioactivité », « radionucléide », « source radioactive non scellée » et « source radioactive scellée » sont définis dans l'annexe 13-7 de la première partie du code de la santé publique. Règles de classement : 1° Les opérations visées à la rubrique 1715 font l'objet d'un classement au titre de la présente nomenclature dès lors qu'elles sont mises en œuvre dans un établissement industriel ou commercial, dont une installation au moins est soumise à autorisation au titre d'une autre rubrique de la nomenclature. 2° A chaque radionucléide est associé un « seuil d'exemption » (en Bq), défini en application de l'article L. 1333-4 du code de la santé publique à l'annexe 13-8 de la première partie de ce code. Pour les besoins des présentes règles de classement, la valeur de 1 000 Bq est utilisée pour les radionucléides non mentionnés par les dispositions précédentes. 3° Pour une installation dans laquelle un ou plusieurs radionucléides sont utilisés, le rapport Q (sans dimension) est calculé d'après la formule : $Q = \sum (A_i / A_{exi})$ dans laquelle : A représente l'activité totale (en Bq) du radionucléide i A _{exi} représente le seuil d'exemption en activité du radionucléide i				
1715	Substances radioactives (préparation, fabrication, transformation, conditionnement, utilisation, dépôt, entreposage ou stockage de) sous forme de sources radioactives, scellées ou non scellées à l'exclusion des installations mentionnées à la rubrique 1735, des installations nucléaires de base mentionnées à l'article 28 de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire et des installations nucléaires de base secrètes telles que définies par l'article 6 du décret n° 2001-592 du 5 juillet 2001. 1. La valeur de Q est égale ou supérieure à 10 ⁴ 2. La valeur de Q est égale ou supérieure à 1 et strictement inférieure à 10 ⁴	A D	1	1. Le rapport Q tel que défini au 3°) de la rubrique e 1700 de la nomenclature étant : a) supérieur ou égal à 10 ⁶ b) supérieur ou égal à 10 ⁴	3 1
1735	Substances radioactives (dépôt, entreposage ou stockage de) sous forme de résidus solides de minerai d'uranium, de thorium ou de radium, ainsi que leurs produits de traitement ne contenant pas d'uranium enrichi en isotopes 235 et dont la quantité totale est supérieure à 1 tonne	A	2	La quantité étant supérieure ou égale à 1 tonne	5

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

(2) Rayon d'affichage exprimé en kilomètres

Version 18 - Janvier 2010

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

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

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 56/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Remarque : Le site du Bosc possède un stockage de résidus de traitement de minerais, classé à la rubrique 1735 des ICPE, et une unité de fixation de l'uranium sur résines échangeuses d'ions (Station de traitement des eaux), classée à la rubrique 1715 des ICPE.

3.1.2 Polices transversales

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

LA PROTECTION DE L'EAU :

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

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

et de satisfaire ou concilier les exigences :

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

LA PROTECTION SANITAIRE :

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

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

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

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 57/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS :

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

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

3.1.3 Tableau de synthèse des polices applicables aux sites miniers

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

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

3.2 PLANS D' ACTIONS DE L' ETAT

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

L'article L.542-1-2 du code de l'environnement définit les objectifs du Plan National de Gestion des Matières et des Déchets Radioactifs (PNGMDR) [12] :

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

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 58/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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

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

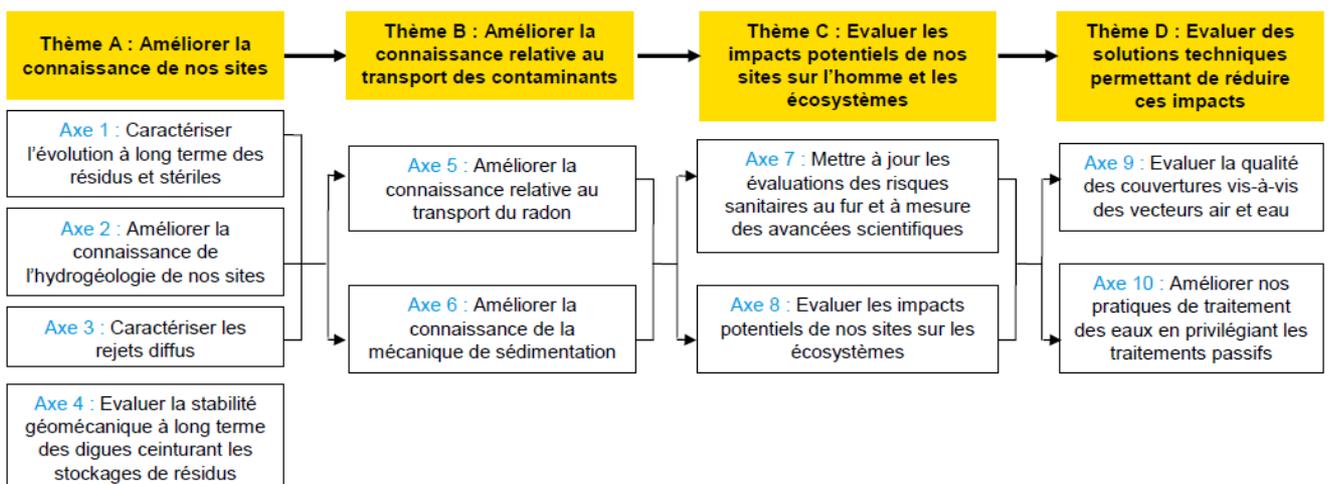
La loi prévoit ainsi, dans son article 4, un programme de recherche et d'études dont les objectifs inclus « un bilan en 2008 de l'impact à long terme des sites de stockage de résidus miniers d'uranium et la mise en œuvre d'un plan de surveillance radiologique renforcée de ces sites ».

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

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

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

Le programme de recherche AREVA réalisé dans le cadre du PNGMDR est schématisé dans la figure ci-après :



BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 59/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

3.2.2 MIMAUSA [13]

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

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

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

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

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

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

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

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

- **AXE 1 : le contrôle des anciens sites miniers** : « *Vérification des dispositions visant, selon les cas à interdire ou limiter l'accès à certains sites et à limiter leur impact sanitaire et environnemental* » (accessibilité des sites (clôtures), réutilisation des stériles, modalités de surveillance de l'environnement, état général des sites, modalités de confinement,...) ;

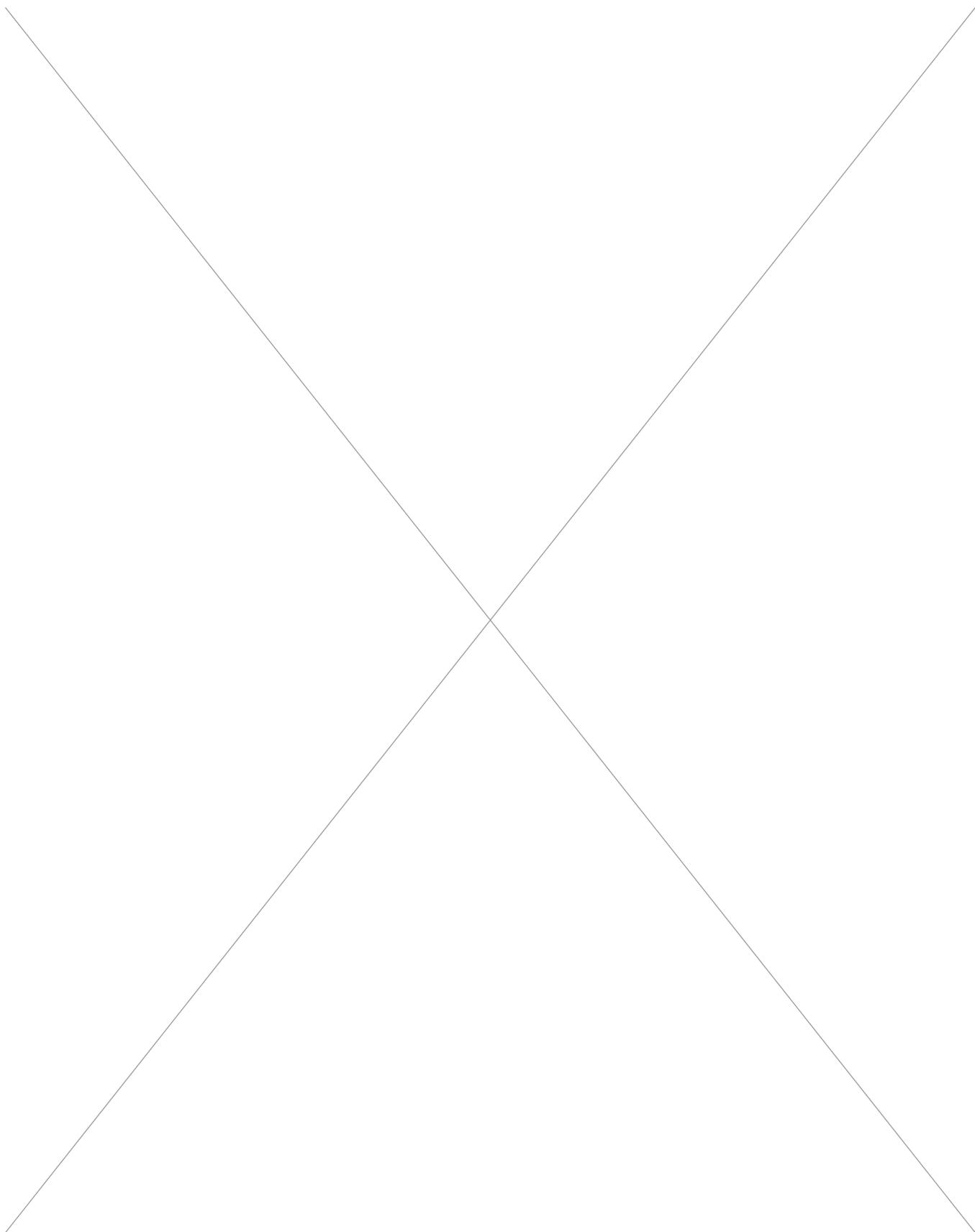
BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 60/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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

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

Le bilan environnemental de l'Hérault, prescrit à AREVA par arrêté préfectoral n° 2010-01-1339 du 15 avril 2010 (Annexe 7), s'inscrit parfaitement dans le cadre de l'axe 2 de cette circulaire.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 61/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0



BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 62/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

4 EXPLOITATION MINIERE ET TRAITEMENT DU MINERAI

4.1 LES METHODES D'EXPLOITATION

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

4.1.1 Les travaux de reconnaissance par petit chantier

Les travaux de reconnaissance par petit chantier sont 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 ou les décapages, consistant principalement à étudier les indices mis en évidence par la prospection de surface et le cas échéant à en extraire les minéralisations (cas du site de La Plane-Campagnac).
- les travaux miniers souterrains de faible ampleur, ayant consisté soit à creuser un puits de faible profondeur (10 à 30 m), accompagné, ou non, d'une galerie de longueur inférieure à une vingtaine de mètres, soit à creuser un travers-banc à flanc de coteau, ou de mine à ciel ouvert, (galerie horizontale ou inclinée pouvant atteindre une centaine de mètres de longueur). Sont concernés par ce type de travaux les chantiers de Rabejac Est, Failles Sud et Failles Centrales, Tréviels Ouest et Mares 1.

4.1.2 Exploitation souterraine

Dans le département de l'Hérault, l'accès aux mines souterraines se faisait par l'intermédiaire de plan incliné d'accès, nommé descenderie, desservant également un réseau de galeries plus ou moins importants. La mine souterraine de Mas Lavayre (site du Bosc) possédait deux descenderies :

- la descenderie A, permettant la circulation du personnel et des engins et constituant l'entrée d'air de la mine ;
- la descenderie B, reliant le niveau le profond de la mine N700 (cote -150 m NGF) à la surface, et équipée d'un convoyeur acheminant le minerai jusqu'à la station de concassage située sur le carreau minier.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 63/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les mines souterraines de Mares 4/5 et du Puech Bouissou ne possédaient qu'une seule descenderie. Le creusement de ces descenderies, qui permettaient l'accès aux chantiers, se faisait sur une section de 16 à 24 m².

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

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

Les différentes méthodes d'exploitation en souterrain utilisées sur les sites miniers héraultais sont les suivantes :

- Pour les chantiers de Mas Lavayre, Capitoul et Tréviels (1975 – 1997) :
 - Creusement de 2 descenderies desservant un réseau de galeries et quartiers de dépilages répartis entre 5 niveaux (N100 à N700), 59 puits d'aérage, 2 puits techniques et 55 sondages techniques (sondages béton).
 - Exploitation réalisée par tranches parallèles descendantes avec mise en place de remblai cimenté et adaptée à la géométrie du gisement (amas, couches et lanières).
- Pour le chantier de Mares 4/5 (1987 – 1994) :
 - Creusement d'une descenderie desservant 3 niveaux principaux (de la cote +183 m NGF à la cote +107 m NGF), de 7 puits d'aérage et 2 sondages techniques (sondages béton).
 - Minéralisation se présentant sous forme de 5 lanières orientées Est-Ouest, avec une extension longitudinale de 500 m et latérale de 150 m. Exploitation des lanières identique à celle de Mas Lavayre.
- Pour le site du Puech Bouissou (1992 – 1994) :
 - Creusement d'une descenderie desservant 1 seul niveau (cote +225 m NGF) et d'un puits d'aérage.
 - Méthode d'exploitation sélective en couche mince sans remblayage.

METHODE D' EXPLOITATION DES AMAS :

Cette méthode était utilisée pour des minéralisations d'une puissance supérieure à 8 m et pouvant atteindre quelques dizaines de mètres.

L'exploitation se faisait par tranches de 4 m entièrement remblayées avec du remblai cimenté, parfois de manière simultanée sur plusieurs sous-niveaux séparés par des stots de roches en place ou de remblais. L'exploitation de chaque tranche était menée par allées parallèles alternées ou parallèles adjacentes, en rabattant vers les accès. Les allées correspondant à deux tranches successives n'étaient jamais exactement superposées et les puits servant de retour d'air et de cheminées de jet étaient reconstitués à chaque tranche pour être réutilisés à la tranche suivante.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 64/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

METHODES D'EXPLOITATION DES COUCHES :

- *Pour des minéralisations dont la puissance était comprise entre 4 et 8 m* : la méthode consistait à exploiter la couche en deux tranches par la méthode utilisée dans le cas des amas ou en une passe de 4 m suivie d'un ou plusieurs défonçages réalisés en foration verticale, la couronne étant protégée par du grillage. Les allées étaient remblayées avec du remblai cimenté, les inter-allées avec du stérile.
- *Pour des minéralisations dont la puissance était comprise entre 3 et 4 m* : l'exploitation des couches s'effectuait par la méthode des allées parallèles alternées ou par la méthode des allées parallèles adjacentes. Les inter-allées pouvaient rester vides ou être remblayées avec du stérile provenant des dépilages.
- *Pour des minéralisations dont la puissance était inférieure à 3 m* : la méthode consistait à exploiter une couche pentée (15°), comprise entre deux allées pilotes distantes de quelques dizaines de mètres, par passes successives de 2 m avec remblayage intégral de l'arrière-taille en aval pendage. Cette méthode avait l'avantage de se prêter de façon satisfaisante au tir sélectif, ce qui permettait d'exploiter des panneaux qui auraient été inexploitable par méthode classique.

METHODE D'EXPLOITATION DES LANIERES :

La méthode d'exploitation des lanières, dont l'extension latérale était limitée à environ 4 m, ne constituait qu'un cas particulier des méthodes d'exploitation précédentes.

4.1.3 Exploitation à ciel ouvert

La 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.

Pour les mines à ciel ouvert du département de l'Hérault, l'exploitation était conditionnée par le pendage des couches (vers le Sud) et la structuration Est-Ouest des failles.

L'exploitation était menée par tranches horizontales. Les sous-gradins étaient généralement de 5 m au minerai, parfois de 10 m en surface. Une hauteur de 15 m était tolérée en fond de fosse, mais jamais au parement Nord susceptible de glisser. Le premier gradin était taluté à 45°. Les banquettes avaient une largeur de 10 m au Nord, 5 m au Sud. Elles étaient susceptibles d'être ultérieurement utilisées comme pistes secondaires. Le fond de fosse était constitué par le mur de la dernière couche exploitée sous la forme d'un glacis à pendage Sud de 15 à 20°. Les pistes avaient une largeur de 8 à 10 m, une pente de 10 %, parfois 15 % en fond de fosse avec un virage à plat.

La direction principale des couches exploitées étant sensiblement Est-Ouest, les gradins importants étaient généralement Nord-Sud, ce qui facilitait la sélectivité à l'exploitation ainsi que le rendement des tirs. Le prédécoupage était systématique en bord de fosse. Il s'effectuait sur gradin à maille 0,8 m à 1 m et permettait la découpe franche du parement.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 65/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

La difficulté de l'exploitation résidait dans la reconnaissance et le contrôle géologique qui nécessitait le radiocarottage de toutes les mines d'abattage et la présence permanente d'ouvriers échantillonneurs sur les fronts minéralisés. Le tri du minerai était réalisé à front à l'aide d'une pelle « rétro ». Le trieur sélectionnait les produits au compteur GMT 3T, en utilisant le plan de tir et les coupes sériées. La radioactivité des camions était ainsi homogénéisée en fonction des différentes classes de minerai.

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

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

Sites miniers	Période d'exploitation	Nom du chantier	Tonnage brut extrait
Site du Bosc	1978-1981	Failles Centrales	3 862 893 t
	1981-1984	Failles Sud	11 546 028 t
	1981-1984	Sud Failles Sud	782 873 t
	1983-1988	Tréviels Est	1 899 310 t
	1985-1988	Tréviels Ouest	2 558 359 t
	1991	Tréviels 25/27	292 965 t
	1984-1992	Mas d'Alary Village	2 377 137 t
	1984 et 1987-1994	Mares 1 et Mares 4/5	335 439 t
	1987-1994	Mares 3	199 190 t
Rabejac	1989-1991	Rabejac Est et Ouest	145 944 t
La Plane-Campagnac	1992-1993	La Plane	335 546 t

4.2 LE TRAITEMENT DU MINERAI

L'ensemble du minerai extrait sur les sites miniers héraultais a été traité à l'usine SIMO du site du Bosc. Cette usine a fonctionné de 1981 à 1997 et réalisait un traitement par voie alcaline (contrairement aux autres usines françaises qui traitaient le minerai par voie acide). Ainsi, plus de 4 millions de tonnes de minerai ont été traitées, pour une production de 12 852 tonnes d'uranium métal.

4.2.1 Procédé de traitement par voie alcaline

Le procédé de traitement par voie alcaline est résumé sur le schéma suivant et comportait quatre grandes étapes, dont la description ci-après est extraite du dossier d'arrêt définitif des travaux du site du Bosc (sous-dossier DIII).

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 66/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

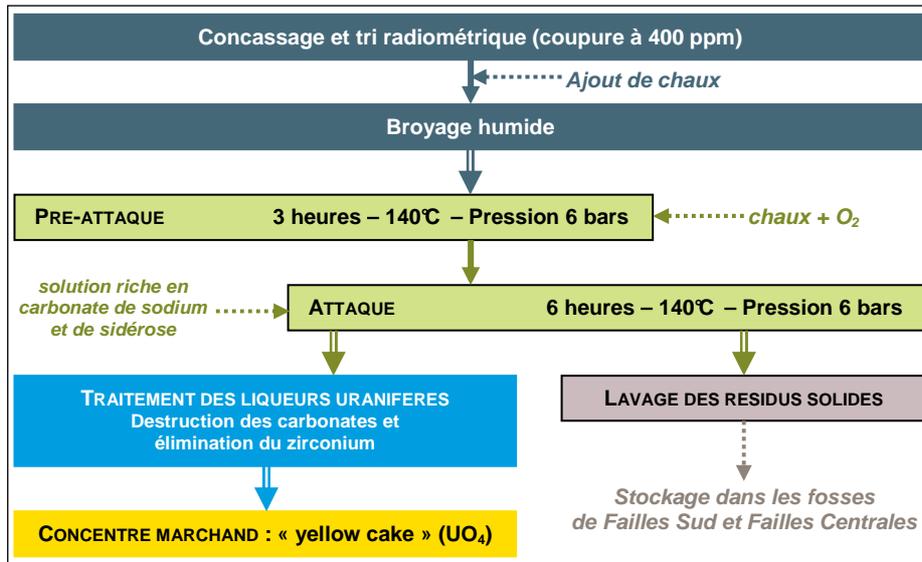


Schéma de principe du traitement alcalin à l'usine SIMO de Lodève

LA PREPARATION MECANIQUE :

- Le concassage

Les minerais livrés par les mines étaient concassés à environ 250 mm. Stockés à l'air libre, ils étaient ensuite repris par un extracteur à socs.

Après criblage, la fraction 30-110 mm était débourbée, puis soumise à un triage radiométrique (coupure 400 ppm). Les cailloux supérieurs à 110 mm étaient réduits par concassage et retournaient au crible. Les cailloux acceptés au triage étaient réduits à 25 mm dans le concasseur giratoire.

Les minerais concassés étaient stockés dans trois silos de 2 100 tonnes chacun, avant d'être transférés au broyage par des transporteurs à bande. A l'entrée du broyeur à barres, un ajout de chaux était effectué.

- Le broyage

Le broyage humide permettait d'obtenir une pulpe dont les particules solides répondaient aux deux critères suivants :

- moins de 5 % de particules supérieures à 160 microns,
- moins de 60 % de particules inférieures à 60 microns.

L'unité de broyage était équipée de deux broyeurs : un broyeur à barres en circuit ouvert, et un broyeur à boulets. Les pulpes sortant des deux broyeurs subissaient un double cyclonage, la sous-verse des cyclones étant recyclée au broyeur à boulets. La pulpe broyée était épaissie dans un décanteur de 25 m de diamètre, puis stockée dans une cuve agitée avant d'être envoyée à l'attaque. La liqueur décantée était recyclée au broyage.

L'ATTAQUE ALCALINE :

Les minerais étaient attaqués en deux temps pour obtenir un rendement de solubilisation élevé et une solution d'uranium qui se prête à un traitement de purification. Il était donc nécessaire de détruire les matières organiques et les sulfures, ces derniers étant transformés en sulfate de sodium.

La première attaque, dite pré-attaque, était réalisée dans six autoclaves en acier inoxydable ; elle durait 3 heures, à 140°C, sous six bars de pression, avec addition de chaux et d'oxygène gazeux comme oxydant. Ensuite, par filtration, on obtenait une solution peu riche en carbonates, appelée liqueur de production, et un gâteau qui était envoyé à l'attaque.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 67/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

L'attaque qui durait six heures, à 140°C, sous six bars de pression, était réalisée avec addition d'une solution riche en carbonate de sodium et de sidérose (catalyseur d'oxydation). Elle se déroulait dans douze autoclaves en acier inoxydable qui étaient, comme pour la pré-attaque, alimentés par des pompes à membrane haute pression.

Des échangeurs spéciaux permettaient de récupérer les calories grâce à un fluide caloporteur (eau surpressée).

LE LAVAGE DES RESIDUS SOLIDES :

Le lavage des minerais après attaque était réalisé sur quatre filtres à bande de 40 m² chacun. Les minerais lavés étaient transportés par bande vers leur stockage, deux anciennes MCO (Failles Sud et Failles Centrales) dont l'exploitation était achevée et qui sont situées à moins de 1 km de l'usine. Les liqueurs de filtration étaient recyclées.

LE TRAITEMENT DES LIQUEURS URANIFERES

Les liqueurs étaient clarifiées par décantation; puis traitées selon les étapes suivantes:

- destruction des carbonates par l'acide sulfurique ;
- précipitation de l'uranium par la soude ;
- décantation du précipité d'hydroxyde d'uranium ;
- reprise par l'acide sulfurique à pH 2,5 ;
- filtration sur filtre rotatif ;
- précipitation de l'uranium par l'eau oxygénée à pH 3 ;
- filtration du peroxyde d'uranium sur filtre à bande et séchage en atomiseur.

4.2.2 Le traitement des effluents pendant l'exploitation

La description suivante est extraite du dossier d'arrêt définitif des travaux du site du Bosc (sous-dossier DIII).

La solution provenant de la précipitation du préconcentré uranifère, riche en sulfate de soude, ne pouvait être rejetée dans le milieu naturel. En conséquence, elle subissait le traitement suivant :

- une clarification par filtre à sable
- une concentration par évaporateur
- une acidification à pH 2,5 de la solution concentrée (350 g/l) par addition d'acide sulfurique
- une précipitation du sulfure de Molybdène par ajout de sulfhydrate de sodium. Filtré puis stocké en bassin, le sulfure de Molybdène généré par l'usine et contenant 450 t de molybdène a été valorisé.
- une fixation des matières organiques par du charbon actif, réutilisé après régénération
- une précipitation de l'uranium résiduel à la soude
- une cristallisation du sulfate de sodium sous dépression. Essoré en centrifugeuse, séché à l'air chaud puis stocké en silos, le sulfate de sodium produit a été commercialisé (230 000 t).

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 68/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

5 PRESENTATION DES SITES MINIERES

5.1 GENERALITES

Les activités minières uranifères du département de l'Hérault comprennent 4 sites d'importance inégale. Les petits sites correspondent à l'exploitation de petits gisements soit par mines à ciel ouvert comme à Rabejac et La Plane-Campagnac, soit par travaux miniers souterrains comme au Puech Bouissou. Le site le plus important est le site du Bosc (également nommé site de Lodève), qui comprenait :

- 10 mines à ciel ouvert d'importance inégale (199 000 à 11 545 000 tonnes brutes extraites),
- des travaux miniers souterrains (au total environ 44 km de galeries ont été creusées),
- une usine de traitement du minerai par voie alcaline (usine SIMO),
- un stockage de résidus de traitement du minerai ;

L'emprise des terrains concernés par les sites miniers héraultais représente une surface totale d'environ 237 hectares, dont 220 hectares pour le site du Bosc.

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

- *La notion de chantier :*

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

- *La notion de site minier :*

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

Le détail de la production (minerai et pseudo minerai, stériles) est présenté sur la figure 7.

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,

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 69/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- 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 720 à 723.

A chaque fiche de site sont rattachées des fiches de chantier. Ces dernières contiennent des informations plus techniques relatives à l'exploitation du chantier et des informations relatives à l'état actuel des sites.

Des planches photographiques, prises au cours des visites effectuées au cours du mois août 2012 également présentées en annexe 2.

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

- l'emprise des terrains occupés par l'exploitation (stériles miniers, plateformes, carreaux, verses, pistes, usine ...),
- 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.

5.2 SITUATION REGLEMENTAIRES DES SITES ET INSTALLATIONS ARRETEES

5.2.1 Titres miniers

L'exploitation des sites miniers héraultais s'est déroulée de 1975 à 1997 à l'intérieur du périmètre de la « concession du Lodévois », octroyée par décret du 09/09/1966 au profit du CEA, puis mutée à COGEMA par décret du 26/10/1977. L'échéance de cette concession est fixée au 31/12/2018. L'emprise de cette concession figure sur l'annexe 3.1.

Seuls les travaux de reconnaissance par petit chantier du site de Rabejac (1959 à 1961) ont été exploités dans le périmètre du « permis de recherche du Puech », octroyé par décret du 13/03/1959 au profit du CEA et prolongé par décret du 26/07/1962.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 70/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

5.2.2 Situation administrative relative à la fermeture des sites

Le tableau suivant récapitule la situation administrative relative à la fermeture de l'ensemble des sites miniers de l'Hérault :

Sites miniers	Procédures	Actes administratifs	Surveillance réglementaire	Servitudes
Le Bosc	Arrêt définitif des travaux miniers et de cessation d'utilisation d'installations classées	Arrêté préfectoral n°2004-I-332 du 16/04/2004 <i>(prend acte de la déclaration)</i> Arrêté préfectoral n°2005-I-1111 du 16/05/2005 <i>(1^{er} donner acte)</i> Arrêté préfectoral n°2007-01-131 du 23/01/2007 <i>(modifiant le paragraphe 4 de l'article 8 de l'AP du 16/02/2004)</i>	OUI	OUI
Rabejac	Arrêt définitif des travaux et d'utilisation des installations minières	Arrêté préfectoral n°2000-I-1478 du 29/05/2000 <i>(1^{er} donner acte)</i>	NON	NON
La Plane-Campagnac	Arrêt définitif des travaux et d'utilisation des installations minières	Arrêté préfectoral n°2000-I-1477 du 29/05/2000 <i>(1^{er} donner acte)</i>	NON	NON
Puech Bouissou	Arrêt définitif des travaux et d'utilisation des installations minières	Arrêté préfectoral n°2000-I-1024 du 13/04/2000 <i>(1^{er} donner acte)</i>	NON	NON

Concernant le site minier du Bosc, un dossier d'arrêt définitif partiel des travaux et d'utilisation des installations minières, concernant des parcelles localisées hors du périmètre ICPE, a été transmis en décembre 2012 aux Services de l'Etat en vue de l'obtention d'un arrêté préfectoral de « 2^{ème} donner acte ». L'arrêté préfectoral n°2013-01-549 du 18 mars 2013 prend acte cette déclaration.

5.3 SITES MINIERES ET BASSIN VERSANT

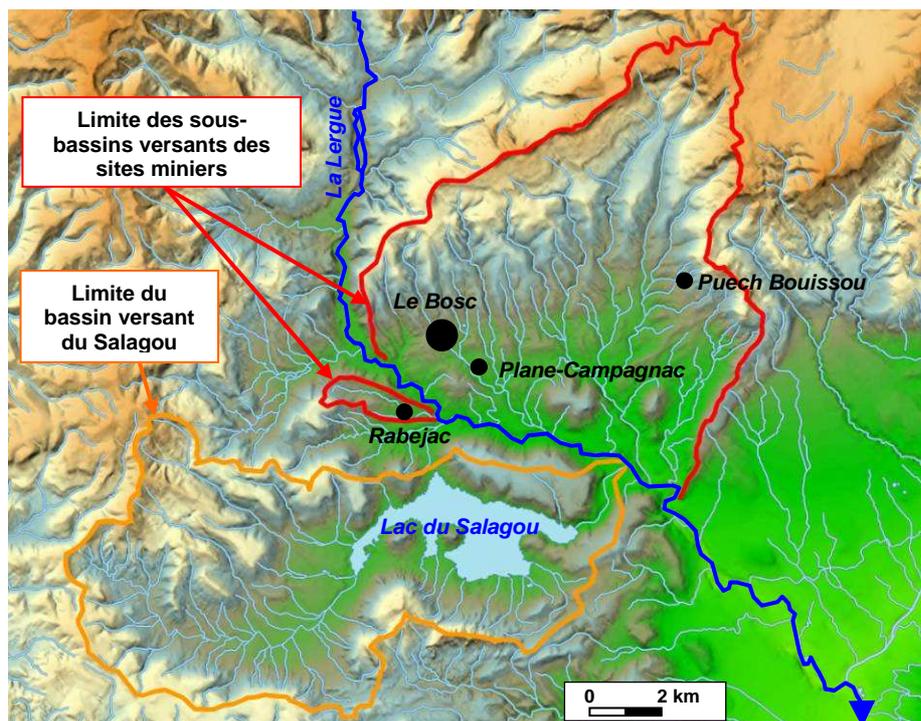
L'emprise des sites miniers et la localisation des points d'exutoire (naturels ou forcés), permettent d'envisager le regroupement des sites miniers par bassins versants, en fonction des milieux récepteurs impactés.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 71/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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

- **Eaux de surverse gravitaire ou pompées** après noyage de mines à ciel ouvert ou des travaux miniers souterrains. Leurs points d'exutoire peuvent être créés par :
 - la surverse du plan d'eau constituée par une mine à ciel ouvert isolée, ou le pompage de cette dernière (Non concerné pour les sites héraultais).
 - une émergence au niveau d'un ouvrage de liaison fond-jour de type puits, entrée de descenderie ou de travers-banc situé au point bas topographique du site (cas du site du Bosc : pompage dans le puits P33)
- **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 verses. Leur débit est intermittent (Site du Bosc).
- **Eaux de ruissellement ou écoulements souterrains avec points de rejets non identifiés** : leur impact est jugé potentiel. (Sites du Bosc, de Rabejac, de La Plane-Campagnac et du Puech Bouissou).

Il faut également noter qu'il n'y a pas 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. Le lac du Salagou est localisé, certes dans le bassin versant de La Lergue, mais hors des sous-bassins versants visés par les sites miniers, comme le montre la carte ci-dessous.



Source fond de carte : Géoportail

L'influence des sites miniers sur le réseau hydrographique local et les plans d'eau qui leur sont associés, est présentée sur la figure 2 et peut être résumée dans le tableau suivant :

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 72/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Sites	Chantiers	Type d'écoulement	Cours d'eau secondaires			Cours d'eau principal	
Site du Bosc	STE (Rejet)	Identifié	→			La Lergue	
	Mas d'Alary Village	Potentiel	Ruisseau des Tuilières	Ruisseau de Tréviels	Ruisseau du Mas d'Alary		
	Tréviels 25/27 et Ouest	Potentiel	→				
	Tréviels Est	Potentiel	→	→			
		Potentiel	→				
	Sud Failles Sud	Potentiel	→				
	Failles Sud et Failles Centrales (Stockage ICPE)	Potentiel	→	Ruisseau Le Domergoux			Ruisseau du Riviéral
		Potentiel	→				
	Carreau / Usine	Potentiel	→	Ru. intermittent	Ruisseau du Riviernoux		
	Mares 1 et Mares 3	Potentiel	→				
Mares 4/5	Potentiel	→					
La Plane Campagnac	La Plane	Potentiel	Ruisseau intermittent				
		Potentiel	→				
	Campagnac	Potentiel	→				
		Potentiel	Ruisseau intermittent				
Puech Bouissou	Potentiel	Ru. intermittent	Ruisseau intermittent	Ruisseau de la Marguerite			
	Potentiel	→					
Rabejac	Potentiel	Ruisseau Le Ronel					

5.4 PRESENTATION DES SITES MINIERES

Afin d'améliorer les connaissances et d'effectuer un état des lieux, une visite des sites a été organisée en août 2012.

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

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 73/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

5.4.1 Site du Bosc (Fiche 720 et annexes n°2.1 – 3.1 – 4.1 et 5.2)

Le site minier du Bosc, situé à environ 3,3 km au Sud-Est de Lodève, est localisé sur les communes de Soumont et Le Bosc, dans la vallée de La Lergue et à la base des contreforts des Grands Causses. Le paysage environnant est composé majoritairement de landes, de bois de chênes verts, de vignes et de champs d'oliviers.

Les travaux miniers ont été réalisés :

- par travaux de reconnaissance par petit chantier, sur Failles Centrales de 1959 à 1961 (un puits de 43 m de profondeur accompagné de 650 m de galeries), et sur Failles Sud de 1962 à 1963 (un puits de 50 m de profondeur accompagné de 800 m de galeries).
- en souterrain de 1975 à 1997. La mine souterraine principale, comportant près de 44 km de galeries et dont l'accès se faisait par 2 descenderies (DESC A et DESC B), était répartie en 3 ensembles : Mas Lavayre, Capitoul et Tréviels. L'ensemble *Mas Lavayre* comprenait 5 étages principaux :
 - le niveau 100 à la cote NGF +100 m ;
 - le niveau 200 à la cote NGF +50 m ;
 - le niveau 300 à la cote NGF 0 m ;
 - le niveau 500 à la cote NGF -75 m ;
 - le niveau 700 à la cote NGF -150 m.

Les quartiers *Tréviels* et *Capitoul* étaient reliés à Mas Lavayre chacun par un travers-banc situé au niveau 300. Sur l'ensemble de la mine souterraine principale, ont été forés 59 puits d'aéragé débouchant au jour, 2 sondages techniques (RPC : Remblai Pneumatique Cimenté et ACCU MCO : Accumulateur du minerai venant des MCO) et 55 sondages techniques (sondages béton).

Le petit gisement de *Mares 4/5* a été également exploité en souterrain : la mine comportait 3 niveaux principaux répartis de la cote +107 m NGF à + 183 m NGF, une descenderie d'accès et 7 puits d'aéragé et 2 sondages techniques.

- par mines à ciel ouvert, avec l'exploitation, de 1978 à 1990, de 10 fosses de taille variable. L'ensemble des travaux de reconnaissance par petit chantier réalisés sur Failles Centrales et Failles Sud ont entièrement repris par l'exploitation des deux mines à ciel ouvert du même nom.

Parfois, l'exploitation du gisement s'est poursuivie en souterrain, par une ou deux galeries situées en fond de fosse. Les mines à ciel ouvert concernées sont : Mares 1 (1 galerie) et Tréviels Ouest (2 galeries).

Une usine de traitement du minerai a fonctionné de 1981 à 1997 et a traité l'ensemble du minerai extrait sur les sites miniers de l'Hérault. L'usine utilisait un procédé de traitement par voie alcaline décrit au chapitre 4.2. Les résidus de traitement ont été stockés dans la fosse de Failles Centrales puis celle de Failles Sud.

Le carreau minier comprenait la zone usine, le concasseur MCO, la centrale à béton, les dépôts d'explosifs, les stockages de carburants et leurs installations de distribution, la station de traitement des eaux d'exhaure, les ateliers de réparation des engins, et les bâtiments administratifs (cf. planche photographique jointe en annexe 2.1).

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 74/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les principes généraux du réaménagement mis en application sur le site du Bosc sont les suivants :

- assurer la sécurité des personnes (stabilité des terrains et intrusion),
- réduire les surfaces à frapper de servitudes (regroupement des produits radiologiquement marqués, évaluation de la stabilité des terrains),
- gérer sélectivement les eaux du site pour séparer les eaux nécessitant un traitement de celles pouvant être rejetées dans le milieu naturel,
- assurer la collecte des eaux vers un exutoire unique pour les eaux à traiter,
- comprendre la circulation des eaux souterraines pour se prémunir des risques de fuites,
- valoriser le potentiel paysager du site (principe de l'intégration paysagère).

Les travaux de réaménagement se sont déroulés de 1998 jusqu'en janvier 2000 et ont été réalisés comme décrit dans les paragraphes suivants.

REAMENAGEMENT DES MINES A CIEL OUVERT :

Toutes les MCO (à l'exception de la partie Est de Sud Faille Sud maintenue en réserve d'eau) ont été partiellement remblayées à minima jusqu'à leur seuil d'entrée afin de réduire la hauteur des parements résiduels et afin d'évacuer les eaux de ruissellement. La nature carbonatée des roches écarte tout risque de lixiviation de type « drainage acide ».

La liste des mines à ciel ouvert, de leur emprise, la hauteur des parements résiduels, leur situation au regard de l'enceinte clôturée actuelle du site est présentée au chapitre 7.3 (Evaluation des impacts en terme de sécurité publique – Les risques liés aux mines à ciel ouvert).

Concernant les parements résiduels, ceux situés à l'Est, à l'Ouest, et au Sud ont une pente moyenne d'équilibre de 63°. Elle est de 45° pour les parements à regard Nord en raison d'un pendage moyen des strates sédimentaires de 15 à 20° vers le Sud. Le parement Nord de la MCO de Failles Centrales a été remblayé totalement par des matériaux stériles, taluté et équipé de pistes drainantes. Le parement Nord de la MCO de Mas d'Alary Village a été tiré à l'explosif et les gradins talutés à la pente d'équilibre de 45°. Le parement résiduel Sud de la partie Ouest de la MCO Sud Failles Sud, qui surplombe la station de traitement des eaux, a été grillagé afin de prévenir la chute de cailloux.

La tête des parements résiduels a été mise en sécurité par un merlon et clôtures à 3 rangs de barbelés avec haies d'épineux ou clôture grillagée.

REAMENAGEMENT DES TRAVAUX MINIER SOUTERRAINS :

Les dépilages de Mas Lavayre et Mares 4/5 ont été entièrement remblayés pendant l'exploitation (méthode d'exploitation par tranches descendantes avec mise en place de remblai cimenté), à l'exception du quartier Capitoul, et de certaines galeries d'accès et recoupes. Le détail des travaux effectués sur les dépilages et infrastructures souterraines est présenté au chapitre 7.2 (Evaluation des impacts en terme de sécurité publique – Les risques liés aux travaux miniers souterrains).

Les ouvrages de liaison fond-jour ont été réaménagés de la manière suivante :

- *Descenderies A et B, galeries horizontales en fond de fosse* : mise en place d'un bouchon de graves ciment (70 kg de ciment par m³), d'environ 10 m de longueur, reposant sur un talon de matériaux tout-venant (stériles miniers) et pose de deux drains (haut et bas) de diamètre compris entre 50 et 125 mm. La longueur et la position des bouchons de grave assurent un stot d'au moins 10 m à l'aplomb des entrées des galeries.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 75/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- *pour les ouvrages verticaux ($1,80\text{ m} \leq \varnothing \leq 2,40\text{ m}$) (puits d'aération) :*
 - désarmement de l'ouvrage.
 - cas où la base de l'ouvrage était accessible : réalisation d'un bouchon en grave ciment à la base avec un drain, servant d'appui au matériau de remplissage, puis remblayage intégral avec des stériles miniers, et mise en place d'un bouchon en grave ciment sur les 10 derniers mètres.
 - cas où la base de l'ouvrage n'était pas accessible : aucun aménagement préparatoire de la base, remblayage intégral avec des stériles miniers, et mise en place d'un bouchon en grave ciment sur les 10 derniers mètres.
 - Seuls les puits P33 et P37 ont été équipés afin de suivre l'évolution des eaux de réservoir minier en vue du traitement des eaux d'exhaure, après réaménagement.
- *pour les sondages techniques (sondages béton) de diamètre 200 mm :* comblement par un coulis de ciment sur au minimum 3 m.

REAMENAGEMENT DES VERSES A STERILES :

La majorité des stériles miniers a servi au remblayage des différentes MCO et au recouvrement des résidus de traitement du minerai et produits de démantèlement de l'usine. Les verses résiduelles ont été remodelées afin de s'intégrer au paysage (Verses de Mas d'Alary Village, Mares 1 et 3, Tréviels 25/27, Failles Sud et Centrales dite « verses de Caoumelles ». Les verses de minerai marginal ont été intégralement réutilisées comme couche de base de la couverture du stockage de produits de démantèlement.

AMENAGEMENTS COMPLEMENTAIRES SUR L'ANCIENNE ZONE MINIERE :

Le ruisseau des Tuilières a été dévié en amont du stockage de résidus, pour qu'il rejoigne le ruisseau de Tréviels, avec mise en place d'enrochement avant sa confluence. Le ruisseau du Mas d'Alary a été canalisé, à l'Ouest du stockage de résidus et à l'aplomb de l'ancienne MCO Tréviels Est. Les berges des ruisseaux intermittents du Mas d'Alary et des Tuilières ont fait l'objet d'une reconstitution (plantation de végétaux aquatiques).

Des pistes drainantes ont été réalisées, systématiquement compactées et localement empierrées, avec confection de passe-lits en grave-ciment.

L'ensemble des terrassements et des verses résiduelles ont fait l'objet d'un engazonnement systématique afin de fixer les sols et réduire l'impact visuel. Des plantations d'arbres et arbustes adaptés au climat méditerranéen ont été également effectuées.

REAMENAGEMENT DU CARREAU MINIER ET DE L'USINE DE TRAITEMENT DU MINERAI :

Pour l'usine de traitement du minerai, les travaux suivants ont été réalisés :

- Vidange des installations industrielles avant déséquipement et démantèlement (les solutions uranifères issues de ces purges ont été traitées).
- Démolition de l'usine et des bâtiments annexes et entreposage des produits de démantèlement sur une plateforme dédiée sur le stockage de la MCO Failles Sud.
- Curage des bassins associés et stockage des boues dans un bassin dédié aux boues de traitement des eaux d'exhaure, localisé sur le stockage de résidus de la MCO Failles Centrales.

Pour le carreau minier : certains bâtiments (administratif, laboratoire, atelier, magasins, bureaux maintenance, ...) ont été conservés.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 76/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Des servitudes ont été proposées sur l'ensemble de la zone « carreau minier et usine » pour la constructibilité, l'utilisation du bâti et la ressource en eau.

Une station de traitement des eaux (station actuelle) a été créée sur la zone remblayée de la mine à ciel ouvert Sud Failles Sud (zone Ouest). Le fonctionnement de la station actuelle, le circuit des eaux du site et les différents travaux liés au redimensionnement de la station sont décrits dans le chapitre 10.1 (Mesures prises pour réduire les impacts sur le vecteur eau).

Le bassin de lagunage situé sur Failles Centrales et recevant les boues de la station de traitement de l'exhaure minier pendant exploitation a été conservé et un second bassin de lagunage a été créé sur la partie Ouest de la mine à ciel ouvert Failles Sud pour le stockage des boues en prévision de l'arrêt de bassin de Failles Centrales. Le bassin Failles Sud n'a pas été utilisé jusqu'à ce jour.

REAMENAGEMENT DU STOCKAGE DE RESIDUS ET PRODUITS DE DEMANTELEMENT DE L'USINE :

Les résidus de traitement du minerai sont stockés dans les fosses Failles Sud et Failles Centrales. Trois digues ont été mises en place lors de la création du stockage :

- la première orientée Est-Ouest, séparant les 2 mines à ciel ouvert,
- la « digue Failles Sud » située à l'Ouest de la fosse du même nom,
- la « digue Failles Centrales » située à l'Ouest de la fosse du même nom.

Un dispositif de drainage (drains profonds et drains de surface) a été mis en place en aval des digues Failles Sud et Failles Centrales.

Sur l'ensemble du stockage de résidus de traitement du minerai, la mise en place de la couverture a été réalisée de la manière suivante, avec de bas en haut :

- une couche de 4 m de matériaux provenant des verses (minerai marginal et stériles miniers), formant une légère pente vers l'Ouest, pour drainer les eaux de ruissellement et de sub-surface vers le système de drainage des digues.
- une couverture de finition d'environ 1 m d'épaisseur constituée de pélites et argilites rouges provenant des verses de Caoumelles et mise en place par couche de 0,40 m compactée afin de réduire la perméabilité et de limiter l'érosion.

Les produits de démantèlement de l'usine de traitement du minerai ont été stockés sur la partie Est du stockage Failles Sud, où une plateforme de 2 ha, constituée par une épaisseur de 2 m de matériaux provenant des verses à stériles et reposant sur 48 m de résidus, a été aménagée. La couverture des produits de démantèlement est identique à celles des résidus de traitement du minerai.

Afin de limiter le risque d'érosion, l'ensemble du bassin versant constituant le stockage, a été découpé en micro-bassins drainés par un réseau de banquettes drainantes dont l'écoulement global est dirigé vers l'Ouest.

CAMPAGNE RADIOMETRIQUE POST-REAMENAGEMENT :

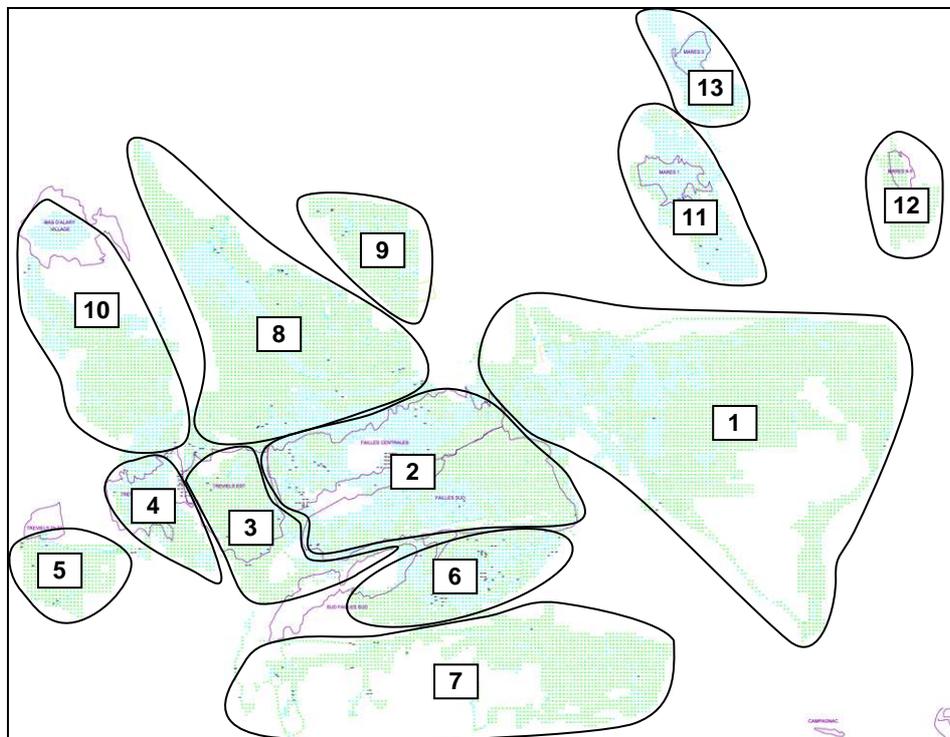
Dans le cadre du dossier d'arrêt définitif des travaux miniers du site du Bosc, un plan compteur de l'ensemble des zones réaménagées a été réalisé. Le bruit de fond est de l'ordre de 80 à 100 chocs/s. Les ordres de grandeur, par secteurs (cf. carte ci-après), des valeurs mesurées sur le site, sont présentés dans le tableau suivant.

La comparaison des plans compteurs initiaux (avant travaux) et post-réaménagement montre une réduction du rayonnement gamma obtenue suite à l'exploitation des indices uranifères et aux travaux de réaménagement réalisés.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 77/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Secteurs		Ordre de grandeur des valeurs radiométriques (en chocs/seconde SPP2)
1	Ancien carreau minier et zone usine Secteurs Sud et Nord-Est Secteur Nord-Ouest	120 – 450 (ponctuellement quelques valeurs > 600) 200 – 800
2	Stockage de résidus Secteur Est de Failles Sud (stockage produits de démantèlement) Secteur Ouest de Failles sud et Failles Centrales	170 – 350 250 – 800 (quelques zones comprises entre 1000 et 4500*)
3	Tréviels Est - Station de traitement des eaux bassins associés et voiries attenantes	150 – 350 au Sud-Est du bassin 4000 : 350 – 700 (ponctuellement quelques valeurs > 900)
4	Tréviels Ouest MCO +Verses	180 – 400
5	Tréviels 25/27 Verses	150 – 250 (ponctuellement quelques zones > 300)
6	Verses Marginal et Infra-marginal	Au Sud de MCO Sud Failles Sud : 150 – 300 Secteur Est : 300 – 800 (quelques petites zones > 900)
7	Secteur à l'aplomb des TMS Secteur des puits d'aérag	120 – 300 (ponctuellement quelques valeurs > 900)
8	Verse Caoumelles Ouest	200 – 750 (ponctuellement quelques valeurs > 1000)
9	Verse Caoumelles Est	150 – 500 (ponctuellement quelques valeurs > 1000)
10	Mas d'Alary Village MCO + Verses	MCO : 300 – 650 Verses : 200 – 650 (quelques zones > 650)
11	Mares 1	250 – 650
12	Mares 4-5	50 – 300
13	Mares 3	300 – 750

* Le secteur situé devant le bassin de lagunage de Failles Centrales qui présentait des valeurs comprises entre 900 et 4500 chocs/seconde SPP2 lors de la réalisation du plan compteur après réaménagement, a fait l'objet, par la suite d'un recouvrement par des matériaux inertes.



Localisation des différents secteurs du plan compteur après réaménagement

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 78/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

5.4.2 Site de La Plane – Campagnac (Fiche 721 et annexes n°2.2 – 3.1 – 4.1 et 5.2)

Le site de La Plane-Campagnac est localisé à environ 2,1 km au Sud-Ouest du Bosc, dans la vallée de la Lergue et au pied de la colline du Berberon. Le paysage environnant est constitué d'une garrigue arbustive (chênes vert), de vignes et de champs d'oliviers.

Les travaux miniers se sont déroulés de 1992 à 1994 et ont consisté en l'exploitation :

- pour le chantier de La Plane, d'une mine à ciel ouvert d'environ 160 m de longueur, 60 m de largeur et 40 m de profondeur, et d'un décapage situé au Nord de cette fosse.
- pour le chantier de Campagnac, d'une tranchée de 80 m de longueur, 15 m de largeur et de 3 m de profondeur, exploitée par une méthode d'auto-remblayage.

Les travaux de réaménagement du site se sont déroulés de la manière suivante :

- La mine à ciel ouvert de La Plane a été entièrement remblayée par les stériles de la verse. La terre végétale a été étalée sur le remblai de stériles. Le paysage a repris sa forme d'origine et les terrains restitués au propriétaire.
- La tranchée de Campagnac a été entièrement remblayée pendant la phase d'exploitation et la terre végétale préalablement stockée avant exploitation a été étalée à son emplacement. La zone indicielle naturelle de Campagnac a été conservée de manière à pouvoir l'exploiter à des fins scientifiques. Elle est protégée par une clôture de sécurité grillagée avec panneaux spécifiques.
- Concernant la gestion des eaux de ruissellement, les travaux suivants ont été effectués :
 - Création d'un réseau de pistes drainantes, pentées à contre talus (10 %) puis faiblement inclinées vers l'aval (2 %) afin d'éviter des risques de ravinements. Des passages busés avec avaloir ont été maçonnés à chaque extrémité des pistes drainantes.
 - Recalibrage de l'ensemble des fossés extérieurs situés en bordure du site et collectant les eaux de la partie amont du bassin versant.
 - Rétablissement d'un ancien « touât » (ancien ouvrage drainant maçonné en pierre sèche) situé le long de l'ancienne piste d'accès
 - Reprofilage des talus afin d'assurer la stabilité à long terme des talus résiduels.
 - Réalisation d'un ouvrage de franchissement du thalweg, dont le lit est situé sur la roche mère : empierrements des berges de manière à limiter les phénomènes d'érosion et création d'un passage à gué bétonné à l'emplacement de l'ancienne piste.

Un plan compteur (maille 10 × 10 m) a été réalisé sur l'ensemble du site après réaménagement, en 1996 dans le cadre du dossier d'arrêt définitif des travaux miniers. Le bruit de fond est de l'ordre de 80 à 100 chocs/s. Le tableau suivant présente une synthèse des valeurs mesurées sur le site :

Secteurs	Valeurs radiométriques (mesurées en chocs/seconde SPP2)
Ensemble du site après réaménagement	90 – 160
Valeurs à l'Ouest du site sur 250 m ² en bordure du ruisseau la Rivière	200 – 500

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 79/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

5.4.3 Site de Rabejac (Fiche 722 et annexes n°2.3 – 3.1 – 4.1 et 5.2)

Le site de Rabejac est localisé à environ 2,5 km au Nord-Est du Puech, dans la vallée de la Lergue. Le paysage environnant est constitué de friche et garrigue arbustive (chênes verts), de vignes et de champs d'oliviers.

Les travaux miniers ont consisté en l'exploitation :

- de 1956 à 1961, de travaux de reconnaissance par petit chantier : 1 puits de 27 m de profondeur accompagné de 156 m de galerie au niveau N-25.
- de 1989 à 1991, de deux mines à ciel ouvert (Rabejac Est et Rabejac Ouest) situées à flanc de coteau et dont la profondeur n'excédait pas 14 m.

Le puits de ces travaux de recherche est localisé à une dizaine de mètres au Nord du parement de l'ancienne fosse de Rabejac Est. Une partie de la galerie SE a été reprise par l'exploitation de la fosse.

Les travaux de réaménagement du site se sont déroulés de la manière suivante :

- Le puits a été remblayé sur toute sa hauteur et bétonné en tête et les deux mines à ciel ouvert (Est et Ouest) ont été entièrement remblayées. Toutes les surfaces mises à nu sur Rabejac Est ont fait l'objet d'une végétalisation par semi hydraulique. Sur l'ensemble du site, des plantations de bosquets de végétaux arbustifs et arborescents ont été réalisés.
- Concernant la gestion des eaux de ruissellement, les travaux suivants ont été effectués :
 - Création d'un réseau de pistes drainantes, pentées à contre talus (10 %) puis faiblement inclinées vers l'aval (2%) afin d'éviter des risques de ravinements. Ces pistes ont été compactées pour assurer la résistance à l'érosion et améliorer l'écoulement des eaux.
 - Recalibrage de l'ensemble des fossés extérieurs situés en bordure du site et collectant les eaux de la partie amont du bassin versant. Les fossés intérieurs, tracés au niveau de l'ancienne piste d'exploitation sont destinés à évacuer les eaux des pistes drainantes vers le ruisseau de Ronel.
 - Suppression de l'ouvrage busé réalisé pour l'accès au chantier d'exploitation et réalisation d'un passage à gué à l'emplacement du gué primitif, quelques dizaines de mètres en amont de l'ancien passage busé, afin de répondre aux caractéristiques hydrologiques centennales du ruisseau.
 - Reprofilage des talus afin d'assurer la stabilité à long terme des talus résiduels.
 - Réalisation d'un ouvrage de franchissement du thalweg, dont le lit est situé sur la roche mère : empierrements des berges de manière à limiter les phénomènes d'érosion et création d'un passage à gué bétonné à l'emplacement de l'ancienne piste.

Un plan compteur (maille 10 × 10 m) a été réalisé sur l'ensemble du site après réaménagement, en 1994 dans le cadre du dossier d'arrêt définitif des travaux miniers. Le bruit de fond est de l'ordre de 90 à 110 chocs/s. Le tableau suivant présente une synthèse des valeurs mesurées sur le site :

Secteurs	Valeurs radiométriques (mesurées en chocs/seconde SPP2)
L'ensemble du site après réaménagement	150 – 700
Quelques valeurs au NW et au SW dans l'emprise des anciens travaux	700 – 1000

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 80/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

5.4.4 Site du Puech-Bouissou (Fiche 723 et annexes n°2.4 – 3.1 – 4.2 et 5.2)

Le site du Puech Bouissou est localisé à environ 1,2 km à l'Est de Saint-Jean-de-la-Blaquière, à flanc de coteau au niveau des contreforts des Grands Causses. Le paysage environnant est constitué de garrigue arbustive (chênes verts) et de forêt de chênes blancs.

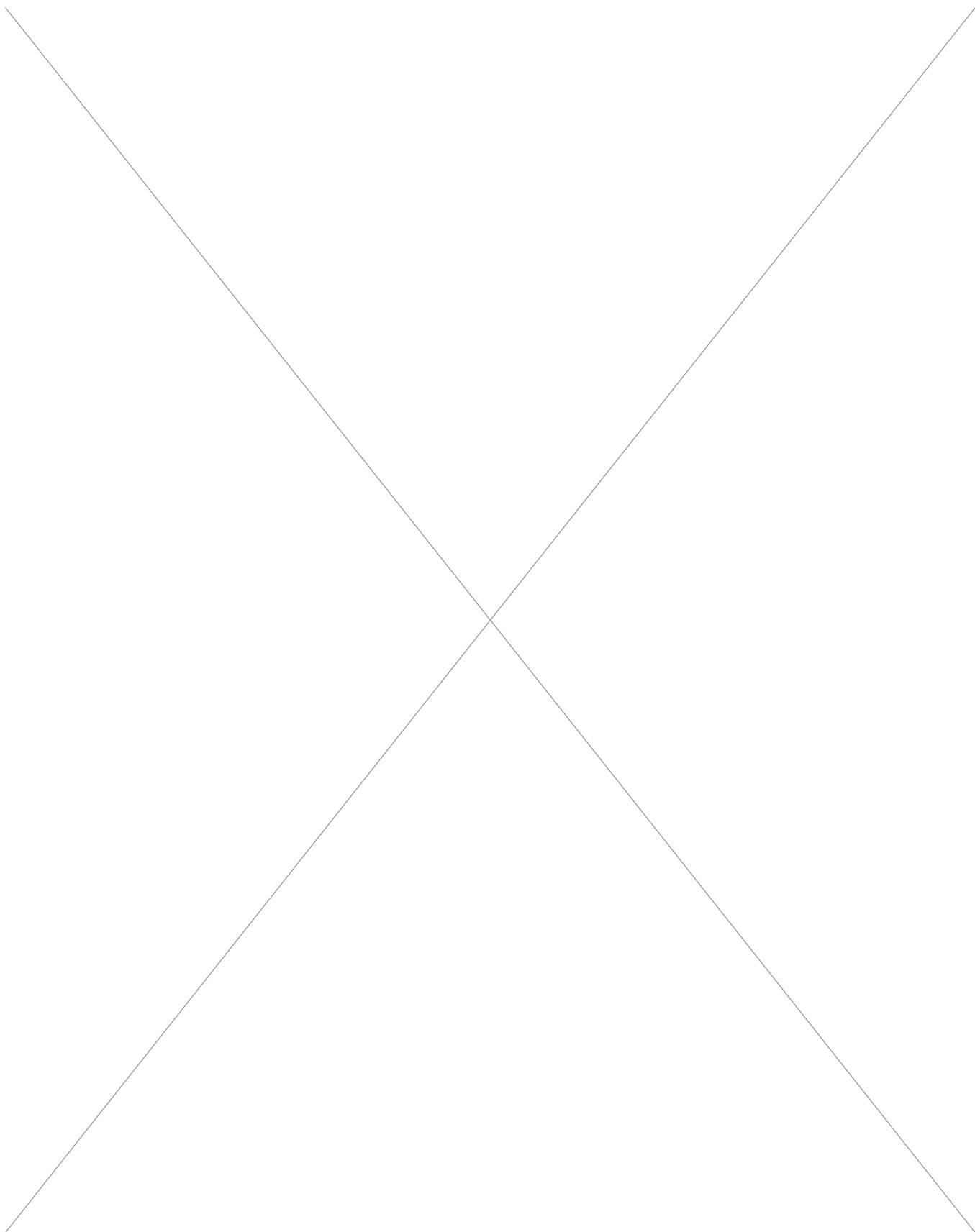
Les travaux miniers ont consisté en l'exploitation, de 1992 à 1994, d'une mine souterraine dont l'accès se faisait par une descenderie, d'environ 1200 m de longueur, qui desservait un seul niveau d'exploitation. Un puits d'aéragé, de 197 m de profondeur a également été foncé.

Les travaux de réaménagement du site se sont déroulés de la manière suivante :

- La descenderie a été obturée par création d'un bouchon de grave-ciment de 23 m de longueur, appuyé sur un tas de stériles. Le puits d'aéragé a été remblayé sur toute sa hauteur, avec création à la base d'un merlon de grave-ciment non clavé puis mise en place d'un bouchon de grave-ciment sur les dix derniers mètres.
- Concernant la gestion des eaux de ruissellement, les travaux suivants ont été effectués :
 - Création d'une piste drainante, pentée à contre talus (10 %) puis faiblement inclinée vers l'aval (2 %) afin d'éviter des risques de ravinements, puis compactage de la piste et du lit du « Fagarié » pour assurer la résistance à l'érosion et améliorer l'écoulement des eaux.
 - Recalibrage du fossé latéral de la verse à stériles.
 - Empierrement des berges du talweg principal de manière à limiter les phénomènes d'érosion et création d'un passage busé de 1,60 m de diamètre sous la nouvelle piste d'accès.
- La verse à stériles a été remodelée selon une pente variant de 8 à 19°.
- Une vaste plateforme a été créée à l'emplacement du carreau et le hangar utilisé comme atelier a été conservé (mise en place de bardage au cours de l'année 1997, conformément aux souhaits de la commune de Saint-Jean-la-Blaquière). Cette plateforme est actuellement utilisée par un gestionnaire de panneaux solaires.
- Une piste incendie a été créée et équipée de plusieurs caniveaux transversaux afin d'assurer son maintien en état, en partie haute du site et la plateforme d'accès aux anciennes citernes d'eau enterrée a été réaménagée.

Un plan compteur (maille 10 x 10 m) a été réalisé sur l'ancien carreau minier du site après réaménagement, en 1997 dans le cadre du dossier d'arrêt définitif des travaux miniers. Le bruit de fond est de l'ordre de 90 à 110 chocs/s. Les valeurs mesurées sur l'ancien carreau sont comprises entre 150 et 500 chocs/seconde SPP2.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 81/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0



BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 82/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

6 RESIDUS ET DECHETS D'EXPLOITATION

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

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

6.1 LES STERILES MINIERS

6.1.1 Généralités – Teneur en uranium

Suivant la position du gisement et ses caractéristiques géométriques, le minerai a été extrait par mines à ciel ouvert ou par travaux souterrains.

Concernant le site minier du Bosc, l'extraction sélective réalisée en MCO et en TMS a permis de différencier 4 catégories de matériaux en fonction de la teneur en uranium:

- le minerai extrait (teneur supérieure à 1000 ppm en uranium),
- le marginal (teneur comprise entre 600 ppm et 1000 ppm en uranium),
- l'infra-marginal (teneur comprise entre 200 ppm et 600 ppm en uranium),
- le stérile (teneur inférieure à 200 ppm en uranium).

En tête d'usine, le minerai extrait subissait également un tri radiométrique après criblage, débouillage et concassage à une granulométrie de 30/90 mm :

- le minerai entrée usine (teneur supérieure à 400 ppm en uranium),
- le refus au triage radiométrique (teneur inférieure à 400 ppm en uranium).

A la fin de l'exploitation, les stocks de matériaux constituant les verses (hors minerai traité constituant les résidus de traitement) étaient composés par :

- le refus au triage radiométrique : 423 000 t
- le marginal et l'infra-marginal : 823 000 t
- les verses stériles : 25 800 000 t

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 83/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Concernant les autres sites miniers héraultais, le tableau suivant présente les caractéristiques des stériles miniers laissés en verses sur les sites :

Sites miniers	Verses	Tonnages stériles	Teneur de coupure
Rabejac	Rabejac Ouest	46 654 t	150 ppm
	Rabejac Est	82 718 t	190 ppm
La Plane-Campagnac	Campagnac (autorembayage avec les stériles)	2 180 t	< 200 ppm
	La Plane	300 945t	< 200 ppm
Puech Bouissou		22 000 m ³ sur le site en fin d'exploitation	Absence d'information

Remarque : Concernant les stériles miniers de la MCO La Plane, 3 800 t de stériles dont la teneur était supérieure à 200 ppmU ont été transporté vers le secteur de Failles Sud.

6.1.2 Caractérisation minéralogique et géochimique

En 1995, une caractérisation minéralogique et géochimique des stériles miniers du site du Bosc a été réalisé par le CREGU (Centre de Recherches sur la Géologie des Matières Premières Minérales et Energétiques). Les paragraphes suivants sont extraits du dossier d'arrêt définitif des travaux et d'utilisation des installations minières du site du Bosc (Annexe 5-DIV du dossier).

MINERALOGIE :

« Les stériles miniers sont hétérogènes à l'échelle centimétrique et décimétrique, du point de vue de la répartition des minéraux et de leur granulométrie. Cependant, ils sont globalement constitués de minéraux identiques, et se comportent donc de manière similaire du point de vue des équilibres thermodynamiques minéraux-solutions.

Du point de vue minéralogique, les stériles étudiés présentent des caractéristiques typiques des sédiments carbonatés. Ils sont constitués de siltites et de pélites. La minéralogie des fractions argileuses varie peu suivant les faciès et est dominée par l'illite à laquelle s'ajoutent des quantités variables de kaolinite (0-40%) et de petites quantités de chlorite. »

Deux types d'échantillons ont été analysés : les stériles (lits argileux à illite, riches en hématite) et les minerais pauvres (mineral marginal et infra-marginal). Leur principales caractéristiques sont reprises dans le tableau suivant :

Natures des échantillons	Lieux de prélèvement	Caractéristiques minéralogiques
stériles	talus haut de la verse Est des Caoumelles	argilites rouges constituées par plus de 90% d'illite
	talus bas de la verse Est des Caoumelles	alternances de pélites grises et de pélites rouges constituées par environ 70% d'illite, 25% de kaolinite et 5% de chlorite
minerais pauvres	verse M3	pélites grises caractérisées par des alternances de lits silteux (à quartz et feldspaths) et argileux (à illite et kaolinite jusqu'à 30 à 40 %)
	verse M2	pélites grises minéralisées et altérées caractérisées par la présence d'argiles interstratifiées.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 84/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

« Les stériles sont déjà des produits évolués du point de vue minéralogique et géochimique (oxydation, présence de sulfures et de sulfates ferreux et ferriques).

Ils se caractérisent par une porosité et une perméabilité importante. La fraction fine représente 14 à 20 % en poids de la fraction 0-1 mm. Cette fraction a une minéralogie presque semblable à la fraction grossière, avec un enrichissement en illite (kaolinite) et une quantité plus faible en carbonates et en feldspaths. Cette fraction fine n'a pas de grande capacité de rétention. »

Concernant les minerais pauvres analysés sur la verse M2, les smectites sont peu abondantes au niveau des pélites grises fraîches et ne sont identifiées que très localement. Si un héritage n'est pas exclu, il est possible que ces smectites résultent également d'une dégradation des feuillets d'illite dans des conditions de sub-surface et en milieu localement acide au voisinage des pyrites.

« Ces pélites minéralisées sont caractérisées par l'assemblage typique à pyrite, pyrrhotite, bravoite, (cortège Ni, Co, As), sphalérite (Cd-Zn), galène (Pb), Mo, dolomite, sidérite et localement bitume minéralisé en Uranium.

L'altération supergène de ces matériaux déposés en verses est nette. Elle se caractérise :

- par des boxworks poreux à goethite, en remplacement des sulfures, suite à l'altération bactérienne des sulfures de Fe
- par un assemblage typique en encroûtement avec jarosite, goethite et plus ou moins d'hématite. Soufre et fer libérés sont en effet reprécipités en films de minéraux authigènes autour des blocs, sous forme d'hydroxydes et de sulfates. »

GEOCHIMIE :

« Les stériles de Lodève sont enrichis en Ba, Cr, Cu, Pb, V. Les échantillons minéralisés présentent des teneurs beaucoup plus fortes en Cd, Zn (sphalérite), Fe, S, Ni, Co, As (bravoites), U, Pb (pechblende), Mo, et Sb.

Les pélites altérées montrent des pertes en Fe, As, Cd, Zn Mo et Ba, qui sont liées à la biooxydation des sulfures, l'interaction entre les eaux acides ainsi formées et les minéraux constituant les stériles et la dissolution des minéraux d'altération. »

6.1.3 Réaménagement des verses à stériles

Dans le département de l'Hérault, les stériles représentent entre 37 % et 99 % du volume total extrait, en fonction de la taille de la découverte initiale et du type d'exploitation (MCO et TMS). Ainsi, il est possible d'estimer la quantité de stériles extraits lors de l'exploitation des sites héraultais à environ 26 308 000 tonnes dont près de 90 % proviennent des mines à ciel ouvert.

SITE DU BOSC :

Les 823 000 t de marginal et d'infra-marginal (matériaux à gérer dont la teneur en uranium était supérieure à 300 ppm) ont été, conformément à l'article 8 du Décret n°90-922, intégralement déplacées pour être intégrées en couche de base à la couverture des résidus de traitement des minerais stockés dans les anciennes fosses de Failles Sud et Failles Centrales.

Le remodelage des verses à stériles résiduelles a permis d'extraire près de 3 500 000 m³ de matériaux utilisés pour couvrir le stockage des résidus de traitement et des produits de démantèlement des installations, et pour remodeler l'ensemble du site.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 85/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Le tableau suivant présente l'état final des verses et la destination des matériaux en cas de réutilisation dans le cadre du réaménagement du site

Verses	Etat final	Utilisation des matériaux
Caoumelles verse Est	Partiellement exploitée et remodelée	<ul style="list-style-type: none"> – couverture de finition des résidus de traitement et des produits de démantèlement des installations stockés dans les MCO de Failles Centrales et Failles Sud. – couverture de finition des zones terrassées
Caoumelles verse Ouest	Partiellement exploitée et remodelée	<ul style="list-style-type: none"> – remblayage de la vallée des Tuilières.
Tréviels Est	Totalement exploitée	<ul style="list-style-type: none"> – remblayage de la MCO de Tréviels Est.
Tréviels 25/27	Maintenue en l'état	<ul style="list-style-type: none"> – convention avec la DDE (stockage des terres provenant des travaux de contournement de Lodève par l'A75, dans la fosse Tréviels 25/27).
Mas d'Alary Village verse Sud	Totalement exploitée	<ul style="list-style-type: none"> – remblayage de la MCO de Mas d'Alary village et de la MCO de Tréviels Est. – couverture des résidus de traitement stockés dans les MCO de Failles Centrales et Failles Sud.
Mas d'Alary Village verse Ouest	Partiellement exploitée et remodelée	<ul style="list-style-type: none"> – remblayage de la MCO Mas d'Alary Village.
Mas d'Alary Village verse Est	Partiellement exploitée et remodelée	<ul style="list-style-type: none"> – remblayage de la MCO Mas d'Alary Village.
Mares 1	Partiellement exploitée et remodelée	<ul style="list-style-type: none"> – remblayage de la MCO Mares.
Mares 3	Partiellement exploitée et remodelée	<ul style="list-style-type: none"> – remblayage de la MCO Mares 3.
Mares 4/5	Totalement exploitée	<ul style="list-style-type: none"> – couverture des résidus de traitement stockés dans la MCO de Failles Centrales.

AUTRES SITES HERAULTAIS :

Le tableau suivant présente l'état final des verses et la destination des matériaux en cas de réutilisation dans le cadre du réaménagement des sites :

Verses	Etat final	Utilisation des matériaux
Verse de La Plane*	Totalement exploitée	<ul style="list-style-type: none"> – 291 945 t utilisés pour le remblayage de la fosse principale et des décapages au Nord. – 9 000 t utilisés pour le capotage final de Rabejac. – 3 880 t utilisés pour la couverture du stockage de résidus de Failles Sud.
Verse Rabejac Ouest et Est	Totalement exploitée	<ul style="list-style-type: none"> – Remblayage des deux fosses de Rabejac.
Verse Puech Bouissou	Partiellement exploitée et remodelée	<ul style="list-style-type: none"> – Création d'une plateforme à l'emplacement de l'ancien carreau du Puech Bouissou.

* Absence de verses à stériles sur le chantier de Campagnac (méthode d'autorembayage pendant exploitation)

6.1.4 Réutilisation particulière des stériles

Des cessions de stériles de mines ont été réalisées dans le cadre d'une politique de bon voisinage, soit en petites quantités pour des particuliers, soit en quantités plus importantes aux mairies voisines.

L'exploitation des stériles miniers par ces collectivités locales a fait l'objet de conventions de cessions avec COGEMA qui subordonnaient leur application à l'obtention par les intervenants des autorisations administratives nécessaires et précisait les restrictions d'usage de ces stériles.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 86/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

En mai 1984, l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN) confirmait que le Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants (SCPRI) autorisait l'utilisation de ces stériles, et conseillait de mettre en place une procédure de cession.

Cette procédure a été, dès lors, mise en place avec établissement d'une fiche de renseignement indiquant :

- le lieu de stockage (nom du site minier),
- le nom et l'adresse de l'utilisateur,
- la teneur moyenne estimée en uranium du produit,
- la quantité approximative du matériau vendu (en quantité totale ou en quantité annuelle),
- l'usage prévu (parking, route, remblai ...),
- le lieu d'utilisation (commune et si possible repérage des routes).

Il était en outre précisé que ces stériles ne pouvaient être utilisés pour la construction d'habitations, entrepôts et bureaux, ni à leurs soubassements en tant que matériaux comme en tant qu'agrégats constitutifs. Ces fiches ont été envoyées, tel que préconisé par la procédure, au SCPRI.

En 1990 et 1991, un premier repérage, par méthode autoportée (scintillomètre portatif de prospection embarquée dans un véhicule roulant à faible allure) avait été réalisé par AREVA sur l'ensemble des chemins situés autour des anciens sites miniers. 33 chemins et pistes avaient été ainsi recensés (cf. figure 8).

Dans le cadre de l'axe 3 de la circulaire du 22 juillet 2009 (recensement des lieux de réutilisation des stériles et vérification de la compatibilité de l'usage des sols), AREVA a demandé la réalisation d'un nouveau relevé débimétrique de ces chemins ou tout autre secteur non recensé à ce jour (Etude Pe@rl, juin 2011).

La méthodologie utilisée par Pe@rl était la suivante :

- réalisation de mesures de débits d'équivalent de dose gamme (exprimés en nSv/h) à l'aide d'un radiamètre et de flux de photons (exprimés en chocs/seconde) avec un SPP2.
- mesures effectuées à 1 mètre du sol et à maillage de 5 mètres.
- régulièrement, lorsque cela était possible, réalisation de relevés du niveau ambiant à proximité immédiate des chemins.

Sur le terrain, certains chemins se sont révélés inaccessibles (propriétés privées) voire inexistantes et d'autres chemins ont été complétés ou investigués en plus de ceux initialement recensés.

Une estimation du risque induit par la fréquentation des chemins a été ensuite réalisée sur la base du décret n° 2002-460 du 04 avril 2002 – relatif à la protection générale des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants – qui précise que la somme des doses efficaces reçues par toute personne du public (ou travailleur non exposé) ne doit pas dépasser 1 m Sv par an en dose ajoutée au milieu naturel.

Dans le cas de cette étude, l'estimation des doses reçues ne portait que sur l'exposition externe (débit de dose gamma. Le scénario de présence pris en compte est celui d'une fréquentation réaliste des zones concernées soit 400 heures par an.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 87/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les tableaux suivants synthétisent pour chaque chemin concerné :

- les doses ajoutées induites sur la base du niveau moyen du chemin,
- les doses ajoutées induites sur la base du niveau moyen de la zone marquée,
- les doses ajoutées induites sur celle du niveau maximum de la zone marquée.

Le niveau du bruit de fond pris en compte est soit la moyenne locale calculée sur le chemin, soit la référence de 120 nSv/h calculée à partir de la moyenne globale des bruits de fond mesurés.

Zone	N° Chemin	Débit d'équivalent de dose gamma (nSv/h)		Dose ajoutée sur moyenne du chemin (mSv/an)	
		Bruit de fond local moyen	Moyenne du chemin	Référence de Bruit de fond local	Référence de Bruit de fond 120 nSv/h
2	1	120	181	0,024	0,024
2	2	96	179	0,033	0,024
2	3	92	136	0,018	0,006
2	5	143	167	0,010	0,019
2	6	272	299	0,011	0,072
2	7	175	166	0,000	0,018
3	3	75	124	0,020	0,002
3	5	217	349	0,053	0,092
3	7	142	203	0,024	0,033
4	3	155	262	0,043	0,057
4	4	95	134	0,016	0,006
7	1	115	178	0,025	0,023
8	1	74	94	0,008	0,000
10	1	139	187	0,019	0,027
12	1	102	255	0,061	0,054
14	1	125	181	0,022	0,024
15	1	85	185	0,040	0,026
15	2	89	115	0,010	0,000
16	1	79	81	0,001	0,000

Dose ajoutée en moyenne sur le chemin pour 400 h de présence par an

Zone	N° Chemin	Sous zone / Points marqués	Débit d'équivalent de dose gamma (nSv/h)		Dose ajoutée sur moyenne de la zone (mSv/an)	
			Bruit de fond local moyen	Moyenne de la zone	Référence de Bruit de fond local	Référence de Bruit de fond 120 nSv/h
2	1	62 à 90	120	305	0,074	0,074
2	2	88 à 136	96	286	0,076	0,066
2	3	242 à 247 270 à 278	92	280 319	0,075 0,128	0,064 0,080
2	5	148 à 165 191 à 196	143	266 317	0,049 0,127	0,058 0,079
2	6	67	272	900	0,251	0,312
2	7	331 à 364	175	260	0,034	0,056
3	3	13, 21 et 22	75	257	0,073	0,055
3	5	4 à 27 41 et 42	217	740 330	0,209 0,132	0,248 0,084
3	7	67 à 70 152 à 154	142	415 570	0,109 0,228	0,118 0,180
4	3	2 et 3	155	615	0,184	0,198
4	4	170 à 177 113 à 127 64 et 21	95	310 261 350	0,086 0,104 0,140	0,076 0,056 0,092
7	1	66 à 85	115	450	0,134	0,132
8	1	65 et 33	74	247	0,069	0,051
10	1	13 à 15 et 21	139	506	0,147	0,154
12	1	2, 8, 9 et 13 à 18 57 à 62 30 et 41	102	382 547 345	0,112 0,219 0,138	0,105 0,171 0,090
14	1	75 et 77	125	2265	0,856	0,858
15	1	250 à 253 17 à 48 57 à 66 75 à 83 104 à 124 138 à 140 70, 92 et 93 387 à 394	85	339 359 295 292 367 287 282	0,102 0,144 0,118 0,117 0,147 0,115 0,113	0,088 0,096 0,070 0,069 0,099 0,067 0,065
15	2	277, 288, 290 et 382	89	320 301	0,092 0,120	0,080 0,072
16	1	154	79	390	0,124	0,108

Dose ajoutée en moyenne sur la zone marquée pour 400 h de présence par an

Zone	N° Chemin	Sous zone / Points marqués	Débit d'équivalent de dose gamma (nSv/h)		Dose ajoutée sur moyenne de la zone (mSv/an)	
			Bruit de fond local moyen	Maximum de la zone	Référence de Bruit de fond local	Référence de Bruit de fond 120 nSv/h
2	1	62 à 90	120	450	0,132	0,132
2	2	88 à 136	96	500	0,162	0,152
2	3	242 à 247 270 à 278	92	400 480	0,123 0,192	0,112 0,144
2	5	148 à 165 191 à 196	143	420 355	0,111 0,142	0,120 0,094
2	6	67	272	900	0,251	0,312
2	7	331 à 364	175	700	0,210	0,232
3	3	13, 21 et 22	75	270	0,078	0,060
3	5	4 à 27 41 et 42	217	1420 370	0,481 0,148	0,520 0,100
3	7	67 à 70 152 à 154	142	450 620	0,123 0,248	0,132 0,200
4	3	2 et 3	155	650	0,198	0,212
4	4	170 à 177 113 à 127 64 et 21	95	440 335 370	0,138 0,134 0,148	0,128 0,086 0,100
7	1	66 à 85	115	780	0,266	0,264
8	1	65 et 33	74	255	0,072	0,054
10	1	13 à 15 et 21	139	610	0,188	0,196
12	1	2, 8, 9 et 13 à 18 57 à 62 30 et 41	102	500 905 380	0,159 0,362 0,152	0,152 0,314 0,104
14	1	75 et 77	125	2560	0,974	0,976
15	1	250 à 253 17 à 48 57 à 66 75 à 83 104 à 124 138 à 140 70, 92 et 93 387 à 394	85	400 530 370 345 585 300 300	0,126 0,212 0,148 0,138 0,234 0,120 0,120	0,112 0,164 0,100 0,090 0,186 0,072 0,072
15	2	277, 288, 290 et 382	89	515 340	0,170 0,136	0,158 0,088
16	1	154	79	390	0,124	0,108

Dose ajoutée en moyenne sur le point le plus marqué de la zone pour 400 h de présence par an

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 89/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Ainsi il apparaît que (rapport PE@RL) :

- « *Quelque soit le chemin parmi ceux définis comme marqué, sa fréquentation régulière (400 h/an) sur l'intégralité du parcours, n'entraîne pas de dose ajoutée significative (< 0,1 mSv/an) ».*
- « *Lorsque l'on limite la fréquentation du chemin à ses zones marquées, et en particulier aux points où le maximum de débit d'équivalent de dose gamma a été mesurée, un dépassement de 0,3 mSv/an est possible.* »
- « *La dose ajoutée la plus importante induite par notre scénario d'exposition concerne le muret des points 75 et 77 [ancien chemin d'accès au site du Puech Bouissou]. Le stationnement, environ 1 h par jour, à proximité ou sur ce muret, entraîne une exposition de l'ordre de 1 mSv ».*

Toutefois Pe@rl précise également que l'hypothèse suivante « stationnement plus d'une heure par jour sur le point le plus marqué du site, voire dans la zone marquée » est fortement improbable et majorante.

Dans le cadre du recensement des stériles miniers dans le domaine public, effectué dans la circulaire du 22 juillet 2009 (cf. chapitre 11.3), AREVA a souhaité appliquer la méthodologie retenue pour le reste des départements français, dans un souci d'homogénéité. En effet, la méthodologie proposée par AREVA inclut également :

- les risques liés à l'exposition par inhalation et par ingestion, en complément des risques liés à l'exposition externe (débit de dose gamma).
- l'évaluation de la DEAA sur l'ensemble d'un chemin. Une « zone AREVA » correspond à un seul chemin et à plusieurs « sous-zone Pe@rl ». Le calcul de la DEAA moyenne s'effectue sur toutes les portions du chemin présentant des stériles miniers. La DEAA maximale est calculée sur le point du chemin ayant le débit de dose gamma maximal.

Le tableau ci-dessous présente les résultats de la DEAA en appliquant la méthodologie AREVA, sur les zones recensées avec du stérile minier (cf. figure 8bis) :

Communes	N° de zone	Scénario (h)	DEAA moyenne (mSv/an)	DEAA maximale (mSv/an)
Le Puech	27	400	0,06	0,37
St Jean la Blaquièrre	151	400	0,07	0,36
Le Puech	25	400	0,09	0,20
Le Puech	81	400	0,12	0,13
Le Puech	33	400	0,13	0,14
Le Puech	21	400	0,13	0,23
Le Puech	22	400	0,13	0,29
Le Puech	44	400	0,14	0,25
Le Puech	23	400	0,14	0,28
St Saturnin de Lucian	152	400	0,16	0,30
Arboras	161	400	0,22	0,22
St Privat	121	400	0,23	0,57
Le Bosc	71	400	0,23	0,47
Lodève	37	400	0,24	0,34
St Jean la Blaquièrre	101	400	0,25	0,33
Le Puech	43	400	0,32	0,35
Le Bosc	35	400	0,34	0,85
Le Puech	26	400	0,44	0,45
St Jean la Blaquièrre	141	400	1,48	1,73

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 90/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

La méthodologie d'AREVA met en évidence que :

- 3 zones sont comprises entre 0,30 et 0,60 mSv/an
- 1 seule zone est supérieure à 0,60 mSv/an : la zone 141 située à Saint-Jean-de-la-Blaquière. Cette zone est la même que celle répertoriée par Pe@rl.

Cette zone a fait l'objet de travaux d'assainissement radiologique qui sont présentés au chapitre 10.2.2.

6.2 LES RESIDUS DE TRAITEMENT DU MINERAI

6.2.1 Généralités et activités

Dans le département de l'Hérault, l'ensemble du minerai extrait des sites a été traité, par voie alcaline, à l'usine SIMO localisée sur le site du Bosc (procédé de traitement décrit au chapitre 4.2). L'usine a généré 4 141 518 tonnes de résidus de traitement qui ont été stockés dans les mines à ciel ouvert de Failles Sud et Failles Centrales (cf. fiche ICPE jointe à la fiche de site du Bosc (n°720) en annexe 1).

Les résidus de traitement correspondent à la fraction de minerai broyé et désuranié à 91 %. Ce sont des limons sableux qui s'enrichissent en argile vers la base du dépôt (73 à 79 % des grains sont inférieurs à 80 µm) et qui présentent une très faible perméabilité (de 5.10^{-10} à 2.10^{-9} m.s⁻¹).

En 1993, une caractérisation minéralogique et géochimique des résidus du site du Bosc a été réalisée par le CREGU (Centre de Recherches sur la Géologie des Matières Premières Minérales et Energétiques) dont le résumé de l'étude a été intégré au dossier d'arrêt définitif des travaux et d'utilisation des installations minières du site du Bosc (Annexe 1-DIV du dossier). Les analyses ont portées sur les résidus prélevés par sondage carotté, d'une quarantaine de mètres de profondeur, effectué dans le stockage de Failles Centrales.

CARACTERISATION MINERALOGIQUE ET GEOCHIMIQUE DES RESIDUS :

Les résidus de Failles Centrales présentent deux faciès :

- **un faciès noir, correspondant à des limons argileux.** Il est composé essentiellement de gypse et d'argiles contenant du potassium et du fer, mais également et en faible quantité du phosphate de calcium.
- **un faciès brunâtre, correspondant à des limons argilo-sableux.** Il est composé de clastes de feldspaths potassiques et sodiques, de calcite, beaucoup d'oxydes et d'hydroxydes de fer (contenant aussi du titane, du manganèse, du plomb et du zinc), du zircon, de la blende, de la dolomie, du phosphate de Terres Rares et de la barytine. Le ciment est constitué d'argiles.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 91/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

« L'apparition de minéraux secondaires d'uranium hexavalent dans les résidus montre que l'uranium des minéraux réfractaires au traitement est passé en solution avec le temps, a migré, a reprécipité (pour partie) au sein des résidus et s'est adsorbé ou déposé en une fine pellicule sur des feldspaths altérés et sur des argiles. Une partie de cet uranium a pu également migrer dans le substratum. »

« L'uranium et le molybdène montrent une tendance légère à l'enrichissement vers la base du stockage. Les éléments en trace les plus abondants sont le zinc, le zirconium, l'arsenic, le plomb, le vanadium, le strontium, le rubidium, le manganèse et le baryum.

Les cations sont essentiellement représentés par les sulfates et les carbonates. »

Les résidus reposent sur un substratum composé d'argiles contenant du potassium, du fer, du magnésium et des gouttelettes soufrées de matière organique.

ACTIVITES DES RESIDUS DE TRAITEMENT :

Le tableau suivant présente les activités moyennes dans les résidus de traitement :

^{238}U en Bq/kg	^{226}Ra en Bq/kg	^{210}Pb en Bq/kg	^{230}Th en Bq/kg
3 800	27 500	30 600	28 300

« Les activités ne varient pas significativement avec la profondeur. Les quelques points à souligner sont les suivants :

- la présence d'un niveau noir riche en matières organiques avec une forte activité en ^{238}U vers 32 m de profondeur
- une chute brutale de l'activité en ^{238}U , ^{226}Ra , et ^{210}Pb à l'approche du fond rocheux,
- un rapport $^{226}\text{Ra}/^{210}\text{Pb}$ compris entre 0,8 et 0,95 qui ne varie pas avec la profondeur,
- un rapport le $^{230}\text{Th}/^{226}\text{Ra}$ toujours voisin de 1.

Ces considérations confirment que le radium n'a pas migré significativement au sein du stockage. En revanche, l'augmentation des rapports $^{238}\text{U}/^{226}\text{Ra}$ et $^{226}\text{Ra}/^{210}\text{Pb}$, et la croissance simultanée de la teneur en ^{238}U semble indiquer soit une redistribution de l'uranium vers les niveaux inférieurs, soit une part plus importante d'uranium résiduel dans les résidus issus du traitement des premiers minerais. »

Le CREGU conclut de la manière suivante : « On note une évolution diagénétique des résidus sur une courte période et une migration possible de certains éléments dans l'encaissant immédiat du stockage. Cependant, le radium n'a pas migré et sa distribution semble contrôlée par les oxyhydroxydes et les argiles. »

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 92/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

6.2.2 Gestion des résidus de traitement et description du stockage

Le stockage a été autorisé le 25 septembre 1980 par l'arrêté préfectoral n°80-78 et relève de la réglementation des ICPE (rubrique 1735 – cf. chapitre 3.1.1). Un dossier préliminaire de mise en sécurité des fosses contenant les résidus de traitement a été adressé à la Préfecture en juin 1997. Par courrier du 23 septembre 1997, la DRIRE a autorisé COGEMA à procéder à leur réaménagement.

Le stockage de résidus est actuellement localisé dans l'enceinte du périmètre clôturé du site du Bosc.

Remarque : Les produits de démantèlement de l'usine sont également stockés dans une cellule aménagée sur les résidus de traitement, dans la partie Est de la fosse Failles Sud. La description de cette cellule et des produits est présentée au chapitre 6.3.

L'ensemble des résidus solides issus du traitement du minerai ont été stockés dans les deux premières mines à ciel ouvert exploitées : Failles Sud et Failles Centrales. Ces deux mines à ciel ouvert sont situées à quelques centaines de mètres en amont pendage des travaux miniers souterrains de Mas Lavayre. Le seul ouvrage souterrain situé à la verticale du stockage est constitué de la galerie qui desservait le quartier d'exploitation de Tréviels (Travers-banc au niveau 300).

Le stockage de résidus du site du Bosc est composé de trois grands ensembles :

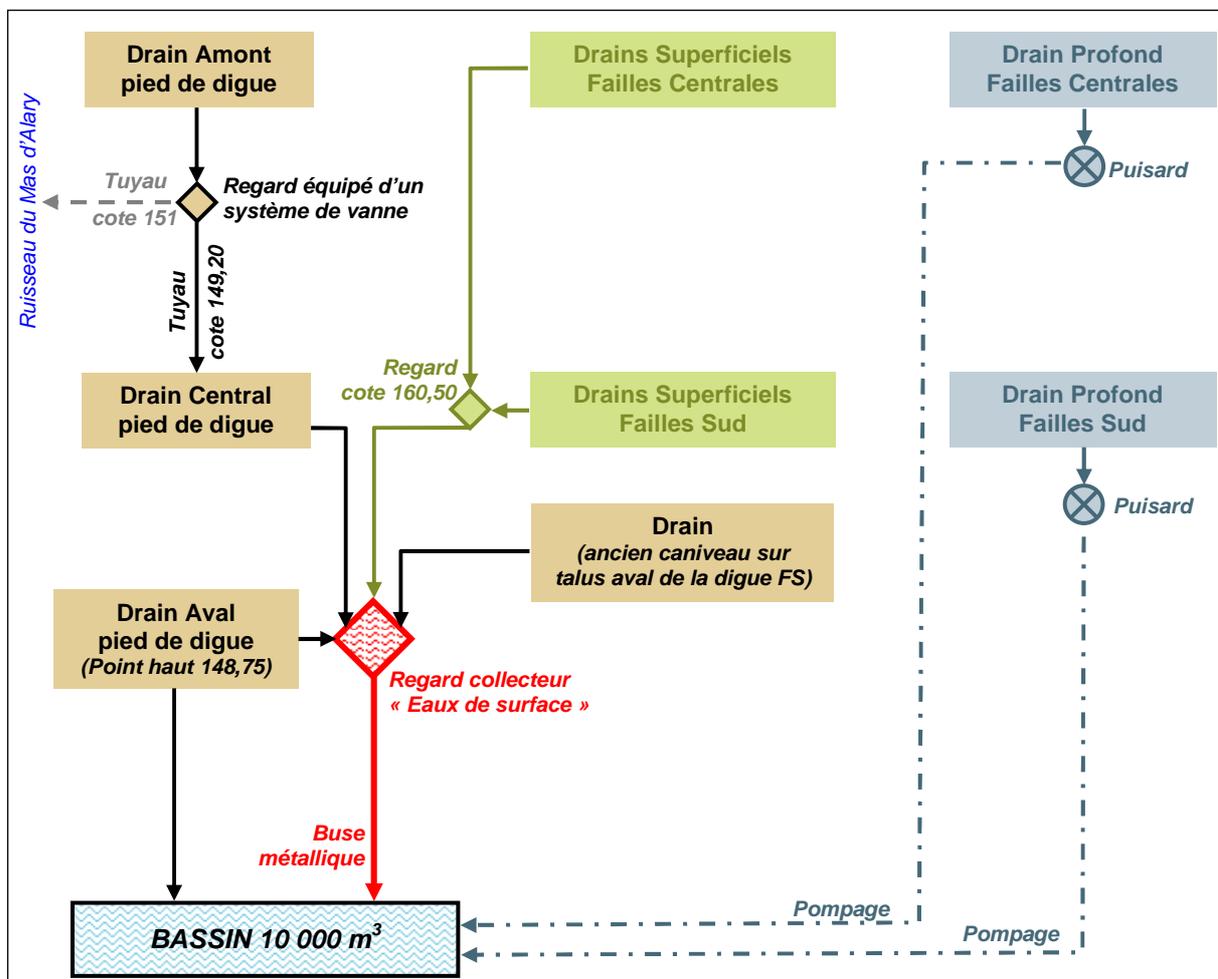
- **Les fosses**, dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau suivant :

MCO	Failles Centrales	Failles Sud
surface de l'emprise	11 ha 71 a	14 ha 90a
surface des résidus	5 ha	9 ha
profondeur maximale	38 m	91 m
épaisseur maximale des résidus	32 m	48 m

- **Les deux digues** érigées à l'Ouest de chacune des fosses :
 - La digue de Failles Centrales, constituée de 293 000 tonnes de stériles, rapportés au dessus du terrain naturel situé à la cote 148. La pente du talus aval était de 60 %.
 - La digue de Failles Sud, constituée de 314 000 tonnes de stériles, rapportés au dessus du terrain naturel situé à la cote 145. La pente du talus aval était de 70 %.
- **Les ouvrages de drainages**, mis en place afin de renforcer la capacité drainante des digues elles-mêmes (du fait de la granulométrie des matériaux les constituant). Trois grands types de drains ont été mis en place :
 - les drains profonds, situés soit en fond de fosse pour la MCO Failles Centrales, soit intégré au talus amont de la digue pour la MCO Failles Sud.
 - les drains superficiels, situés à l'interface résidus / couverture en stériles.
 - les drains de pied de digue, correspondant à la reconversion des caniveaux de pied de digue pendant exploitation, qui collectaient les résurgences à la base de ces ouvrages.

Le circuit des eaux circulant dans ces drains s'organise tel que présenté sur le schéma suivant.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 93/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0



Circuit de collecte des eaux dans les drains des stockages de Failles Sud et Failles Centrales

Les principales caractéristiques de ces ouvrages drainants sont décrites dans le tableau suivant :

	FAILLES CENTRALES	FAILLES SUD
DRAINS PROFONDS	<ul style="list-style-type: none"> – Pose d'un géotextile filtrant sur le talus amont de la digue. – Drain en fond fosse (cote 129 m NGF) débouchant sur un puisard et constitué de blocs de grès recouvert d'un géotextile filtrant (180 m de longueur et section : 4 m²). 	<ul style="list-style-type: none"> – Noyau drainant situé au sein du talus amont de la digue et constitué de blocs de grès et stériles miniers recouvert d'un géotextile filtrant – Eaux collectées par un puisard implanté dans le noyau drainant.
DRAINS SUPERFICIELS	<ul style="list-style-type: none"> – Drain superficiel en éventail (cote 164 m NGF) constitué de drains routiers recouvert de gravillons et protégés par un géotextile filtrant. 	<ul style="list-style-type: none"> – Drain superficiel en éventail (cote 161 m NGF) constitué de drains routiers recouvert de gravillons et protégés par un géotextile filtrant.
DRAINS PIED DE DIGUE	<ul style="list-style-type: none"> – Aménagement des anciens caniveaux situés au pied des talus pour recueillir les eaux de ressuage des résidus susceptibles de déborder à l'interface digue / terrain naturel. – Les caniveaux ont été conservés et remplis de gravillons (15 mm / 25 mm) puis recouverts d'un géotextile. <p>Le drain « amont pied de digue » longe la digue Failles Centrales. Un bouchon d'argile a été mis en place à chaque extrémité afin de canaliser les éventuelles arrivées d'eau</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Le drain « central pied de digue » longe la digue Failles Sud. Il a été également recouvert par plus de 3 m d'épaisseur par un granulat 50 mm / 100 mm avant d'être recouvert par une couche de fermeture en polyane armé. – Le drain « aval pied de digue » complète le système de collecte d'éventuelles fuites du stockage Failles Sud et du bassin 4000. – En aval de ces deux drains, un barrage d'argile a été constitué afin d'éviter tout risque de fuites de ces eaux vers le ruisseau du Mas d'Alary.

Sur l'ensemble des stockages de résidus Failles Sud et Failles Centrales, la mise en place de la couverture a été réalisée de la manière suivante, avec de bas en haut :

- une couche de 4 m de matériaux provenant des verses (minerai marginal en couche de base puis stériles miniers), formant une légère pente vers l'Ouest, pour drainer les eaux de ruissellement et de sub-surface vers le système de drainage des digues.
- une couverture de finition d'environ 1 m d'épaisseur constituée de pélites et argilites rouges provenant des verses de Caoumelles et mise en place par couche de 0,40 m compactée afin de réduire la perméabilité et de limiter l'érosion.

Afin de favoriser l'intégration du stockage dans le paysage, le remodelage final de la couverture a consisté en la création :

- de formes faiblement pentées : les surfaces horizontales et les cuvettes ont été supprimées pour réduire les infiltrations et donc la mise en charge des résidus. La pente topographique finale du recouvrement est inférieure à 5° et régulière. La topographie ainsi créée, permet de diriger les eaux de ruissellement des stockages de résidus vers l'Ouest et le ruisseau du Mas d'Alary. Afin de limiter le risque d'érosion, le bassin versant constitué par le stockage a été découpé en micro-bassins drainés par un réseau de banquettes drainantes.
- de talus arrondis en parfaite continuité avec les bordures Nord, Est et Ouest des anciennes mines à ciel ouvert (la bordure Sud étant constituée d'un front résiduel de 25 m de haut).

6.3 LES PRODUITS DE DEMANTELEMENT

6.3.1 Généralités sur le stockage des produits de démantèlement

L'usine et ses installations annexes ont été entièrement démolies (à l'exception du tunnel extracteur à soc), afin de dégager de vastes plateformes susceptibles d'accueillir de nouvelles activités. Les travaux se sont déroulés du mois de mars 1999 au mois de mars 2000, sous la surveillance d'un coordonnateur de chantier habilité.

L'arrêté préfectoral n°98-1-3385 du 2 novembre 1998 a autorisé COGEMA à stocker les produits issus du démantèlement des installations industrielles sur une plateforme de 2 ha aménagée sur les résidus de traitement (cf. annexe 4.1). L'arrêté préfectoral n°2000-I-668 du 20 mars 2000 a autorisé COGEMA à couvrir les produits de démantèlement.

Les produits de démantèlement de l'usine ont été stockés dans une cellule aménagée sur les résidus de traitement, dans la partie Est de la fosse Failles Sud.

La base de cette cellule est constituée d'une plateforme, d'une épaisseur de 2 m, de stériles miniers (produits à gérer dont la teneur en uranium est supérieure à 300 ppm). Cette plateforme repose sur une épaisseur de 48 m de résidus de traitement. La couverture des produits de démantèlement est identique à celles des résidus de traitement du minerai (cf. paragraphe 6.2.2), à l'exception de la topographie finale qui est inclinée vers l'Est, afin de diriger les eaux de ruissellement vers un seul exutoire, le ruisseau du Doumergous.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 95/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

6.3.2 Origine des produits movimentés pendant le réaménagement

Une procédure de gestion interne des produits a été mise en place afin de tracer l'origine, la nature, la quantité, l'activité et la destination des déchets stockés. Les trois catégories de produits stockés dans la cellule sont :

- **les ferrailles**, qui ont été grossièrement découpées avant d'être stockées en premier lieu sur la plateforme dédiée.
- **les bétons**, qui ont été décaissés jusqu'à une profondeur de 1,20 m par rapport au niveau du sol, puis grossièrement concassés et enfin transportés pour être entreposés sur les ferrailles stockées dans la cellule. Il est à noter que les bétons constituant l'extracteur à soc du minerai, ont été laissés en place et recouverts (localisation sur plan cadastral en annexe 4.1).
- **les autres produits**, correspondant aux matériaux issus du grattage des 17 700 m² de surface bitumée et aux matériaux issus du décaissement de l'emprise de l'usine et des bassins de procédé.

Les tonnages et activités en Ra226 des produits stockés sont présentés dans le tableau suivant :

NATURE \ PROVENANCE DES MATERIAUX	USINE		PARCS ^(*)		TOTAL	
	Tonnage	Activité (Ra226)	Tonnage	Activité (Ra226)	Tonnage	Activité (Ra226)
FERRAILLES (ACIERS)	9 465 t	809 GBq	2 086 t	31 GBq	11 551 t	840 GBq
BETON	43 318 t	11 GBq	567 t	0	43 885 t	11 GBq
AUTRES PRODUITS (BITUME – TERRES)	63 986 t	45 GBq	0	0	63 986 t	45 GBq
TOTAL	116 769 t	864 GBq	2653 t	31 GBq	119 422 t	896 GBq

^(*) PARCS : le site industriel du Bosc comprenait 7 parcs : Atelier SIMO, Magasin, Parc Electrique, Atelier Premier échelon, Descenderie A, Descenderie B et MCO.

6.4 LES BOUES DE STATION DE TRAITEMENT DES EAUX

Pendant l'exploitation, les boues générées par le traitement des eaux avaient trois provenances :

- les boues de curage des albraques fond (production de 1981 à 1997) ;
- les boues de curage de la décantation du traitement des eaux d'exhaure (production de 1977 à 1996) ;
- les boues issues du traitement à la chaux (production de 1998 à 1999).

Une partie de ces boues a été « valorisée » en usine de traitement de minerai : elles ont subi une déshydratation en bassins avant transfert vers le stockage du minerai en vue d'une reprise en usine.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 96/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les volumes et périodes de reprise en usine des boues sont présentés dans le tableau suivant :

Origine des boues	Période de production	Volume (m.h.)
Boues de curage des albraques fond	1981 - 1984	63 828 m ³
	1985 - 1997	90 m ³
Boues de curage de la décantation du traitement des eaux d'exhaure	1977 – 1986	37 685 m ³
TOTAL		101 603 m³

Le tableau suivant présente les volumes de boues (humides) générées pendant l'exploitation qui ont été stockées en mines à ciel ouvert, en fonction de leur origine et de leur lieu de stockage :

	MCO Tréviels Est	MCO Failles Sud *	MCO Failles Centrales *	TOTAL
Boues de curage des albraques fond	35 933 m ³	42 949 m ³	7 852 m ³	86 734 m³
Boues de curage de la décantation du traitement des eaux d'exhaure	2 658 m ³	7 214 m ³	3 369 m ³	13 241 m³
Boues de curage de la décantation du traitement des eaux d'exhaure	0 m ³	0 m ³	619 m ³	619 m³
TOTAL	38 591 m³	50 163 m³	11 840 m³	100 594 m³

* Stockage des boues avec les résidus de traitement du minerai

Au début des années 90, un bassin de lagunage a été créé sur la partie Ouest de la mine à ciel ouvert Failles Centrales, soit à la fin du remplissage de celle-ci par des résidus de traitement du minerai. Ce bassin était destiné au stockage de déchets chimiques pour l'usine (fond de cuve de sulfates et boues de la station chaux incluse dans l'usine). A l'arrêt de l'exploitation du site industriel et minier, ce bassin a été conservé pour y stocker les boues provenant de l'actuel traitement des eaux (décanteur de la neutralisation à la chaux).

Le tableau suivant présente les volumes de boues générées par le traitement actuel des eaux :

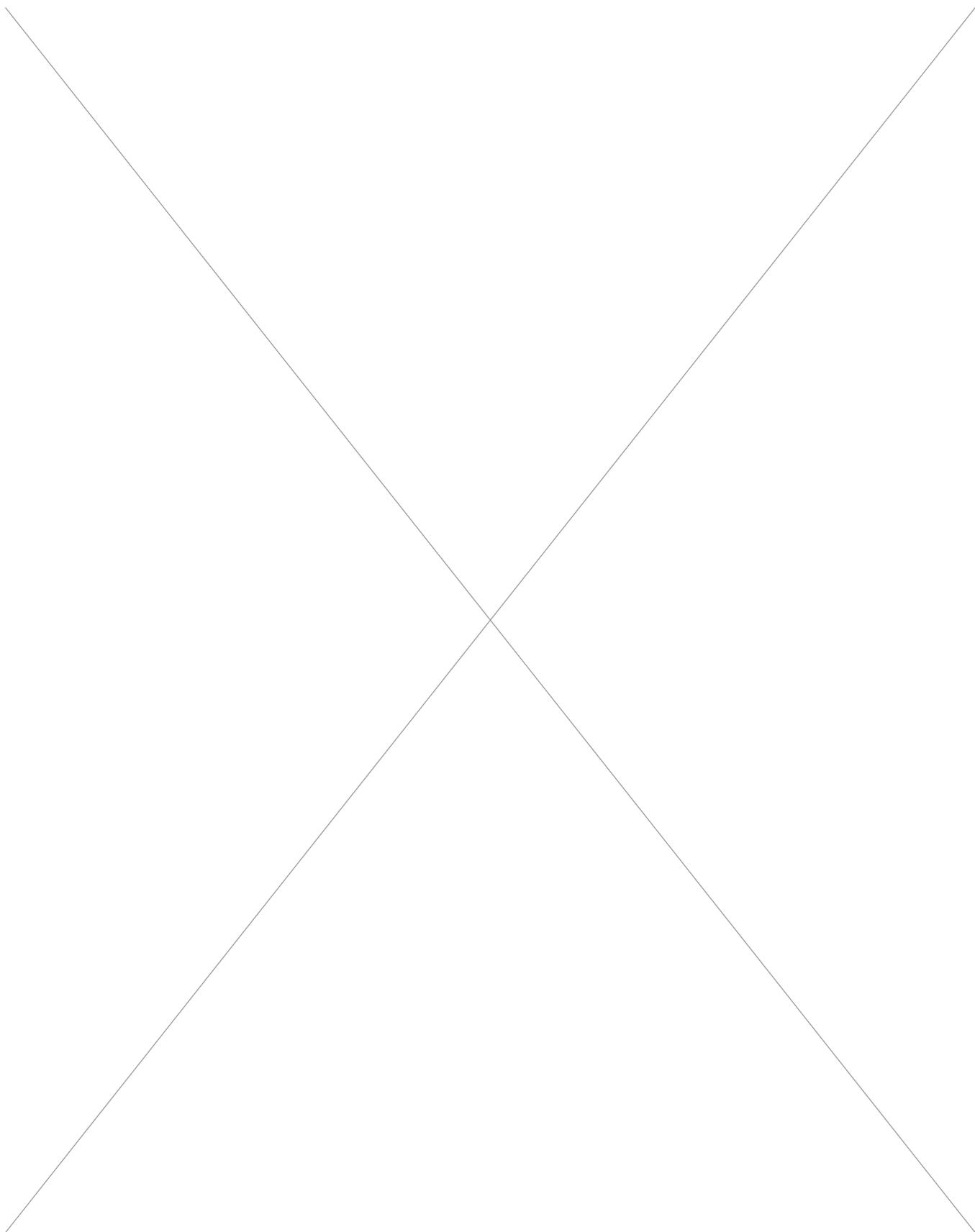
année	Boues humides *	Boues sèches **	
	Volume pompé en m ³	Volume en m ³	Poids en tonnes
2000	1700	170	133
2001	1300	130	102
2002	1300	130	102
2003	4800	480	375
2004	4560	456	357
2005	600	60	47
2006	1770	177	138
2007	0	0	0
2008	720	72	56
2009	1200	120	94
2010	1080	108	84
2011	2100	210	164
2012	2050	205	160
TOTAL	23 180	2 318	1 813

* teneur en eau = 90 %

** densité = 0,782

Lors du réaménagement du site, un second bassin de lagunage a été créé sur la partie Ouest du stockage de résidus Failles Sud, en prévision de l'arrêt du stockage dans le bassin Failles Centrales. **Le bassin de lagunage Failles Sud n'a jamais été utilisé à ce jour.**

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 97/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0



BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 98/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

7 EVALUATION DES IMPACTS EN TERME DE SECURITE PUBLIQUE

7.1 INTRODUCTION

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

- le décret n° 95-696 du 9 mai 1995 relatif à l'ouverture des travaux miniers qui, dans son article 44, précise que le document accompagnant la déclaration d'arrêt des travaux et installations devait comporter « *un document relatif aux incidences prévisibles des travaux effectués sur la tenue des terrains de surface* » ;
- le décret n° 2001-209 du 6 mars 2001, modifiant le décret n° 95-696 et en particulier l'article 44 du Code Minier, qui impose « *la réalisation d'une étude ayant pour objet de déterminer si des risques importants [...] subsisteront après le donner acte mentionné au neuvième alinéa de l'article 91 du Code Minier* » ;

Il est à noter que le décret n° 95-696 du 9 mai 1995 a été abrogé par décret n°2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains. Cependant, cet arrêté de 2006 stipule que le décret de 1995 « *demeure toutefois applicable aux demandes d'autorisation et aux déclarations d'ouverture de travaux miniers ainsi qu'aux déclarations d'arrêt de travaux présentées avant la publication du [...] décret [de 2006]* ».

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

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

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

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

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 99/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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

- la loi n° 99-245 du 30 mars 1999 relative à la responsabilité en matière de dommages consécutifs à l'exploitation minière et à la prévention des risques miniers après la fin de l'exploitation qui, dans la reprise de l'article 93 du Code Minier, dispose que « lorsque des risques importants d'affaissement de terrains [...] ont été identifiés lors de l'arrêt des travaux, l'exploitant met en place les équipements nécessaires à leur surveillance et à leur prévention et les exploite ».

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

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

- Pour les travaux miniers souterrains :
 - l'existence d'ouvrages de liaison fond-jour (puits, galeries, montages ...),
 - les risques de fontis, d'affaissement en surface,
 - les risques de chute dans les ouvrages miniers non fermés,
- Pour les exploitations à ciel ouvert :
 - les risques de chutes de personnes à partir des têtes de parois,
 - les risques d'instabilité des parois,
 - les risques d'instabilité des verses à stériles,
- Pour les stockages de résidus de traitement du minerai :
 - les risques d'instabilité ou de rupture pour les digues de retenue de stockage.

7.2 LES RISQUES LIES AUX TRAVAUX MINIERES SOUTERRAINS

Les risques de chutes de personnes ou d'animaux, les risques d'intrusion dans les travaux souterrains ont conduit les exploitants à obturer ces ouvrages.

L'inventaire des ouvrages verticaux débouchant au jour a été réalisé sur la base des documents d'archives et de la connaissance des sites. Ces ouvrages font l'objet d'un contrôle visuel régulier du fait de leur proximité avec le site minier du Bosc.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 100/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

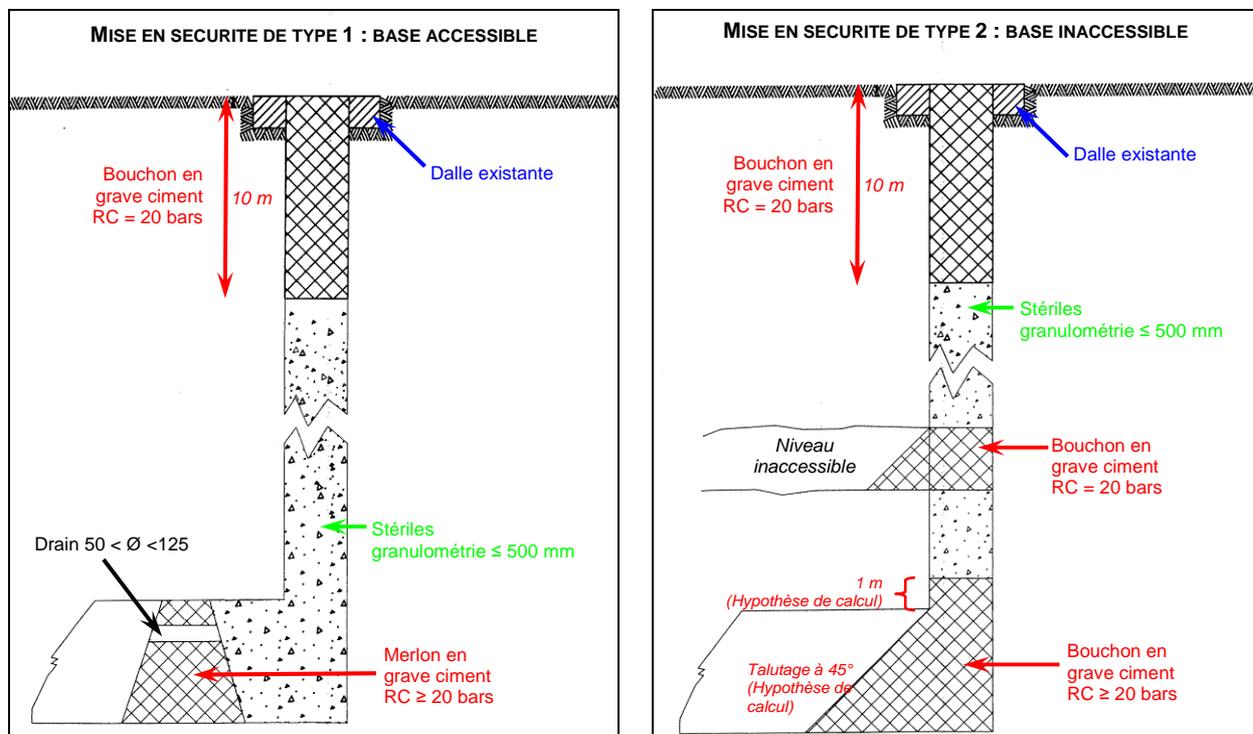
7.2.1 Les ouvrages de liaison fond-jour

LES OUVRAGES VERTICAUX

Sur le site minier du Bosc, il existe deux types d'ouvrages verticaux, dont la mise en sécurité a été réalisée de la manière suivante :

- les sondages techniques (sondages béton) ont été bouchés par un coulis de ciment sur 3 m au minimum.
- pour les puits d'aération (diamètre compris entre 1,80 et 2,40 m), deux types de mise en sécurité ont été réalisés :
 - Mise en sécurité de type 1 : « cas où la base de l'ouvrage était accessible » :
Réalisation d'un bouchon en grave ciment à la base avec un drain, servant d'appui au matériau de remplissage, puis remblayage intégral avec des stériles miniers, et mise en place d'un bouchon en grave ciment sur les 10 derniers mètres
 - Mise en sécurité de type 2 : « cas où la base de l'ouvrage n'était pas accessible » :
Deux possibilités pour la base de l'ouvrage : soit mise en place d'un bouchon béton coulé depuis la surface, soit aucun aménagement préparatoire. Puis, remblayage intégral avec des stériles miniers, et mise en place d'un bouchon en grave ciment sur les 10 derniers mètres.

Seuls les puits P33 et P37 ont été conservés afin de suivre l'évolution des eaux de réservoir minier en vue du traitement des eaux d'exhaure, après réaménagement. Les schémas descriptifs sont présentés au chapitre 10.1 « Réduction des impacts sur le vecteur eau ».



Remarque : Lors du remblayage, un bouchon d'argile a été positionné au passage de la Faille de Saint-Julien, réputée étanche, dans les puits l'ayant recoupée.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 101/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les caractéristiques et le type de mise en sécurité de chaque puits d'aérage du site du Bosc ont été archivés sous la forme d'une fiche signalétique accompagnée d'un plan de localisation et d'une coupe de l'ouvrage. L'ensemble de ces fiches figurent dans le dossier d'arrêt définitif des travaux et d'utilisation des installations minières du site du Bosc (mars 2001). De plus, l'emplacement de ces puits d'aérage a été pris en compte lors de la mise en place de servitudes (cf. chapitre 10.3 « Mise en place de servitudes »).

Pour le site du Puech Bouissou, la mise en sécurité du puits d'aérage a été effectuée selon le type 1 réalisé sur le site du Bosc.

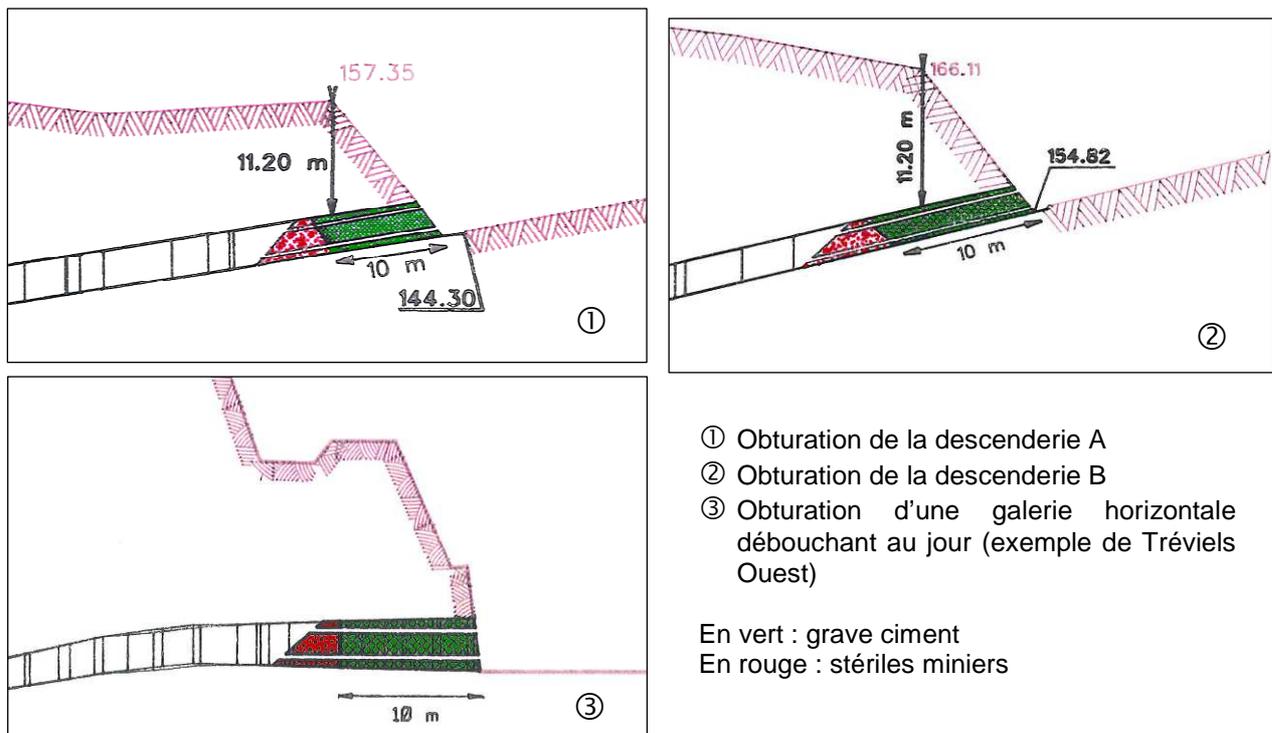
Pour le site de Rabejac, le puits d'accès aux travaux de recherche effectué à la fin des années 50, a été remblayé sur toute sa hauteur et bétonné en tête

LES OUVRAGES HORIZONTAUX OU OBLIQUES

Pour le site du Bosc, il s'agit des descenderies A et B d'accès à la mine de Mas Lavayre, de la descenderie d'accès à la mine de Mares 4/5, des lanières exploitées en fond de fosse de Mares 1 et Tréviels Ouest et de l'accès à la poudrière.

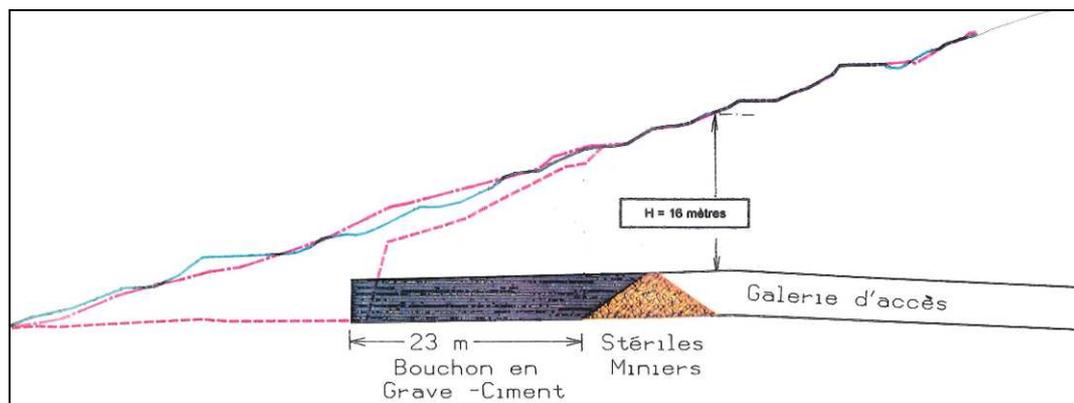
Le mode de fermeture de ces ouvrages a été réalisé de manière à garantir un stot minimal de 10 m (coefficient de sécurité supérieur ou égal à 1) et a consisté en la mise en place d'un bouchon de graves ciment (70 kg de ciment par m³), d'environ 10 m de longueur, reposant sur un talon de matériaux tout-venant (stériles miniers) et pose de deux drains (haut et bas) de diamètre compris entre 50 et 125 mm.

Les coupes suivantes présentent les travaux d'obturation et mise en sécurité pour ces ouvrages :



BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 102/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Concernant le site du Puech Bouissou, il s'agit de la descendrière d'accès à la mine souterraine qui a été obturée telle que présentée sur la coupe suivante :



7.2.2 Les infrastructures et chantiers souterrains

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

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

S'agissant de la migration de produits fins de remblayage, elle n'est possible que sous l'action de l'eau soumise à une vitesse d'écoulement supérieure à celle d'une nappe, ce qui n'est le cas que lors de la phase de noyage.

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.

Pour les chantiers sous eau après noyage, on considère que les terrains sont déjàugés et les contraintes sur les anciens travaux deviennent de ce fait plus faibles.

Il existe 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).

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 103/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

LES EFFONDEMENTS « CLASSIQUES »

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

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

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

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

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

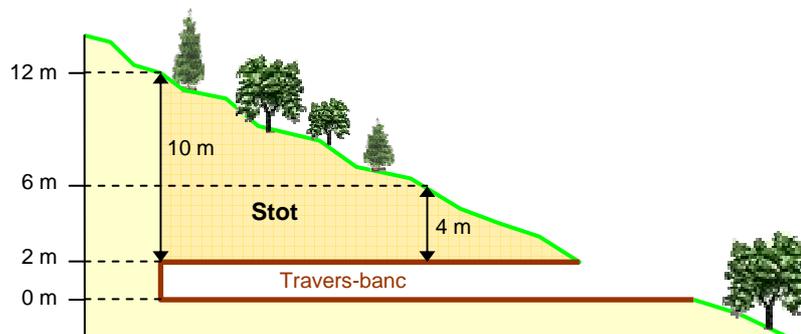
Si l'on veut avoir un coefficient de sécurité maximum, on appliquera comme critère la règle de TINCELIN (« La mécanique du foudroyage »... TINCELIN – FINE – BENYAKHLEF – 12^{ème} congrès minier mondial – NEW DEHLI – novembre 1984) qui considère que la hauteur totale du vide disponible et du fontis (H et H_1) est environ égale à quatre fois la hauteur du vide initial (H) ($F < 1,4$).

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).

Dans l'Hérault, les hauteurs de galeries de reconnaissance ou d'accès sont généralement limitées à 4 m de hauteur. L'application de la règle « Tincelin » écarte tout risque de désordre de surface au-delà d'un stot de 16 m. L'application de la règle « INERIS » porte ce stot à 40 m.

Les risques de désordres existent donc pour :

- des galeries à moins de 40 m de profondeur,
- des ouvrages de type travers-banc, qui correspondent à des galeries horizontales situées à flanc de coteau, où le stot au dessus varie en fonction de la longueur de la galerie, comme l'illustre le schéma suivant :



BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 104/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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

LES EFFONDEMENTS « EN TIROIR »

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

Cependant, les gisements exploités sur les sites miniers héraultais se présentaient en grande majorité sous forme d'amas minéralisés (cf. paragraphe 2.1.3 « Caractéristiques des minéralisations »). La probabilité que ce type d'effondrement ait lieu à l'aplomb des travaux miniers souterrains héraultais est très faible.

ANALYSE DES RISQUES SUR LE SITE DU BOSC

Le tableau ci-après présente le type de réaménagement des infrastructures souterraines et des quartiers d'exploitation :

TMS	QUARTIERS CONCERNES	LOCALISATION EN SURFACE	REAMENAGEMENT
Mas Lavayre	Quartiers exploités à une profondeur \geq 50 m	entre le hameau de Saint Julien et le hameau de Mas Lavayre	Entièrement remblayés (due à la méthode d'exploitation : tranches descendantes avec mise en place de remblai cimenté)
	Galerie d'accès L311 au quartier Capitoul	située à 78 m de profondeur sous la rivière La Lergue et à 101 m de profondeur sous l'autoroute A75	vide
	Galerie d'accès L501 au gisement des Hémies	située à 150 m de profondeur sous la rivière La Lergue et sous l'autoroute A75	vide
	Galeries isolées dans le quartier amont 300 Quartier 220 Nord : une galerie et 4 recoupes Quartier 220 Sud : 1 galerie	au Sud du hameau de Saint-Julien et en bordure de la route RD144 ^E , à plus de 45 m de profondeur.	vide
Mares 4-5	Zone Nord : quartiers exploités à une profondeur \geq 40 m Zone Sud : quartiers exploités à une profondeur \geq 20 m		Entièrement remblayés (due à la méthode d'exploitation : tranches descendantes avec mise en place de remblai cimenté)
	Plan incliné PI 111 d'accès à la zone Nord situé à plus de 45 m de profondeur.		vide
Tréviels Ouest Mares 1	Galeries de recherche effectuées en fond de fosse		vide

L'examen des risques liés aux travaux miniers souterrains a été réalisé par l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris en 1997, c'est-à-dire à la fin de l'exploitation, juste avant l'ennoyage des travaux souterrains, ce qui a permis la réalisation d'une visite d'auscultation des galeries et chantiers de dépilages.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 105/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

La visite d'auscultation d'avril 1997 a mis en évidence que « les galeries d'infrastructure sont extrêmement bien conservées, on y circule en parfaite sécurité. Seuls, quelques carrefours de chambres d'exploitation ont fait l'objet de chutes de blocs; on y remarque quelques boulons déchaussés. »

Pour les terrains de surface, COGEMA a procédé depuis 1987 à un suivi d'éventuels mouvements de terrains. L'analyse des résultats, par l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris en 1997, a montré :

- des affaissements centimétriques à l'aplomb des zones d'exploitation du type amas : la plupart d'eux seraient consécutifs à l'exploitation et d'origine mécanique.
- des affaissements millimétriques au dessus des autres zones exploitées, qui seraient d'origine physique : ils seraient dus au dénoyage des terrains provoqués par l'exploitation (tassement des bancs argileux suite à une diminution de la teneur en eau).

L'analyse du comportement prévisionnel, réalisée par l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, a pris en compte les mouvements d'origine mécanique et les mouvements qui risquent d'être induits par la remontée des eaux. Les conclusions de cette étude sont les suivantes :

« Des mouvements lents et d'amplitude centimétrique risquent de se produire à l'aplomb des zones exploitées en amas remblayés. Des affaissements millimétriques liés à la remontée des eaux risquent de se produire dans les autres zones. Nous jugeons intéressant que soient poursuivies les mesures topographiques mises en place depuis 1986, en particulier pour observer l'influence éventuelle de la remontée des eaux.

En aucun cas, les mouvements prévisibles ne sont susceptibles de mettre en péril la sécurité du public, des habitations, de Mas Lavayre ou de l'autoroute A75 où seuls des ouvrages isolés ont été réalisés. »

Toutefois, dans le cadre du dossier d'arrêt définitif des travaux et d'utilisation des installations minières du site du Bosc de 2002, deux types de cônes d'influence de 25° sur la verticale (cf. schéma ci après) ont été calculés afin de déterminer l'emprise des terrains susceptibles de s'affaisser pour les galeries ou quartiers non remblayés situés :

- soit à une profondeur voisine ou inférieure à 50 m ;
- soit à une profondeur voisine ou inférieure à 100 m.

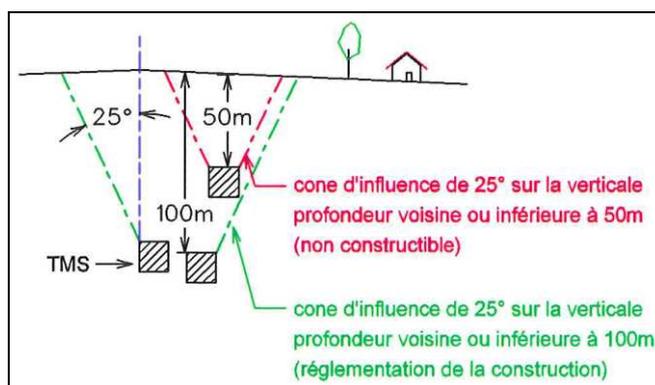
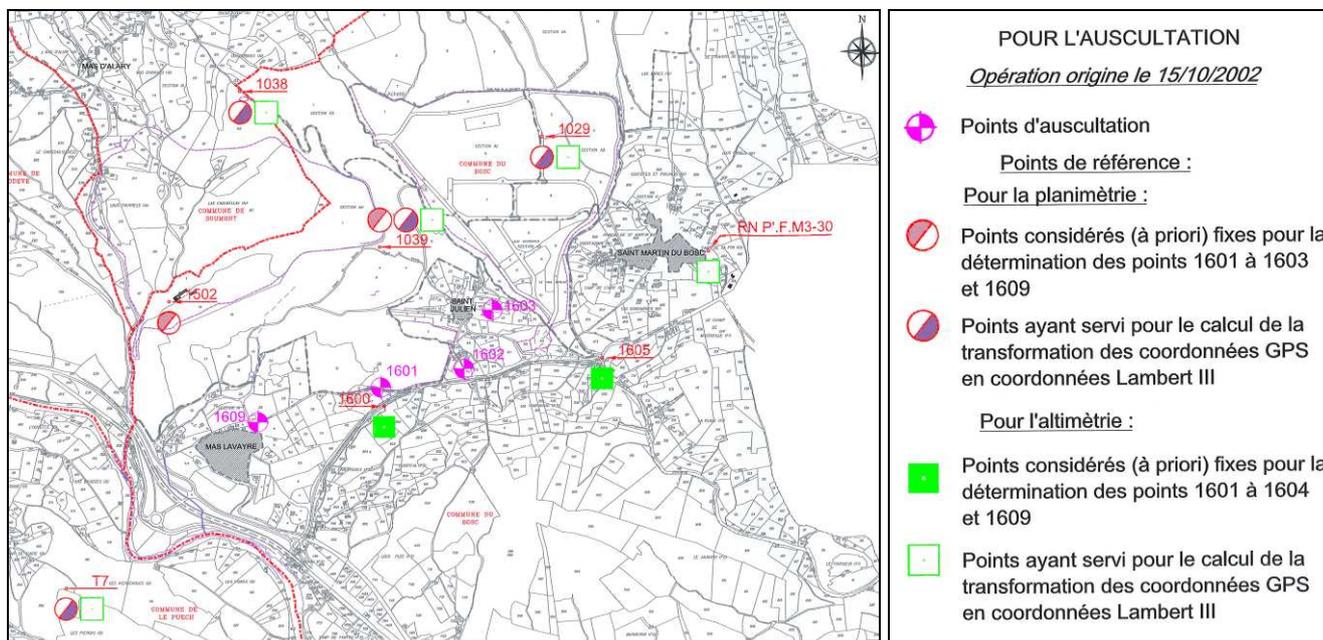


Schéma de détermination des cônes d'influence

Ces cônes d'influence sont reportés sur l'annexe 4.3 du présent bilan environnemental et ont été pris en compte lors de la mise en place de servitudes (cf. chapitre 10.3 « Mise en place de servitudes »).

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 106/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Après le réaménagement du site minier du Bosc, des opérations de mesures topographiques annuelles ont été mises en place depuis octobre 2002, afin de suivre les mouvements éventuels de réajustement des terrains au droit des travaux miniers. Quatre points choisis au droit des travaux les plus proches de la surface ou dans les zones d'exploitation maximum font l'objet d'un levé topométrique précis tous les ans.

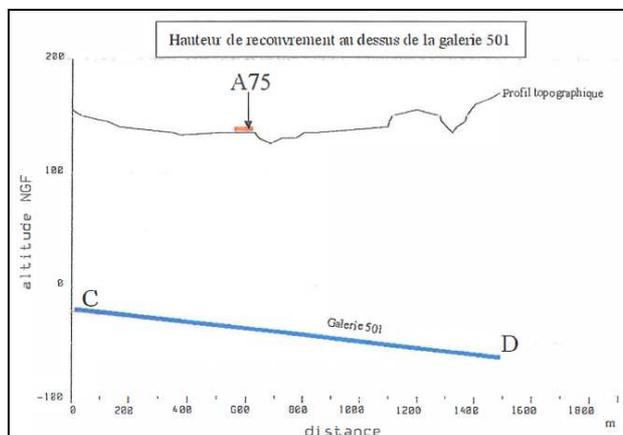
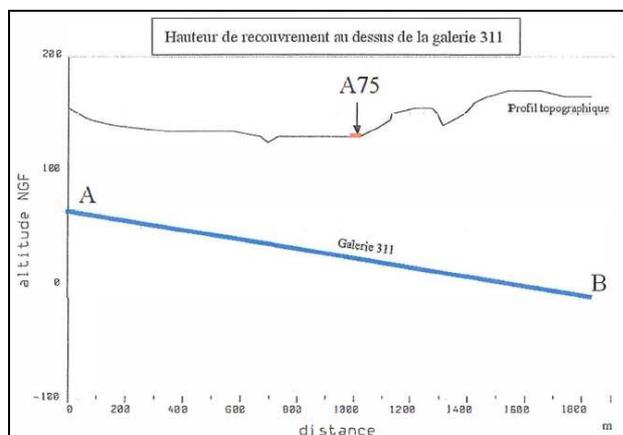


Localisation des points d'auscultation topométrique

Les mouvements observés depuis l'opération d'origine de 2002 sont de l'ordre de la dizaine de millimètres tant en planimétrie qu'en altimétrie. Ces résultats confirment les conclusions de l'étude des risques d'instabilité liés aux travaux miniers souterrains de 1997.

En réponse à l'article 4 de l'arrêté préfectoral du 16 mai 2005 relatif à l'arrêt définitif des travaux miniers du site du Bosc, une étude complémentaire, portant sur les risques de fontis liés à l'existence de galeries isolées situées à moins de 50 m de profondeur, notamment sous l'autoroute A75, a été réalisée par J. FINE en mars 2006. Les galeries isolées du site de Bosc sont les infrastructures ayant servi à l'exploitation du gisement :

- les deux descenderies A et B, dont les entrées sont situées à moins de 50 m de profondeur.
- les galeries 311 et 501 situées respectivement à 80 m et 150 m de profondeur sous l'autoroute A75, comme le montre les profils ci-dessous.



BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 107/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les conclusions de cette étude, sur les risques de fontis liés à l'existence de galeries isolées, réalisée par J. FINE en mars 2006 sont les suivantes :

« *Aucun effondrement du type fontis ne peut se créer au dessus des anciennes galeries de l'ancien site minier de Lodève. Notamment, les deux galeries passant sous l'autoroute A75 ne peuvent conduire à des mouvements perceptibles en surface.* »

ANALYSE DES RISQUES SUR LE SITE DU PUECH BOUISSOU

Cette analyse a été réalisée dans le cadre du dossier d'arrêt définitif des travaux et d'utilisation des installations minières du site en mars 1998.

L'exploitation du gisement a été menée sur un seul niveau d'une hauteur de 4 m, selon une méthode sélective en couche mince, sans remblayage. Le risque réside dans un effondrement de type « classique » : en se désagrégant, la voûte comblerait progressivement le vide minier de matériaux foisonnés.

Ainsi, l'application de la règle TINCELIN écarte tout risque de désordre de surface au-delà d'un stot de 16 m (40 m selon la règle INERIS).

La stabilité en grand des travaux miniers souterrains est assurée du fait de l'existence d'un stot supérieur à 40 m. Ainsi, le risque que des désordres se produisent en surface est nul.

Concernant l'entrée de la descenderie réalisée à flanc de coteau, l'obturation de celle-ci présentée au paragraphe 7.2.1, permet également d'assurer la stabilité des terrains en surface en application de la règle TINCELIN.

7.3 LES RISQUES LIES AUX MINES A CIEL OUVERT

Ces risques sont liés à la présence de parements résiduels pour les fosses non remblayées ou mises en eau et accessibles au public (risques de chute ou de noyade). Seul le site du Bosc est concerné par ce type de risques. Les différentes mines à ciel ouvert concernées sont présentées dans les tableaux ci-après.

MCO	Surface au sol (en ha)	Parements résiduels (en m)	Dans enceinte clôturée	Remblayage
Failles Sud	14,90	25	OUI	Remblayage par résidus de traitement et plate forme pour les produits de démolition de l'usine et recouvrement par stériles miniers.
Failles Centrales	11,71	0	OUI	Remblayage par résidus de traitement et couverture en stériles et talutage du parement nord (et pistes drainantes).
Sud Failles Sud (partie Est)	2,21	34	OUI	Maintien en l'état pour conserver une capacité de stockage des eaux à traiter.
Sud Faille Sud (partie Ouest)	1,74	20	OUI	Remblayage partiel par stériles miniers et mise en place d'un grillage sur le parement sud (à l'aplomb de la STE).

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 108/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

MCO	Surface au sol (en ha)	Parements résiduels (en m)	Dans enceinte clôturée	Remblayage
Mares 1	1,54	14	NON	Remblayage partiel par stériles miniers.
Mares 3	0,88	14	NON	Remblayage partiel par stériles miniers.
Mares 4/5	0,63	5	NON	Remblayage partiel par stériles.
Tréviels Ouest	3,27	30	NON	Remblayage partiel et maintien d'un front rocheux d'intérêt géologique.
Tréviels Est	6,20	10	OUI	Remblayage partiel par stériles miniers.
Tréviels 25/27	0,84	0	NON	Remblayage total par remblais routiers A75.
Mas d'Alary Village	3,87	20	NON	Gradins nord talutés à la pente d'équilibre de 45° et remblayage partiel par stériles miniers.

Toutes les mines à ciel ouvert (à l'exception de la partie Est de la fosse Sud Faille Sud Est maintenue en réserve d'eau) ont été partiellement remblayées jusqu'à minima leur seuil d'entrée afin de réduire la hauteur des parements résiduels et afin d'évacuer les eaux de ruissellement. La nature carbonatée des roches écarte tout risque de lixiviation de type « drainage acide ».

Les parements Est, Ouest, et Sud ont une pente moyenne d'équilibre de 63°. Elle est de 45° pour les parements à regard Nord en raison d'un pendage moyen des strates sédimentaires de 15 à 20° vers le Sud.

La tête des parements résiduels a été assurée par un merlon et clôtures à 3 rangs de barbelés avec haies d'épineux ou clôture grillagée.

7.4 LES RISQUES LIES AUX VERSES A STERILES

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

Comme décrit au paragraphe 6.1.3 « Réaménagement des verses à stériles », la majorité des stériles miniers constituant les verses ont été réutilisés soit en totalité ou partiellement comme matériaux pour le réaménagement des mines à ciel ouvert et du stockage de résidus. Les sites concernés par des verses à stériles résiduelles sont les sites du Puech Bouissou et du Bosc (verses de Caoumelles verse Est, Caoumelles verse Ouest, Tréviels 25/27, Mas d'Alary Village verse Ouest, Mas d'Alary Village verse Est, Mares 1 et Mares 3).

Concernant le site minier du Bosc, le réaménagement et la mise en sécurité des verses à stériles se sont inscrits dans un projet de réaménagement paysager et écologique à l'échelle globale du site minier (Cf. dossier d'arrêt définitif des travaux et d'utilisation des installations minières du Bosc : Annexe 22-DIV).

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 109/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Le réaménagement a donc consisté en :

- un remodelage des verses afin d'adoucir les pentes des verses afin de les intégrer la pente naturelle des terrains environnants :
- une végétalisation en tenant compte des contraintes climatiques qui favorisent le phénomène d'érosion sur les terrains laissés à nu et de leur impact visuel dans le paysage : implantation d'espèces herbacées, d'arbres et arbustes sous forme de bosquets pour reconstituer la garrigue.

Ainsi, le risque de glissement dû à l'instabilité des matériaux sur les verses du site du Bosc est donc très faible mais ne peut être exclu du fait de la nature même des matériaux les constituant (mélange d'argilites et de bancs gréseux) : des glissements de faible ampleur (quelques m²) et localisés peuvent toutefois survenir, notamment en cas de fortes précipitations) si la végétation implantée n'est pas maintenu.

Concernant le site minier du Puech Bouissou, la quasi-totalité de la verse à stériles a été utilisé afin de constituer une vaste plateforme au niveau de l'ancien carreau minier. **Le risque de glissement dû à l'instabilité des matériaux est donc nul.**

7.5 LES RISQUES LIES AUX DIGUES DE RETENUE DE STOCKAGE

Sur le département de l'Hérault, seul le stockage de résidus de traitement du minerai du site du Bosc possèdent des digues dont la stabilité est à étudier. Il s'agit de :

- la « digue Failles Sud » située à l'Ouest de la fosse du même nom, et constituée de 293 000 tonnes de stériles, rapportés au dessus du terrain naturel situé à la cote 148. La pente du talus aval était de 60 %
- la « digue Failles Centrales » située à l'Ouest de la fosse du même nom et constituée de 314 000 tonnes de stériles, rapportés au dessus du terrain naturel situé à la cote 145. La pente du talus aval était de 70 %.

Un dispositif de drainage (décrit au paragraphe 6.2.2) a été mis en place en aval des digues Failles Sud et Failles Centrales, d'une part afin de renforcer la capacité drainante des digues elles-mêmes en vue collecter les eaux provenant des résidus, et d'autre part afin de limiter d'éventuelles poussées des terrains dues à l'infiltration d'eau dans le stockage.

Afin d'évaluer la stabilité de ces ouvrages, trois études ont été réalisées :

- « Dignes Failles Sud et Failles Centrales » réalisée par le CEBTP en 1995 (dossier n° 4312.5.077). Cette étude a été jointe au dossier d'arrêt définitif des travaux et d'utilisation des installations minières du Bosc de mars 2002.
- « Stabilité à long terme des digues à stériles Failles Sud et Failles Centrales à Saint-Martin-du-Bosc » réalisée par ANTEA en janvier 2004 (rapport A32844/A).
- « Assistance pour la surveillance de la digue de Saint-Martin-du-Bosc », réalisé par Coyne et Bellier en juin 2012 (Rapport H.818471RP08).

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 110/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

ETUDE CEBTP DE 1995, JOINTE AU DOSSIER D'ARRET DEFINITIF DES TRAVAUX

Cette étude, réalisée juste avant la fin du remplissage des fosses par les résidus de traitement du minerai, avait pour objectifs :

- la vérification par sondages destructifs des coupes théoriques des digues.
- l'identification et la détermination par corrélation des caractéristiques mécaniques des stériles mis en remblai ainsi que celles des résidus de traitement du minerai.
- la réalisation de calculs de stabilité selon différents profils et différentes hypothèses de caractéristiques mécaniques, de niveaux piézométriques et de séismes.

Concernant les profils en travers des digues, la plupart des sondages ont mis en évidence que :

La « coupe observée est strictement conforme à la coupe attendue [...] ou très proche. En revanche, pour 2 sondages (PR1 et PR10 [localisés respectivement aux extrémités Nord et Sud de la digue Failles Centrales]) les divergences sont plus accentuées.

Les divergences constatées restent relativement mineures pour la stabilité des digues car elles n'intéressent que des couches profondes et pas ou peu l'épaisseur de stériles superficiels. »

Pour cette raison, les calculs de stabilité ont donc été effectués à partir des profils théoriques.

Concernant les caractéristiques mécaniques des matériaux, les hypothèses prises en compte pour les calculs de stabilité sont les suivantes :

		Hypothèse normale	Hypothèse pessimiste
Corps de digue (stériles miniers)	Cohésion	0	0
	Angle de frottement	42°	36°
Résidus de traitement	Cohésion	0	0
	Angle de frottement	29°	27°

Pour le substratum rocheux, celui-ci est constitué de pélites, argilites compactées consolidées, avec intercalation de cinérites silicifiées, du Permien, sur une épaisseur de plus de 150m). Les séquences sont orientées N80°E et le pendage est voisin de 15°S. Il présente également un réseau dense de failles Est-Ouest mais pas d'accident subméri dien à pendage Ouest dans le secteur des digues d'orientation Nord-Sud. « Il n'y a donc aucun risque de glissement profond intéressant le substratum. Nous avons modélisé celui-ci avec les caractéristiques suivantes très pessimistes :

- Cohésion : 100 kPa ;
- Angle de frottement interne : 45° »

Le CEBTP a calculé le coefficient de sécurité dans le cas le plus défavorable, c'est-à-dire en supposant que les résidus atteignent la crête des digues et dans le cas d'un niveau des résidus inférieur à celui de la crête. Les différents scénarii étudiés sont les suivants :

- sans nappe dans les résidus
- avec nappe jusqu'en surface dans les résidus
- avec les hypothèses normales ou pessimistes en ce qui concerne les caractéristiques de cisaillement.
- dans certains cas avec un séisme produisant une accélération horizontale et verticale de 0.05g en sachant que l'Hérault n'est pas classé comme zone sismique.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 111/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les calculs ont montré que : « Pour un niveau des résidus inférieur à celui de la crête, le coefficient de sécurité vis-à-vis de glissements profonds est encore amélioré. Le coefficient de sécurité vis-à-vis de glissements peu profonds intéressant une frange mince de talus aval reste inchangé.

Dans ces conditions les risques de glissement mettant en péril la sécurité des retenues de résidus sont nuls dans les circonstances actuelles et prévues (résidus s'accumulant désormais en amont de retenue). Tout au plus pourrait-on observer quelques chutes de blocs ou au pire quelques éboulements de talus aval des digues sans aucune gravité. »

Le CEBTP conclut de la manière suivante :

« Les digues Failles Centrales et Failles Sud se comportent actuellement comme des talus retenant des dépôts peu compacts et non comme des barrages.

Leur stabilité n'est pas menacée, même en cas de remontée lente du niveau des résidus limoneux derrière les digues.

On veillera essentiellement à éviter une accumulation d'eau libre (lac) derrière les digues. »

Lors du réaménagement du stockage en 1999, le talus aval des digues a été remodelé par apport de stériles, afin de permettre sa végétalisation ultérieure. Les pentes des talus avals ont été adoucies :

- pour la digue Failles Centrales, la pente du talus aval est passée de 60% à 30%,
- pour la digue de Failles Sud est passée de 70% à 40%.

Une contre pente (piste drainante) a été réalisée le long de la crête des digues afin qu'il ne puisse pas s'accumuler d'eau libre derrière celles-ci.

ETUDE ANTEA DE JANVIER 2004 : EVALUATION DE LA STABILITE A LONG TERME DES DIGUES

Cette étude a été réalisée à la demande d'AREVA afin d'évaluer la stabilité à long terme des digues à stériles de Failles Sud et Failles Centrales, conformément à la méthodologie établie par le BRGM en 2001. L'étude comporte les éléments suivants :

- une synthèse documentaire et un état des lieux des ouvrages,
- une évaluation des caractéristiques géotechniques et hydrogéologiques des digues et du stockage,
- une estimation de la stabilité à long terme de stockage,
- une étude prospective sur l'évolution du site à long terme.

Les tableaux ci-après synthétisent les caractéristiques actuelles des digues et les caractéristiques géomécaniques, retenues pour les calculs de stabilité, des matériaux des différentes entités constituant le stockage (substratum, stériles, résidus,...).

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 112/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

CARACTERISTIQUES ACTUELLES DES DIGUES		
CARACTERISTIQUES	DIGUE FAILLES SUD	DIGUE FAILLES CENTRALES
Longueur de la digue	environ 170 à 200 m	environ 200 à 230 m
Cote de la crête	entre 171 et 172 m NGF	entre 168 et 172 m NGF
Cote de la base	environ 136 m NGF	environ 125 m NGF
Hauteur maximale de la digue	36 m	46 m
Cote du pied de digue	entre 150 m NGF (nord de la digue) et 145 m NGF (sud de la digue au droit du bassin 4000 m ³).	voisine de 150 m NGF (Nord de la digue).
Pente moyenne du parement aval	entre 20 et 22°, avec localement une pente maximale de 30° à l'aval du puisard de pompage du drain profond.	comprise entre 16 et 20°, avec localement sur de faibles hauteurs une pente qui peut être plus prononcée (de l'ordre de 26/27°).
Superficie du « bassin à résidus »	de l'ordre de 15 ha	de l'ordre de 11,7 ha
Méthode de construction	<ul style="list-style-type: none"> – méthode centrale, en trois phases, et qui comporte deux rehausses reposant, côté amont, sur les résidus. – digue fondée directement sur le substratum rocheux (alternance de bancs de grès et de pélites). – partie amont du corps de digue constituée par un massif drainant (stériles miniers) de la cote 136 m NGF jusqu'à une cote supérieure à 145 m NGF – substratum taillé en gradins de 5 à 10 m de hauteur, séparés par des risbermes d'environ 5 m de largeur. 	<ul style="list-style-type: none"> – partie amont du corps de la digue est constituée par un massif drainant (stériles miniers) de la cote 125 m jusqu'à une cote au proche de 150 m NGF.
Constitution de la digue	stériles miniers rouge ou gris, dont la taille varie des éléments fins (< 0,1mm) aux blocs de grès dont le diamètre peut atteindre 0,6 m.	
Dispositif de drainage*	<p>massif drainant dans lequel un puits a été équipé d'une pompe avec un dispositif de régulation automatique : le niveau dans le puits varie entre les cotes 144,5 m NGF (niveau d'alarme situé sous la cote du point de débordement des découvertes avant remblayage) et 141,74 m NGF (arrêt de la pompe).</p> <p>A long terme, le dispositif de recirculation des eaux (pompage et arrosage de la couverture) devrait être supprimé et la digue, assez perméable, sera drainée naturellement par le point de débordement des découvertes avant remblayage :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Failles Sud : cote voisine de 145 m NGF. – Failles Centrales : cote voisine de 150 m NGF. 	<p>massif drainant à la base de la digue dans lequel un puits a été équipé d'une pompe avec un dispositif de régulation automatique : le niveau dans le puits varie entre les cotes 142,55 m NGF (niveau d'alarme) et 138,75 m NGF (arrêt de la pompe).</p>

* Le détail du dispositif de drainage des digues est décrit au paragraphe 6.2.2 « Gestion des résidus de traitement et description du stockage »

CARACTERISTIQUES GEOMECHANIQUES DES MATERIAUX RETENUES POUR LES CALCULS DE STABILITE			
ENTITES	POIDS VOLUMIQUE EN PLACE γ_h (kN/m ³)	ANGLE DE FROTTEMENT ϕ' (°)	COHESION EFFECTIVE c' (kPa)
Corps de la digue et massif drainant (stériles)	20	38 - 42	0
Couverture (stériles)	21	38	0
Résidus	19	25	5
Substratum rocheux	22	40	100

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 113/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les conditions d'évolution futures des digues et de l'environnement au regard de la stabilité à long terme ont été définies par ANTEA de la manière suivante :

- **Evolution de l'environnement** : « *Les digues limitant les dépôts des MCO de Failles Sud et Failles Centrales bénéficient d'une configuration favorable vis-à-vis de leur environnement* », du fait de :
 - leur implantation et par extension celle du stockage qui couvre la majeure partie du bassin versant amont dont la superficie est peu importante ;
 - de la présence d'un système de gestion des eaux efficace (pistes drainantes, large lit du ruisseau en pied de digue) permettant de limiter l'érosion par des eaux venues de l'amont ou circulant à leur pied ;
 - l'éloignement du parement aval des digues de toute rupture de pente pouvant favoriser une érosion régressive.

« Cette disposition rend les digues indépendantes des modifications qui, dans le futur, pourraient être apportées à l'environnement, en particulier aux conditions de ruissellement dans le voisinage. Concernant les eaux souterraines, il est très probable que la nappe remonte un peu au-dessus du point de débordement des découvertes avant remblayage, du fait de l'arrêt du pompage.

Cette remontée sera neutre vis-à-vis de la stabilité de la digue ; celle-ci a d'ailleurs été vérifiée en conditions de nappe haute. »

- **Proximité des anciens travaux miniers** : Seule la galerie reliant le quartier de Tréviels Est à Mas Lavayre est localisée en dessous de la digue Failles Sud. Le puits P33 débouchant dans cette galerie (d'une hauteur inférieure à 5 m) confirme qu'il existe un stot d'environ 125 m avec la surface. Ndlr : le chapitre 7.2.2 du présent bilan environnemental a montré que le risque d'effondrement « en cloche » avec répercussion en surface ne concernait pas les digues Failles Sud et Failles Centrales (cf. annexe 4.3).
- **Evolution des résidus stockés** : celle-ci combine trois aspects : « *une consolidation sous l'effet de leur propre poids et du poids de la couverture* », « *une légère cimentation par des minéraux de néoformation* » et « *une diminution de perméabilité consécutive aux deux phénomènes [précités]* ». Ce dernier aspect aurait pour effet « *de ralentir la baisse de la nappe au sein de la masse de résidus - effet qui serait défavorable à la stabilité si les marges de sécurité vis-à-vis du glissement étaient faibles, ce qui n'est pas le cas* ». « *Par contre, la consolidation et la cimentation ont pour effet d'augmenter la résistance au cisaillement des résidus, donc la stabilité globale de l'ensemble "digue + résidus".* »
- **Evolution de la couverture** : « *Les tassements de la couverture ne font pas l'objet de mesures [(pas de surveillance topographique du stockage à l'exception de la zone des produits de démantèlement de l'usine)]. Les observations d'octobre 2003 ne mettent pas en évidence de tassement important de la couverture, ni de tassements différentiels ou de contre-pente. [...]* La nature des matériaux de couverture, en particulier la couche inférieure sur 5 m d'épaisseur en tout venant minier (grès et pélites), n'induit a priori pas de risque de dessiccation en cas de sécheresse prolongée ». Ndlr : La végétalisation de la couverture a également permis de limiter les risques d'érosion notamment par le vent et en cas de fortes précipitations.
- **Evolution de la digue** : « *D'une façon générale, le fait que les digues périphériques n'aient montré aucun signe d'instabilité de masse depuis leur construction il y a près de 20 ans est un élément très positif. [...]* Les digues sont fondées sur toute leur longueur sur le toit du substratum rocheux, ce qui constitue un excellent sol de fondation, non évolutif. A terme, après arrêt du pompage, le niveau d'eau dans les digues devrait retrouver un niveau d'exhaure proche de 145 NGF (niveau du substratum au droit de la digue Failles Sud) et 150 NGF (niveau du substratum au droit de la digue Failles Centrales). Il n'y a pratiquement aucun risque d'entraînement d'éléments fins de la digue par les eaux de percolation (renard hydraulique). »

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 114/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

L'analyse de la stabilité des digues effectuée par ANTEA en 2004 a été réalisée selon la méthode de calcul dite « à la rupture » pour deux profils correspondant aux plus fortes hauteurs des deux digues. Ces profils ont été établis à partir des caractéristiques physiques des digues et des caractéristiques géomécaniques des matériaux présentées précédemment. Les calculs ont été réalisés pour des surfaces de rupture circulaires.

Les résultats mettent en évidence que :

- **Pour la digue Failles Sud** : « la stabilité d'ensemble de la digue est assurée avec un coefficient de sécurité largement supérieur à 1,5 malgré le choix d'hypothèses assez sécuritaires pour l'ensemble des paramètres du modèle (résistance au cisaillement des différents matériaux et niveau d'eau). Pour des surfaces de glissement superficiel (glissement de peau), le coefficient de sécurité est compris entre 1,33 et 1,53 ; il conviendra donc de bien veiller à la végétalisation du parement aval. »
- **Pour la digue Failles Centrales** : « Les calculs réalisés montrent que la stabilité est assurée avec un coefficient de sécurité supérieur à 1,5 malgré le choix d'hypothèses pessimistes pour l'ensemble des paramètres du modèle (résistance au cisaillement des différents matériaux et niveau d'eau). Si on se limite aux surfaces de glissement recoupant les résidus, le coefficient de sécurité est supérieur 4 malgré des hypothèses pessimistes. »

Des calculs de stabilité en conditions sismiques ont été également réalisés bien que le département de l'Hérault a été positionné en classe 0 (aucune disposition antisismique particulière à prévoir pour les ouvrages classiques). Les résultats ont montré que « la stabilité de la digue est donc bien assurée sous sollicitations sismiques. »

Concernant la stabilité à long terme, ANTEA conclut de la manière suivante :

« Comme indiqué de façon synthétique dans le rapport méthodologique du BRGM, le point à vérifier n'est pas seulement la stabilité mécanique de la digue, mais la pérennité de l'ensemble "digue + bassin + propriétaire". [...]

Conception générale des ouvrages

L'implantation des digues de Failles Sud et Failles Centrales présente un certain nombre d'atouts favorables, à savoir :

- implantation en partie sommitale d'une colline, d'où un apport d'eau uniquement depuis le bassin versant Nord, d'extension très limitée (≈ 12 ha),
- fondation sur le substratum rocheux (grès et pélites).

La conception générale du dépôt est globalement très robuste :

- digues assez élevées mais dont l'aval vient s'appuyer sur le substratum rocheux (flanc de la MCO). Les digues sont constituées de matériaux perméables et elles sont largement dimensionnées (digues massives),
- stockage des résidus sous une couverture peu perméable limitant l'infiltration.

Pérennité des organes de maîtrise des eaux

Compte tenu du climat caractérisé par de fortes pluies automnales [...], les organes de maîtrise des eaux pluviales sont des éléments très importants pour la pérennité de l'ouvrage [(pistes drainantes, large lit du ruisseau en pied de digue)].

Ces ouvrages hydrauliques devront donc faire l'objet d'une inspection régulière et le cas échéant du nettoyage nécessaire à leur maintien en état.

Pour ce qui concerne les eaux de drainage interne du dépôt, lorsque le pompage de l'eau d'exhaure aura été arrêté, il conviendra de transformer le puits en piézomètre afin de suivre avec un pas mensuel, pendant une période d'au moins 3 ans, la remontée de la nappe dans le corps de la digue.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 115/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Stabilité mécanique des digues

La coupe type des digues, qui n'a pas évolué depuis leur construction est sécuritaire :

- pente des talus externe faible à moyenne (20 à 30°) à l'aval,
- bonne largeur en crête (au moins 10 m),
- digue butée par les gradins des mines à ciel ouvert,
- emploi de matériaux gréseux et pélitiques, drainants et peu altérables en masse.

Des calculs de stabilité [...] montrent que le coefficient de sécurité vis-à-vis d'une rupture circulaire se développant jusque dans les résidus est très supérieur à 1,5 (valeur admise habituellement pour un calcul à très long terme), même en prenant en compte une nappe très haute dans le dépôt et le corps de la digue, hypothèse par nature très sécuritaire. Seules des surfaces superficielles présentent, pour les rares secteurs où la pente est de l'ordre de 30°, des coefficients de sécurité inférieurs à 1,5. »

ETUDE COYNE ET BELLIER DE 2012 : ASSISTANCE POUR LA SURVEILLANCE DE LA DIGUE

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la surveillance à long terme (surveillance quinquennale) des digues Failles Sud et Failles Centrales. La visite approfondie des ouvrages a été confiée à un expert extérieur, Coyne-et-Bellier, pour l'année 2012, qui avait pour objectifs :

- « d'émettre un avis extérieur sur le dispositif de surveillance des digues et de formuler des recommandations de correction ou d'amélioration le cas échéant,
- l'interprétation des mesures d'auscultation ».

La visite d'auscultation a mis en évidence les points suivants :

- « La crête de la digue et le parement aval sont protégés contre les ravinements par une végétation rase et quelques arbustes. L'état de la digue est jugé satisfaisant, aucun désordre n'étant à signaler. »
- « La couverture se présente sous la forme d'un dôme, recouvert d'une végétation rase et quelques arbustes. On note la présence de quelques zones humides, comme en amont immédiat de la digue ou en amont du bassin de lagunage de Faille Sud, consécutives au tassement des résidus. »
- Le système de drainage des eaux superficielles de la couverture a été mis en place (système de pistes drainantes).

Coyne et Bellier a ensuite fait un bilan des mesures d'auscultation effectuées par AREVA à partir des données suivantes :

- Mesures mensuelles de la pluviométrie et des 14 piézomètres (notamment le piézomètre PZ FS qui est le seul permettant de suivre l'évolution de la nappe dans le stockage de résidus)
- Mesures mensuelles des débits pompés dans les bassins (notamment le bassin 10 000 qui reçoit les eaux des drains de pied de la digue, des drains profonds, des débits d'exhaure des bassins de sécurité situés à l'aval de site, et des débits de trop-plein en provenance du bassin 4000).

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 116/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

L'analyse des mesures d'auscultation par Coyne et Bellier a mis en évidence les points suivants :

« Le niveau de la nappe se situe entre 171 et 177 NGF, soit plus de 10 mètres sous le niveau du terrain naturel (qui est de l'ordre de 185 NGF) [et] réagit en fonction des pluies. Mais on note une tendance à l'abaissement du niveau de la nappe qui devra être confirmée par les dernières mesures disponibles. Cet abaissement peut être lié à plusieurs facteurs, comme une évolution de l'arrosage de la couverture comme on a pu le constater le jour de la visite, à une couverture qui deviendrait plus étanche qui, dans les deux cas, limiteraient les apports aux niveaux des résidus, ou à une modification de la perméabilité des résidus liée à leur consolidation. »

En conclusion, Coyne et Bellier précise les points suivants :

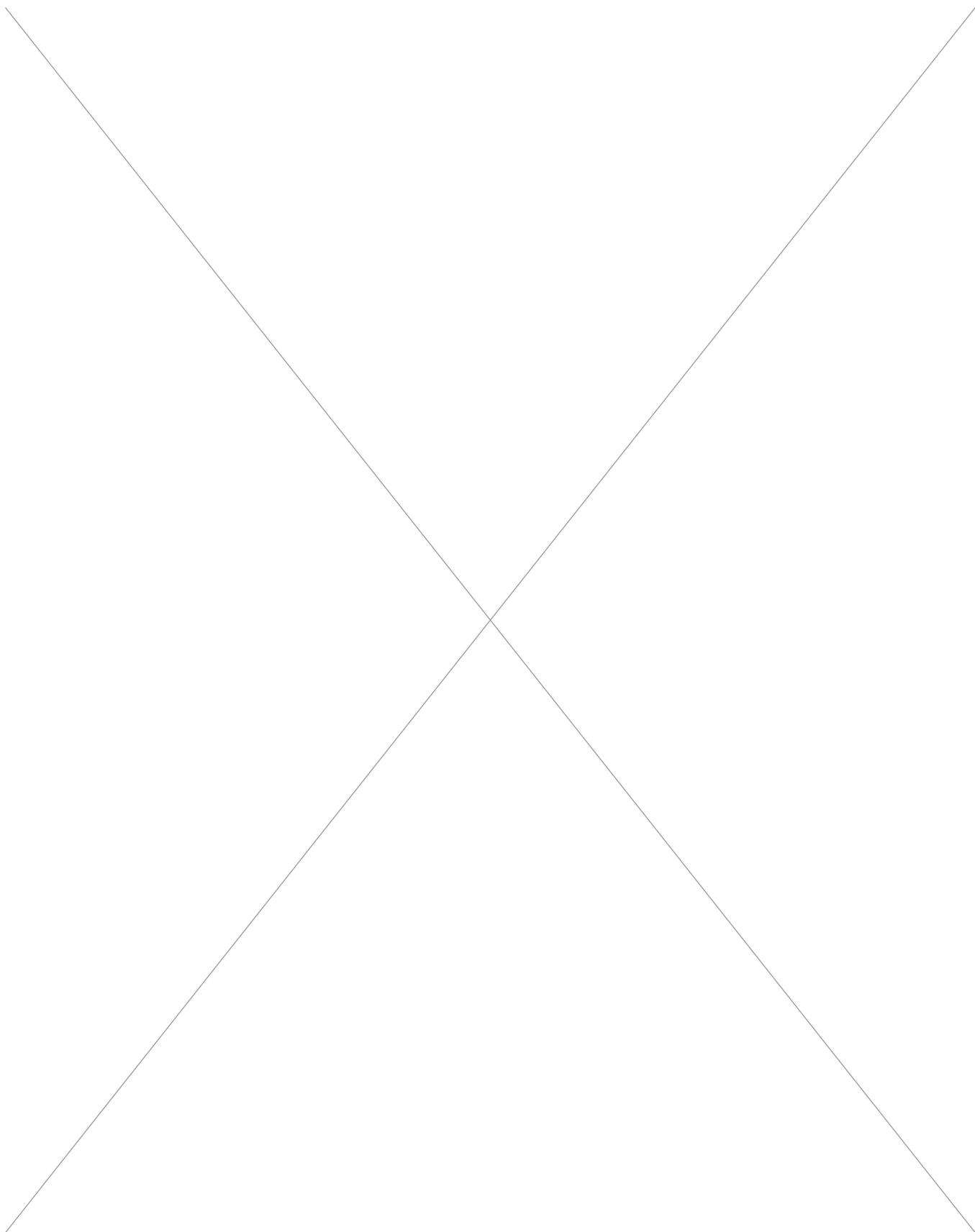
- *« Le système d'évacuation des eaux de pluies consiste à renvoyer les eaux de la couverture vers un vallon qui débouche dans un chenal bétonné permettant la déviation du ruisseau de Mas d'Arlary. Il n'y a pas de désordre particulier à signaler, quelques travaux d'entretien courant sont à prévoir (curage). ».*
- *« Le dispositif d'auscultation, la fréquence actuelle des mesures (trimestrielle pour les mesures piézométriques) et les tournées régulières d'inspection sont bien adaptés à la surveillance de l'ouvrage et nous recommandons leur poursuite. Dans le cas d'éventuelles anomalies constatées, la fréquence des mesures pourra être renforcée. »*

REMARQUE SUR LA STABILITE DE LA ZONE DE STOCKAGE DES PRODUITS DE DEMANTELEMENT USINE :

Afin de détecter les tassements sur la zone de stockage des produits de démantèlement de l'usine, des opérations de mesures topographiques annuelles ont été mises en place depuis octobre 2002, sur l'ensemble de la zone d'une superficie d'environ 2 ha.

D'une manière générale sur la période 2002 - 2012, le plan des courbes isovaleurs fait apparaître une zone d'environ 5000 m² en bordure sud-ouest où le tassement est en moyenne de 40 à 60 cm par rapport à la situation initiale. En revanche, on note que, depuis l'opération de 2008, il n'y a pratiquement plus de mouvement des sols et que l'on peut considérer la zone comme stabilisée

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 117/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0



BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 118/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

8 EVALUATION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

8.1 IMPACT SUR LE VECTEUR EAU

8.1.1 Voies de contamination sur le milieu aquatique

Voies de contamination de l'eau

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

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

Pour les sites héraultais, les possibilités de marquage du vecteur eau sont résumées ci-dessous :

Sites	Possibilités de marquage du vecteur eau
LE BOSC	<ul style="list-style-type: none">– Percolation des eaux météoriques dans les fosses des MCO remblayées.– Percolation des eaux météoriques dans les verses à stériles.– Percolation des eaux météoriques dans le stockage.– Ruissellement des eaux superficielles sur l'ensemble du site vers les cours d'eaux en aval (verses, MCO, stockage, carreau / zone usine).– Drainage du stockage.– Ecoulement des eaux souterraines des TMS vers la nappe.– Ecoulement des eaux souterraines transitant par les stériles miniers vers la nappe (MCO remblayées, verses).– Ecoulement des eaux souterraines transitant par le stockage de résidus vers la nappe.– Captage des eaux minières (TMS) au niveau du puits P33 (et P37)– Débordement des bassins de la station (y compris la partie Est de la MCO Sud Failles laissées en eau) vers les ruisseaux en aval.– En cas d'arrêt du pompage des eaux minières (TMS) : remontée de la nappe et rejet direct au point topographiquement bas (P37), puis rejet direct dans le ruisseau en aval.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 119/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Sites	Possibilités de marquage du vecteur eau
LA PLANE-CAMPAGNAC	<ul style="list-style-type: none"> - Percolation des eaux météoriques dans les fosses des MCO remblayées. - Percolation des eaux météoritiques dans les verses à stériles. - Ruissellement des eaux superficielles sur l'ensemble du site vers les cours d'eaux en aval (verses, MCO). - Ecoulement des eaux souterraines transitant par les stériles miniers vers la nappe (MCO remblayées, verses).
RABEJAC	<ul style="list-style-type: none"> - Percolation des eaux météoriques dans les fosses des MCO remblayées. - Percolation des eaux météoritiques dans les verses à stériles. - Ruissellement des eaux superficielles sur l'ensemble du site vers les cours d'eaux en aval (verses, MCO). - Ecoulement des eaux souterraines des TMS vers la nappe. - Ecoulement des eaux souterraines transitant par les stériles miniers vers la nappe (MCO remblayées, verses).
PUECH BOUISSOU	<ul style="list-style-type: none"> - Percolation des eaux météoritiques dans les verses à stériles. - Ruissellement des eaux superficielles sur l'ensemble du site vers les cours d'eaux en aval (verses, carreau). - Ecoulement des eaux souterraines des TMS vers la nappe. - Ecoulement des eaux souterraines transitant par les stériles miniers de la verse vers la nappe

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.

Hormis sur le site du Bosc (présence d'une station de traitement), l'absence de station de traitement pour les autres sites miniers héraultais tend à favoriser cette deuxième option. La configuration des ruisseaux locaux (débits intermittent avec des pics de crue important) et l'absence de plan d'eau en aval rejet des sites miniers, semble plaider, à priori, en faveur d'un faible impact radiologique sur ce compartiment sédimentaire.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 120/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

8.1.2 Surveillance des sites après arrêt définitif des travaux et installations minières

Concernant les sites de **La Plane-Campagnac**, du **Puech Bouissou** et de **Rabejac**, les arrêtés préfectoraux actant de leur déclaration d'arrêt définitif des travaux miniers (cf. fiches de sites en annexe 1) ne fixent pas de surveillance du site et de leur environnement. Par conséquent, en l'absence de résultats d'analyses, l'impact de ces sites sur le milieu aquatique ne sera pas développé dans les chapitres suivants.

Toutefois, les dossiers d'arrêt définitif des travaux miniers de chacun de ces sites précisent que les valeurs enregistrées après la fin des travaux de réaménagement ne présentent aucune évolution pendant cette période d'observation. Le tableau suivant présente l'ordre de grandeur des teneurs en radioéléments rencontrées au cours de cette période d'observation :

Site	Lieux de prélèvement	Période		U soluble (mg/l)	Ra226 soluble (Bq/l)
Rabejac	Ruisseau Le Ronel en aval du site - entre les 2 MCO	09/1991 à 12/1994	mini	<0,100	<0,02
			maxi	0,700	0,21
			moy.	0,190	0,05
La Plane Campagnac	Ruisseau Le Rivernoux en aval du site	1993 à 1996	mini	0,400	0,02
			maxi	1,560	0,22
			moy.	1,140	0,07
Puech Bouissou	Ruisseau du Puech Moula en aval du site	1992 à 1996	mini	<0,100	<0,02
			maxi	<0,100	0,06
			Aucun rejet n'a été effectué dans le milieu récepteur		

Seul le site du **Bosc** possède une surveillance réglementaire depuis la fin de l'exploitation. Cette surveillance est fixée par deux arrêtés préfectoraux :

- l'arrêté n°2004-I-332 en date du 16 février 2004, pris au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.
- l'arrêté n°2005-I-1111 en date du 16 mai 2005, dit « de 1er donner acte », pris au titre de la police des Mines.

CONDITIONS DE REJETS :

Les valeurs limites de rejet d'eau après traitement (point de prélèvement 92 REJLER) et les modalités de contrôles sont fixées par ces arrêtés préfectoraux :

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 121/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

PARAMETRES	VALEUR LIMITE	FLUX	FREQUENCE DE MESURAGE
Débit rejeté	-	210 m ³ /h	Continu
pH	5,5 – 9 u pH	-	Continu
Température	25°C	-	Hebdomadaire sur un échantillon moyen journalier
DCO	100 mg/l	21 kg/h	Trimestriel sur un échantillon moyen journalier
MES	30 mg/l	6,3 kg/h	Hebdomadaire sur un échantillon moyen journalier
SO ₄	2000 mg/l	420 kg/h	Hebdomadaire sur un échantillon moyen journalier
Baryum	1 mg/l	0,21 kg/h	Tous les 3 jours sur un échantillon moyen sur 3 jours ⁽¹⁾
Uranium soluble	1,8 mg/l	0,38 kg/h	Continu Tous les 3 jours sur un échantillon moyen sur 3 jours
Radium soluble	0,74 Bq/l	0,16 MBq/h & 0,84 MBq/j	Tous les 3 jours sur un échantillon moyen sur 3 jours ⁽¹⁾ Hebdomadaire sur un échantillon moyen journalier ⁽²⁾
Arsenic	0,1 mg/l	0,02 kg/h	Tous les 3 jours sur un échantillon moyen sur 3 jours ⁽³⁾ Mensuel sur un échantillon moyen journalier ⁽⁴⁾
Molybdène	3 mg/l	0,63 kg/h	Mensuel sur un échantillon moyen journalier

- (1) en cas de traitement du radium avec chlorure de baryum
(2) sauf en cas de traitement du radium
(3) en cas de traitement de l'arsenic
(4) sauf en cas de traitement de l'arsenic

SURVEILLANCE DU SITE ET DE L'ENVIRONNEMENT :

Le tableau suivant présente le plan de surveillance réglementaire du site du Bosc découlant de ces deux arrêtés préfectoraux, pour le **contrôle des eaux de surface**

Points de prélèvements	pH	DCO	SO ₄	Uranium soluble	Radium soluble	Plomb 210	Arsenic	Molybdène
90 LERGF Rivière La Lergue amont FONTAINE	M	T	M	M	M	M	M	M
90 LERGP Rivière La Lergue aval PETOUT	M	T	M	M	M	M	M	M
90 RMA Ruisseau du Mas d'Alary récepteur eaux pluviales du site	M	T	M	M	M	M	M	M
90 RVA Ruisseau du Riviéral récepteur eaux pluviales du site	M	T	M	M	M	M	M	M
<i>M = Mensuel T = Trimestriel</i>								

Pour les eaux souterraines, le plan de surveillance réglementaire du site du Bosc est présenté dans le tableau suivant :

Points de prélèvements		Mesures, paramètres et fréquence
HYDRO 34	Aquifère Cambrien	niveau d'eau, température pH, SO ₄ , Uranium soluble, Radium soluble, Arsenic, Molybdène Trimestrielle
PZ 1		
PZ 2		
PZ 3		
PZ 4		
PZ 6		
PZ 7		
PZ 8		
P 37	Puits - Réservoir minier	
PZ FS	Stockage	

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 122/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Le tableau suivant présente le plan de surveillance effectuée dans le cadre de l'autosurveillance réalisée par AREVA et dont les résultats sont transmis aux services de l'Etat :

Points de prélèvements	pH	Conductivité	Uranium soluble	Radium soluble	Arsenic	Molybdène
91 P33 Pompage des eaux d'exhaure minière dans le puits P33 (réalisé pour le traitement)	M	M	M	M		
91 B10000 Bassin 10 000 (collecte des drains du stockage)			M		T	T
91 B4000 Bassin 4000 (collecte des eaux du P33 +celles du bassin 10000)			M		T	T
91 S1 Forage d'eau agricole et industrielle			M	M		
91 TUIL Résurgence des Tuilières (amont site – ruisseau des Tuilières)	M	M	M			
<i>M = Mensuel T = Trimestriel</i>						

Le tableau suivant présente le plan de surveillance réglementaire du site du Bosc, pour le **contrôle des sédiments, de la flore et de la faune aquatique** :

Points de prélèvements	Paramètres et fréquence
90 LERGF Rivière La Lergue amont - FONTAINE	Par un organisme tiers compétent : Prélèvements de sédiments : – Annuelle – Radium, Uranium, Plomb 210, granulométrie. Prélèvements de sédiments, poissons et végétaux aquatiques : – Tous les 5 ans – Radium, Uranium, Plomb 210
90 LERGP Rivière La Lergue aval - PETOUT	
90 RMA Ruisseau du Mas d'Alary - récepteur eaux pluviales du site	
90 RVA Ruisseau du Rivieral - récepteur eaux pluviales du site	

Le tableau suivant présente le plan de surveillance réglementaire du site du Bosc, pour le **contrôle des eaux de consommation (captages AEP)** :

Points de prélèvements	Analyses et fréquence
LACOSTE Forage Mas Audran (Saxonien) AEP Mas Audran	Annuelle A réaliser par un organisme agréé Température, pH terrain, sulfates, MES, DCO, Arsenic, Molybdène, Plomb 210, Alpha total, Beta total, Radium 226, Radium 228, Uranium 238, Uranium 234, Uranium 235
CEYRAS C Forage Cambou (alluvions) AEP Ceyras	
CEYRAS R Forage Mas de Marre AEP Clermont	
BRIGNAC Forage Les Rivières (alluvions) AEP Brignac	

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 123/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

8.1.3 Valeurs de référence « Amont site »

En l'absence de point zéro et dans le cadre de leur surveillance réglementaire, le site du Bosc fait l'objet de prélèvements en amont - c'est-à-dire hors influence des sites – afin d'obtenir des valeurs de références pour le milieu naturel.

Pour **les eaux de surface, les sédiments et végétaux aquatiques**, seule la rivière La Lergue possède un point de prélèvement (*90 LERGF*) situé en amont du rejet de la station de traitement des eaux. L'emplacement de ce point de prélèvement figure en annexe 3.2 et les résultats d'analyses détaillés sont présentés à la figure 9.

Le tableau suivant présente les moyennes décennales des différents paramètres mesurés à ce point :

90 LERG F		
Rivière La Lergue, en amont du rejet de la station de traitement des eaux		
	Paramètres	Moyenne décennale
Eaux de surface	pH	8,0
	DCO	< 30 mgO ₂ /l
	sulfates	119 mg/l
	uranium soluble	< 0,012 mg/l
	radium 226 soluble	< 0,03Bq/l
	plomb 210	< 1,49 Bq/l
	arsenic	< 0,044mg/l
	molybdène	< 0.198 mg/l
	Sédiments	uranium 238
radium 226		< 64 Bq/kg de matière sèche
plomb 210		< 72 Bq/kg de matière sèche
Végétaux aquatiques	uranium 238	< 1,2 Bq/kg de matière sèche
	radium 226	2,5 Bq/kg de matière sèche
	plomb 210	1,5 Bq/kg de matière sèche

Concernant les **eaux souterraines**, il n'existe pas de piézomètre référencé « amont site » ou dit « hors influence du site ». L'étude « Etat hydrogécchimique et évolution prévisionnelle du site de Lodève » (ARMINES – 2010) [10] a montré, au droit et dans l'environnement du site, que la nappe autunienne présente différents faciès hydrochimiques souvent délimités par des structures géologiques telles que des failles, des filons basaltiques... La répartition de ces différents faciès, avant exploitation et après réaménagement, est présentée au chapitre 2.5.3. ARMINES avait également retenu le piézomètre PZ6 comme référence pour l'eau souterraine naturelle de l'Autunien.

8.1.4 Analyse de l'impact réel sur le milieu aquatique

L'ensemble des points de surveillance réglementaires et d'autosurveillance effectuée par AREVA est présenté en annexe 3.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 124/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

LES EAUX TRAITEES DU SITE DU BOSC :

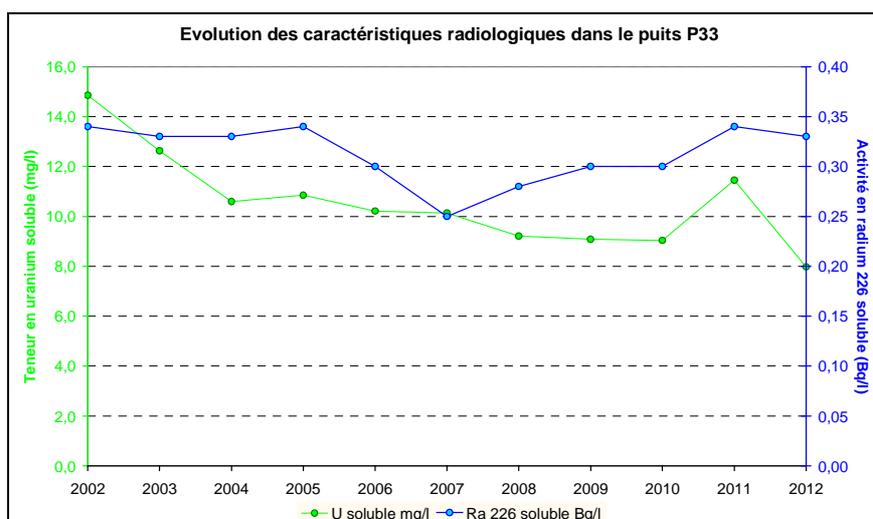
Les eaux traitées sur le site du Bosc proviennent : des travaux miniers souterrains par pompage dans le puits P33 et des drains du stockage de résidus de traitement du minerai. Ces eaux sont collectées dans différents bassins avant passage par la station de traitement des eaux. Le rejet des eaux traitées du site s'effectue ensuite directement dans la rivière La Lergue, via une canalisation enterrée.

Le schéma ci-dessous présente le circuit des eaux avant traitement (les noms des points de prélèvements figurent en gras) :



Les eaux provenant des travaux miniers souterrains sont pompées dans le puits P33 et sont analysées dans le cadre de l'autosurveillance d'AREVA. Elles présentent les caractéristiques radiologiques et physico-chimiques suivantes :

- un pH neutre, compris entre 7,1 et 7,7 en moyenne annuelle ;
- une conductivité relativement élevée, de l'ordre de 1900 à 2200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en moyenne annuelle ;
- une teneur en uranium soluble élevée dont les moyennes annuelles sont comprises entre 7,9 et 14,8 mg/l, ce qui a motivé le choix de ce puits pour le traitement des eaux choisi par AREVA¹, à savoir la fixation de l'uranium sur résines (cf. chapitre 10.2). Cependant, cette teneur en uranium tend à diminuer régulièrement au cours de la période décennale passée, comme le montre le graphique ci-après.
- une activité en radium 226 soluble, plutôt stable sur la période 2002 – 2012 (moyenne décennale de 0,31 Bq/l) comme le montre le graphique ci-après.



¹ Le puits P37 présent sur le site du Bosc constituerait l'exutoire naturel des eaux provenant des travaux miniers souterrains, situé à la cote 135 m NGF. Cependant, les eaux du P37 présentent des teneurs en uranium soluble inférieures à celles du P33. Par conséquent, AREVA maintient artificiellement le niveau d'eau dans les infrastructures souterraines à la cote 130 m NGF, par pompage des eaux dans le puits P33.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 125/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les eaux des drains du stockage de résidus de traitement sont collectées dans le bassin 10 000 m³ (point de prélèvement 91 B10000), qui fait également l'objet d'autocontrôles de la part d'AREVA, notamment sur les concentrations en arsenic total et molybdène. Ces deux éléments proviennent de minéraux secondaires, naturellement présents dans les roches du gisement exploité. Les caractéristiques des eaux du bassin 10 000 sont les suivantes :

- des teneurs en uranium solubles élevées, de l'ordre de 10 à 19 mg/l. Seules les années 2002, 2004 et 2005 possèdent des données sur ce paramètre.
- des concentrations en arsenic comprises entre 0,110 et 0,028 mg/l en moyenne annuelle.
- des concentrations en molybdène comprises entre 5,30 et 1,24 mg/l en moyenne annuelle.

Les teneurs en arsenic et en molybdène diminuent progressivement sur la période 2002-2012.

Les eaux du bassin 10 000 sont ensuite envoyées dans le bassin 4 000, qui réceptionne les eaux des travaux miniers souterrains. Les eaux du bassin 4 000 (point de prélèvement 91 B4000) fait également l'objet d'autocontrôles de la part d'AREVA, sur les concentrations en arsenic total (0,023 mg/l < [As]_{moy. annuelle} < 0,056 mg/l) et en molybdène (3,30 mg/l < [Mo]_{moy. annuelle} < 1,04 mg/l).

Les eaux du bassin 4 000 sont ensuite acheminées vers la station de traitement des eaux dont la description est présentée au chapitre 10.1.

Le détail des résultats d'analyses est présenté à la figure 10.

LE REJET DU SITE DU BOSCO :

Le rejet du site du Bosc (point de prélèvement 92 REJLER localisé au niveau de la station de traitement des eaux) fait l'objet d'une surveillance réglementaire telle que présentée dans le paragraphe 8.1.2. Le rejet s'effectue ensuite directement dans la rivière La Lergue, via une canalisation enterrée.

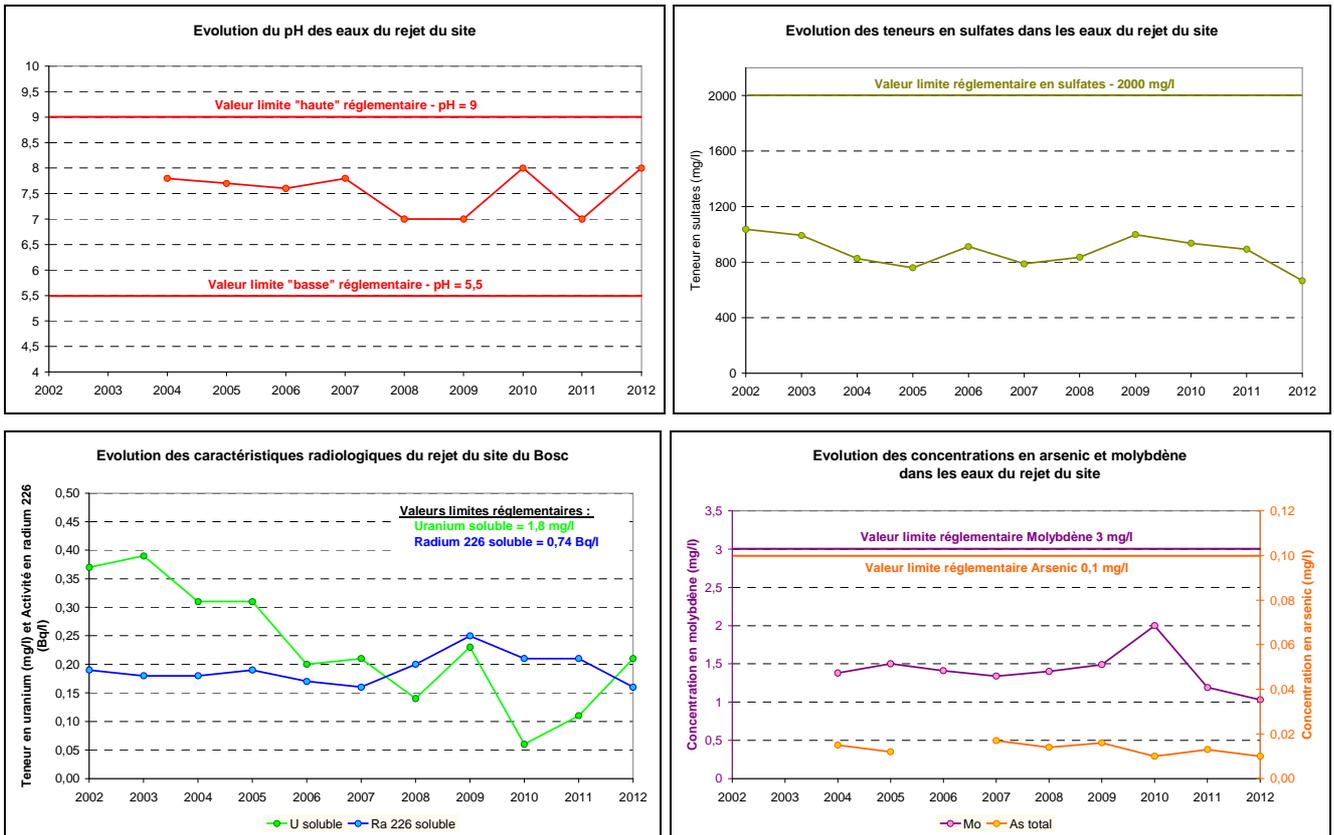
Pour la période 2002 – 2012, les caractéristiques radiologiques et physico-chimiques du rejet sont les suivantes :

- un pH stable sur la période étudiée, compris entre 7 et 8.
- une température stable dont les moyennes annuelles sont de l'ordre de 16 à 18°C.
- une demande chimique en oxygène (DCO) inférieure à 30 mg/l (sauf pour la moyenne annuelle de 2006 : 34 mg/l).
- des concentrations en sulfates comprises entre 665 et 1036 mg/l en moyenne annuelle. Sur la période étudiée, les moyennes annuelles des teneurs en sulfates diminuent légèrement en dépit des pics observés en 2006 et 2009.
- une concentration en matière en suspension (MES) faible, ne dépassant pas 19 mg/l en moyenne annuelle sur la période étudiée.
- une teneur en uranium soluble comprise entre 0,060 et 0,390 mg/l en moyenne annuelle. Cette teneur présente une tendance à la baisse de 2002 à 2010 puis une légère augmentation en 2011 et 2012.
- une activité en Ra226 soluble, relativement stable sur la période étudiée et de l'ordre de 0,16 à 0,25 Bq/l.

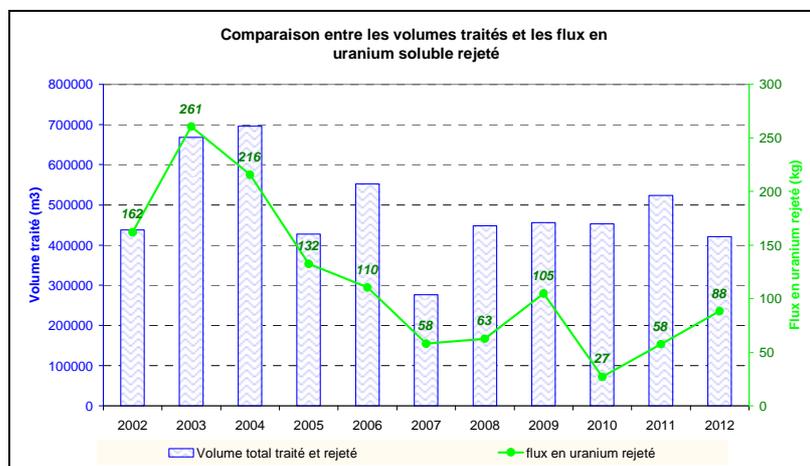
BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 126/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- une concentration en arsenic total relativement faible ($[As]_{\text{moy. annuelle}} \leq 0,056 \text{ mg/l}$) et qui diminue légèrement et régulièrement de 2007 à 2012.
- une concentration en molybdène relativement stable de 2004 à 2009 (de l'ordre de 1,4 mg/l). Après un pic à 2 mg/l, en moyenne annuelle, observé en 2010, la concentration en molybdène diminue significativement jusqu'à atteindre une moyenne annuelle de 1,03 mg/l en 2012.

Les graphiques suivants mettent en évidence les différentes remarques formulées précédemment et le respect des valeurs limites réglementaires fixés par arrêté préfectoral :



Sur la période décennale passée, le volume moyen des eaux traitées est de 487 066 m³ et le flux moyen d'uranium rejeté par le site du Bosc est de 116 kg/an. Le graphique suivant présente les flux en uranium soluble rejeté sur la période 2002 – 2012 :



Ce graphique met en évidence, pour des volumes traités équivalents, que :

- de 2002 à 2005, les flux en uranium rejeté par le site du Bosc sont stables.
- de 2006 à 2012, les flux en uranium rejeté diminuent régulièrement, à l'exception d'un léger pic en 2009 et une légère augmentation en 2012.

Le détail des résultats d'analyses est présenté à la figure 10.

LES EAUX SOUTERRAINES LIES AU SITE DU BOSC :

Deux piézomètres, sous surveillance réglementaire, existent dans l'emprise du site afin de prélever les eaux souterraines :

- le P37 pour la surveillance des eaux du réservoir minier, qui correspond à un ancien puits d'aérage relié à la galerie desservant le quartier Capitoul des travaux miniers souterrains. Ce puits constituerait l'exutoire naturel des eaux minières. Cependant, le niveau d'eau dans le P37 est maintenu à une cote inférieure à la cote de l'exutoire naturel, par pompage dans le puits P33 qui constitue le point d'exhaure privilégié des eaux minières en raison d'une teneur en uranium soluble plus élevée que celle du P37.
- le PZ FS pour la surveillance des eaux percolant dans la tranche supérieure des résidus de traitement du minerai. Il est localisé en aval immédiat du stockage des produits de démantèlement de l'usine sur Failles Sud.

Sur la période 2002 – 2012, les caractéristiques radiologiques et physico-chimiques des eaux du **puits P37** sont les suivantes :

- un pH stable sur la période étudiée, et compris entre 6,9 et 7,4 en moyenne annuelle.
- une concentration en sulfates de l'ordre de 340 mg/l en moyenne décennale qui diminue légèrement et régulièrement chaque année.
- une teneur en uranium soluble qui baisse régulièrement depuis 2004, en dépit d'un pic observé en 2010. Les moyennes annuelles des teneurs en uranium soluble sont comprises entre 4,155 et 2,373 mg/l sur la période étudiée.
- une activité en radium 226 dissous en augmentation de 2002 (0,30 Bq/l) à 2005 (0,64 Bq/l), puis qui semble se stabiliser à partir de 2006 autour de 0,40 Bq/l.
- des concentrations en arsenic dont les moyennes annuelles sont comprises entre 0,037 et 0,081 mg/l) sur la période étudiée.
- des concentrations en molybdène ($0,37 \text{ mg/l} < [\text{Mo}]_{\text{moy. annuelle}} < 0,97 \text{ mg/l}$) qui diminuent régulièrement chaque année.

Concernant **les eaux du piézomètre PZ FS**, leurs caractéristiques radiologiques et physico-chimiques sont les suivantes :

- un pH plutôt basique (entre 8,8 et 9,6 en moyenne annuelle) et stable sur la période étudiée.
- une concentration en sulfates, élevée mais diminuant régulièrement sur la période étudiée ($[\text{SO}_4]_{\text{moy. 2002}} = 10247 \text{ mg/l}$ et $[\text{SO}_4]_{\text{moy. 2012}} = 3827 \text{ mg/l}$).

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 128/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- des teneurs en uranium soluble qui baisse régulièrement depuis 2004, en dépit d'un pic observé en 2010. Les moyennes annuelles des teneurs en uranium soluble sont comprises entre 4,155 et 2,373 mg/l sur la période étudiée.
- une activité en radium 226 dissous en augmentation de 2002 (0,30 Bq/l) à 2005 (0,64 Bq/l), puis qui semble se stabiliser à partir de 2006 autour de 0,40 Bq/l.
- des concentrations en arsenic dont les moyennes annuelles sont comprises entre 0,037 et 0,081 mg/l) sur la période étudiée.
- des concentrations en molybdène ($0,37 \text{ mg/l} < [\text{Mo}]_{\text{moy. annuelle}} < 0,97 \text{ mg/l}$) qui diminuent régulièrement chaque année.

Dans le cadre de l'autosurveillance d'AREVA, deux autres points de contrôles sont effectués :

- le forage S1, qui correspond à un forage d'alimentation en eau industrielle et agricole ;
- le point 91 TUIL, correspondant à la résurgence du ruisseau des Tuilières dont les eaux sont influencées par les stériles miniers du site du Bosc.

Les caractéristiques radiologiques **du forage S1** sont les suivantes :

- des teneurs en uranium soluble comprises entre 0,13 et 0,24 mg/l en moyenne annuelle. De 2002 à 2004, une diminution importante de la teneur moyenne annuelle a été observée. En revanche, depuis 2005, la teneur moyenne en uranium soluble dans les eaux du forage S1 s'est stabilisée autour de 0,18 mg/l.
- des activités en radium 226 soluble présentant une moyenne décennale de 0,09 Bq/l et évoluant peu sur la période étudiée, à l'exception d'une baisse importante en 2006 (moyenne annuelle = 0,04 Bq/l).

Concernant **les eaux de la résurgence des Tuilières**, seul le paramètre « uranium soluble » est suivi régulièrement sur la période 2002 – 2012. Les moyennes annuelles des teneurs en uranium sont comprises entre 0,618 et 0,421 mg/l. Celles-ci présentent une diminution lente mais régulière sur la période étudiée. Des mesures de pH et de conductivité ont été effectuées de 2002 à 2004, puis régulièrement depuis 2009 : les eaux de la résurgence des Tuilières possède un pH légèrement basique (moyenne décennale = 7,9) et une conductivité relativement élevée (de l'ordre de 1400 $\mu\text{S/cm}$).

LES EAUX DE SURFACE DANS L'ENVIRONNEMENT DU SITE :

Il existe trois de points de surveillance réglementaires dans les cours d'eau situés en aval hydraulique du site du Bosc :

- 90 RMA, correspondant aux eaux du ruisseau du Mas d'Alary, récepteur des eaux de ruissellement de la zone minière et du stockage de résidus de traitement du minerai. Ce ruisseau intermittent est un affluent direct de La Lergue.
- 90 RVA, correspondant aux eaux du ruisseau du Riviéral, récepteur des eaux de ruissellement de la zone industrielle et d'une partie du stockage de résidus de traitement du minerai. Ce ruisseau intermittent est un affluent du ruisseau du Riviernoux, lui-même affluent de La Lergue.
- 90 LERGP, correspondant aux eaux de la rivière La Lergue (au lieu-dit Petout). Ce point de prélèvement est localisé en aval du rejet de la station de traitement des eaux et des confluences avec les ruisseaux du Mas d'Alary et du Riviernoux.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 129/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les caractéristiques radiologiques et physico-chimiques des eaux **du ruisseau du Mas d'Alary** sont les suivantes :

- un pH, plutôt basique et stable, dont les moyennes annuelles oscillent entre 8,0 et 8,3 sur la période 2009 – 2012.
- une demande chimique en oxygène (DCO) inférieure à 30 mg/l.
- des concentrations en sulfates comprises entre 172 et 335 mg/l en moyenne annuelle ($[\text{SO}_4]_{\text{moy. décennale}} = 282 \text{ mg/l}$). Sur la période étudiée, les concentrations moyennes annuelles en sulfates varient peu, hormis une baisse notable en 2007 (172 mg/l).
- une teneur en uranium soluble relativement élevée comprise entre 0,95 et 1,64 mg/l en moyenne annuelle. Sur la période 2002 – 2012, cette teneur présente une tendance à la baisse. Les pics observés en 2006 (moy. annuelle = 1,43 mg/l) et 2011 (moy. annuelle = 1,26 mg/l) sont dus à des débordements du bassin 10000 dans le ruisseau du Mas d'Alary.
- une activité en Ra226 soluble, relativement stable sur la période étudiée et de l'ordre de 0,06 Bq/l.
- des activités en plomb 210 et des concentrations en arsenic total toujours inférieures à la limite de détection sur la période 2002 - 2012.
- une concentration en molybdène relativement stable sur la période décennale passée ($[\text{Mo}]_{\text{moy. décennale}} < 0,088 \text{ mg/l}$).

Ces résultats mettent en évidence un marquage en uranium soluble des eaux du ruisseau du Mas d'Alary. Ce marquage est imputable au site. En effet, la source de ce ruisseau est localisée sur le site du Bosc et il collecte les eaux de ruissellement des versées à stériles et du stockage de résidus.

Les caractéristiques radiologiques et physico-chimiques des eaux **du ruisseau du Riviéral** sont les suivantes :

- un pH, plutôt basique et stable, dont les moyennes annuelles oscillent entre 7,9 et 8,2 sur la période 2009 – 2012.
- une demande chimique en oxygène (DCO) inférieure à 30 mg/l.
- des concentrations en sulfates comprises entre 173 et 332 mg/l en moyenne annuelle ($[\text{SO}_4]_{\text{moy. décennale}} = 225 \text{ mg/l}$). Sur la période décennale passée, les concentrations moyennes annuelles en sulfates baissent lentement mais régulièrement.
- une teneur en uranium soluble relativement élevée, mais inférieure à celles observées dans le ruisseau du Mas d'Alary comprise entre 0,53 et 1,14 mg/l en moyenne annuelle. Sur la période 2002 – 2012, cette teneur diminue significativement et régulièrement : la teneur en uranium est deux fois moins élevée en 2012 que celle observée en 2002.
- une activité en Ra226 soluble, stable entre 2002 (0,05 Bq/l) et 2012 (0,07 Bq/l).
- des activités en plomb 210 et des concentrations en arsenic total toujours inférieures à la limite de détection sur la période 2002 - 2012.
- une concentration en molybdène qui a diminué fortement entre 2002 et 2005, puis plus doucement à partir de 2006 ($[\text{Mo}]_{\text{moy. décennale}} < 0,246 \text{ mg/l}$).

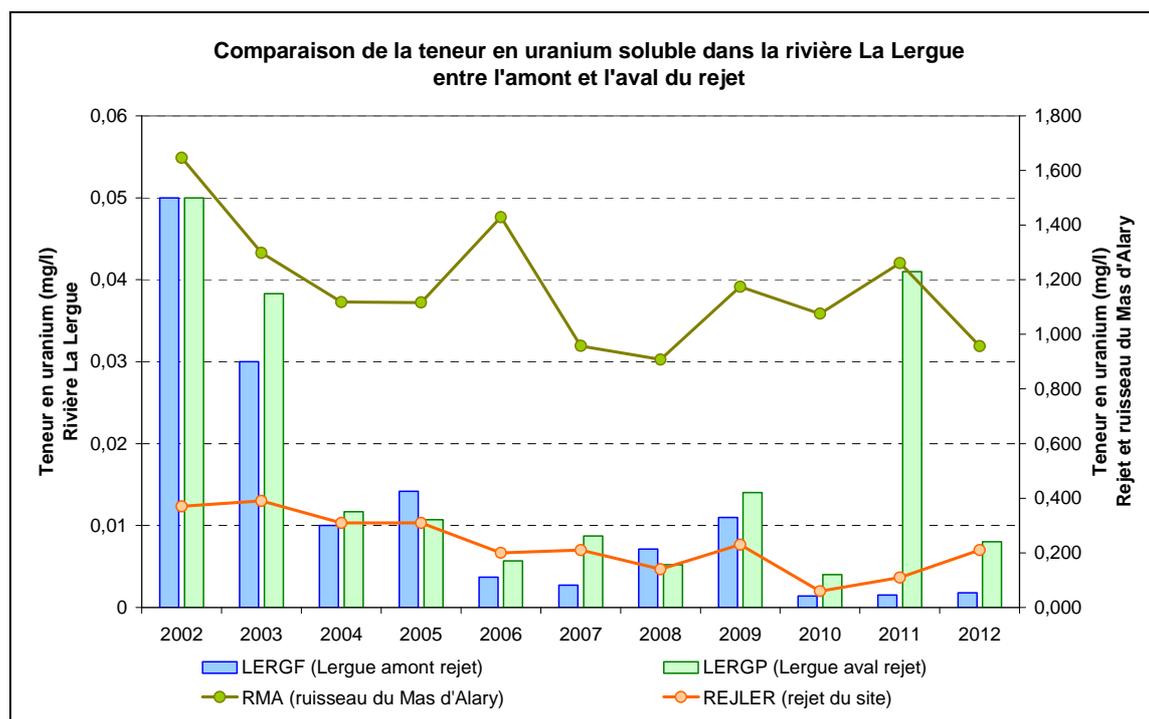
Ces résultats mettent en évidence un marquage en uranium soluble des eaux du ruisseau du Riviéral. Ce marquage est moins important que celui du ruisseau du Mas d'Alary et est imputable au site. En effet, ce cours d'eau s'écoule entre la partie Est du stockage de résidus de traitement et à la partie Ouest de l'ancienne zone « usine » du site du Bosc et il collecte une partie des eaux de ruissellement transitant dans ce secteur.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 130/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les eaux de la rivière La Lergue en aval du site du Bosc présentent les caractéristiques radiologiques et physico-chimiques suivantes :

- un pH, plutôt basique et stable, dont les moyennes annuelles oscillent entre 8,0 et 8,6 sur la période 2009 – 2012.
- une demande chimique en oxygène (DCO) inférieure à 30 mg/l.
- des concentrations en sulfates comprises entre 84 et 181 mg/l en moyenne annuelle ($[SO_4]_{\text{moy. décennale}} = 120 \text{ mg/l}$).
- des teneurs moyennes annuelles en uranium sont comprises entre 0,004 et 0,014 mg/l en moyenne annuelle sur la période 2006 – 2012, à l'exception de la moyenne annuelle de 2012 qui est de 0,041 mg/l. Avant 2006, les teneurs en uranium solubles sont pour la plupart inférieures aux limites de détection des appareils de mesures avant cette période.
- des activités en Ra226 soluble inférieures à 0,06 Bq/l en moyenne annuelle.
- des activités en plomb 210 et des concentrations en arsenic total et en molybdène toujours inférieures à la limite de détection sur la période 2002 - 2012.

Le graphique suivant compare les teneurs moyennes annuelles en uranium dans les eaux de La Lergue en amont et en aval du rejet du site du Bosc. Les teneurs en uranium du rejet et du ruisseau du Mas d'Alary (affluent direct de La Lergue) ont également été reportées.



Ce graphique met en évidence que :

- les eaux de La Lergue en aval du site du Bosc présente un léger marquage en uranium soluble (à l'exception des années 2002, 2005 et 2008 où les teneurs en uranium dans les eaux sont supérieures à celles observés en aval du site).

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 131/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- le marquage observé sur les eaux de La Lergue en aval du site peut être imputable au rejet du site mais également aux eaux du ruisseau du Mas d'Alary. D'une manière générale, les teneurs en uranium observées à ces trois points de prélèvement suivent les mêmes tendances : une augmentation dans le rejet et/ou dans le ruisseau du Mas d'Alary entraîne une augmentation dans La Lergue en aval. Le tableau suivant présente la teneur en uranium ajoutée dans la Lergue en aval du rejet par rapport à l'amont du rejet :

Années	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
ΔU (en $\mu\text{g/l}$)	0	+8,3	+1,7	-3,5	+2	+6	-1,9	+3	+2,6	+39,5	+6,2

- en 2011, la teneur moyenne annuelle en uranium dans la Lergue en aval est très largement supérieure à celle mesurée en amont du site. Le tableau suivant présente les teneurs en uranium soluble aux points LERGP (aval site) et dans le ruisseau du Mas d'Alary (RMA) pour l'année 2011 au pas de temps mensuel.

Teneurs en uranium solubles en mg/l – Année 2011													
	janv.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	MOY.
LERGP	0,004	/	0,402	0,003	0,001	0,006	0,002	0,002	0,004	0,003	0,015	0,006	0,041
RMA	1,100	1,080	1,980	1,150	0,970	A sec		0,757	0,089	0,510	2,090	2,080	1,261

Il met en évidence que la moyenne annuelle singulière de 2011 est imputable à une seule valeur : 0,402 mg/l mesurée au mois de mars. Cette teneur mesurée dans La Lergue en aval s'explique par un dysfonctionnement de la gestion des eaux le site du Bosc en lien avec de très fortes précipitations survenues du 12 au 16 mars 2011. Cet événement a conduit à un débordement du bassin 10000 dans la déviation du ruisseau du Mas d'Alary engendrant une augmentation de la teneur en uranium soluble dans les eaux du ruisseau, puis dans les eaux de La Lergue en aval du site minier.

A la suite de ce dysfonctionnement, la DREAL Languedoc-Roussillon a demandé une réactualisation de l'étude de dimensionnement de la station de traitement des eaux (Etude réalisée par MICA Environnement [4]) puis à la réalisation d'actions correctives dans le ruisseau du Mas d'Alary (interception et déviation des eaux de la résurgence des Tuilières alimentant le ruisseau du Mas d'Alary – cf. chapitre 10.1.2).

Les autres paramètres mesurés (sulfates, radium 226 soluble, plomb 210, arsenic et molybdène) dans La Lergue en amont et en aval du site sont du même ordre de grandeur : le site du Bosc n'a donc pas d'impact sur la qualité des eaux de La Lergue pour ces paramètres.

Le détail des résultats d'analyses est présenté à la figure 11.

LES EAUX SOUTERRAINES :

Comme mentionné au chapitre 2.5.3, l'étude hydrogéochimique réalisée par ARMINES en 2010 [10] précise que les eaux souterraines des aquifères autunien et cambrien du bassin de Lodève comportent différents faciès hydrochimiques, ce compartimentage des eaux étant lié au réseau de fractures affectant les terrains du Permien et de Cambrien.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 132/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Concernant le réseau de surveillance réglementaire des eaux souterraines dans l'environnement proche du site du Bosc, les piézomètres sont répartis sur deux secteurs situés au Nord et au Sud de la faille dite de « Saint-Julien ».

Le détail des moyennes annuelles pour chaque piézomètre est présenté à la figure 11.

Les eaux du compartiment Nord de la faille de Saint-Julien

Le tableau suivant synthétise les caractéristiques radiologiques et physico-chimiques des eaux des aquifères autunien et cambrien pour le compartiment situé au Nord de la faille de Saint-Julien :

			pH	Ra226 soluble Bq/l	U soluble mg/l	SO ₄ mg/l	As total mg/l	Mo mg/l
CAMBRIEN	HYDRO34	mini	7,5	0,86	0,011	13	0,013	<0,020
		maxi	8,2	1,16	0,140	20	<0,042	<2,508
		moyenne décennale	7,7	1,05	<0,047	17	<0,023	<0,462
AUTUNIEN	PZ6	mini	7,2	<0,03	1,058	71	<0,007	0,127
		maxi	8,0	0,12	2,758	228	<0,039	0,253
		moyenne décennale	7,5	<0,05	1,786	129	<0,016	0,202
	PZ7	mini	7,2	<0,04	8,788	223	<0,012	0,480
		maxi	8,0	0,10	28,863	953	<0,055	0,769
		moyenne décennale	7,5	<0,06	14,372	472	<0,026	0,644
	PZ8	mini	6,9	0,49	0,021	3	0,003	0,012
		maxi	7,7	0,79	0,162	106	<0,049	<2,504
		moyenne décennale	7,2	0,63	<0,075	14	<0,010	<0,296

Sur la période 2002 – 2012, les résultats d'analyses mettent en évidence que :

- les eaux de l'aquifère cambrien (HYDRO 34) présentent :
 - un marquage en uranium soluble (de l'ordre de 0,050 mg/l) et en radium 226 soluble (de l'ordre 1 Bq/l). Les teneurs en U_{sol.} et les activités en Ra226_{sol.} diminuent régulièrement sur la période étudiée, à l'exception d'un pic en uranium observé en 2009 (0,14 mg/l).
 - des résultats d'analyses relativement stables, pour les paramètres physico-chimiques, sur la période étudiée. Les concentrations en arsenic et en molybdène sont souvent inférieures aux limites de détection des appareils de mesures.
- les eaux de l'aquifère autunien (PZ6, PZ7 et PZ8) présentent :
 - pour les piézomètres PZ6 et PZ7, localisés en aval hydraulique du stockage de résidus et du réservoir minier, un marquage radiologique en uranium soluble (notamment sur les eaux du PZ7 : de l'ordre de 14 mg/l) et des teneurs en radium 226 soluble faibles (< 0,06 Bq/l). A l'inverse, le piézomètre PZ8 présente un marquage en radium 226 de l'ordre de 0,60 Bq/l et des teneurs en U_{sol.} nettement plus faibles (moyenne décennale < 0,075 mg/l).
 - des résultats d'analyses relativement stables pour les paramètres physico-chimiques (pH, As, SO₄ et Mo), avec des concentrations en arsenic total faibles et souvent inférieures aux limites de détection. Il est à noter que les piézomètres PZ6 et PZ7 présentent respectivement des teneurs en molybdène de 0,20 mg/l et 0,64 mg/l. A l'inverse, le piézomètre PZ8 présente des concentrations en Mo faibles et souvent inférieures aux limites de détection.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 133/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les eaux du compartiment Sud de la faille de Saint-Julien

Le tableau suivant synthétise les caractéristiques radiologiques et physico-chimiques des eaux des aquifères autunien et cambrien pour le compartiment situé au Sud de la faille de Saint-Julien :

			pH	Ra226 soluble Bq/l	U soluble mg/l	SO ₄ mg/l	As total mg/l	Mo mg/l
CAMBRIEN	PZ1	mini	8,4	<0,03	0,101	10	0,010	0,015
		maxi	10,0	0,10	0,253	609	<0,055	<0,050
		moyenne décennale	9,0	<0,06	<0,159	69	<0,022	<0,026
AUTUNIEN	PZ2	mini	7,0	<0,03	0,012	30	<0,092	0,040
		maxi	7,6	0,08	0,050	152	0,347	<0,123
		moyenne décennale	7,2	<0,05	<0,030	57	<0,219	<0,062
	PZ3	mini	9,1	0,03	<0,003	11	<0,005	<0,005
		maxi	10,7	0,09	<0,050	58	<0,028	<0,028
		moyenne décennale	9,8	<0,06	<0,017	21	<0,012	<0,012
	PZ4	mini	7,2	<0,04	0,240	29	0,045	0,050
		maxi	8,2	0,14	0,630	116	0,263	0,091
		moyenne décennale	7,5	<0,08	0,409	68	0,113	0,067

Sur la période 2002 – 2012, les résultats d'analyses mettent en évidence que :

- les eaux de l'aquifère cambrien (PZ1) présentent :
 - un marquage en uranium soluble (de l'ordre de 0,150 mg/l) et des activités en radium 226 soluble faibles (<0,06 Bq/l). Les teneurs en U_{sol.} et les activités en Ra226_{sol.} diminuent régulièrement sur la période étudiée, à l'exception d'un pic en uranium observé en 2009 (0,14 mg/l).
 - des résultats d'analyses relativement stables, pour les paramètres physico-chimiques, sur la période étudiée. Les concentrations en arsenic et en molybdène sont souvent inférieures aux limites de détection des appareils de mesures.
- les eaux de l'aquifère autunien (PZ2, PZ3 et PZ4) présentent :
 - pour le piézomètre PZ4, un marquage en uranium soluble de l'ordre de 0,40 mg/l, à l'inverse des piézomètres PZ2 et PZ3 (U_{soluble} < 0,03 mg/l pour les moyennes décennales). Cependant, il est à noter que les teneurs en uranium soluble mesurées dans le PZ4 baissent régulièrement sur la période étudiée.
 - pour les paramètres Ra226 soluble et sulfates, les résultats d'analyse sont tous du même ordre de grandeur quelque soit le piézomètre.
 - des concentrations en arsenic et en molybdène toujours mesurables pour le PZ4, à l'inverse du PZ3, qui présente des concentrations souvent inférieures aux limites de détection.

Commentaires sur les eaux souterraines dans l'environnement du site du Bosc

D'une manière générale, on remarque que les caractéristiques radiologiques et physico-chimiques des aquifères cambrien et autunien sont distinctes de part et d'autre de la faille de Saint-Julien. Ces résultats observés sur la période 2002 – 2012 confirment le fait que la faille de Saint-Julien constitue une « barrière naturelle étanche » au sein de la série permo-cambrienne, imposant ainsi différents faciès hydrochimiques dans les eaux d'un même aquifère.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 134/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

LES EAUX DES CAPTAGES D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE (AEP) :

Les eaux de quatre captages AEP, situés en aval hydraulique du site, sont surveillées, dans le cadre des arrêtés préfectoraux du 16 février 2004 et du 16 mai 2005. Suite à une étude réalisée en 2006 (étude réalisée par GEE [5] et présentée au chapitre 2.5.3), les captages choisis sont :

- le forage du Mas Audran (point *LACOSTE*), captant les eaux de l'aquifère du Saxonien et alimentant le village de Mas Audran.
- le forage Cambou (point *CEYRAS C*), captant les eaux des alluvions de La Lergue et alimentant la commune de Ceyras.
- le forage Mas de Marre (point *CEYRAS R*), captant les eaux des alluvions de La Lergue et alimentant la commune de Clermont l'Hérault.
- le forage Les Rivières (point *BRIGNAC*), captant les eaux des alluvions de La Lergue et alimentant la commune de Brignac.

La localisation de ces captages est présentée à la figure 14 et le détail des moyennes annuelles pour chaque piézomètre est présenté à la figure 11.

Les directives de qualité pour l'eau de boisson de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), parues en 2011, propose les valeurs guides suivantes :

- Arsenic : 10 µg/l.
- Molybdène : Pas de valeur guide car le molybdène se trouve dans les eaux de boisson à des concentrations bien inférieures à celles préjudiciables pour la santé. A titre indicatif, l'OMS proposait, en 2004 la valeur guide de 0,070 mg/l.
- Uranium 238 : 10 Bq/l.
- Plomb 210 : Pas de valeur guide. A titre indicatif, l'OMS proposait, en 2004 la valeur guide de 0,100 Bq/l.
- Radium 226 : 1 Bq/l.
- *A titre indicatif : la valeur guide pour l'uranium total dans l'eau de boisson est de 30 µg/l en se basant sur les aspects chimiques de l'élément.*

Les paramètres physico-chimiques pour les eaux de ces 4 captages AEP sont conformes aux recommandations de l'OMS, à l'exception du forage de Mas Audran (point *LACOSTE*) qui présentent régulièrement des concentrations en arsenic non négligeables, de l'ordre de 30 à 40 µg/l, et notamment en 2011 : 92 µg/l. Ces valeurs témoignent d'un fond géochimique naturel élevé dans les eaux du Saxonien.

Les éléments radioactifs sont similaires d'une année à l'autre quelque soit le captage et proches ou inférieures au seuil de détectabilité.

LES SEDIMENTS :

Des prélèvements annuels et réglementaires sont réalisés dans les cours d'eau suivants :

- le ruisseau du Mas d'Alary (point *90 RMA*)
- le ruisseau du Riviéral (point *90 RVA*)
- la rivière La Lergue en amont du site (point *90 LERGF*) et en aval du site (point *90 LERGP*)

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 135/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Le détail des résultats d'analyse est présenté à la figure 11.

Concernant les ruisseaux du Mas d'Alary et du Riviéral, les sédiments présentent des teneurs en radioéléments plus élevées que dans la rivière La Lergue, de l'ordre de :

- pour le ruisseau du Mas d'Alary :
U238 \approx 280 Bq/kg m.s.
Ra226 \approx 350 Bq/kg m.s.
Pb210 \approx 335 Bq/kg m.s.
- pour le ruisseau du Riviéral :
U238 \approx 340 Bq/kg m.s.
Ra226 \approx 430 Bq/kg m.s.
Pb210 \approx 440 Bq/kg m.s.

En revanche, l'équilibre séculaire entre ces radioéléments est observé. Il ne semble donc pas y avoir d'impact lié au site sur les sédiments de ces ruisseaux. Ces valeurs témoignent d'un fond radiologique naturellement élevé.

Les sédiments dans la rivière La Lergue en aval du site sont du même ordre de grandeur que ceux prélevés en amont du site : le site du Bosc n'a pas d'impact mesurable sur le compartiment sédimentaire dans La Lergue.

LES VEGETAUX AQUATIQUES :

Des prélèvements réglementaires sont réalisés, tous les 5 ans, dans les cours d'eau suivants :

- le ruisseau du Mas d'Alary (point 90 RMA)
- le ruisseau du Riviéral (point 90 RVA)
- la rivière La Lergue en amont du site (point 90 LERGF) et en aval du site (point 90 LERGP)

A ce jour, les prélèvements ont été effectués en 2008, les prochaines analyses seront réalisées en 2013. Le détail des résultats d'analyse est présenté à la figure 11.

Les végétaux prélevés (joncs) dans les ruisseaux du Mas d'Alary et du Riviéral présentent un léger marquage en radioéléments, notamment en uranium 238 pour les joncs prélevés au point 90 RMA.

Les végétaux prélevés dans la Lergue en amont (Baldingères) et en aval du site (Joncs) présentent de faibles teneurs en radioéléments (< 2,5 Bq/l).

8.1.5 Bilan sur le milieu aquatique

Le contrôle des eaux réalisé dans le cadre de la surveillance réglementaire prescrite par les arrêtés préfectoraux du 16 février 2004 (ICPE) et du 16 mai 2005 (Police des Mines) porte sur des prélèvements effectués sur le rejet du site du Bosc, les cours d'eau environnants (le ruisseau du Mas d'Alary, le ruisseau du Riviéral et la rivière La Lergue), les eaux souterraines à proximité du site et des captages d'alimentation en eau potable localisés en aval hydraulique du site minier.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 136/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

En résumé, pour la période 2002 – 2012, on constate que :

- pour le rejet du site du Bosc :
 - les résultats d'analyses des paramètres radiologiques et physico-chimiques respectent les valeurs limites réglementaires fixées par les arrêtés préfectoraux.
 - les flux en uranium rejeté diminuent régulièrement depuis 2006.
- pour les eaux de surface :
 - les eaux des ruisseaux du Mas d'Alary et du Riviéral présentent un marquage radiologique en uranium soluble, respectivement de l'ordre de 1,10 mg/l et de 0,70 mg/l. Ce marquage est dû au fait que ces ruisseaux reçoivent les eaux de ruissellement du stockage de résidus et de la plateforme usine dans le cas du ruisseau du Riviéral. Cependant, ce marquage diminue régulièrement sur la période décennale passée.
 - les deux pics en uranium soluble mesurés en 2006 et en 2011 dans le ruisseau du Mas d'Alary sont imputables à des débordements du bassin 10000 suite à de fortes précipitations, ce qui a conduit à des modifications du circuit des eaux du site (création du bassin 50000 et interception et déviation de la résurgence des Tuilières alimentant le ruisseau du Mas d'Alary – cf. chapitre 10.1).
 - les eaux de la rivière La Lergue en aval du site du Bosc présente un léger marquage en uranium soluble pouvant être imputable au rejet du site mais également aux eaux du ruisseau du Mas d'Alary. Seul le débordement du bassin 10000 survenu en 2011 a engendré un impact significatif sur les eaux de La Lergue en aval du site.
- pour les eaux souterraines :
 - les caractéristiques radiologiques et physico-chimiques des aquifères cambrien et autunien sont distinctes de part et d'autre de la faille de Saint-Julien qui constitue une « barrière naturelle étanche » au sein de la série permo-cambrienne
 - les eaux souterraines du compartiment Nord de la faille de Julien sont clairement influencées par les eaux de réservoir minier et les eaux au contact du gisement uranifère. Bien que l'étude hydrogéochimique d'ARMINES de 2010 [10] considère les eaux du PZ6 comme référence naturelle pour les eaux souterraines, les teneurs en uranium dans les eaux du PZ7 sont 5 à 10 fois supérieures à celles mesurées dans les eaux du PZ6 sur la période étudiée.
- la qualité physico-chimique et radiologique des eaux des captages AEP situés en aval hydraulique du site du Bosc sont conformes aux recommandations de l'OMS, à l'exception du forage du Mas Audran qui présente une anomalie récurrente en arsenic, témoin d'un fond géochimique naturellement élevé.

Concernant le compartiment sédimentaire, les sédiments des ruisseaux du Mas d'Alary et du Riviéral présentent des activités en radioéléments supérieures à celles mesurées dans La Lergue où aucun impact du site minier n'est mesurable. Cependant, ces activités respectent l'équilibre séculaire entre l'U238, le Ra226 et le Pb210, démontrant un fond radiologique naturellement élevé.

Concernant les végétaux aquatiques, le site du Bosc ne semble pas avoir d'impact sur les végétaux de La Lergue en aval. Seuls les végétaux prélevés dans le ruisseau du Mas d'Alary présentent un léger marquage en uranium 238.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 137/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

8.2 IMPACT SUR LE VECTEUR AIR

8.2.1 Voie de contamination de l'air

Les voies d'exposition du vecteur air concernent :

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

8.2.2 Surveillance de la qualité radiologique de l'air

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

- Un Dosimètre Thermo-Luminescent (DTL) qui permet de déterminer le débit de dose de rayonnement gamma exprimé en nGy/h. Cet appareillage utilise des matériaux qui ont la propriété, lorsqu'ils sont soumis à un rayonnement ionisant, de piéger les électrons émis suite à l'ionisation. Lorsque l'on chauffe ces éléments irradiés, les électrons sont libérés des pièges et retournent à leur état d'origine. Ce phénomène s'accompagne d'une émission de lumière proportionnelle au nombre d'électrons libérés. Ces grains de lumière sont comptés et, comme il existe une relation simple entre ce nombre et la dose de radioactivité absorbée, les algorithmes du lecteur calculent cette dernière valeur.
- Un dosimètre mesurant les Energies Alpha-Potentielles (EAP) dues aux descendants à vie courte du radon 220 et du radon 222 et exprimées en nJ/m³. Le principe d'un dosimètre est le même que celui de la photographie. Les particules alpha émises par le radon heurtent le film du dosimètre. Un procédé chimique permet de révéler sur ce film les impacts. Un micro-ordinateur associé à un microscope équipé d'une caméra permet de reconnaître et de compter les traces des particules alpha du radon.
- Un dosimètre qui prélève en continu et mesure l'activité volumique des émetteurs alpha à vie longue contenus dans les poussières (mesure alpha totale à partir d'un filtre), avec un résultat exprimé en mBq/m³.

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

- dans la zone d'habitation la plus proche du site (afin de prendre en compte la population la plus exposée),
- à distance des murs pour s'affranchir de leur rayonnement propre,

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 138/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- 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).

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

Concernant les sites de **La Plane-Campagnac**, du **Puech Bouissou** et de **Rabejac**, les arrêtés préfectoraux actant de leur déclaration d'arrêt définitif des travaux miniers (cf. fiches de sites en annexe 1) ne fixent pas de surveillance de la qualité radiologique de l'air sur les sites et dans leur environnement. Toutefois, les dossiers d'arrêt définitif des travaux miniers de chacun de ces sites fournissent quelques données après la fin des travaux de réaménagement (1 à 2 années de mesures). Ces données sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Sites	Villages de référence	Années	EAP Rn 222 nJ.m ⁻³	EAP Rn 220 nJ.m ⁻³	Débit de dose nGy.h ⁻¹	EAVL mBq.m ⁻³
RABEJAC	Clermont l'Hérault	1993	30	15	80	<1,0
		1994	25	13	70	<1,0
	Village de Rabejac	1993	50	15	337	<1,0
		1994	40	16	296	<1,0
	Soumont	1993	23	12	102	<1,0
		1994	19	12	90	<1,0
	Site de Rabejac	1993	40	14	248	<1,0
		1994	41	15	195	<1,0
LA PLANE CAMPAGNAC	Clermont l'Hérault	10/1995 à 03/1996	26	10	70	<1,0
	Soumont	10/1995 à 03/1996	20	non significatif	90	<1,0
	Site de La Plane	10/1995 à 03/1996	78	15	150	<1,0
PUECH BOUISSOU	Village de Saint-Jean de la Blaquièrre	avril à décembre 1997	45	14	150	<1,0
	Auberge de Saint Jean de la Blaquièrre	avril à décembre 1997	32	11	100	<1,0
	Site du Puech Bouissou	avril à décembre 1997	29	13	240	<1,0

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 139/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Ces données montrent que :

- les débits de dose mesurés dans les villages environnants mettent en évidence les différences de fond radiologique naturel en fonction de la géologie des terrains.
- les débits de dose mesurés sur les sites miniers sont supérieurs à ceux des villages environnants (sauf pour le site de Rabejac (environ 220 nGy.h⁻¹) et le village de Rabejac (environ 315 nGy.h⁻¹))
- seul le site La Plane présente des EAP Radon 222 supérieures à celles des villages environnants

Seul le site du **Bosc** possède une surveillance réglementaire fixée par deux arrêtés préfectoraux :

- l'arrêté n°2004-I-332 en date du 16 février 2004, pris au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.
- l'arrêté n°2005-I-1111 en date du 16 mai 2005, dit « de 1er donner acte », pris au titre de la police des Mines.

Cette surveillance s'effectue à partir de huit stations de mesures réparties dans l'environnement proche du site et sur le site lui-même. Une station de référence « milieu naturel » située hors influence du site minier a été implantée à Lodève.

Le tableau suivant présente le plan de surveillance de la qualité radiologique de l'air :

NATURE	STATION	LOCALISATION	DOSIMETRE (EAP Rn220 et Rn222, EAVL)	DTL (débit de dose)
Milieu naturel	VLODEVE	Bourg de Lodève	Fréquence mensuelle	Fréquence trimestrielle
Environnement proche du site	FTREVIEL	Ferme de Tréviels		
	MASCAMP	Hameau du Mas Campagnard		
	VSJULIEN	Village de Saint-Julien		
	VSMARTIN	Village de Saint-Martin		
Sur site	STE	Station de traitement des eaux		
	STOCK SITE	Stockage de résidus de traitement du minerai et produits de démantèlement		
	ZI	Zone industrielle démantelée (ancienne zone « usine »)		
	ZL SITE	Zone Lotie (zone industrielle reconvertie)		

Le détail des résultats d'analyse est présenté à la figure 12.

Pour l'ensemble des stations de mesures (sur site et dans son environnement proche), les activités volumiques des poussières (EAVL) sont faibles et du même ordre de grandeur que celles observées à la station de référence « milieu naturel » de Lodève.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 140/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

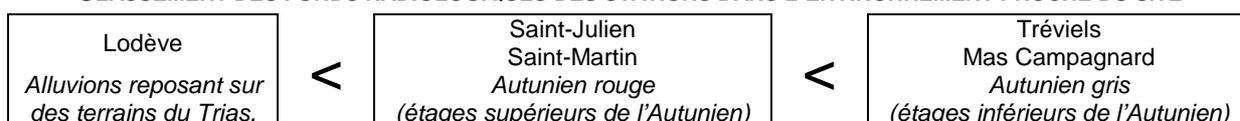
Le tableau suivant présente les moyennes calculées sur la période 2004 – 2012 pour les paramètres radon 220, radon 222 et débit de dose, pour chaque station de mesures :

MOYENNES 2004 – 2012		EAP Rn 222 nJ.m ⁻³	EAP Rn 220 nJ.m ⁻³	Débit de dose nGy.h ⁻¹
Milieu naturel	VLODEVE	40	10	110
Environnement proche du site	FTREVIEL	43	10	160
	MASCAMP	35	9	187
	VSJULIEN	51	10	137
	VSMARTIN	56	11	138
Sur site	STE	136	16	131
	STOCK SITE	49	10	184
	ZI	65	12	188
	ZL SITE (Lotie)	88	14	241

Ce tableau met en évidence que :

- dans les villages localisés dans l'environnement proche du site :
 - les mesures en radon 220 sont du même ordre de grandeur que celles mesurées à Lodève, station localisée hors influence minière.
 - les mesures en radon 222 effectuées dans les villages de Saint-Julien et Saint-Martin sont légèrement supérieures à celles mesurées à Lodève.
 - les mesures en radon 222 effectuées à la ferme de Tréviels et au Mas Campagnard sont du même ordre de grandeur que celles mesurées à Lodève.
 - les débits de dose mesurés dans les villages environnants sont supérieurs à ceux mesurés à Lodève, notamment à la Ferme de Tréviels et au Mas Campagnard. Ce constat traduit les différences de fond radiologique en fonction de la géologie des terrains :

CLASSEMENT DES FONDS RADIOLOGIQUES DES STATIONS DANS L'ENVIRONNEMENT PROCHE DU SITE



- pour la zone ICPE du site du Bosc (stations STOCK SITE et STE) et pour l'ancienne zone industrielle :
 - les mesures en radon 222 sont légèrement supérieures à celles mesurées à Lodève (à l'exception de celles de la station de traitement des eaux) mais relativement proches de celles mesurées dans les villages de Saint-Julien et de Saint Martin.
 - les mesures en radon 220 sont du même ordre de grandeur à celles mesurées à Lodève, à l'exception de celles de la station de traitement des eaux et de la zone Lotie.
 - les débits de dose (DD) mesurés sur le site sont proches de ceux mesurés dans les villages environnants ($DD_{\text{STOCK}} \text{ et } ZI \approx DD_{\text{Mas Campagnard}}$ et $DD_{\text{STE}} \approx DD_{\text{St-Julien et St-Martin}}$). Seule la station ZL SITE (zone Lotie) présente des débits de dose supérieurs aux autres stations, en revanche celui-ci diminue régulièrement depuis 2004.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 141/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

8.3 IMPACT SUR LA CHAÎNE ALIMENTAIRE

8.3.1 Voies de contamination de la chaîne alimentaire

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

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

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

8.3.2 Résultats des contrôles de la chaîne alimentaire

Seul le site du Bosc possède une surveillance réglementaire fixée par deux arrêtés préfectoraux :

- l'arrêté n°2004-I-332 en date du 16 février 2004, pris au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.
- l'arrêté n°2005-I-1111 en date du 16 mai 2005, dit « de 1er donner acte », pris au titre de la police des Mines.

Cette surveillance s'effectue tous les deux ans, sur cinq catégories d'aliments (échantillons composites) :

- les légumes feuilles, les légumes racinaires et les fruits provenant de jardins localisés dans les villages environnants (avec Lodève comme référence « milieu naturel »). Les données disponibles sont celles de 2002 à 2011.
- les poissons, prélevés dans la Lergue en amont (référence « milieu naturel ») et en aval du site, avec des données disponibles pour 2003 et 2008.
- les volailles, lapins et gibiers prélevés à Saint-Martin et Lodève. Les données disponibles sont celles de 2002 et 2005.

Les eaux de consommation sont en revanche prélevées dans chaque village de référence (Saint-Julien, Saint-Martin, Ferme de Tréviels, Mas Campagnard et Lodève. Les données disponibles sont celles de 2002 à 2011.

Les villages de référence pour la chaîne alimentaire sont les mêmes que ceux pour le vecteur Air. Le détail des résultats d'analyses à la figure 13.

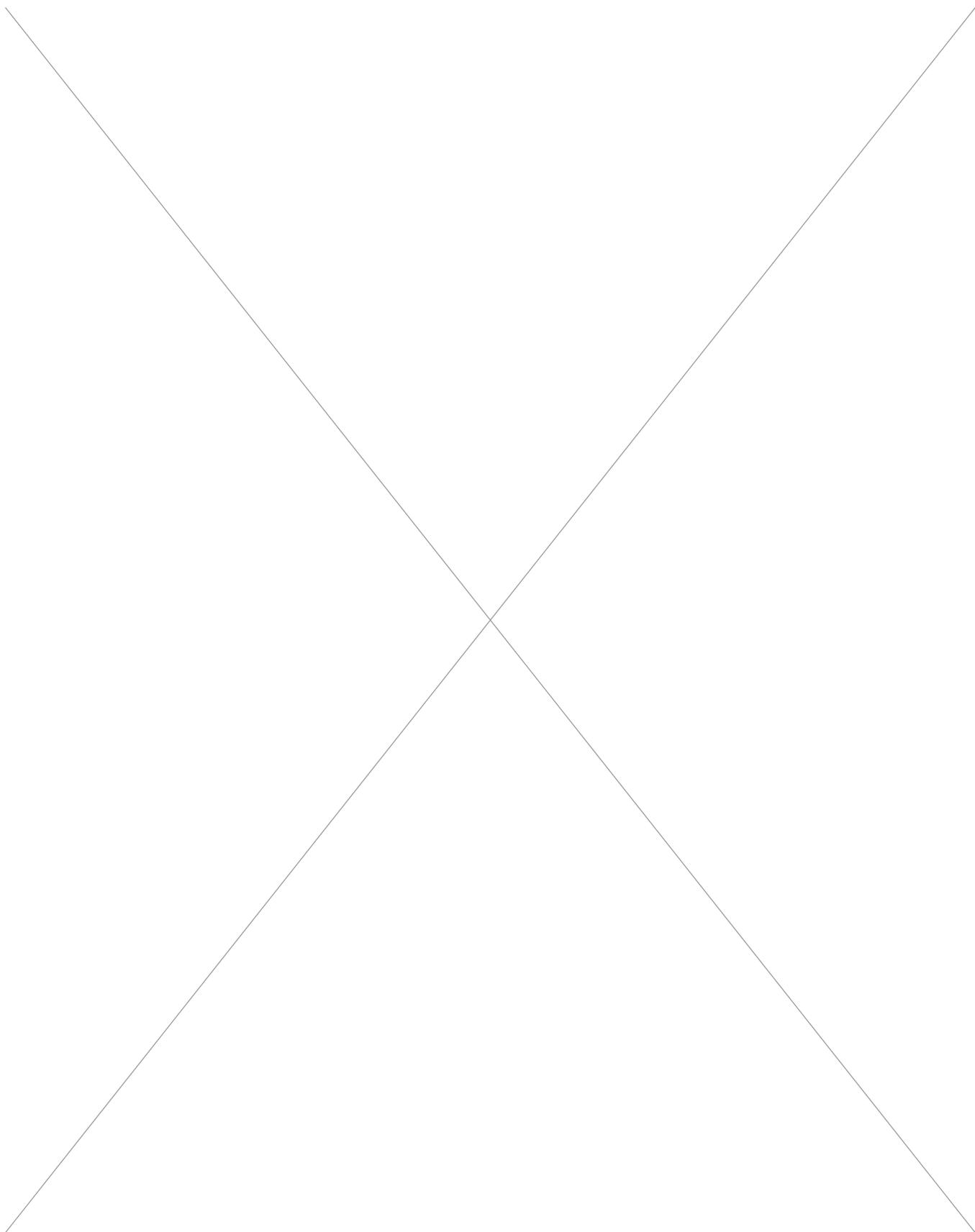
BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 142/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les activités volumiques dans l'eau de consommation (en Bq/l) et les activités massiques dans les végétaux aliments (en Bq/kg sur produits frais) sont pour la plupart des analyses inférieures aux limites de détection (cf. tableau ci-dessous) :

	Pourcentage de résultats de la surveillance de la chaîne alimentaire					
	Eaux de consommation	Légumes feuilles	Légumes racinaires	Fruits	Volailles, lapins, gibier	Poissons
Inférieurs à la limite de détection	54 %	65 %	80 %	72 %	75 %	70 %
Supérieurs à la limite de détection	46 %	35 %	20 %	18 %	25 %	30 %

L'ensemble de ces résultats sont intégrés dans le calcul de la dose efficace annuelle ajoutée en supplément du milieu naturel et développé dans le chapitre suivant. Le tableau suivant récapitule les données utilisées pour le calcul de la dose efficace annuelle ajoutée (DEAA) :

	Données utilisées pour le calcul de DEAA													
	Eau de consommation						Aliments frais					Poissons		
	2002	2006	2007	2009	2011	2012	2002	2005	2007	2009	2011	2003	2008	
DEAA 2004	X						X					X		
DEAA 2005	X							X				X		
DEAA 2006		X						X				X		
DEAA 2007			X						X			X		
DEAA 2008			X						X				X	
DEAA 2009				X						X			X	
DEAA 2010				X						X			X	
DEAA 2011					X						X		X	
DEAA 2012						X					X		X	



BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 144/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

9 EVALUATION DE LA DOSE EFFICACE AJOUTEE

9.1 PRINCIPE DE L'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

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

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

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

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

9.2 RISQUES RADIOLOGIQUES

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

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 145/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

L'énergie ainsi absorbée par un organisme vivant peut provoquer l'ionisation des molécules qui le composent et notamment celle de l'ADN qui est le support du patrimoine génétique d'un individu. L'irradiation peut alors conduire à deux types d'effets cliniques :

- des effets immédiats (ou déterministes) où l'absorption d'une forte dose énergétique due aux rayonnements ionisants peut entraîner des lésions immédiates, ou n'apparaissant que quelques semaines après l'exposition (doses absorbées supérieures à 0,25 Gray (noté Gy) pour une irradiation homogène de l'organisme).
- des effets à long terme (ou stochastiques ou aléatoires) où l'ionisation des molécules des cellules peut entraîner une modification de leur matériel génétique et l'apparition tardive de cancers. La quantification de ce risque est exprimé à partir de la dose efficace qui s'exprime en Sievert (noté Sv).

Seuls les risques stochastiques sont pris en compte s'agissant de l'impact radiologique des anciennes mines d'uranium. En effet, la quantité relativement faible de radioéléments présents dans l'environnement et le confinement des stockages de résidus de traitement limitent l'exposition à des valeurs de dose inférieures au seuil de déclenchement d'effets déterministes.

9.3 LA NOTION DE DOSE EFFICACE

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

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

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

avec H_T = dose équivalente reçue par le tissu T (en Sv)

$D_{T,R}$ = dose absorbée moyenne due au rayonnement R et reçue par le tissu T (en Gy)

W_R = facteur de qualité pour le rayonnement R (en Sv/Gy).

Ainsi, pour les photons X et 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.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 146/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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

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

avec E = dose efficace corps entier (en Sv)

H_T = dose équivalente reçue par le tissu T (en Sv)

W_T = coefficient de pondération pour le tissu T (sans unité).

L'article R.1333-8 du Code de la santé publique précise que : « *La somme des doses efficaces reçues par toute personne n'appartenant pas aux catégories mentionnées à l'article R.1333-9, du fait des activités nucléaires, ne doit dépasser 1 mSv par an. Sans préjudice de la limite définie des doses efficaces, les limites de dose équivalente admissibles sont fixées, pour le socle cristallin, à 15 mSv par an et, pour la peau, 50 mSv par an en moyenne pour toute surface de 1cm² de peau, quelle que soit la surface exposée.* »

Ces limites ont été fixées d'après les recommandations de la publication n°60 de la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) parue en 1990.

9.4 PRINCIPE DE L'ÉVALUATION DE LA DOSE EFFICACE AJOUTÉE DANS L'ENVIRONNEMENT PROCHE DES SITES

9.4.1 Voies d'exposition à considérer

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

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

Pour l'eau, est prise en compte l'eau consommée, qu'elle soit issue d'un réseau de distribution ou d'un puits.

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

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 147/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

9.4.2 Détermination des groupes de référence

D'une manière générale, le choix des groupes de référence est réalisé en fonction de la proximité des villages par rapport aux sites miniers. Les dispositifs de mesure de qualité de l'air et les prélèvements de chaîne alimentaire sont alors effectués dans chacun des groupes de référence ainsi définis.

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

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

Exemples de scénarios classiquement utilisés :

- Enfant de 2 à 7 ans résidant sous influence du site (6800 h à l'intérieur des habitations + 860 h à l'extérieur), scolarisé hors influence du site (1100 h).
- Adulte de plus de 60 ans (retraité) résidant sous influence du site (7300 h à l'intérieur des habitations + 1360 h à l'extérieur).
- Adulte de 17 à 60 ans résidant hors influence du site et séjournant en bordure ou sur le site dans le cadre d'une activité agricole (400 h).

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

Consommation annuelle (kg)	Scénario 1 : Enfant de 2 à 7 ans	Scénario 2 : Adulte
Légumes feuilles	5	25
Légumes fruits	18	50
Légumes racines	6	12
Pommes de terre	18	20
Fruits	18	50
Volaille	9	17
Produits laitiers ²	265	257
Poisson	7,3	22
Eau de distribution ou de puits (l.an ⁻¹)	365	600

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

² La consommation de lait est donnée en litres. La consommation totale de produits laitiers est donnée dans la même unité. Pour ce faire, les quantités de produits laitiers consommées ont été exprimées en équivalent litre de lait à partir des données de fabrication précisées ci-dessous. Pour la transformation en kilogramme, on considère que 1 litre de lait pèse environ 1 kg. Ainsi, un kilogramme de fromage équivaut à 8 litres de lait (sur la base de fabrication du camembert), un yaourt équivaut à 0,125 litre de lait, un kilogramme de beurre équivaut à 20 litres de lait avec récupération de 19 litres de lait écrémé. Sachant qu'il y a 40 g de matières grasses par litre de lait, l'équivalence lait du beurre prise sera égale à 44/25.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 148/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

9.4.3 Calcul de la dose efficace annuelle ajoutée

La dose efficace ajoutée du fait des anciennes activités minières est calculée à partir des scénarii d'exposition présentés dans le paragraphe ci-dessus.

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

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

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

Mode d'exposition	Rayonnement ou Radioéléments	Adulte	Enfant 2-7 ans	
Externe	Gamma	1 mSv/mGy	1 mSv/mGy	
Inhalation	EAP Rn ₂₂₂ inhalé	1,1 mSv/nJm ⁻³ .h	1,1 mSv/nJm ⁻³ .h	
	EAP Rn ₂₂₀ inhalé	0,39 mSv/nJm ⁻³ .h	0,39 mSv/nJm ⁻³ .h	
	Poussières inhalées	sites miniers	1,4.10 ⁻² mSv/Bq	2,9.10 ⁻² mSv/Bq
		sites stockage résidus	1,9.10 ⁻⁴ mSv/Bq	3,8.10 ⁻² mSv/Bq
Ingestion	U ₂₃₈ ingéré*	9,79.10 ⁻⁵ mSv/Bq	1,83.10 ⁻⁴ mSv/Bq	
	Ra ₂₂₆ ingéré	2,8.10 ⁻⁴ mSv/Bq	6,2.10 ⁻⁴ mSv/Bq	
	Pb ₂₁₀ ingéré	6,9.10 ⁻⁴ mSv/Bq	2,2.10 ⁻³ mSv/Bq	
	Po ₂₁₀ ingéré	1,2.10 ⁻³ mSv/Bq	4,4.10 ⁻³ mSv/Bq	
	Th ₂₃₀ ingéré	2,1.10 ⁻⁴ mSv/Bq	3,1.10 ⁻⁴ mSv/Bq	

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

Pour l'exposition externe (E₁)

E₁ = Coefficient de dose (en mSv/mGy) × temps de présence (en h) × débit de dose ajouté au milieu naturel (en nGy/h) × 10⁻⁶

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

E₂₍₃₎ = Coefficient de dose (en mSv/nJ.m³.h) × temps de présence (en h) × EAP ajoutée au milieu naturel (en nJ/m³) × 10⁻⁶

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 149/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

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

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

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

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

9.4.4 Résultats de la dose efficace annuelle ajoutée

Le calcul précédemment décrit est applicable sur les sites disposant d'une chronique de mesures de la qualité de l'air et/ou de mesures sur la chaîne alimentaire.

Ainsi, seul le site du Bosc et les villages de référence associés ont fait l'objet d'une évaluation de la dose efficace annuelle ajoutée (DEAA).

En 2007, les scénarii de calcul ont été modifiés, avec la prise en compte de la DTI (Dose Totale Indicative) pour l'eau de consommation et l'évolution des temps de présence pour les groupes de référence. Par conséquent, afin d'établir une chronique homogène, les résultats de la DEAA avant et après 2007 seront discutés séparément.

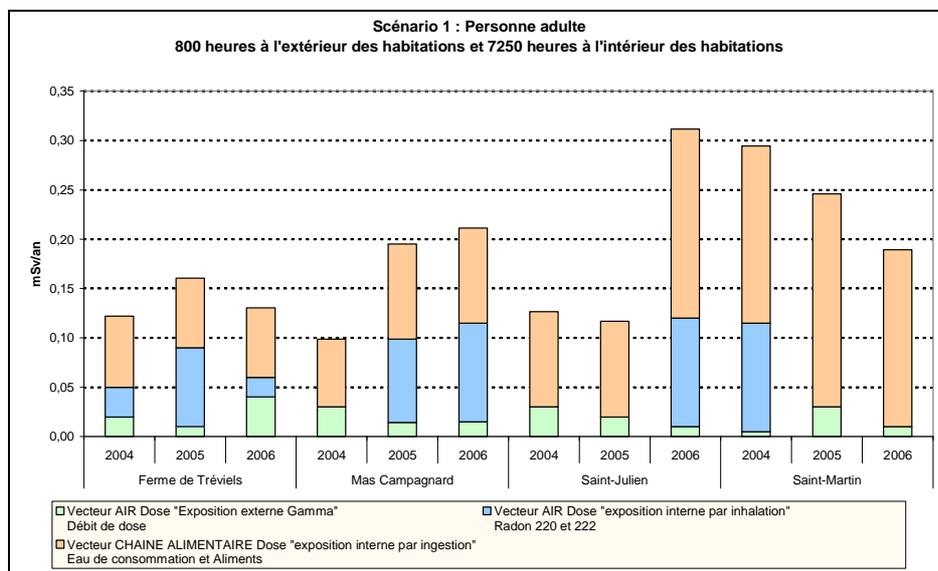
RESULTATS DE LA DEAA DE 2004 A 2006 :

Les tableaux et graphiques suivants présentent les doses par voies d'exposition et la dose efficace annuelle ajoutée pour chaque scénario.

Scénario 1 : *Personne adulte, 800 heures à l'extérieur des habitations et 7250 heures à l'intérieur des habitations*

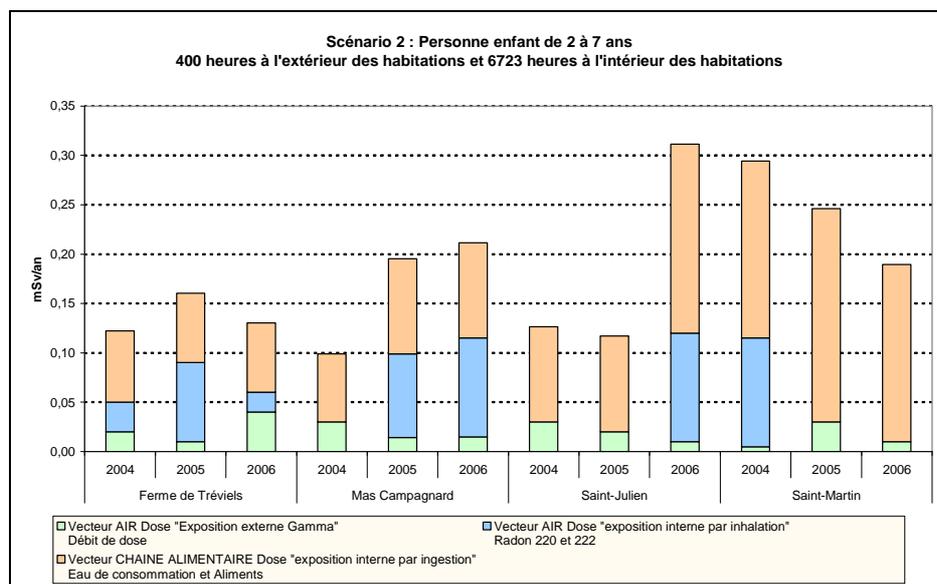
Années	Village de référence	AIR		CHAINE ALIMENTAIRE	DEAA
		"Exposition externe Gamma" (Débit de dose)	"Exposition interne par inhalation" (Radon 220 et 222)	"Exposition interne par ingestion" (Eau de conso. et Aliments)	
2004	Saint-Julien	0,04	0,03	0,15	0,23
	Saint-Martin	0,02	0,09	0,14	0,26
	Mas Campagnard	0,08	0,02	0,15	0,26
	Ferme de Tréviels	0,06	0,00	0,15	0,21
2005	Saint-Julien	0,02	0,10	0,07	0,20
	Saint-Martin	0,04	0,11	0,07	0,22
	Mas Campagnard	0,06	0,00	0,07	0,14
	Ferme de Tréviels	0,04	0,00	0,07	0,11
2006	Saint-Julien	0,02	0,12	0,13	0,27
	Saint-Martin	0,02	0,11	0,14	0,26
	Mas Campagnard	0,06	0,00	0,14	0,20
	Ferme de Tréviels	0,02	0,00	0,12	0,14

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 150/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0



Scénario 2 : Personne enfant de 2 à 7 ans, 400 heures à l'extérieur des habitations et 6723 heures à l'intérieur des habitations

Années	Village de référence	AIR		CHAÎNE ALIMENTAIRE	DEAA
		"Exposition externe Gamma" (Débit de dose)	"Exposition interne par inhalation" (Radon 220 et 222)	"Exposition interne par ingestion" (Eau de conso. et Aliments)	
2004	Saint-Julien	0,02	0,03	0,07	0,12
	Saint-Martin	0,01	0,08	0,07	0,16
	Mas Campagnard	0,04	0,02	0,07	0,13
	Ferme de Tréviels	0,03	0,00	0,07	0,10
2005	Saint-Julien	0,01	0,08	0,10	0,20
	Saint-Martin	0,02	0,10	0,10	0,21
	Mas Campagnard	0,03	0,00	0,10	0,13
	Ferme de Tréviels	0,02	0,00	0,10	0,12
2006	Saint-Julien	0,01	0,11	0,19	0,31
	Saint-Martin	0,01	0,11	0,18	0,29
	Mas Campagnard	0,03	0,00	0,22	0,25
	Ferme de Tréviels	0,01	0,00	0,18	0,19



Les résultats de 2004 à 2006 mettent en évidence que :

- les DEAA calculées par chaque village et pour chaque scénario sont **inférieures à la limite réglementaire de 1 mSv/an ajouté au milieu naturel**.
- dans la majorité des cas, quelque soit le scénario et l'année, l'exposition interne par ingestion (Chaîne alimentaire : eau de consommation + aliments) contribue en grande partie à la dose efficace annuelle ajoutée, à l'inverse des expositions externe et interne par inhalation (Cf. tableau ci-dessous).

Part de l'exposition interne par ingestion dans le calcul de la DEAA Moyenne 2004 - 2006		
Village de référence	Scénario 3 : Adulte	Scénario 4 : enfant
Ferme de Tréviels	60 %	52 %
Mas Campagnard	47 %	55 %
Saint-Julien	55 %	74 %
Saint-Martin	69 %	81 %

RESULTATS DE LA DEAA DE 2007 A 2012 :

Les tableaux et graphiques suivants présentent les doses par voies d'exposition et la dose efficace annuelle ajoutée pour chaque scénario.

Légende des tableaux :

E_1 = "Exposition externe Gamma" (Débit de dose)

E_2 = "Exposition interne par inhalation" (Radon 220 et 222)

E_{CA} = "Exposition interne par ingestion" (Aliments)

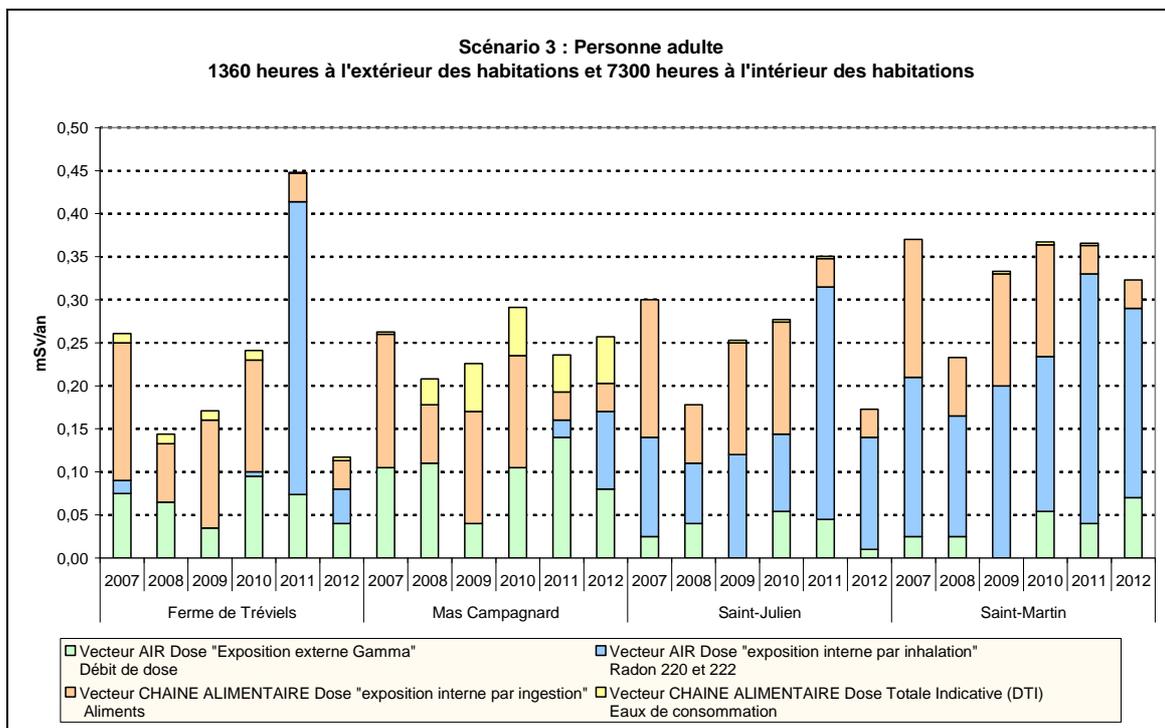
DTI = Dose Totale Indicative (Eaux de consommation)

DEAA = Dose efficace annuelle ajoutée

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 152/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

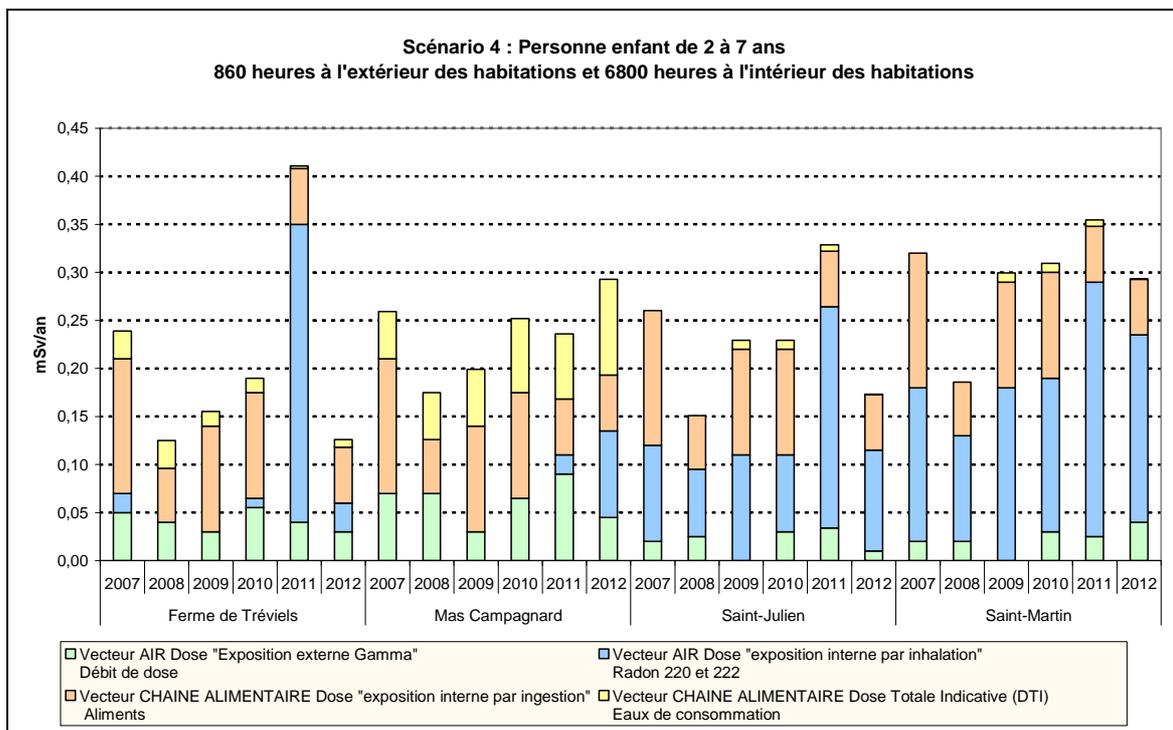
Scénario 3 : Personne adulte (de plus de 60 ans), 1360 heures à l'extérieur des habitations et 7300 heures à l'intérieur des habitations

Années	Village de référence	Vecteur AIR		Vecteur CHAÎNE ALIMENTAIRE		DEAA
		E ₁	E ₂	E _{CA}	DTI	
2007	Saint-Julien	0,03	0,12	0,16	0,00	0,30
	Saint-Martin	0,03	0,19	0,16	0,00	0,37
	Mas Campagnard	0,11	0,00	0,16	0,00	0,26
	Ferme de Tréviels	0,08	0,02	0,16	0,01	0,26
2008	Saint-Julien	0,04	0,07	0,07	0,00	0,18
	Saint-Martin	0,03	0,14	0,07	0,00	0,23
	Mas Campagnard	0,11	0,00	0,07	0,03	0,21
	Ferme de Tréviels	0,07	0,00	0,07	0,01	0,14
2009	Saint-Julien	0,00	0,12	0,13	0,00	0,25
	Saint-Martin	0,00	0,20	0,13	0,00	0,33
	Mas Campagnard	0,04	0,00	0,13	0,06	0,23
	Ferme de Tréviels	0,04	0,00	0,13	0,01	0,17
2010	Saint-Julien	0,05	0,09	0,13	0,00	0,28
	Saint-Martin	0,05	0,18	0,13	0,00	0,37
	Mas Campagnard	0,11	0,00	0,13	0,06	0,29
	Ferme de Tréviels	0,10	0,01	0,13	0,01	0,24
2011	Saint-Julien	0,05	0,27	0,03	0,00	0,35
	Saint-Martin	0,04	0,29	0,03	0,00	0,37
	Mas Campagnard	0,14	0,02	0,03	0,04	0,24
	Ferme de Tréviels	0,07	0,34	0,03	0,00	0,45
2012	Saint-Julien	0,01	0,13	0,03	0,00	0,17
	Saint-Martin	0,07	0,22	0,03	0,00	0,32
	Mas Campagnard	0,08	0,09	0,03	0,05	0,26
	Ferme de Tréviels	0,04	0,04	0,03	0,00	0,12



Scénario 4 : Personne enfant de 2 à 7 ans, 860 heures à l'extérieur des habitations et 6800 heures à l'intérieur des habitations

Années	Village de référence	Vecteur AIR		Vecteur CHAINE ALIMENTAIRE		DEAA
		E ₁	E ₂	E _{CA}	DTI	
2007	Saint-Julien	0,02	0,10	0,14	0,00	0,26
	Saint-Martin	0,02	0,16	0,14	0,00	0,32
	Mas Campagnard	0,07	0,00	0,14	0,05	0,26
	Ferme de Tréviels	0,05	0,02	0,14	0,03	0,24
2008	Saint-Julien	0,03	0,07	0,06	0,00	0,15
	Saint-Martin	0,02	0,11	0,06	0,00	0,19
	Mas Campagnard	0,07	0,00	0,06	0,05	0,18
	Ferme de Tréviels	0,04	0,00	0,06	0,03	0,13
2009	Saint-Julien	0,00	0,11	0,11	0,01	0,23
	Saint-Martin	0,00	0,18	0,11	0,01	0,30
	Mas Campagnard	0,03	0,00	0,11	0,06	0,20
	Ferme de Tréviels	0,03	0,00	0,11	0,02	0,16
2010	Saint-Julien	0,03	0,08	0,11	0,01	0,23
	Saint-Martin	0,03	0,16	0,11	0,01	0,31
	Mas Campagnard	0,07	0,00	0,11	0,08	0,25
	Ferme de Tréviels	0,06	0,01	0,11	0,02	0,19
2011	Saint-Julien	0,03	0,23	0,06	0,01	0,33
	Saint-Martin	0,03	0,27	0,06	0,01	0,35
	Mas Campagnard	0,09	0,02	0,06	0,07	0,24
	Ferme de Tréviels	0,04	0,31	0,06	0,00	0,41
2012	Saint-Julien	0,01	0,11	0,06	0,00	0,17
	Saint-Martin	0,04	0,20	0,06	0,00	0,29
	Mas Campagnard	0,05	0,09	0,06	0,10	0,29
	Ferme de Tréviels	0,03	0,03	0,06	0,01	0,13

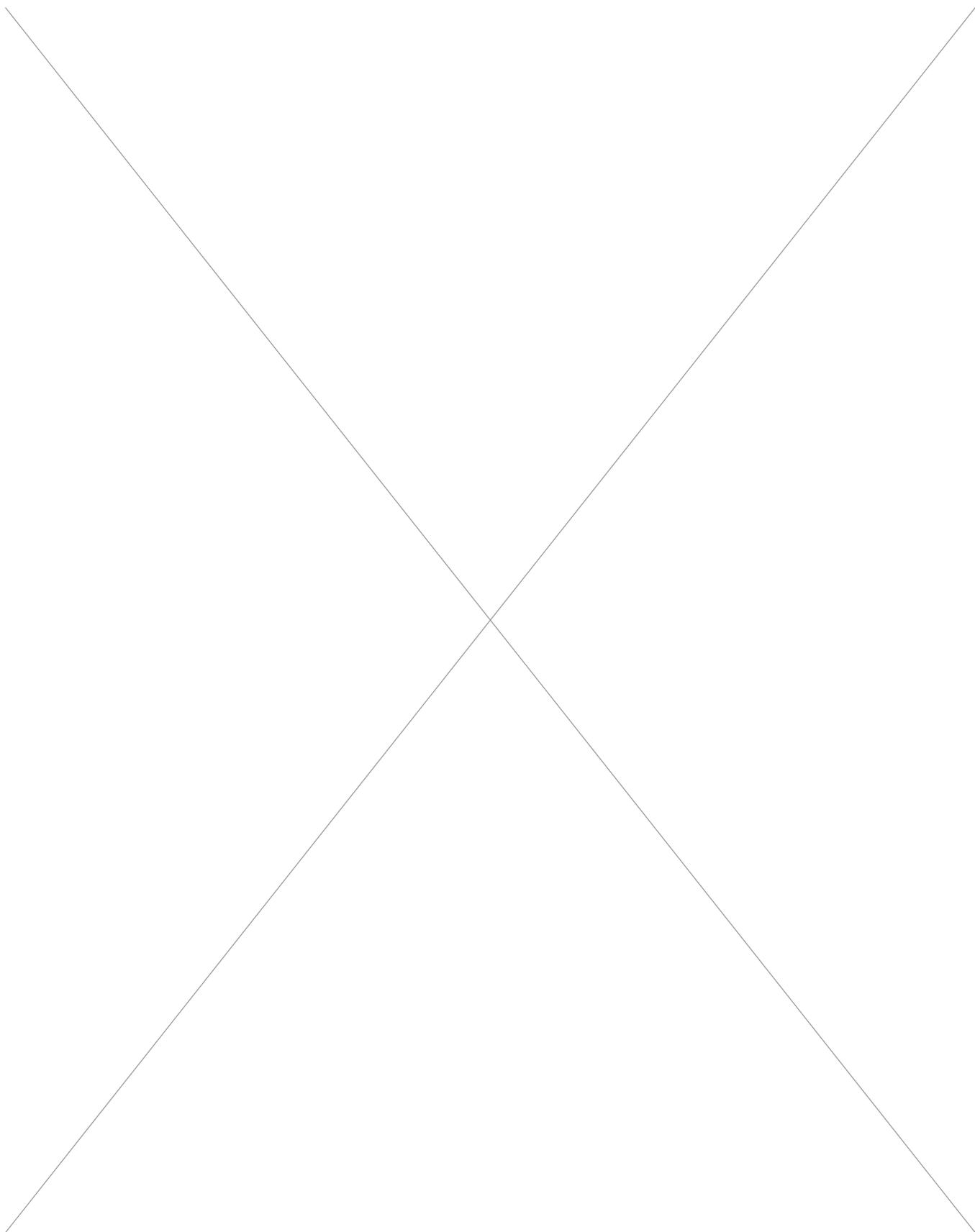


Les résultats de 2007 à 2012 mettent en évidence que :

- les DEAA calculées par chaque village et pour chaque scénario sont **inférieures à la limite réglementaire de 1 mSv/an ajouté au milieu naturel**.
- pour la ferme de Tréviels et le village de Mas Campagnard, la dose liée au vecteur chaîne alimentaire (exposition interne par ingestion + DTI) contribue en grande partie à la dose efficace annuelle ajoutée (Cf. tableau ci-dessous).

Part de l'exposition interne par ingestion dans le calcul de la DEAA Moyenne 2007 - 2012		
Village de référence	Scénario 3 : Adulte	Scénario 4 : enfant
Ferme de Tréviels	50 %	59 %
Mas Campagnard	53 %	67 %
Saint-Julien	37 %	41 %
Saint-Martin	28 %	32 %

- pour le village de Mas Campagnard, la DTI (eau de consommation) des scénarii adulte et enfant est plus importante que pour les autres villages et à l'inverse, l'exposition par inhalation (radon 220 et 222) est très faible par rapport aux villages de Saint-Julien et de Saint-Martin.
- en 2011, la DEAA des scénarii enfant et adulte de la ferme de Tréviels présente une nette augmentation par rapport aux autres années, due à l'exposition par inhalation (radon 220 et 222).



BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 156/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

10 MESURES PRISES POUR REDUIRE LES IMPACTS

10.1 REDUCTION DES IMPACTS SUR LE VECTEUR EAU

Le premier objectif du réaménagement d'un site, concernant le vecteur eau, consiste à identifier les exutoires d'eau issue des travaux miniers ou les points d'émergence d'eau ayant percolé au travers de remblais miniers. La résurgence de ces eaux constitue donc potentiellement une source de contamination pour l'environnement. En application de la réglementation, les exploitants ont donc aménagé des exutoires afin d'y exercer une surveillance et si nécessaire des traitements (dans des stations aménagées à cet effet) visant à restituer à l'environnement une eau dont les caractéristiques sont conformes aux exigences réglementaires.

Après réaménagement, les sites du Puech Bouissou, La Plane-Campagnac et Rabejec ne présentaient pas de rejets contrairement au site du Bosc, où la mise d'un traitement physico-chimique a été nécessaire afin de respecter la réglementation.

10.1.1 Description de la station de traitement des eaux du Bosc

La station de traitement des eaux du site du Bosc est opérationnelle depuis novembre 1999.

Deux procédés de traitement des eaux sont utilisés :

- la fixation d'uranium sur résines échangeuses d'ions en marche normale,
- le traitement à la chaux en période de crue ou en cas de défaillance de la fixation sur résines.

PRINCIPE DE TRAITEMENT

La fixation sur résines se fait par échange d'un ion nitrate par un ion uranylcarbonate. Six séries de trois conteneurs permettent de traiter 70 m³/h en continu où seul l'uranium est fixé. La possibilité est offerte en amont du procédé d'un ajout de chlorure ferrique (pour l'arsenic), floculant et acide sulfurique afin de limiter les carbonations possibles dans le filtre à sable et les conteneurs de résines.

Le traitement alternatif à la chaux vise à diminuer la concentration en matières en suspension, en uranium 238, en radium 226 (et arsenic le cas échéant) et à ajuster le pH.

Si besoin est, l'élimination du radium 226 est réalisé par précipitation d'un sel double de sulfate de baryum et radium, par ajout de chlorure de baryum en présence d'ions sulfate.

L'adjonction de chaux éteinte et de chlorure ferrique a pour effet de fixer l'uranium soluble sur les hydroxydes de fer et de précipiter l'arsenic.

Les produits précipités sont ensuite floculés à l'aide d'un floculant synthétique, afin de faciliter la décantation et donc de limiter la concentration en matière en suspension, en particulier, les radioéléments ainsi insolubilisés. L'ajustement du pH est réalisé par ajout final d'acide sulfurique.

L'ensemble de la station est gérée par un automate. Une supervision permet de visualiser et commander les différents organes de la station.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 157/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

Les eaux traitées sont réparties géographiquement sur le site suivant deux flux :

- les eaux des stockages de résidus, à savoir :
 - les eaux de percolation à l'interface couverture – résidus, captées par des drains superficiels,
 - les eaux des drains profonds qui drainent la base de l'ensemble des stockages de résidus sont pompées de manière automatique dans deux puisards,
 - les eaux d'éventuelles fuites en pied de digue des stockages de résidus captées par des drains enterrés.
- les eaux de surverse de la nappe perchée identifiée en 2011 à l'issue d'un évènement pluvial exceptionnel (cf. traitement de la résurgence des Tuilières dans le chapitre 10.1.2).

Toutes ces eaux sont collectées dans le bassin 10 000 pour être décantées avant reprise pour traitement.

- les eaux de la mine souterraine de Mas Lavayre :
 - les eaux du P33 : ancien puits d'aérage de la mine en liaison avec le travers banc de Tréviels. Il est équipé d'une pompe située à 60 m de profondeur et de débit proche de 120 m³/h,
 - les eaux du P37 : ancien puits d'aérage de mine en liaison avec la galerie L311. Il est équipé de 2 pompes situées à 10 m de profondeur et d'un débit global compris entre 80 et 100 m³/h.

Le puits P37 présent sur le site du Bosc constituerait l'exutoire naturel des eaux provenant des travaux miniers souterrains, situé à la cote 135 m NGF. Cependant, les eaux du P37 présentent des teneurs en uranium soluble inférieures à celles du P33. Par conséquent, AREVA maintient artificiellement le niveau d'eau dans les infrastructures souterraines à la cote 130 m NGF, par pompage des eaux dans le puits P33.

Toutefois, les installations offrent la possibilité de pomper les eaux simultanément dans les deux puits P33 et P37 en cas de forte augmentation du niveau d'eau dans les travaux miniers souterrains. Toutes ces eaux sont collectées dans le bassin 4 000 avant reprise pour traitement.

Le schéma suivant présente le dispositif de pompage destiné à maîtriser les eaux de la mine de Mas Lavayre :

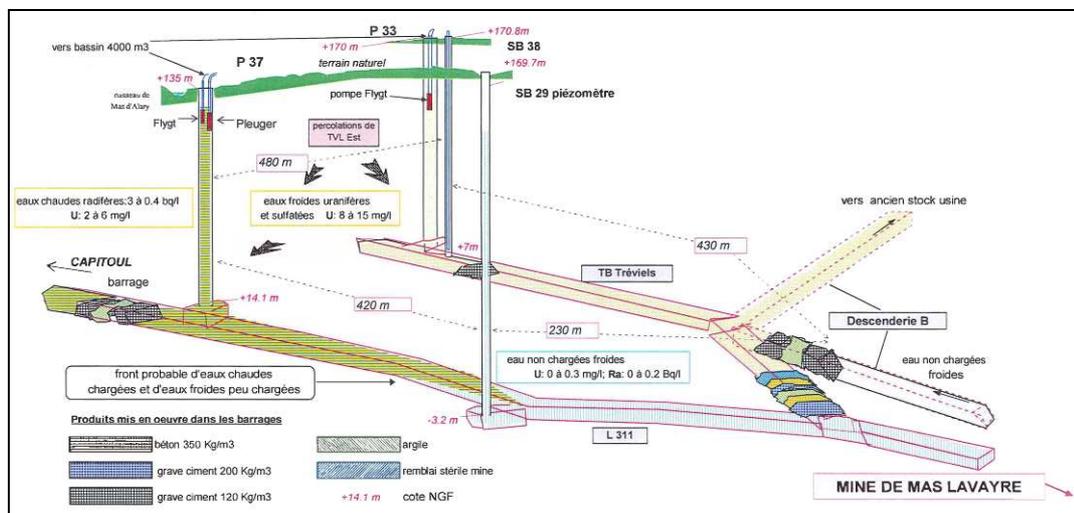


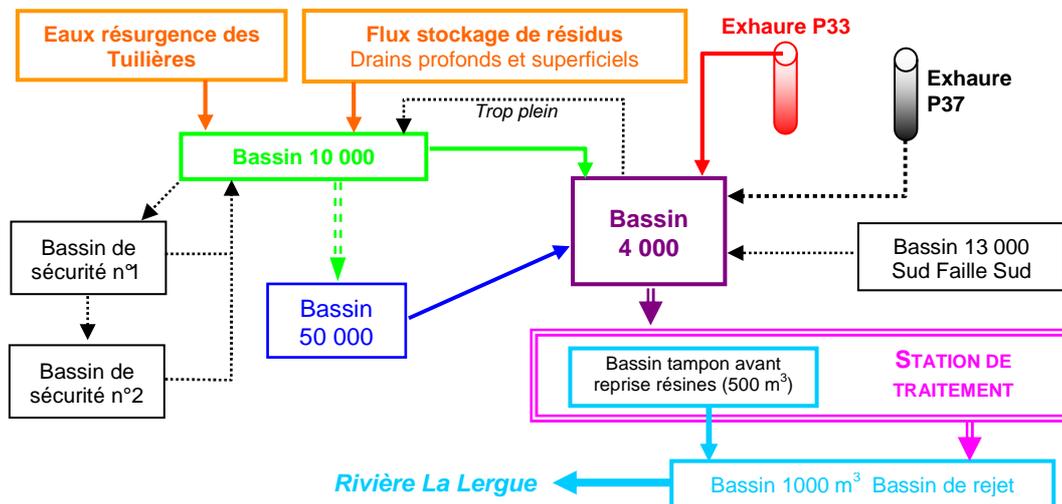
Schéma du dispositif de pompage destiné à maîtriser les eaux de la mine

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Jun 2013	Page : 158/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les capacités de stockage sont assurées par :

- le bassin 10 000 (volume 17 000 m³) qui collecte tous les flux issus des anciennes MCO remblayées par les résidus de traitement. Deux petits bassins de sécurité assurent le relevage des eaux résultant des fuites du bassin. Les capacités de relevage sont de : 160 m³/h vers le bassin 4 000 et de 420 m³/h vers le bassin de stockage 50 000 (300 m³/h avant 2012).
- le bassin 50 000 (volume 50 000 m³) qui constitue une réserve de stockage en cas de crue. Sa capacité de relevage vers le bassin 4 000 est de 100 m³/h.
- le bassin 13 000 (volume 13 000 m³) est constitué par la réserve maintenue dans la partie Est de la MCO SUD FAILLE SUD. Sa capacité de relevage vers le bassin 4000 est de 60 m³/h.
- le bassin 4 000 constitue le réceptacle des eaux avant traitement. Sa capacité de relevage est de 200 m³/h.
- le bassin 500 m³ constitue un bassin tampon avant traitement sur les résines (100 m³/h de relevage).

Le schéma suivant présente le circuit de gestion des eaux sur le site du Bosc :



INSTALLATIONS DE LA STATION DE TRAITEMENT DES EAUX

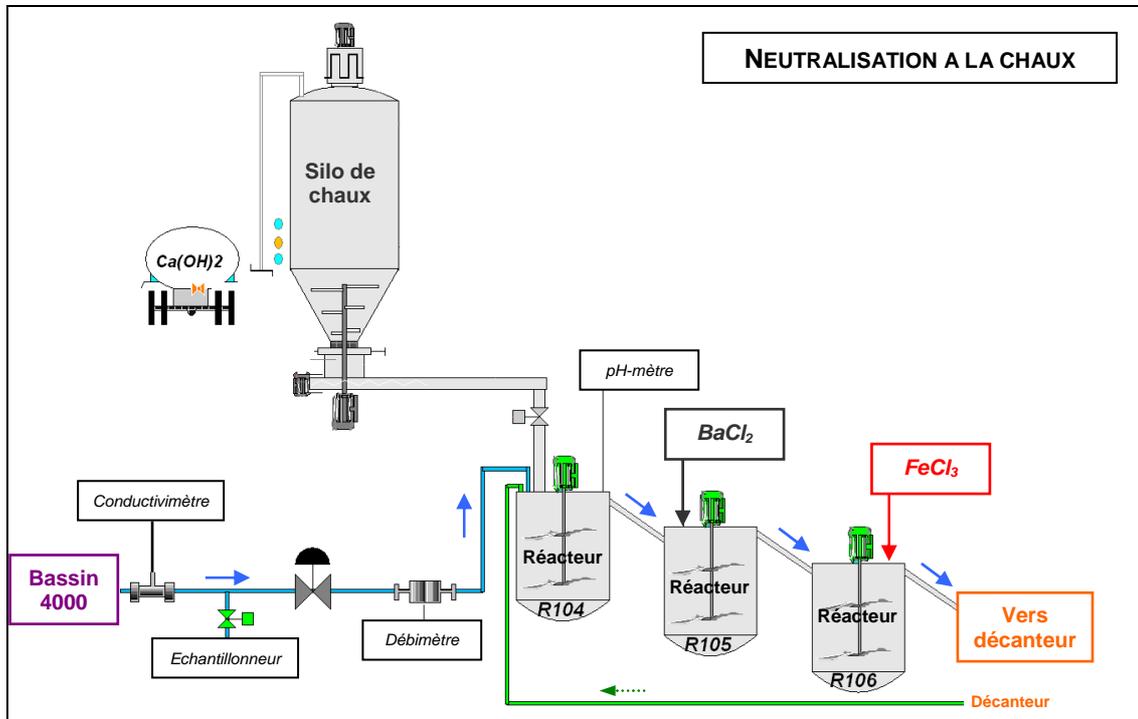
L'unité de neutralisation à la chaux et de traitement du rejet comporte les équipements suivants :

- 1 silo à chaux de 75 m³.
- 4 réacteurs inox de 18 m³.
- 2 cuves de 30 m³ (chlorure ferrique et unité de secours chaux liquide) et 1 cuve de 25 m³ (acide sulfurique) situées dans un bac de rétention.
- 1 unité de préparation de chlorure de baryum.
- 1 unité de préparation de flocculant.
- 7 pompes doseuses asservies au débit d'eau à traiter.
- 1 décanteur de 200 m³ équipé à sa base par 2 pompes à boues.
- 4 pH-mètres dans les différents réacteurs dont 1 en sortie des eaux à traiter qui commande une vanne de recyclage si la qualité des eaux est en dehors des normes fixées par l'arrêté préfectoral.

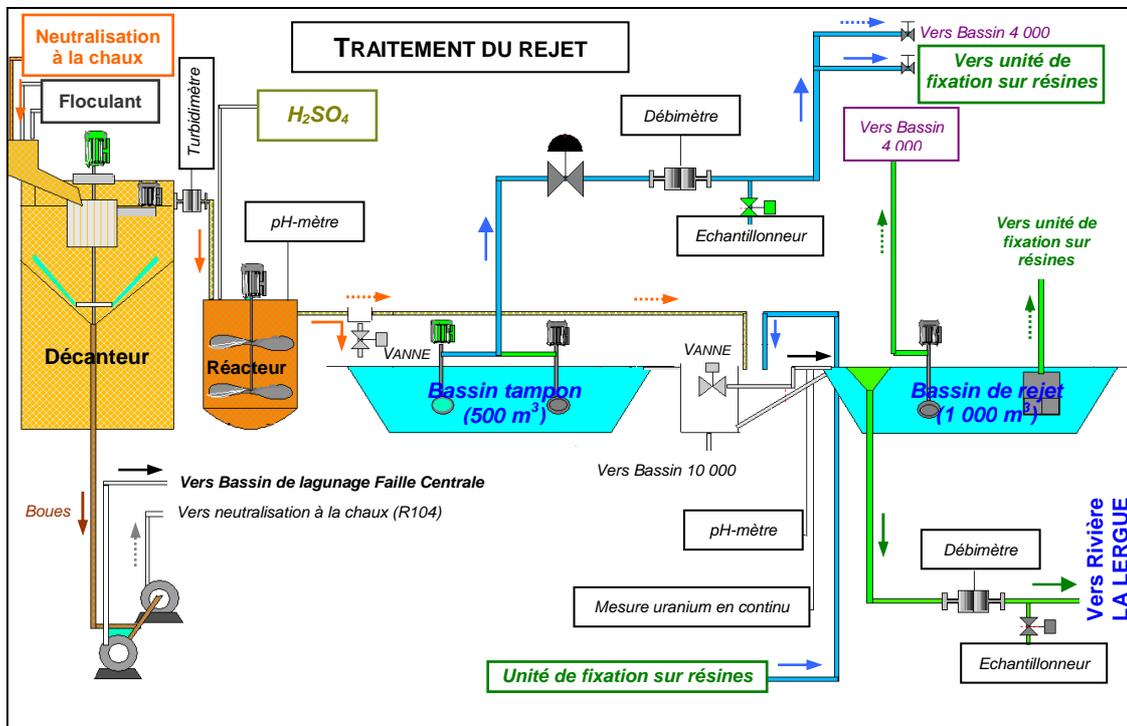
BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 159/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- 1 uranium-mètre qui contrôle la teneur en uranium en sortie (mesures toutes les 20 mn) et qui en cas de dépassement de la valeur fixée par l'arrêté préfectoral commande la vanne de recyclage des eaux vers le bassin 10 000.
- 1 préleveur automatique et un débitmètre situés sur la conduite de rejet.

Les schémas suivants présentent cette unité :



Légende : Flèche pleine = circuit normal Flèche en pointillée = circuit secondaire



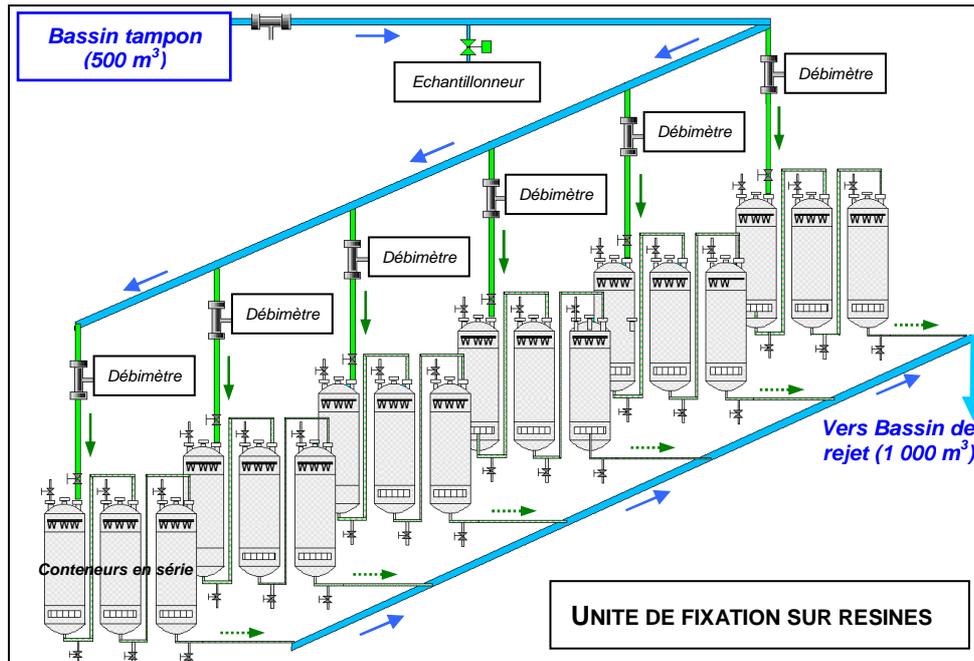
Les boues résultant de la décantation des eaux après traitement sont soutirées périodiquement et dirigées, par une conduite PEHD, vers la lagune de Failles Centrales.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 160/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

L'unité de fixation sur résines comporte les équipements suivants :

- 43 conteneurs de résines de 2 m³ dont une batterie de 18 appareils en fixation de manière permanente.
- 1 filtre à sable utilisé, 1 second en prévision.
- 1 installation de lavage des résines comportant un crible et un éjecteur pour le transfert des résines.
- le contrôle des eaux avant rejet est assuré par le même dispositif que pour le traitement à la chaux.

Le schéma suivant présente cette unité :



SECURITE DE L'INSTALLATION

Les mesures de sécurité et de télésurveillance de la station de traitement des eaux peuvent être listées comme suit :

- station de traitement à l'intérieur du site clôturé (Poteaux fer et grillage 5 X5),
- station disposant de 6 extincteurs au CO₂ (feux électriques), 4 extincteurs à poudre, 4 extincteurs à eau pulvérisée, 1 douche de sécurité,
- bâtiment fermé et sous alarme reportée sur le personnel d'astreinte en dehors de heures ouvrées. Les alarmes sont retransmises par centrale transmetteur SOFREL et consultable sur Minitel,
- accès aux installations limitées aux personnes habilitées, détentrice d'une clé et du code d'accès,
- visualisation à distance avec une liaison sécurisée sur un PC portable et possibilité d'intervention directe sur les vues HTML et de commande sur les organes principaux (ex : pompes).

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 161/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

SURVEILLANCE ET CONTROLE DE LA STATION

La surveillance de la station est assurée les jours ouvrés par le personnel en charge du site :

- quotidiennement : fonctionnement général de la station, pH au rejet, teneur en uranium en sortie de lignes de conteneurs de résines, débatissage du filtre à sable,
- mensuellement : relevé des horamètres, étalonnage des électrodes des pH-mètres, déclenchement des alarmes,
- trimestriellement : contrôle visuel du débit des réactifs, débitmètre des pompes,
- semestriellement : contrôle de la douche de sécurité,
- annuellement : étalonnage des débitmètres, lavage des conteneurs, nettoyage du bassin de rejet.

10.1.2 Actions correctrices réalisées suite aux débordements du bassin 10 000

Dans l'étude « Réactualisation de l'étude de dimensionnement de la station de traitement du Bosc » [4], MICA Environnement a réalisé :

- une estimation des débits maximums à traiter ;
- une synthèse des actions correctrices mises en place suite aux débordements du bassin 10 000 survenues en 2006 et 2011 ;
- une synthèse des moyens techniques nécessaires au bon fonctionnement de la station.

ESTIMATION DES DEBITS MAXIMUMS A TRAITER

L'estimation des débits maximums à traiter est basée sur :

- un état des lieux détaillé du réseau hydrographique et des bassins versants associés au site (cf. chapitre 2.4.1) et le calcul des débits de pointe de période de retour de 100 ans pour chaque bassin versant (cf. chapitre 2.4.2).
- un éventuel débordement des eaux d'exhaure de la mine au niveau du puits P37.
- la prise en compte d'événements pluvieux exceptionnels (pluviométrie : hauteur d'eau de 400 mm sur un épisode de 4 jours).

Le tableau suivant présente l'évaluation des flux à traiter pour une pluie de 400 mm sur un épisode de 4 jours :

Origine des eaux	Volume m ³	Débit horaire m ³ /h
Infiltration du bassin versant stockage	32 348	337
Bv d'infiltration	10 038	105
Bassins	11 706	122
Résurgences caniveau Tuilières	288	3
Pompage d'exhaure TMS P33	11520	120
Total	65900	686

Source : MICA Environnement

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 162/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Dans son rapport, MICA Environnement précise :

« Ce total est certainement légèrement surévalué car les temps d'étalement de la restitution ne sont pas pris en compte. Lors des phases de lixiviation par aspersion d'une partie des résidus, le temps de restitution varie de 2 à 3 jours (eaux plus fortement marquées).

Dans le bassin B 10 000, les arrivées d'eau de percolation par la buse principale (buse métal), s'observent 12 à 24 h après le début des fortes pluies.

Ce total est du même ordre que les observations en situation faites par AREVA. »

CREATION DU BASSIN 50 000

Depuis 1999, le bassin 10 000, collectant les flux provenant du stockage de résidus, a débordé à plusieurs reprises, vers le ruisseau du Mas d'Alary, suite à des précipitations exceptionnelles (proches des pluies décennales). La capacité de stockage et de traitement ayant été portée à leur maximum, la solution retenue pour contenir les crues a été de créer un nouveau bassin de rétention, utilisé comme bassin tampon.

Ce bassin d'une capacité de 50 000 m³ a été implanté à l'emplacement de l'ancienne MCO de Tréviels Est. Il a été mis en service en mars 2006. Le bassin est alimenté par le bassin 10 000 (capacité de relevage maximum : 520 m³/h). Les avantages du bassin 50 000 sont les suivants :

- *« Mise en conformité avec l'Arrêté Préfectoral 2004.1.332 du 16/02/2004, en diminuant le risque tout débordement.*
- *Diminution du volume traité à la chaux, coûteux, qui génère des boues et mobilise du personnel en particulier les week-ends.*
- *Conduite plus souple de la station avec un opérateur en moins. »*

INTERCEPTION ET DEVIATION DE LA RESURGENCE DES TUILLIERES

En période de crue, les eaux de la résurgence des Tuillères se mélangeaient aux eaux drainées par le canal de dérivation de ruisseau du Mas d'Alary, eaux présentant un marquage radiologique en uranium. L'étude ANTEA de mars 2012 [11] a déterminé l'origine des eaux de la résurgence des Tuillères (cf. chapitre 2.5.3) et a proposé de mesures compensatoires.

La solution retenue a été de créer un système d'interception et de dérivation des eaux « propres » issues de la résurgence des Tuillères avec un rejet direct en aval dans le ruisseau du Mas d'Alary, les séparant ainsi des eaux marquées drainées par le canal.

Les travaux ont été réalisés d'octobre à novembre 2011, (cf. rapport AREVA « Rapport de fin de travaux - Collecte des flux chargés du site de Lodève » référencé BES-DIAM-SET-RAP-0007).

Les eaux propres seront captées par un premier barrage, en amont des résurgences d'eaux marquées, et acheminées en aval, via une canalisation (diamètre 1400 mm), pour rejet direct dans le ruisseau de la résurgence des Tuillères. Cette canalisation permet l'écoulement pour un débit de pointe atteindre environ 6,3 m³/s.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 163/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Un deuxième barrage, équipé d'une vanne martelière, permet la séparation des eaux marquées et des eaux propres. Lors de la présence d'eaux marquées, celles-ci seront acheminées par le lit du canal, captées par le deuxième barrage et envoyées vers le bassin 10 000 m³ via une canalisation béton (diamètre 600 mm) cheminant sous la piste.

Lorsque les eaux ne seront pas marquées, celles-ci pourront être rejetées en direct dans le ruisseau de la résurgence des Tuilières.

Les deux barrages sont équipés d'un évacuateur de crue en position centrale.

SYNTHESE DES MOYENS TECHNIQUES NECESSAIRES AU BON FONCTIONNEMENT DE LA STATION

La synthèse des moyens techniques nécessaires au bon fonctionnement de la station reprend l'ensemble des données présentées précédemment dans les chapitres 10.1.1 et 10.1.2.

Concernant le dispositif mis en place en cas de pluie exceptionnelle, MICA Environnement précise que :

« Tous les bassins et pompages associés permettent de gérer un évènement pluvieux de 400 mm en 4 jours, en effet les débordements calculés interviennent dans les trois bassins de stockage (B10 000, B50 000 et B13 000) au-delà de 4 jours. »

10.2 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,
- les stériles miniers qu'ils soient stockés sur les sites mêmes ou réutilisés dans le domaine public.

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

10.2.1 Les résidus de traitement du minerai

Sur le département de l'Hérault, seul le site du Bosc est concerné par un stockage de résidus de traitement du minerai, dont les principales caractéristiques sont rappelées dans le tableau ci-après.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 164/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Site	Activité totale	Type de résidus et traitement et déchets	Réaménagement
Le Bosc	170 TBq	résidus de traitement du minerai provenant de l'usine	Constitution de la couverture de bas en haut : <ul style="list-style-type: none"> – 4 m de matériaux provenant des verses (minerai marginal et stériles miniers) – couverture de finition d'environ 1 m d'épaisseur (mise en place par couche de 0,40 m compactée) constituée de pélites et argilites rouges provenant des verses de Caoumelles
		Produits de démantèlement de l'usine	Produits entreposés sur la partie Est de la MCO Failles Sud sur une plateforme de 2 ha, constituée par une épaisseur de 2 m de matériaux provenant des verses à stériles et reposant sur 48 m de résidus. La couverture est identique à celles des résidus de traitement du minerai.
		Boues provenant de la station de traitement des eaux du site	Création de 2 bassins de lagunage à la surface du stockage pour accueillir les boues. Seul le bassin de lagunage de Faille Centrale accueille des boues de traitement des eaux depuis leurs créations.

Dans le cadre du dossier d'arrêt définitif des travaux et des installations minières de 2001, des plans compteurs après réaménagement ont été réalisés à maille 10 x 10 m, au SPP2. L'ordre de grandeur des valeurs mesurées est présenté au chapitre 5.4.1. Leur comparaison avec les plans compteurs initiaux (effectués avant tous les travaux miniers) montrent que l'exposition au rayonnement γ a diminué.

En 2011, AREVA a demandé à la société ALGADE la réalisation de mesures de flux surfaciques d'exhalation du radon 222 sur la couverture du stockage de résidus de traitement de minerai de Faille Sud et Faille Centrale, afin d'en vérifier l'homogénéité [14].

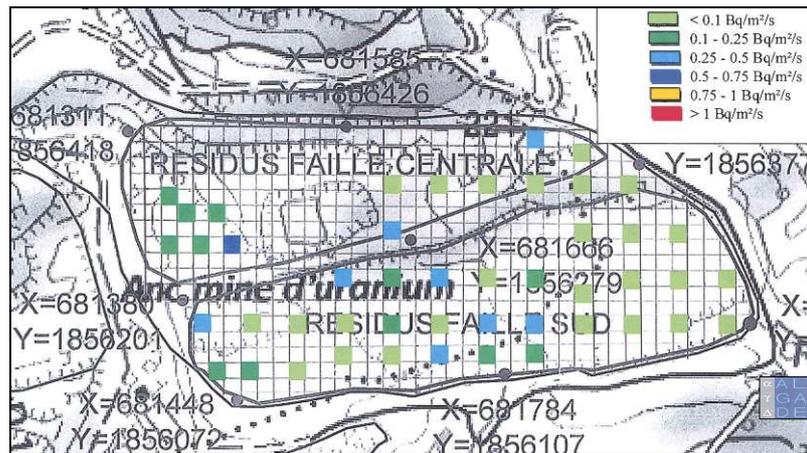
Lors de cette campagne de mesures, ont été réalisées 47 zones de mesurages de 400 m², implantées tous les 40 m et comprenant environ cinq points de mesures chacune (soit 229 points de mesures au total).

Le tableau suivant récapitule l'ensemble des résultats des mesures réalisées :

Flux surfacique d'exhalation du radon 222		Site du Bosc	Milieu naturel
Flux moyen		$1,35 \cdot 10^{-1}$ Bq/m ² /s	$2,55 \cdot 10^{-2}$ Bq/m ² /s
Flux maximal	par point	1,55 Bq/m ² /s	$2,86 \cdot 10^{-2}$ Bq/m ² /s
	par zone	$5,65 \cdot 10^{-1}$ Bq/m ² /s	
Flux minimal	par point	$3,79 \cdot 10^{-4}$ Bq/m ² /s	$2,24 \cdot 10^{-2}$ Bq/m ² /s
	par zone	$8,67 \cdot 10^{-3}$ Bq/m ² /s	

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 165/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

La carte suivante présente la répartition par zone des flux surfaces d'exhalation de radon 222 sur le stockage de résidus de traitement du Bosc :



En conclusion, « Les mesures réalisées montrent un niveau moyen de 0,13 Bq/m²/s avec une relative homogénéité des valeurs rencontrées selon les conditions météorologiques.

Environ 65 % des valeurs mesurées sont supérieures au niveau naturel régional et 16 % des mesures effectuées sont supérieures à 0,2 Bq/m²/s, valeur qui peut être considérée comme la valeur haute des niveaux naturels rencontrés habituellement dans l'environnement des sites miniers uranifères français. »

Par ailleurs, en 2008, dans le cadre de la loi n°20 06-739 du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs et de l'article 4 demandant « un bilan [...] de l'impact à long terme des sites de stockage de résidus de traitement de minerais d'uranium », AREVA a réalisé une note technique présentant l'évaluation par modélisation de l'impact du stockage à long terme [15] :

- en considérant toutes les voies d'exposition externe (site + dépôt dû à l'irrigation) et interne (inhalation du radon et de poussières, ingestion).
- selon 6 scénarios d'évolution possibles :
 - **le scénario de référence** correspondant à la situation d'évolution normale du stockage avec évaluation de la dose efficace ajoutée pour les groupes de référence (adulte, enfant) ou pour des personnes intervenant ou se promenant sur le site avec prise en compte des différentes voies d'exposition externe ou interne,
 - **cinq scénarios altérés** :
 - Perte d'intégrité de la couverture et de la digue,
 - Résidence sur le stockage avec couverture,
 - Chantier de terrassement d'une route de campagne,
 - Jeux d'enfants sur le tas excavé par le chantier routier,
 - Résidence sur le stockage sans couverture.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 166/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Les groupes de population identifiés pour évaluer l'impact du site sont présentés dans le tableau suivant :

SCENARIO	GRUPE DE POPULATION
scénario de référence	population d'adultes et d'enfants de 5 ans vivant dans les villages ou hameaux environnants
scénario de perte d'intégrité de la digue et de la couverture	population d'adultes et d'enfants de 5 ans vivant dans le village le plus proche de la digue et d'éventuels promeneurs sur le site.
scénario de résidence sur stockage (avec et sans couverture)	famille (adultes et enfants de 5 ans) vivant sur le site.
scénario de chantier de terrassement	groupe d'ouvriers (adultes) creusant une route traversant de part en part le site de stockage
scénario jeux d'enfants	groupe d'enfants de 10 ans jouant sur les tas excavés par le chantier

Remarque : Les coefficients de dose pour les enfants de 5 ans sont ceux du public âgé de 2 à 7 ans, et pour les enfants de 10 ans les FCD du public âgé de 7 à 12 ans sont utilisés.

Le tableau suivant présente les résultats des calculs d'impact en fonction de chaque scénario :

SCENARIO	DOSE TOTALE en mSv/an		
	ADULTE	ENFANT	PROMENEUR
scénario de référence	de 0,00707 à 0,00715 mSv/an en fonction des villages	de 0,00833 à 0,00836 mSv/an en fonction des villages	/
scénario de perte d'intégrité de la digue et de la couverture	de 0,0247 à 1,58 mSv/an en fonction des villages	de 0,0238 à 0,7530 mSv/an en fonction des villages	1,28 mSv/an
scénario de résidence sur stockage	avec couverture	0,811 mSv/an	0,621 mSv/an
	sans couverture	4,88 mSv/an	2,89 mSv/an
scénario de chantier de terrassement	1,70 mSv/an	/	/
scénario jeux d'enfants	/	1,22 mSv/an	/

« Pour le scénario de référence, la dose totale induite annuellement à l'adulte et à l'enfant est de l'ordre de 10 μ Sv et reste donc nettement inférieure à la limite réglementaire en fonctionnement normal de 1 mSv.

Cette valeur de 10 μ Sv/an est à mettre en perspective avec les mesures réalisées sur le terrain pour la surveillance radiologique du site en 2006 : elles varient de 140 à 310 μ Sv/an. [ndlr : à titre indicatif, les DEAA 2007 à 2012 sont, pour l'adulte et l'enfant, comprise entre 120 et 450 μ Sv/an]

Pour les scénarios altérés, le scénario le plus pénalisant est le scénario de résidence sur stockage sans couverture pour lequel la dose totale à l'adulte est de 4,9 mSv et 2,9 mSv pour l'enfant. »

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 167/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

10.2.2 Les stériles miniers

Pour les sites miniers héraultais, la majorité des stériles provenant des verses constituées pendant l'exploitation, ont été réutilisés au remblayage des mines à ciel ouvert, à la constitution de la couverture du stockage de résidus de traitement du minerai dans le cas du site du Bosc et au remblayage des ouvrages de liaison fond-jour (cf. chapitre 6.1.3).

Les verses résiduelles ont été remodelées afin de s'intégrer au paysage. Dans le cas du site de La Plane-Campagnac, la terre végétale préalablement stockée avant les travaux a été ensuite étalée sur une partie du site.

Dans le cadre du recensement des stériles miniers dans le domaine public, AREVA a réalisé des travaux d'assainissement radiologique, sur un tronçon de chemin situé sur la commune de Saint-Jean-La-Blaquière (cf. chapitre 6.1.4).



Localisation des travaux d'assainissement radiologique

Les travaux réalisés en juin 2012, ont consisté à décaisser le bas coté du chemin en bordure d'un muret, comme le montre la photographie de la figure 14, puis à le remblayer avec du tout-venant. Les stériles miniers ont ensuite été ramenés sur le site du Bosc.

Après les travaux, des mesures ont été effectuées, à l'aide d'un radiamètre et à maille 2,5 m. Les valeurs mesurées sont comprises entre 260 et 520 nSv/h (moyenne 320 nSv/h sur environ 100 m²).

10.3 MISE EN PLACE DE SERVITUDES

Les éléments relatifs au devenir des terrains concernés, à différents degrés, par l'exploitation minière et industrielle du site du Bosc ont été présentés dans le dossier de déclaration d'arrêt définitif des travaux et d'utilisation des installations minières sur la Concession du Lodévois présenté en mars 2001 et complétée le 25 mars 2002.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 168/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

L'amélioration des connaissances du site, résultant de plus de 10 ans de surveillance et le retour d'expérience sur des anciens sites miniers uranifères de même nature, conduisent AREVA à conforter et renforcer la nature des servitudes ou restrictions d'usage qu'il conviendrait de mettre en place sur ces parcelles.

Ce présent chapitre reprend les enjeux qui conduisent à proposer ces servitudes et présente des natures de servitudes graduées en fonction des impacts potentiels identifiés. Ces servitudes sont celles décrites dans le dossier d'arrêt définitif partiel des travaux et installations minières, réalisé en décembre 2012 en vue de l'obtention d'un second dossier de demande de permis de construire. Elles ont été étendues à l'ensemble des terrains concernées par l'exploitation du site du Bosc et sont reportées le fond cadastral joint en annexe 4.3.

AREVA s'engage à les conforter selon une procédure adaptée pour qu'elles demeurent opposables et pérennes dans le temps (Servitudes d'Utilité Publique). Un dossier spécifique soumis à enquête publique sera engagé en 2013.

10.3.1 Les enjeux conduisant à la mise en place de servitudes

Les paramètres à prendre en compte pour un usage futur de ces parcelles sont :

- la nature des terrains en place ou remaniés présentant une radioactivité légèrement supérieure à la moyenne du bruit de fond naturel (moins de 3 fois ce bruit de fond naturel estimé localement à 150 c/s),
- la présence de produits résultant de l'exploitation minière (stériles miniers), du procédé de traitement des minerais (résidus de traitement de minerai) ou de produits de démolition (usine et installations annexes),
- la présence de travaux miniers non remblayés à différentes profondeurs et d'ouvrages de liaison fond-jour obturés (sondages techniques, puits d'aération)
- et la présence d'un réservoir minier à qualité d'eau impropre à la consommation et nécessitant un traitement avant rejet dans le milieu naturel.

10.3.2 Nature des servitudes

SERVITUDES LIEES AUX VERSES A STERILES ET PLATEFORMES TOUCHEES PAR L'ACTIVITE MINIERE

Ces servitudes, nommées de **TYPE 1**, sont les suivantes :

- interdiction de constructions lourdes,
- interdiction de constructions nécessitant le creusement de fondations profondes (> 1m),
- interdiction de toute construction à usage d'habitation même temporaire,
- interdiction de prélèvements de matériaux en vue de leur utilisation comme remblais à l'extérieur du site minier,

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 169/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

- en cas de terrassement nécessaire à une activité non visées par ces servitudes, les matériaux excavés seront rapatriés, après contrôle radiologique, à l'intérieur de l'enceinte clôturée propriété d'AREVA Mines et étalés en complément de remblai sur la couverture du stockage de résidus,
- interdiction de l'usage du sol à des fins d'activité de loisirs ou de maraîchage,
- les constructions non visées par ces servitudes devront prendre en compte l'accumulation potentielle de radon dans les espaces clos (vide sanitaire, ventilation, ...)

SERVITUDES LIEES AU PERIMETRE ICPE (STOCKAGE ET STATION DE TRAITEMENT DES EAUX)

Le périmètre ICPE est défini par la clôture rigide mise en place par AREVA Mines autour de ces installations (53 ha 75 a 65 ca). Il comprend les zones de stockage, la station de traitement des eaux et les bassins de réception, de stockage et de décantation des eaux qui s'y rattachent.

Ces servitudes nommées de **TYPE 2**, sont les suivantes :

- interdiction relative à des constructions :
 - sur la zone de stockage :
 - interdiction de toutes constructions, autres que celles nécessaires à l'activité de surveillance du site et de traitement des eaux,
 - sur les autres secteurs de l'ICPE (et sauf constructions nécessaires à la gestion et à la surveillance du site) :
 - interdiction de constructions lourdes,
 - interdiction de constructions nécessitant le creusement de fondations profondes (> 1m),
- interdiction de toute construction à usage d'habitation même temporaire,
- interdiction de prélèvements de matériaux en vue de leur utilisation comme remblais à l'extérieur du site minier,
- interdiction de tous affouillements sur la zone de stockage, sauf ceux nécessaires à la gestion et à la surveillance du site,
- interdiction d'usage des sols à des fins de loisirs ou d'agriculture sous toutes ses formes,
- en cas d'arrivées de produits résultant de travaux d'excavation sur l'emprise minière, les produits seront mis en forme sur la couverture, en respectant la logique actuelle du réseau de collecte des eaux de ruissellement.

SERVITUDES LIEES A LA PRESENCE DE TRAVAUX MINIERS SOUTERRAINS ET D'OUVRAGES DE LIAISON FOND-JOUR

Ces servitudes, nommées de **TYPE 3a ou 3b**, sont les suivantes :

- Pour les ouvrages proches de la surface et dont le coefficient de sécurité est voisin ou inférieur à 5 (selon un cône d'influence de 25° sur la verticale) et à l'aplomb des ouvrages verticaux remblayés (montages de diamètre = 2,4 m) (**TYPE 3a**) :
 - interdiction de construction sur les terrains à détacher des parcelles à l'aplomb de ces ouvrages (interdiction pouvant être localisée à l'intérieur d'une même parcelle).

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 170/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

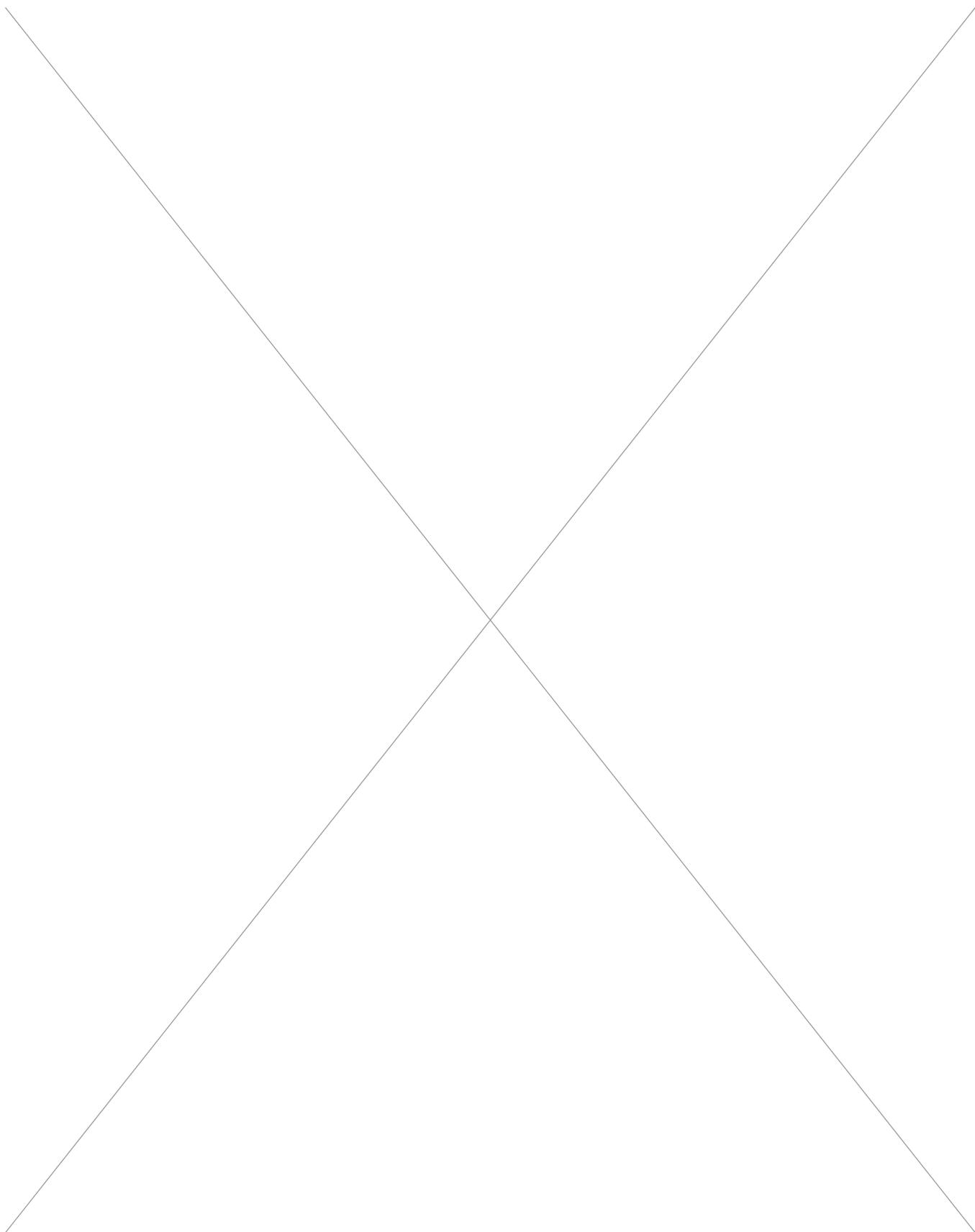
- Pour les terrains situés à l'aplomb des exploitations souterraines et dont la profondeur est voisine ou inférieure à 100m et dont le coefficient de sécurité est supérieur à 5 (selon un cône d'influence de 25° sur la verticale) **(TYPE 3b)** :
 - les constructions devront respecter les règles de l'art relatives à la prise en compte de possibles rééquilibrages rhéologiques de faible ampleur.

SERVITUDES LIEES A LA PRESENCE D'AQUIFERES IMPROPRES A LA CONSOMMATION

Ces servitudes, nommées de TYPE 4 sont les suivantes :

- interdiction de forages destinés à la production d'eau sur l'ensemble des parcelles comprises dans un quadrilatère, limité au Nord par la Faille Nord, au Sud par la Faille de St Julien, à l'Est par le ruisseau du Bourgnous et à l'Ouest par le couloir de fracturation marqué par le ruisseau du Mas d'Alary.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 171/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0



BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 172/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

11 CONCLUSIONS

11.1 CONCLUSIONS DE L'ANALYSE ENVIRONNEMENTALE ET PROPOSITIONS D'ACTIIONS COMPLEMENTAIRES

L'analyse environnementale issue de la recherche documentaire, des investigations de terrain et des analyses effectuées dans le cadre de la surveillance réglementaire, a mis en évidence les éléments suivants.

POUR LA SECURITE DU PUBLIC

- Les risques liés aux parements résiduels des mines à ciel ouvert apparaissent comme maîtrisés :
 - mise en place de clôture et merlon de sécurité en tête des parements,
 - difficulté d'accès à certaines fosses dues à une végétation dense, lorsque les anciennes mines à ciel sont localisées hors du périmètre ICPE.
- La mise en sécurité des travaux miniers souterrains et ouvrages fond-jour a été réalisée dans les règles de l'art et apparaît comme pérenne à ce jour : en effet aucun tassement ou affaissement des terrains en surface n'a été répertorié depuis la fin du réaménagement des sites héraultais.
- Le remodelage des verses à stériles résiduelles lors du réaménagement a permis d'écarter tout risque de glissements dû à l'instabilité des matériaux.
- Le stockage de résidus de traitement du minerai et la station de traitement des eaux du site du Bosc sont classées ICPE et sont localisés à l'intérieur du périmètre clôturé du site.

Des servitudes ont été posées sur une partie des terrains touchés par l'exploitation minière et industrielle du site du Bosc et actées par arrêté préfectoral n°2013-01-49 du 13 mars 2013 (arrêt définitif partiel des travaux et installations minières au sein de la concession minière dite « du Lodévois »). Ces servitudes ont été reprises dans le cadre du présent bilan environnemental et étendues à l'ensemble des parcelles visées par l'ancienne exploitation.

⇒ **Actions complémentaires :**

Afin que ces servitudes demeurent opposables et pérennes dans le temps, AREVA s'engage sur la réalisation d'un dossier spécifique visant la mise en place de Servitudes d'Utilité Publique (SUP). Ce dossier soumis à enquête publique sera engagé en 2013.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 173/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

POUR LE VECTEUR AIR

- L'assainissement radiologique des sites réalisé dans le cadre des réaménagements est compatible avec l'usage actuel des sols.
- La couverture mise en place sur le site de stockage du Bosc est efficace et a permis de réduire significativement l'impact radiologique sur le vecteur Air.
- La réutilisation de stériles miniers dans le domaine public a été effectuée et a fait l'objet d'une étude décrite aux chapitres 6.1.4 et 10.2.2.

⇒ **Aucune action complémentaire n'est prévue à ce jour**, sous réserve d'identification de stériles non compatibles avec l'usage des sols dans le domaine public. Les seuils d'actions correctives sont en cours de validation par les administrations centrales (Cf. chapitre 11.2).

POUR LE MILIEU AQUATIQUE

- Le rejet du site du Bosc respecte les valeurs limites fixées par les arrêtés préfectoraux du 16 février 2004 pris au titre des ICPE et du 16 mai 2005, pris au titre de la police des Mines.
- Les ruisseaux du Mas d'Alary et du Riviéral, récepteur des eaux pluviales du site du Bosc, présentent un marquage radiologique en uranium dans les eaux (respectivement de l'ordre de 1,10 mg/l et 0,70 mg/l).
- En aval du site du Bosc, la rivière La Lergue présente, pour le compartiment « Eau » un léger marquage en uranium (de l'ordre de 0,018 mg/l en moyenne sur la période 2002 - 2012), imputable au rejet du site et aux eaux du ruisseau du Mas d'Alary.
- Les caractéristiques radiologiques et physico-chimiques des eaux souterraines des aquifères Autunien et Cambrien sont distinctes de part et d'autre de la faille de Saint-Julien qui constitue une « barrière naturelle étanche ».

⇒ **Actions complémentaires :**

AREVA s'engage à actualiser l'étude hydrogéologique et hydrogéochimique réalisée en 2012, notamment en réalisant des pompages, à périodicité semestrielle, sur l'ensemble des piézomètres sous surveillance réglementaire afin de vérifier la cohérence des résultats obtenus jusqu'ici sans pompage dans les ouvrages.

AREVA propose également la réalisation de prélèvements d'eau dans les ruisseaux situés en aval des sites de Rabejac, La Plane-Campagnac et Puech Bouissou afin de vérifier si la qualité radiologique actuelle de ces cours d'eau n'a pas évolué depuis la fin des réaménagements. Ces prélèvements seront effectués en période hivernale en raison de leur caractère intermittent.

POUR LA GESTION DES EAUX DU SITE DU BOSC

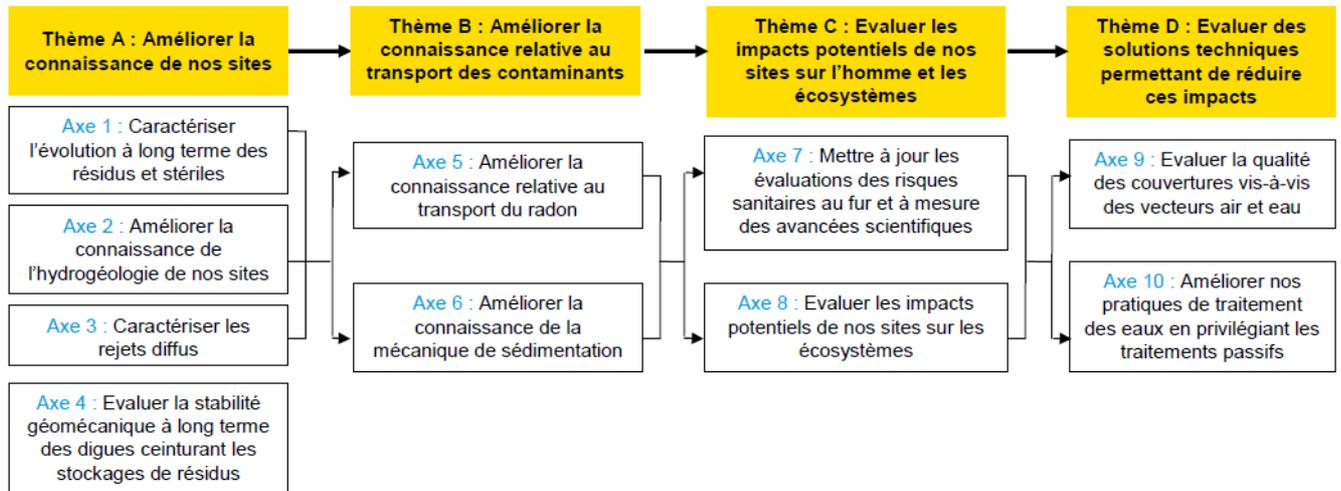
Les différents aménagements réalisés afin d'améliorer le circuit des eaux du site (aménagement du bassin 50 000, interception et déviation de la résurgence des Tuilières) et le fonctionnement actuel de la station de traitement des eaux permettent aujourd'hui de gérer efficacement les épisodes de crues liés à des événements pluvieux exceptionnelles, comme l'a montré l'étude réactualisée en décembre 2012 sur le dimensionnement de la station du Bosc.

⇒ **Aucune action complémentaire n'est prévue à ce jour.**

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 174/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

DANS LE CADRE DU PNGMDR

L'amélioration de la connaissance des sites fait l'objet d'études à l'échelle nationale menées dans le cadre du PNGMDR. Elles sont énoncées dans la figure ci-après.



L'ensemble de ces études sont applicables dans le département de l'Hérault.

11.2 GESTION DES STERILES MINIERES

La circulaire du 22 juillet 2009, cosignée entre l'ASN et le MEEDDM, portant sur la gestion des anciennes mines d'uranium, précise dans l'axe 3 « Gérer les stériles » qu'il est nécessaire de :

- réaliser un recensement des stériles miniers réutilisés dans le domaine public,
- recenser les usages du sol où ces stériles ont été valorisés en dehors du périmètre des anciennes mines d'uranium,
- et enfin, de vérifier la compatibilité des usages à l'aplomb et dans l'environnement immédiat des zones où des stériles ont été réutilisés.

Un travail de recensement des stériles miniers avait été effectué en 1990 et 1991, par méthode autoportée sur l'ensemble des chemins de la concession du Lodévois. Une étude réalisée en juin 2011 (Etude Pe@ri) a permis de vérifier la compatibilité d'usage des chemins présentant des stériles miniers. A partir des résultats de cette étude, AREVA a souhaité appliquer la méthodologie retenue pour le reste des départements français. Les résultats sont présentés au chapitre 6.1.4.

A l'issue de ces études, une zone présentant un débit de dose supérieure à 0,60 mSv/an, a fait l'objet d'un traitement spécifique (Cf. chapitre 10.2.2). Trois zones présentant un débit de dose compris entre 0,30 et 0,60 mSv/an feront l'objet d'une discussion au cas par cas en fonction de l'usage et de la sensibilité de chaque site.

Si une nouvelle zone avec présence potentielle des stériles miniers dans le domaine public devait être mise en évidence, AREVA restera à disposition de la population, des collectivités locales et des services de l'Etat afin vérifier la pertinence de l'information et sa compatibilité avec l'usage des sols.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 175/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

11.3 INFORMATION DU PUBLIC

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

Sur le département de l'Hérault, seul le site fait l'objet d'une surveillance réglementaire et de panneaux d'affichage, mentionnant entre autres les arrêtés préfectoraux d'arrêt définitif des travaux et de surveillance, un lien vers le site internet du Réseau National de Mesures de Radioactivité de l'Environnement où AREVA Mines transmet l'ensemble des mesures réglementaires réalisées sur ce site.



Panneaux d'affichage situés à l'entrée du site et autour du périmètre ICPE

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 176/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Références bibliographiques

- [1] COGEMA, *Dossier de déclaration d'arrêt définitif des travaux et d'utilisation des installations minières sur la concession du Lodévois*, mars 2001.
- [2] P. BAVOUX et P.C. GUIOLLARD, COGEMA, L'uranium du Lodévois (Hérault), octobre 1999.
- [3] Site internet de la DREAL Languedoc Roussillon « Atlas des paysages du Languedoc-Roussillon » : <http://atlas.dreal-languedoc-roussillon.fr>
- [4] MICA Environnement, *Réactualisation de l'étude de dimensionnement de la station de traitement du Bosc*, Rapport n°12.176, Décembre 2012.
- [5] Bureau d'étude GEE (Géologie, Eau et Environnement), P. VUILLEMENOT, *Recherche de captages AEP en aval écoulement de l'ancien site minier de Saint-Martin-du-Bosc*, Rapport n°0602162, Juin 2006.
- [6] ANTEA, *Site AREVA de Lodève (34) – Evaluation des risques de transfert entre l'ancien site minier et les captages AEP en aval écoulement*, Rapport n°A 43 628 / A, Octobre 2006.
- [7] Site internet de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse : <http://www.eaurmc.fr>
- [8] Site internet dédié au Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de l'Hérault : <http://fleuve-herault.fr/>
- [9] BRGM, *Description des aquifères du département de l'Hérault*, rapport n° BRGM/RP-54849-FR, Août 2006.
- [10] ARMINES, E. LEDOUX et J-M. SCHMITT, *Etat hydrogéochimique et évolution prévisionnelle du site des anciennes exploitations d'uranium de Lodève (Hérault)*, Rapport n° R200312EL, décembre 2010
- [11] ANTEAGroup, *Site de Lodève (34) - Station de traitement des eaux - Résurgences constatées dans le ruisseau des Tuilières / Recherche de leur origine et propositions de mesures compensatoires*, Rapport n°A65601/B, Mars 2012.
- [12] Site internet du MEDTL : Plan National du Gestion des Matières et Déchets Radioactifs : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Le-plan-national-de-gestion-des.html>
- [13] Site internet de l'IRSN : Programme MIMAUSA :
http://www.irsn.fr/FR/base_de_connaissances/Environnement/surveillance-environnement/sites-miniers-uranium/Pages/sommaire.aspx
- [14] ALGADE, *Campagne d'estimation des flux surfaciques d'exhalation de radon 222 sur le site réaménagé de Lodève – Juillet-Septembre 2011*, Rapport n°ABES 68-0 2c-09 11-MD.
- [15] AREVA – SGN, Note technique « *Calculs d'impact du site de stockage de résidus de traitement du minerai d'uranium de Lodève* », janvier 2008, Référence NT 100092-000-0002

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 177/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Liste des figures, annexes et plan

- Figure 1 :** Relief et paysages de l'Hérault
- Figure 2 :** Sites miniers et bassin versant : La Lergue
- Figure 3 :** Caractéristiques des captages AEP en aval écoulement du site du Bosc
- Figure 4 :** Les systèmes aquifères du département de l'Hérault
- Figure 5 :** Inventaire des études hydrogéologiques
- Figure 6 :** Zone d'apparition des résurgences dans le ruisseau des Tuilières
- Figure 7 :** Production : Brut extrait – Minerai – U métal
- Figure 8 :** Localisation des chemins potentiellement remblayés avec des stériles miniers
- Figure 8bis :** Recensement des stériles de l'Hérault – Contrôle autoporté [Pe@rl - 2011]
- Figure 9 :** Résultats d'analyses – Vecteur EAU – référence Amont site
- Figure 10 :** Résultats d'analyses – Vecteur EAU – surveillance sur le site
- Figure 11 :** Résultats d'analyses – Vecteur EAU – surveillance dans l'environnement du site
- Figure 12 :** Résultats d'analyses – Vecteur AIR
- Figure 13 :** Résultats d'analyses – Vecteur CHAINE ALIMENTAIRE
- Figure 14 :** Localisation des forages d'alimentation en eau potable retenus pour la surveillance de l'impact du site du Bosc
-
- Annexe 1 :** Fiches de sites / Fiches de chantiers / Fiches ICPE
- Annexe 2 :** Planches photographiques
- Annexe 3 :** Cartes topographiques IGN : Localisation des sites et des points de prélèvements
- Annexe 4 :** Extraits cadastraux
- Annexe 5 :** Cartes géologiques
- Annexe 6 :** Etude hydrogéologique et hydrogéochemie : ARMINES « *Etat hydrogéochemie et évolution prévisionnelle du site des anciennes exploitations d'uranium de Lodève* »
- Annexe 7 :** Arrêté préfectoral n°2010-01-1339 du 15 avril 2010 prescrivant la réalisation d'un bilan environnemental des anciens sites de la concession du Lodévois
-
- Plan :** Situation des miniers uranifères exploités sur le département de l'Hérault

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 178/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Glossaire

ACTIVITE

L'activité caractérise l'intensité d'une source radioactive, c'est-à-dire le nombre de désintégration par unité de temps dont elle est le siège. L'activité s'exprime en Becquerels (Bq).

ANDRA (AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS)

Etablissement public à caractère industriel et commercial (EPIC), placé sous tutelle des ministères de l'Ecologie et du Développement Durable, de l'Industrie et de la Recherche. Depuis 1993, l'ANDRA publie un rapport sur l'« Etat de la localisation des déchets radioactifs en France ».

ARENE

Produit de consistance sableuse, issu de l'altération d'une roche cristalline.

ASSAINISSEMENT RADIOLOGIQUE

Pour une installation ou un site nucléaire, ensemble des opérations visant à éliminer ou réduire la radioactivité, notamment par décontamination ou évacuation de matériels, en permettant la récupération contrôlée des substances radioactives.

BASSIN VERSANT

Entité géographique spatiale qui participe à l'alimentation d'un cours d'eau. Le bassin versant est délimité par des lignes de partage des eaux.

BECQUEREL

Unité du système international de mesure de l'activité. Un becquerel est égal à une désintégration par seconde. Des multiples de cette unité sont fréquemment utilisés : le kilo becquerel (1kBq = 1000 Bq), le Méga becquerel (1MBq = 1 million de Bq), le Giga becquerel (1GBq = 1 milliard de Bq) et le Téra becquerel (1TBq = mille milliards de Bq). L'Ancienne unité était le Curie (Ci) qui équivaut à 37 GBq. Le curie correspondait à l'activité d'un gramme de radium 226.

CEA (COMMISSARIAT E 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.

CHAINE RADIOACTIVE (OU DE DESINTEGRATION) D'UN RADIONUCLEIDE

Succession des différents radionucléides fils apparaissant au cours du temps par transformation spontanée, d'un noyau instable au cours du temps. Cette chaîne se termine sur un isotope stable (non radioactif). Pour U238 et U235, les deux chaînes aboutissent à un isotope du plomb, respectivement Pb206 et Pb207. Il existe trois familles radioactives naturelles, avec comme « têtes de chaîne » (premier radionucléide) : l'uranium 238, l'uranium 235 et le thorium 232.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 179/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

COGEMA (COMPAGNIE GÉNÉRALE DES MATIÈRES NUCLEAIRES)

Groupe industriel du secteur de l'énergie, qui a bénéficié du transfert de l'ensemble des installations qui relevait de l'ancienne Direction des Productions du CEA (décret n°75-1250 du 29 décembre 1975). COGEMA est intégré à AREVA depuis septembre 2001.

CONTAMINATION (RADIOACTIVE)

Présence indésirable, à un niveau significatif, de substances radioactives à la surface ou à l'intérieur d'un milieu quelconque. Pour l'homme, la contamination peut être externe (sur la peau) ou interne (par ingestion ou inhalation).

DEBIT DE DOSE

Quotient de l'accroissement de dose par la durée de l'intervalle de temps durant lequel il se produit. L'unité légale est le Gray par seconde (Gy/s). Comme cette unité est très grande, le débit de dose s'exprime, par exemple, en millième de gray par heure (mGy/h) ou en millionième de gray par heure (μ G/h).

DECHETS

« *Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon* » (Article 541-1 II du Code de l'Environnement).

DECHETS RADIOACTIFS

Substances radioactives pour lesquelles aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée.

DEMANTELEMENT

1. Ensemble des opérations techniques exécutées pour démonter et, éventuellement, mettre au rebut un équipement ou partie d'une installation nucléaire.
2. Dans la réglementation française, phase de la déconstruction d'une installation nucléaire qui comprend toutes les opérations postérieures au décret de mise à l'arrêt définitif.

DESINTEGRATION

Transformation d'un noyau instable en noyau stable ou instable, avec modification du nombre et de la nature des nucléons (protons et neutrons, constitutifs du noyau initial). Cette désintégration s'accompagne de l'émission d'un ou plusieurs rayonnements (alpha, beta, gamma).

DOSIMETRIE

Théorie et application des principes et des techniques de mesures ou d'estimation des doses de rayonnements ionisants reçues ou susceptibles de l'être.

EXHAURE OU SURVERSE

Dans le domaine minier, le terme d'exhaure désigne l'évacuation des eaux d'infiltration dans des ouvrages souterrains. Elle peut s'effectuer par drainage gravitaire ou au moyen d'installations de pompage.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 180/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

EXUTOIRE

Débouché à l'extérieur d'un milieu assurant l'écoulement d'une substance, en particulier de l'eau.

FONTIS

Affaissement, ou l'effondrement du sol, causé par un éboulement souterrain minier proche de la surface.

IRSN (INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE)

Etablissement public à caractère industriel et commercial créé en février 2002, regroupant les compétences de l'OPRI et de l'IPSN. Placé sous tutelle des ministères de : l'Industrie, la Défense, l'Environnement, la Recherche et la Santé.

LIXIVIATION

Au sens courant, désigne la percolation lente d'un solvant, en général l'eau, au travers d'un matériel, accompagné de la dissolution des matières solides qui y sont contenues. Le liquide résultant de ces opérations est appelé le lixiviat.

MARQUAGE

Observation des concentrations de substances chimiques ou radiologiques, naturelles ou artificielles, supérieures aux concentrations naturelles habituellement observées dans le milieu naturel concerné sans préjuger de leur origine, ou de leur impact sur la santé et sur l'environnement.

MARQUE (SITE)

Site présentant des traces de radionucléides naturels ou artificiels, détectables sans qu'il y ait nécessairement d'action particulière envisagée.

PERIODE RADIOACTIVE (OU DEMI-VIE)

Durée nécessaire à la désintégration de la moitié des noyaux d'atomes d'un nucléide radioactif. La valeur de sa période radioactive est une caractéristique essentielle de chaque nucléide radioactif.

POLLUE (SITE)

Dans le contexte de contamination radioactive, qualifie une zone ou un site contaminé de manière importante par des substances radioactives, naturelles ou artificielles.

PPM

La partie par million (ppm) est utilisée pour quantifier des traces ou des faibles teneurs. Par exemple, la teneur des minerais d'uranium peut s'exprimer en ppm. Cette teneur, exprimée en ppm, est le rapport de la masse de métal recherchée sur la masse de minerai renfermant la matière recherchée. Ce rapport est donc un nombre sans dimension.

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 181/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

RADIOPROTECTION

Ensemble des mesures destinées à réaliser la protection sanitaire de la population et les travailleurs contre les effets des rayonnements ionisants et à assurer le respect des normes de base. Elle comprend aussi la mise en œuvre des moyens nécessaires pour y parvenir.

REMBLAYAGE HYDRAULIQUE / SABLES CYCLONES

Comblement de travaux miniers par la fraction sableuse (granulométrie variant entre 150 et 500 ppm) obtenue par cyclonage des résidus de traitement. Cette fraction sableuse constitue « les sables cyclonés ».

RESIDUS DE TRAITEMENT

Produits résultant de l'extraction de l'uranium à partir des minerais et contenant tous les autres radionucléides de la famille de l'uranium et minéraux d'origine, à l'exception de l'uranium qui a été extrait en plus ou moins grande partie (5 à 40%), ainsi qu'une partie des produits de traitement.

SCENARIO

Ensemble d'hypothèses relatives à des événements ou des comportements permettant de décrire les évolutions possibles d'un système dans le temps et dans l'espace.

STERILES

Produits constitués par les sols et/ou les roches excavées pour accéder aux minéralisations d'intérêt. Ces roches peuvent contenir, ou non, de l'uranium ou du minerai d'uranium en fonction de leur proximité avec le gisement.

STOCKAGE DE DECHETS RADIOACTIFS

Le stockage de déchets radioactifs est l'opération consistant à placer ces substances dans une installation spécialement aménagée pour les conserver de façon potentiellement définitive dans le respect de la protection de la santé des personnes, de la sécurité et de l'environnement.

SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE

Ensemble des mesures réalisées autour de l'installation afin de vérifier le respect des prescriptions réglementaires en matière de rejets et d'évaluer son impact sur l'environnement et les populations.

TENEUR DE COUPURE

La teneur du minerai en uranium dépend essentiellement de données économiques, comme le coût du marché de l'uranium, le coût d'extraction du minerai. Cependant, le souci d'un Etat visant à obtenir de l'uranium de façon indépendante, peut le conduire à exploiter un minerai pauvre en uranium, indépendamment du coût qui en résultera.

URANIUM NATUREL

Uranium dont la composition isotopique est celle de l'uranium tel qu'il se présente à l'état naturel c'est-à-dire sous la forme d'un mélange de trois isotopes dans des proportions massiques bien définies (uranium 238 : 99,28% ; uranium 235 : 0,71% ; uranium 234 : 0,0054%).

BILAN ENVIRONNEMENTAL – Sites miniers uranifères de l'Hérault	Juin 2013	Page : 182/183
Rédacteur : Gwénaëlle CADORET	Vérificateur : Christian ANDRES	Version 1.0

Sigles et abréviations

ANDRA	Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs
ARS	Agence Régionale de Santé
CEA	Commissariat à l'Energie Atomique
COGEMA	Compagnie Générale des MATières nucléaires
DIAM	Direction Internationale de l'Après-Mines
DDASS	Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales
DEAA	Dose Efficace Ajoutée Annuelle
DPPR	Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DRIRE	Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
DTL	Dosimètre Thermo-Luminescent
EAP	Energie Alpha-Potentielle
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IGN	Institut Géographique National
INERIS	Institut National de l'EnviRonnement Industriels et des riSques
INSEE	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
IPSN	Institut de Protection et de Sureté Nucléaire
IRSN	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
MCO	Mine à Ciel Ouvert
MEEDDM	Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer
OPRI	Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants
RGIE	Règlement Général des Industries Extractives
SCPRI	Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants
SIMO	Société Industrielle des Minerais de l'Ouest
SPP2 et SPPy	Scintillomètre Portatif de Prospection
TB	Travers-banc
TMS	Travaux Miniers Souterrains
STE	Station de Traitement des Eaux