

BILAN ENVIRONNEMENTAL

Sites miniers de la Bretagne

Départements du Finistère et du Morbihan

AREVA

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 1/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Préambule

Le présent bilan environnemental a été prescrit par l'arrêté préfectoral n°2010/1025 du 15 juillet 2010 (Finistère) et l'arrêté préfectoral du 30 juillet 2010 (Morbihan). Il a été rédigé conformément à l'article 2 de ces arrêtés préfectoraux 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 les arrêtés préfectoraux suscités, soit 2 sites dans le Finistère (Carros-Combout, Kerjean) et 20 sites dans le Morbihan (Calerden, Quistiave (appelé Questiave dans l'arrêté préfectoral), Mane Mabo, Kervrec'h, Rosglas, Roscorbel, Kerhuennec, Vouedec, Bonote (appelé Bonote-Noguello), Kerler, Le Hinguer, Moulin de Brodimon, Kerségalec, Prat Mérien, Sulliado, Galhaut, Keryacunff, Ty Gallen, Poulprio, Keroc'h (écrit Kerroc'h dans l'arrêté préfectoral)).

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

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 2/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Avertissement

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

Afin de faciliter la lecture du présent document, un développement concernant des généralités sur la radioactivité a été établi à la page 7. De plus, un glossaire général et une liste des sigles et abréviations utilisés sont présentés aux pages 116 et 121.

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 3/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Sommaire

G	énéralit	és concernant la radioactivité	7
1 FI		SENTATION GENERALE DES ACTIVITES MINIERES DES DEPARTEMENTS DU RE ET DU MORBIHAN	11
	1.1	SITUATION GEOGRAPHIQUE	11
	1.2	HISTORIQUE [1]	11
2	PRE	SENTATION GENERALE DE L'ENVIRONNEMENT DES SITES	14
	2.1	CONTEXTE GEOLOGIQUE [2] et [3]	14
	2.1.	Géologie des terrains uranifères [4]	15
	2.1.	2 Tectonique	15
	2.1.	B Caractérisation des minéralisations	15
	2.1.	Fond radiologique régional	17
	2.2	ENVIRONNEMENT PAYSAGERS ET DEMOGRAPHIQUES	17
	2.2.	Relief et paysages à l'échelle régionale [5]	17
	2.2.	Démographie du Finistère et du Morbihan	18
	2.3	CONTEXTE CLIMATIQUE [5]	18
	2.3.	l Pluviométrie	19
	2.3.	2 Températures	19
	2.3.	3 Vents	19
	2.4	CONTEXTE HYDROLOGIQUE	
	2.4.	Bassins versants	20
	2.4.	Débits des cours d'eau [6]	21
	2.4.	3 Utilisation des eaux	22
	2.5	CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	23
3	CAI	RE REGLEMENTAIRE	25
	3.1	REGLEMENTATION EN VIGUEUR	25
	3.1.	Polices sectorielles	25
	3.1.	Polices transversales	33
	3.1.	Tableau de synthèse des polices applicables aux miniers	34

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 4/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

	3.2 PLA	N D'ACTIONS DE L'ETAT	35
	3.2.1	Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs (PNGMDR)	35
	3.2.2	MIMAUSA [9]	36
	3.2.3	Circulaire du 22 juillet 2009 sur la gestion des anciennes mines d'uranium	36
4	EXPLOIT	TATION MINIERE ET TRAITEMENT DES MINERAIS	38
	4.1 LES	METHODES D'EXPLOITATION	38
	4.1.1	Les travaux de reconnaissance	38
	4.1.2	Exploitation à ciel ouvert	39
	4.1.3	Exploitation souterraine	39
	4.2 LE 7	FRAITEMENT DU MINERAI	41
5	PRESEN	TATION DES SITES MINIERS	42
	5.1 GEN	NERALITES	42
	5.2 SITU	JATION REGLEMENTAIRE DES SITES ET INSTALLATIONS ARRETEES	
	5.2.1	Titres miniers	44
	5.2.2	Situation administrative relative à la fermeture des sites	44
	5.3 SITE	ES MINIERS ET BASSINS VERSANTS	45
	5.4 PRE	SENTATION DES SITES	47
	5.4.1	Bassin versant du Scorff	47
	5.4.2	Bassin versant du Blavet	57
	5.4.3	Bassin versant de l'Ellé	61
6	RESIDUS	S ET DECHETS D'EXPLOITATION	63
	6.1 GEN	NERALITES – TENEUR EN URANIUM	63
		MENAGEMENT DES VERSES A STERILES	
	6.3 REU	JTILISATION PARTICULIERE DES STERILES	65
7	EVALUA	TION DES IMPACTS EN TERME DE SECURITE PUBLIQUE	66
	7.1 INTI	RODUCTION	66
	7.2 LES	RISQUES LIES AUX TRAVAUX MINIERS SOUTERRAINS	67
	7.2.1	Les ouvrages de liaisons fond-jour	67
	7.2.2	Les infrastructures et chantiers souterrains	
	7.3 LES	RISQUES LIES AUX MINES A CIEL OUVERT	80
	7.4 LES	RISQUES LIES AUX VERSES A STERILES	80

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 5/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

8	EV	ALUATION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT	82
	8.1	IMPACT SUR LE VECTEUR EAU	82
	8.1.	1 Voies de contamination sur le milieu aquatique	82
	8.1.	2 Valeurs de référence « Milieu Naturel »	83
	8.1.	Analyse par bassin versant de l'impact réel sur le milieu aquatique	84
	8.1.	4 Bilan sur le milieu aquatique	95
	8.2	IMPACT SUR LE VECTEUR AIR	96
	8.2.	1 Voies de contamination de l'air	96
	8.2.	2 Surveillance de la qualité radiologique de l'air	97
	8.2.	Résultats de la surveillance de la qualité de l'air	98
	8.3	IMPACT SUR LA CHAINE ALIMENTAIRE	98
	8.3.	1 Voies de contamination de la chaine alimentaire	98
	8.3.	2 Contrôles de la chaine alimentaire	98
9	EV	ALUATION DE LA DOSE EFFICACE AJOUTEE	99
	9.1	PRINCIPE DE L'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES	99
	9.2	RISQUES RADIOLOGIQUES	
	9.3	LA NOTION DE DOSE EFFICACE AJOUTEE	100
	9.4 L'ENV	METHODE D'EVALUATION DE LA DOSE EFFICACE AJOUTEE DANS IRONNEMENT PROCHE DES SITES	101
	9.4.	1 Voies d'exposition à considérer	101
	9.4.	2 Détermination des groupes de référence	102
	9.4.	3 Calcul de la dose efficace annuelle ajoutée	102
10	ME	SURES PRISES POUR REDUIRE LES IMPACTS	104
	10.1	REDUCTION DES IMPACTS SUR LE VECTEUR AIR	
	10.2	REDUCTION DES IMPACTS SUR LE VECTEUR EAU	106
11	СО	NCLUSIONS	
	11.1	CONCLUSIONS DE L'ANALYSE ENVIRONNEMENTALE	107
	11.2	PROPOSITIONS D'ACTIONS COMPLEMENTAIRES A METTRE EN ŒUVRE	
	11.3	GESTION DES STERILES MINIERS	
	11.4	INFORMATION DU PUBLIC	113
		ces bibliographiques	
		figures, annexes et plans	
		9	
Sig	gles et	abréviations	121

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 6/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	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 XIX^e siècle, être les constituants élémentaires de la matière, peuvent être décomposés en deux parties :

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

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

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

Exemple:

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

La radioactivité : un phénomène naturel

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

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 7/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

En revanche, la force nucléaire agit à très courte distance en faisant fortement s'attirer les nucléons. Elle constitue donc une force stabilisante pour le noyau.

Pour des très courtes distances, l'interaction forte est beaucoup plus intense (100 à 1 000 fois plus) que la force électrique. Dans la nature, la plupart des noyaux d'atomes sont donc stables.

Cependant, certains atomes sont instables du fait d'un excès de protons ou de neutrons, voire des deux, qui rompt l'équilibre des interactions assurant la cohésion de leur noyau. Ils sont dits radioactifs et sont appelés radio-isotopes ou radionucléides.

Naturellement, ces noyaux d'atomes radioactifs tendent à retrouver un état d'équilibre. Ils se transforment alors spontanément en d'autres noyaux d'atomes, eux-mêmes radioactifs ou non. Cette transformation irréversible d'un atome en un autre atome est appelée désintégration et s'accompagne de l'émission de différents types de rayonnements.

On peut donc noter qu'un même élément chimique peut présenter à la fois des isotopes radioactifs et des isotopes non radioactifs.

Les différents types de désintégrations

- Le rayonnement alpha est émis par des atomes dont les noyaux possèdent un trop grand nombre de nucléons (neutrons <u>et</u> 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 <u>ou</u> de neutrons est en excès. Pour se stabiliser, le proton en surplus se transforme en neutron avec émission d'un positon (rayonnement bêta plus) <u>ou bien</u> le neutron en surplus se transforme en proton avec émission d'un électron (rayonnement bêta moins). Dans les deux cas, la désintégration implique une transformation de l'élément initial en un autre élément chimique. Les électrons du rayonnement bêta moins ont une pénétration faible dans l'air et sont arrêtés par une feuille d'aluminium de quelques millimètres d'épaisseur. Les positons du rayonnement bêta plus sont pratiquement absorbés sur place : ils fusionnent avec des électrons pour former deux photons gamma, ce qui ramène le problème au cas du rayonnement gamma.
- Le rayonnement gamma suit souvent une désintégration alpha ou bêta. Il provient d'une simple désexcitation du noyau nouvellement formé ; il s'agit d'une onde électromagnétique, de même nature que la lumière visible ou les rayons X, mais en plus énergétique. Ce rayonnement a une très grande pénétration et n'est arrêté que par une forte épaisseur de béton ou de plomb.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 8/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

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

Caractérisation d'une source radioactive

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

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

On a donc:

```
1 Bq = 1 désintégration par seconde

1 000 Bq = 1 kilobecquerel (1 kBq)

1 000 000 Bq = 1 mégabecquerel (1 MBq)

1.10<sup>9</sup> Bq = 1 gigabecquerel (1 GBq)

1.10<sup>12</sup> Bq = 1 térabecquerel (1 TBq)
```

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

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

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

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

La notion d'activité

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

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 9/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

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

On a donc :
$$1 \text{ Ci} = 3.7.10^{10} \text{ Bq} = 37 \text{ GBq}$$

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 <u>radioactivité naturelle</u> 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/I
	2 à 6 Bq/l
Eau minérale naturelle	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/I
Poisson	100 Bq/kg
Corps humain	130 Bq/kg soit 8 000 à 10 000 Bq pour un adulte

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 10/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

1 PRESENTATION GENERALE DES ACTIVITES MINIERES DES DEPARTEMENTS DU FINISTERE ET DU MORBIHAN

1.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le périmètre concerné par ce bilan environnemental couvre l'ensemble des activités minières uranifères passées sur les départements du Finistère et du Morbihan. Les communes concernées sont listées dans le tableau suivant :

Départements	Arrondissements	Communes concernées par les sites miniers
FINISTERE	Quimper	Querrien
FINISTERE	Quillipei	Guilligomarc'h
		PLOUAY
	Lorient	Bubry
		QUISTINIC
	Pontivy	MESLAN
Morbihan		Berne
		SAINT-CARADEC-TREGOMEL
		LIGNOL
		Persquen
		GUERN

L'ensemble des départements du Finistère et du Morbihan comporte 22 sites miniers. Il n'y a eu <u>aucune</u> activité de traitement du minerai d'uranium et <u>aucun</u> stockage de résidus de traitement du minerai d'uranium.

1.2 HISTORIQUE [1]

Les départements du Finistère et du Morbihan ont vu l'exploitation, de 1956 à 1984, d'un ensemble de gisements uranifères granitiques (2 dans le Finistère et 20 dans le Morbihan), qui ont produit 1108 tonnes d'uranium métal, à partir de 275 974 tonnes de minerai d'une teneur moyenne de 4,01 ‰ (4,01 kg d'uranium par tonne).

En juin 1952, le gouvernement Pinay adopte un plan quinquennal de développement de l'énergie atomique avec la participation de l'industrie privée. Certains secteurs du territoire français dont la Bretagne, ont ainsi été, retirés du monopole du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA). Ainsi depuis les années 1950, des prospecteurs privés, des entreprises individuelles ou des sociétés à capitaux privés se sont lancées dans la recherche et l'exploitation de l'uranium.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 11/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Les premiers travaux de prospection et de recherches uranifères débutèrent en Bretagne en 1954. Un prospecteur privé, M. Monpas, originaire de Lignol, découvrit le premier gisement de la région à Kersegalec, dans le Morbihan.

C'est entre 1954 et 1962 que furent découverts les principaux gisements uranifères de la Bretagne, aboutissant, par la suite, à l'exploitation des 22 sites miniers présentés dans ce bilan. Après 1962, les travaux de recherche furent poursuivis mais ne donnèrent pas lieu à de nouvelles exploitations.

Les acteurs originels de ces activités minières sont : la **SIMURA** (Société Industrielle et Minière de l'URAnium) et la **SEMA** (Société d'Etudes Minières Armoricaines). L'historique de ces sociétés est présenté ci-dessous :

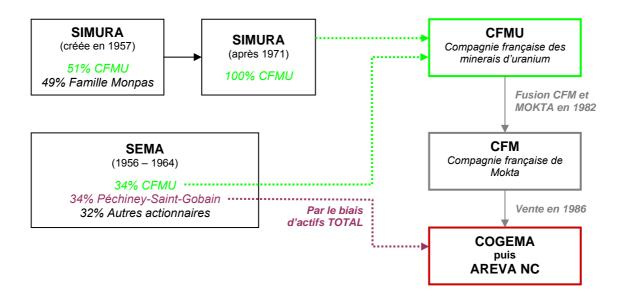
- La SIMURA, dont l'actif principal était le gisement de Bonote, a été créée en juillet 1957. La répartition des parts était la suivante : 51% détenues par la société Kali Saint-Thérèse (KST entreprise minière spécialisé dans l'extraction du minerai de potasse) et 49% détenues par la Famille Monpas, découvreuse du gisement. Au moment de la mise en exploitation du gisement, KST revendit ses parts à la CFMU (Compagnie Française des Minerais d'Uranium). Par la suite, la famille Monpas revendit la totalité de ses parts à la CFMU.
- La SEMA a été créée en septembre 1956. Cette société était composée à 34 % de parts CFMU, 34 % de parts Péchiney Saint-Gobain, le reste des parts était réparti entre plusieurs petits actionnaires. Le principal actif de la SEMA était le gisement de Quistiave. Les activités de la SEMA prirent fin en 1964.

L'exploitation minière des différents gisements bretons se répartit de la manière suivante :

Sociétés minières	Sites miniers	Départements
	Carros-Combout, Kerjean	Finistère
SIMURA	Calerden, Kervrec'h, Rosglas, Kerhuennec, Roscorbel, Vouedec, Bonote, Kerler, Le Hinguer, Moulin de Brodimon, Prat-Mérien, Sulliado, Galhaut, Poulprio, Ty-Gallen, Keryacunff, Kersegalec	Morbihan
SEMA	Quistiave, Keroc'h, Mané-Mabo	

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 12/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Le schéma suivant met en évidence le lien entre ces deux sociétés, ayant exploité les gisements uranifères bretons, et AREVA :



Les petites sociétés privées ont aujourd'hui disparu (SIMURA, SEMA, CFMU et CFM). Ne subsistent que COGEMA, désormais filiale d'AREVA.

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 13/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

2 PRESENTATION GENERALE DE L'ENVIRONNEMENT DES SITES

2.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE [2] et [3]

L'histoire géologique de la Bretagne débuta il y a -650 millions d'années environ avec des phénomènes tectoniques de grande ampleur, qui ont créé des chaînes de montagnes équivalentes à l'Himalaya. Ces montagnes, appelées « chaîne cadomienne » se sont mises en place dans le Nord de la région (Guingamp, baie de Saint-Brieuc, Fougères).

Entre -640 Ma et -540 Ma (Briovérien), la péninsule bretonne a été, recouverte, au moins en partie, par les eaux soit parce que le niveau de la mer montait, soit parce que le bâti armoricain s'affaissait, ou encore soit par combinaison de ces deux phénomènes. Ainsi, au cours de cette période, se sont mis en place des schistes, des grès et des conglomérats, provenant sans doute de l'érosion de la chaine cadomienne. Les terrains correspondant à cette période (cf. carte géologique en annexe 5.1) correspondent majoritairement à des gneiss, granodiorites, schistes et grès.

Autour de -480 millions d'années (Ordovicien), a eu lieu une importante transgression marine (montée du niveau marin) sur le socle armoricain, créant ainsi une vaste plateforme peu profonde où se déposent alors des sables, qui donneront naissance ensuite aux grès armoricains. Au cours du Dévonien et jusqu'à la fin du Carbonifère (de -400 à -290 Ma), des sédiments argileux (ayant conduit par la suite à la formation de schiste), mais aussi des sédiments gréseux se sont ensuite déposés de façon plus ou moins régulière en fonction de la profondeur de l'eau.

En parallèle, entre 430 et -290 Ma, un nouvel épisode tectonique majeur mit en place la chaîne hercynienne, qui structura tout le Sud du massif armoricain et, dans une moindre mesure, le centre. La mise en place de cette chaine de montagnes entraina des déformations des différents terrains des domaines Centre et Sud-Armoricains (cf. annexe 5.1) et le rejeu de failles majeures orientées N100° à N110° (cisaillements Nord et Sud-Armoricains).

C'est également à cette époque que ce sont mis en place les grands batholites granitiques comme celui de Pontivy.

Entre -290 et -65 millions d'années, l'histoire géologique de la Bretagne est mal connue, du fait que les affleurements rocheux datant de cette époque sont trop peu nombreux.

A partir de -65 Ma, le massif armoricain était alors un domaine émergé, qui s'est régulièrement bombé ou affaissé au gré des épisodes tectoniques voisins (ouverture des fossés d'Alsace et des Limagnes, formations des Pyrénées et des Alpes) et, en fonction des variations du niveau marin, les mers ont recouvert par intermittence des parties entières du massif armoricain. Se sont alors succédées des périodes d'érosion intense sous l'influence de climats chauds et très humides ainsi que des phases de dépôts sédimentaires plus ou moins marins.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 14/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

2.1.1 Géologie des terrains uranifères [4]

Les gisements exploités du Finistère et de Morbihan sont localisés au sein de trois massifs granitiques distincts :

- Le massif granitique de Pontivy, pour les sites de Sulliado, Prat-Mérien, Keroc'h, Quistiave, Galhaut, Poulprio, Ty-Gallen, Keryacunff et Mané-Mabo. Ce massif correspond à des leucogranites, à grain fin-moyen, à deux micas (avec muscovite > biotite) et présente peu de minéraux accessoires comme le zircon et l'apatite. Ces roches sont entrecoupées par de nombreux filons aplitiques et pegmatitiques.
 - A noter : le site de Prat-Mérien est localisé au contact entre le massif de Pontivy et les micaschistes du Briovérien.
- Le massif granitique de Cascadec, pour les sites de Vouedec, Bonote, Roscorbel, Rosglas, Kerjean, Kerhuennec, Kersegalec, Le Hinguer, Kerler, Moulin de Brodimon, Kervrec'h et Carros-Combout. Ce massif est représenté par un granite à grain grossier isotrope, à biotite et muscovite, et contenant parfois de la sillimanite.
- Le *massif granitique de Kerhoat*, pour le site de Calerden. Ce massif est représenté par un granite à grain fin-moyen hétérométrique, riches en micas, qui présente des minéraux accessoires comme le zircon et l'apatite.

2.1.2 Tectonique

Pour la région concernée par les sites miniers uranifères, la majorité des accidents tectoniques sont créés au cours de l'orogénèse hercynienne.

La structure principale correspond au cisaillement Sud-Armoricain, localisé au Sud du site de Kerhuennec (Cf. annexe 5.4). Cet axe de cisaillement majeur est orienté WNW- ESE, et est caractérisé par la présence de mylonites, de micaschistes, gneiss, et de granites fortement métamorphisés.

Les terrains situés au Nord du cisaillement Sud-Armoricain sont également affectés par un important réseau faillé qui s'est mis en place à la fin du cycle hercynien. Les failles sont orientées N10°W à N35°W en fonction des secteurs, auxquelles est rattaché un réseau de failles conjuguées orientées N45°W à N50°W.

2.1.3 Caractérisation des minéralisations

Les caractéristiques des minéralisations et gisements rencontrés sur les différents sont présentées dans le tableau ci-dessous. Aucun renseignement sur la nature des minéralisations n'a été trouvé à ce jour dans les documents d'archives pour les sites de Keroc'h et de Galhaut.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 15/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Terrains encaissants	Sites miniers	Caractéristiques des minéralisations et des gisements
Granite de Kerhoat	Calerden	Minéralisation liée à des amas épisyénitiques.
	Bonote	Gisement composé d'un filon principal orienté N15°W et pendage 60°W, et d'un cortège de filonnets suivant la même orientation (la mise en place du filon s'est accompagnée par une kaolinisation importante de la roche encaissante). Minéralisation (autunite, chacolite, pechblende et gummites) présente au sein d'une structure bréchique siliceuse.
	Carros-Combout Kerhuennec Roscorbel	Minéralisation liée à des amas épisyénitiques.
	Kerjean	Minéralisation très discontinue liée à une tectonique complexe.
Massif granitique	Kerler	Gisement localisé au niveau d'un filon de quartz orienté N-S et de pendage 65° à 70°W, présentant une minéralisation (pechblende, autunite et gummites) assez discontinue, en surface, séparée par des tronçons stériles, puis se développant en profondeur.
de Cascadec	Kersegalec	Minéralisation (pechblende, autunite, uranocircite) présente sous forme de lentilles de dimension très restreinte au sein d'un filon quartzeux orienté N-S.
	Kervrec'h	Minéralisation (pechblende et autunite) présente au sein d'un petit filon de quartz, d'environ 40 cm de puissance.
	Le Hinguer	Minéralisation (autunite et gummites) présente au sein d'un filon quartzeux, qui constitue le prolongement de celui présent sur le site de Kerler.
	Moulin de Brodimon	Gisement localisé au niveau d'une fracture orientée N45° à N50°W : le filon se présente sous la forme de trois lentilles minéralisées (gummites en imprégnation le long des épontes ou diffuses dans une gangue argileuse), pour une extension totale d'environ 300 m.
	Rosglas	Gisement comprenant une formation principale N-S à pendage 65°W, une formation E-W subverticale et une bretelle N-S à pendage 65°E en liaison avec les deux précédentes.
	Vouedec	Minéralisation (pechblende et gummites) présente sous forme de filonnets au sein d'une brèche siliceuse orientée N15°W.
	Keryacunff	Minéralisation répartie sur un amas d'épisyénites et constituée d'autunite et de chalcolite (produits secondaires), de pechblende et gummites (produits primaires).
	Mane Mabo	Minéralisation (pechblende) sous forme de petits amas liés à un filon siliceux orienté N15°W et de pendage 80°E.
	Poulprio	Minéralisation, présente sous forme d'amas de dimension réduite, et localisée au sein d'un filon orienté N135°E et de pendage 55°SW, et de puissance de 2 à 4 m.
Massif granitique de Pontivy	Prat-Mérien	Gisement lié à une structure tectonique orientée N110°E où la minéralisation (autunite et gummites) s'est développée sous forme d'imprégnations : le filon est d'environ 3 m de puissance et 30 m d'allongement en surface (5 m au niveau N-100).
	Quistiave	Gisement comportant deux formations filoniennes distantes d'environ 80 m et orientées WNW-ESE. Minéralisation (pechblende) présente au gré des cassures et de manière irrégulière.
	Sulliado	Lentille minéralisée le long d'une faille orientée N-S.
	Ty-Gallen	Minéralisation présente sous forme de lentilles qui se sont développées le long d'une fracture orientée N40°W avec un pendage de 50°W. La lentille la plus importante présente un allongement d'environ 60 m et une puissance comprise entre 1,5 et 8 m en fonction de la profondeur.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 16/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

2.1.4 Fond radiologique régional

Les variations radiométriques des différents secteurs géographiques ont été mises en évidence à partir des visites de terrains de 2011. Elles sont essentiellement liées aux différentiations pétrographiques des terrains. Elles sont présentées dans le tableau suivant :

Sites miniers	Géologie	Ordre de grandeur du fond radiométrique (en chocs/seconde SPPγ)
Calerden	Granite de Kerhoat	100 – 120
Bonote Carros-Combout Kerhuennec Roscorbel Kerjean Kerler Kersegalec Kervrec'h Le Hinguer Moulin de Brodimon Rosglas Vouedec	Granite de Cascadec	100 – 120 (Kersegalec : 150 – 170)
Keryacunff Mane Mabo Poulprio Prat-Mérien Granite de Pontivy Quistiave Sulliado Ty-Gallen		100 – 120

2.2 ENVIRONNEMENT PAYSAGERS ET DEMOGRAPHIQUES

2.2.1 Relief et paysages à l'échelle régionale [5]

La figure 1 présente le relief de la Bretagne. Le cadre régional est caractérisé par deux grands ensembles :

• Les littoraux

La région Bretagne possède une façade maritime de 2 800 km de littoral très découpé. Elle constitue une péninsule en forme de triangle bordée par :

- o La Manche au Nord,
- La mer d'Iroise à l'Ouest
- o Et l'océan Atlantique au Sud.

Il est à noter la présence de très nombreuses îles au large.

L'altitude de cette façade maritime ne dépasse pas 100 m.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 17/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

• Le Massif Armoricain

Le Massif Armoricain est un massif ancien, aux reliefs usés par l'érosion. Il présente deux bandes de reliefs parallèles, orientées sud-ouest / nord-est, et séparées par la vallée de l'Aulne.

Sa partie Nord est constituée par les Monts d'Arrée et culmine à 384 m d'altitude. Au Nord, le massif s'abaisse et forme les plateaux du Léon et du Trégorrois.

La partie Sud du massif est constituée quant à elle par les Montagnes Noires, culminant à 304 m d'altitude. Le massif s'abaisse vers le Sud et constitue les plateaux de Cornouaille et du Vannetais. De nombreux cours d'eau, dont l'Ellé, le Scorff et le Blavet, forment des vallées resserrées. L'ensemble des sites miniers uranifères sont localisés dans le plateau du Vannetais.

A l'Est du département, le relief est peu marqué. Il forme le Bassin de Rennes, dont l'altitude maximale n'excède pas 200 m, mis à part au niveau de la Forêt de Paimpont (258 m d'altitude).

2.2.2 Démographie du Finistère et du Morbihan

La région Bretagne possède une superficie de 27 208 km² et une population de 3 120 228 habitants (soit 115 hab/km²). Les zones de plus fortes densités de populations correspondent aux grandes villes de la région et à leurs communes périphériques.

Le tableau suivant présente le nombre d'habitants et la superficie par département :

Départements	Population (habitants)	Superficie (km²)	Densité de population (hab/km²)
Finistère	885 910	6 733	132
Morbihan	710 032	6 823	104
Côtes-d'Armor	581 570	6 878	85
Ille-et-Vilaine	967 588	6 775	143

Source: INSEE - Statistiques Locales

2.3 CONTEXTE CLIMATIQUE [5]

Le climat dominant de la Bretagne est le climat océanique caractérisé par des étés doux et des hivers pluvieux et doux. Les écarts de températures sont faibles et les jours de gel en hiver sont rares. Les précipitations sont assez fréquentes et sont réparties toute l'année.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 18/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Cependant, il existe des nuances, liées en particulier au relief :

- Les littoraux sont particulièrement venteux,
- Les Monts d'Arrée et les Montagnes Noires sont soumis à des hivers relativement froids,
- Les plateaux intérieurs bénéficient d'un climat médian océanique,
- Le Bassin de Rennes jouit d'étés relativement chauds et ensoleillés.

2.3.1 Pluviométrie

La pluviométrie varie selon le relief (cf. figure 2). Le tableau suivant présente les précipitations moyennes sur l'ensemble de la région :

Secteurs	Précipitations annuelles moyennes (1997 – 2006)	
Littoraux	De 700 à 1 100 mm/an	
Monts d'Arrée et Montagnes Noires	De 1 100 à 1 600 mm/an	
Plateaux intérieurs	De 700 à 900 mm/an	
Bassin de Rennes	De 600 à 800 mm/an	

Il est à noter que ces précipitations sont fréquentes et réparties sur toute l'année.

2.3.2 Températures

Tout comme la pluviométrie, les températures moyennes sont dépendantes du relief (cf. figure 3). Le tableau suivant présente les températures moyennes sur l'ensemble de la région :

Secteurs	Températures annuelles moyennes (1997 – 2006)
Littoraux	12,0 à 13,5°C
Monts d'Arrée et Montagnes Noires	10,5 à 12,5°C
Plateaux intérieurs	11,5 à 12,5°C
Bassin de Rennes	12,0 à 13,0°C

2.3.3 Vents

La Bretagne est une région particulièrement venteuse (moyenne annuelle de 6,5 à 7,5 m/s). Les littoraux sont particulièrement soumis aux vents venant de l'océan, soit venant de l'Ouest et du Sud.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 19/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

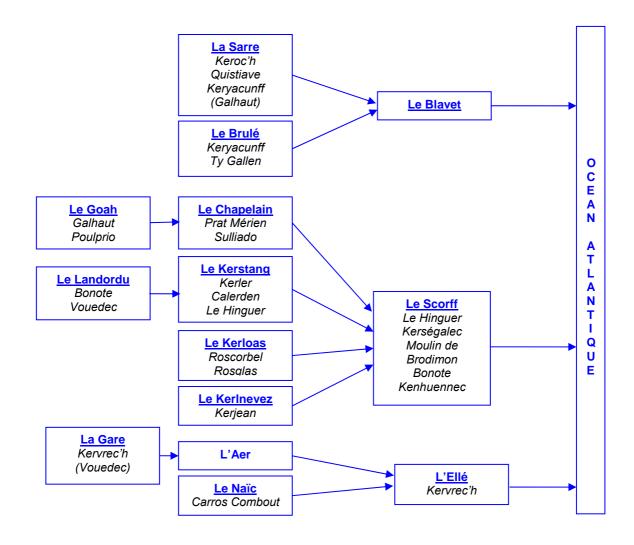
2.4 CONTEXTE HYDROLOGIQUE

2.4.1 Bassins versants

Les gisements exploités sont répartis sur trois bassins versants (figure 4) :

- Le bassin versant du Scorff, comprenant 15 sites (Galhaut, Poulprio, Sulliado, Prat Mérien, Le Hinguer, Kerségalec, Moulin de Brodimon, Kerler, Calerden, Bonote, Kerhuennec, Vouedec, Rosglas, Roscorbel, et Kerjean):
- Le bassin versant de l'Ellé, sur lequel sont localisés 3 sites (Vouedec, Kervrec'h et Carros Combout) ;
- Le bassin versant du Blavet, sur lequel sont situés 5 sites (Keroc'h, Quistiave, Galhaut, Keryacunff et Mane Mabo).

Le schéma suivant présente le chaînage des cours d'eau principaux (ceux soulignés sont concernés par les sites uranifères bretons) :



Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 20/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

2.4.2 Débits des cours d'eau [6]

Les données sur l'écoulement des cours d'eau sont fournies par des mesures de débits effectuées à des stations hydrométriques. Sur le secteur concerné par le présent bilan, les données disponibles sont fournies :

- Pour la rivière le Blavet, par deux stations :
 - o Neulliac, au Porzo, située en amont hydraulique des sites miniers uranifères bretons,
 - Languidic, à Quellenec, en aval hydraulique des sites de Keroc'h, Quistiave, Galhaut, Keryacunff et Mane Mabo;
- Pour la rivière le Scorff, par une station située au Plouay, au Pont Kerlo, en aval hydraulique des sites miniers (Galhaut, Poulprio, Sulliado, Prat Mérien, Le Hinguer, Kerségalec, Kerler, Calerden, Bonote, Kerhuennec, Vouedec, Rosglas, Roscorbel, et Kerjean);
- Pour la rivière l'Ellé, par trois stations :
 - Au Faouët, au Grand Pont, en amont hydraulique des sites miniers uranifères (Vouedec, Kervrec'h et Carros Combout),
 - Lanvénégen, au lieu-dit Loge-Coucou, en aval hydraulique des sites de Vouedec et Kervrec'h, et en amont hydraukique du site de Carros Combout,
 - o Arzano, au Pont Ty Nadan, en aval hydraulique des trois sites précités.

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

		on du BV moye	Surface Débits	Débits d'étiage		Crues		Débits	Débits
Bassins versants	Localisation		moyens m³/s	QMNA2 m³/s	QMNA5 m³/s	QIX biennal m³/s	QIX décennal m³/s	maxi <i>journaliers</i> m³/s	maxi instantanés m³/s
Le Blavet	Le Blavet à Neulliac (Le Porzo)	867	12,3	2,1	1,8	91	160	172 #	186 #
Le Blavel	Le Blavet à Languidic (Quellenec)	1951	25,8	4,8	3,7	160	290	> 526	477
Le Scorff	Le Scorff à Plouay (Pont Kerlo)	300	5,01	0,99	0,64	33	59	93	110
	L'Ellé au Faouët (Grand Pont)	145	2,74	0,25	0,12	26	44	48,4#	59,2 #
L'Ellé	L'Ellé à Lanvénégen (Loge-Coucou)	513	*	*	*	*	*	208 #	204 #
	L'Ellé à Arzano (Pont Ty Nadan)	578	9,38	1,5	1	79	140	201 #	259 #

^{★ :} Données non calculées par le gestionnaire (DIREN)

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

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 21/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

^{#:} Valeur « estimée » (mesurée ou reconstituée) que le gestionnaire juge incertaine (DIREN)

2.4.3 Utilisation des eaux

Barrages et production d'hydroélectricité

Pour les cours d'eau visés par ce bilan environnemental, seul le fleuve le Blavet et le ruisseau du Brulé possèdent des barrages utilisés ou non pour la production d'électricité.

Le tableau suivant récapitule l'ensemble de ces barrages :

Commune	Lieu-dit	Production d'électricité
Inzinzac-Lochrist	-	OUI
	Pont Augan	NON
	Trémorin	OUI
Quistinic	Saint-Adrien	OUI
Quistillic	Talhouët	OUI
	Moulin du Brulé d'En Bas	OUI (minoterie)
	Moulin du Brulé d'En Haut	NON
Melrand	Boternau	NON

Alimentation en eau potable (origine des données :ARS Bretagne)

Après consultation des données de l'Agence Régionale de la Santé (anciennement DDASS) relatives aux périmètres réglementaires de protection des captages d'eau potable, aucune prise d'eau destinée à la consommation humaine n'est située en aval hydraulique immédiat des sites miniers uranifères bretons.

Le tourisme et les loisirs

La région Bretagne a développé sur son territoire un tourisme principalement côtier et estival, ainsi que, dans une moindre mesure, un tourisme dit « vert » dans les terres.

Les activités touristiques qui se pratiquent en dehors des zones côtières sont les randonnées pédestres et équestres, VTT, ... ainsi que la pêche, compte tenu de l'importance du réseau hydrographique.

La capacité d'hébergement touristique de la Bretagne comprend principalement :

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 22/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Les SDAGE et les SAGE [7]

Ces bassins versants appartiennent au bassin Loire-Bretagne. Ce dernier fait l'objet d'un Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE).

Des Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) ont été mis en œuvre, ou sont en cours d'élaboration, pour chacun des bassins versants concernés par les sites uranifères bretons. Ils sont récapitulés dans le tableau suivant :

SAGE	Etat d'avancement au 11/03/2011	Sites concernés
L'Ellé, l'Isole et la Laïta	SAGE mis en œuvre	Carros-Combout Kervrec'h Vouedec
Le Scorff	SAGE en élaboration	Bonote Calerden Galhaut Kerhuennec Kerjean Kerler Kerségalec Le Hinguer Moulin de Brodimon Prat Mérien Poulprio Roscorbel Rosglas Sulliado Vouedec
Le Blavet	SAGE en première révision	Galhaut Keroc'h Keryacunff Mane Mabo Quistiave Ty Gallen

2.5 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Les aquifères sont liés à la nature même du sol et du sous-sol .En Bretagne, près de 80 % des eaux brutes sont prélevées dans les eaux de surface. Ceci est dû à la nature compacte du sous-sol peu propice à la formation d'une porosité souterraine permettant d'accueillir de grands aquifères.

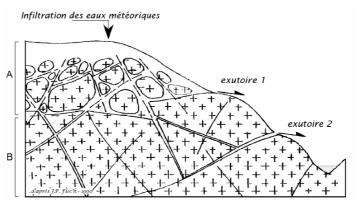
Les secteurs concernés par les sites miniers correspondent à des roches cristallines (socle) ne comportant que de petites réserves dans les zones altérées.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 23/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

En effet, au sein de ces roches, deux types d'aquifères peuvent être rencontrés :

- les aquifères superficiels [A], dans la zone arénisée, dont l'épaisseur peut dépasser une dizaine de mètres sur les plateaux, où les eaux vont s'accumuler. Ces aquifères constituent des « poches » au niveau des interfluves, appelées « nappes d'arènes ». Elles sont souvent isolées et d'extension limitée, exploitées par des puits fermiers creusés jusqu'au substratum rocheux.
- les aquifères profonds [B], où, à la faveur de fractures plus ou moins ouvertes, ou dans le cas de l'environnement de chantiers souterrains, l'eau peut s'accumuler par gravité et constituer des réserves en général peu productrices.

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



A: Aquifère superficiel - B: Aquifère profond

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

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 24/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	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.

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 25/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	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 :
 - o 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 des départements du Finistère et du Morbihan ont été autorisées au titre de la Police des Mines conformément à la législation minière en vigueur au moment de leur mise en chantier :

- Pour la période de 1909 à 1972 : décret du 14 janvier 1909.
 - Ont été mis en chantier les sites des secteurs de : Carros-Combout, Prat-Mérien, Kervrec'h, Quistiave, Bonote, Roscorbel, Kerler, Mane Mabo, Kersegalec, Moulin de Brodimon, Vouedec, Keroc'h, Keryacunff, Le Hinguer, Rosglas, Galhaut, Calerden et Sulliado.
 - 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 sites de : Ty-Gallen, Kerhuennec, Kerjean, Poulprio.
- Pour la période de 1980 à 1995 : décret n°80-330 du 07 mai 1980.
 - Ce décret ne concerne aucune mise en chantier sur la région Bretagne

Procédures de fermeture des sites :

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

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 26/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	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 nonrenouvellement du permis impliquait ainsi l'arrêt des travaux miniers. La conformité du réaménagement était contrôlée par une visite sur site de l'Ingénieur des Mines mais ne donnait pas lieu à un courrier de type compte-rendu de visite.
- la demande de renonciation au permis de recherches ou d'exploitation par l'exploitant.

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

→ Arrêt de l'exploitation à partir de mai 1980

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

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

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 27/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	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.161-1du code Minier on trouve notamment :

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

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

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 28/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

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

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

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

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

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

Ce décret fixe donc le cadre réglementaire actuel, cependant il ne s'applique pas aux activités minières de la Bretagne, puisque l'ensemble des sites ont été fermés antérieurement. Les réglementations applicables à ces sites sont celles correspondant à leur date de fin d'exploitation.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 29/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	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 précis exécution des travaux, l'exploitant est tenu dans leur état antérieur les terrains de c rétablissant la couche arable, et la v	
Mai 1980 à mai 1995	Décret n°80-330 du 7 mai 1980	Procédures de délaissement et d'abandon
A partir de mai 1995	Décret n°95-696 du 9 mai 1995	Procédure d'arrêt définitif des travaux miniers
A titre indicatif : A partir de juin 2006	Décret n°2006-649 du 2 juin 2006	Procédure d'arrêt définitif des travaux et d'utilisation d'installations minières et de stockage.

Obligations de l'exploitant après la fermeture des mines :

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

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

Le RGIE : Règlement Général des Industries Extractives :

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

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 30/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

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

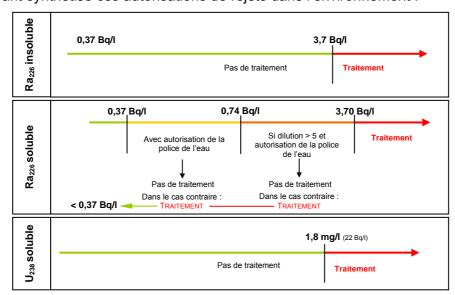
En ce qui concerne les produits solides, de manière très générale, le décret n°90-222 précité dispose que « Les dépôts de minerais et de déchets ayant une teneur en uranium supérieure à 0,03%, de minerais lixiviés, de résidus des opérations de traitement, de produits provenant des bassins de réception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

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

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

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

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



Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 31/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

La police des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) :

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

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

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

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

N°	A - Nomenclature des installation classées			B - Taxe générale sur les activités polluantes	
	Désignation de la rubrique	A, D, S C (1)	Rayon (2)	Capacité de l'activité	Coef.
1700	Substances radioactives (définitions et règles de classement des)				
	Définitions : Les termes « substance radioactive », « activité », « radioactivité », « radionucléide », « source radioactive non scellée » et « source radioactive scellée » sont définis dans l'annexe 13-7 de la première partie du code de la santé publique.				
	Règles de classement : 1° Les opérations visées à la rubrique 1715 font l'objet d'un classement au titre de la présente nomenclature dès lors qu'elles sont mises en œuvre dans un établissement industriel ou commercial, dont une installation au moins est soumise à autorisation au titre d'une autre rubrique de la nomenclature. 2° A chaque radionucléide est associé un « seuil d'exemption » (en Bq), défini en application de l'article L. 1333-4 du code de la santé publique à l'annexe 13-8 de la première partie de ce code. Pour les besoins des présentes règles de classement, la valeur de 1 000 Bq est utilisée pour les radionucléides non mentionnés par les dispositions précédentes. 3° Pour une installation dans laquelle un ou plusie urs radionucléides sont utilisés, le rapport Q (sans dimension) est calculé d'après la formule : Q = Σ (A _l / Aex _l) dans laquelle : A représente l'activité totale (en Bq) du radionucléide i Aex _l représente le seuil d'exemption en activité du radionucléide i	l			
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	l	1	1. Le rapport Q tel que défini au 3°) de la rubriqu e 1700 de la nomenclature étant : a) supérieur ou égal à 10° b) supérieur ou égal à 10°	3
1735					\vdash
1/35	Substances radioactives (dépôt, entreposage ou stockage de) sous forme de résidus solides de minerai d'uranium, de thorium ou de radium, ainsi que leurs produits de traitement ne contenant pas d'uranium enrichi en isotope 235 et dont la quantité totale est supérieure à 1 tonne	А	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

Version 18 - Janvier 2010

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 32/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

⁽²⁾ Rayon d'affichage exprimé en kilomètres

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

Remarque:

Sur les départements du Finistère et du Morbihan, il n'y a aucune Installation Classée pour la Protection de l'Environnement de type stockage de résidus de traitement du minerai d'uranium.

3.1.2 Polices transversales

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

La protection de l'eau :

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

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

et de satisfaire ou concilier les exigences :

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

La protection sanitaire :

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 33/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

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

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

La gestion des déchets radioactifs :

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

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

3.1.3 Tableau de synthèse des polices applicables aux 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	Protection de l'eau et de la nature, gestion des déchets		
Folices transversales	Radioprotection		

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 34/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

3.2 PLAN D'ACTIONS DE L'ETAT

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

L'article L.542-1-2 du code de l'environnement définit les objectifs du Plan National de Gestion des Matières et des Déchets Radioactifs (PNGMDR) [8] :

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

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

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

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

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

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

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 35/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

3.2.2 MIMAUSA [9]

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

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

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

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

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

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 36/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	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] 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 mais dont elle a hérité de leur gestion;
- AXE 3 : la gestion des stériles, visant à mieux connaître leurs utilisations et à réduire leurs impacts si nécessaire : « Recensement des lieux de réutilisation des stériles [...] dans le cadre d'une démarche concertée associant les CLIS, ainsi que la population et les élus locaux ». Vérification de la compatibilité d'usages des sols au plan environnemental et sanitaire, avec mise en place d'actions de remédiation si nécessaire (études au cas par cas).
- AXE 4 : le renforcement de l'information et de la concertation : Mise en place de panneaux d'affichage signalant la présence de sites miniers, création de Commissions Locales d'Information et de Surveillance (CLIS), réalisation de « porter-à-connaissance » du suivi radiologique des sites.

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

Le bilan environnemental de la Bretagne, prescrit à AREVA :

- pour le Finistère : par arrêté préfectoral n° 2010/1025 du 16 juillet 2010 (Annexe 6),
- pour le Morbihan : par arrêté préfectoral du 30 juillet 2010 (Annexe 6),

s'inscrit parfaitement dans le cadre de l'axe 2 de cette circulaire.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 37/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

4 EXPLOITATION MINIERE ET TRAITEMENT DES MINERAIS

4.1 LES METHODES D'EXPLOITATION

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

4.1.1 Les travaux de reconnaissance

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

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

Le tableau suivant présente les sites ayant fait l'objet de travaux de reconnaissance sur la région Bretagne :

Sites miniers	Périodes d'exploitation	Nature des travaux
Carros-Combout	1956 - 1964	1 puits et tranchées de reconnaissance.
Keroc'h	1963 - 1964	Tranchées de reconnaissance.
Kersegalec	Fin années 50	Tranchées de reconnaissance.
Roscorbel	1959 - 1960	1 travers-banc de 155 m de longueur.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 38/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

4.1.2 Exploitation à ciel ouvert

La diversité des gisements rencontrés sur les départements du Finistère et du Morbihan, a conduit leur exploitation majoritairement en souterrain, cependant trois sites ont fait l'objet d'une exploitation à ciel ouvert, depuis la tranchée de quelques centaines de tonnes brutes jusqu'à la mine à ciel ouvert de plusieurs milliers de tonnes brutes.

Les sites concernés par une exploitation à ciel ouvert sont présentés dans le tableau suivant :

Sites miniers	Période d'exploitation	Type d'exploitation à ciel ouvert
Keryacunff	1963 – 1981	Mine à ciel ouvert de 27 m de profondeur
Prat-Mérien	1956 – 1982	Mine à ciel ouvert de 45 m de profondeur
Rosglas	1964 – 1975	Tranchée d'environ 10 m de profondeur

Les documents d'archives ne mentionnent pas la méthode d'exploitation de ces fosses (hauteur des gradins, largeur des banquettes,...). Cependant, d'une manière générale, sur les sites les plus récents, les zones minéralisées étaient délimitées par mesures de la radioactivité dans les trous de tir d'abattage. Après le tir, un contrôle radiométrique était fait au chargement des camions, suivi d'un contrôle en sortie de fosse par portique équipé d'un scintillomètre pour un tri des minerais selon leurs teneurs. Pour les sites les plus anciens, les zones minéralisées étaient délimitées par mesures de la radioactivité à même la paroi et en sortie de mine.

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

4.1.3 Exploitation souterraine

L'infrastructure d'accès aux mines souterraines, dans les départements du Morbihan et du Finistère, était constituée :

- soit d'un puits vertical (de 25 m à 108 m de profondeur) et de niveaux de galeries horizontales tous les 5 à 30 mètres ;
- soit d'une entrée à flanc de coteau, correspondant à l'entrée d'un travers-banc, desservant un réseau de galeries plus ou moins importants
- soit d'un plan incliné d'accès, nommé descenderie, desservant également un réseau de galeries plus ou moins importants.

Un même site pouvait posséder soit un ou plusieurs types d'accès, comme le site de Kerler qui possédait une descenderie et un puits d'accès.

Le creusement de ces galeries, qui permettaient l'accès aux chantiers, se faisait sur une section de 4 à 10 m².

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 39/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Le tableau suivant présente les différentes méthodes d'exploitation en souterrain utilisées sur la région Bretagne :

Sites miniers	Périodes d'exploitation	Méthodes d'exploitation
Bonote	1958 – 1971	Fonçage d'un puits de 108 m de profondeur, accompagné de 4 montages et desservant 5 niveaux de galeries compris entre N-30 et N-150. Dépilages exploités par la méthode des chambres magasins.
Calerden	1968 – 1984	Fonçage d'un puits de 78 m de profondeur, accompagné d'un montage et desservant 3 niveaux de galeries (N-30, N-60 et N-75). Dépilages exploités par tranches montantes charpentées remblayées.
Galhaut	1966 – 1967	Fonçage d'un puits de 40 m de profondeur, desservant 1 niveau de galeries à 30 m de profondeur. Absence de dépilages.
Le Hinguer	1963 – 1968	Creusement d'une descenderie, accompagnée d'un montage et desservant 2 niveaux de galeries N-35 et N-50. Dépilages exploités par chambres montantes butées ou remblayées.
Kerhuennec	1977 – 1980	Creusement d'un travers-banc accompagné d'un montage et desservant 3 niveaux de galeries compris entre les cotes 77 et 100. Dépilages entre les niveaux situés aux cotes 77 et 100.
Kerjean	1978 – 1980	Creusement d'une descenderie, accompagnée d'un montage et desservant 4 niveaux de galeries comprises entre N-15 et N-40. Absence de dépilages.
Kerler	1961 – 1978	Creusement d'une descenderie de 60 m de longueur et fonçage d'un puits de 95 m de profondeur, accompagnée de 2 montages et desservant 6 niveaux de galeries compris entre N-15 et N-90. Dépilages exploités par la méthode des chambres magasins partiellement autoremblayées.
Kervrec'h	1957 – 1977	Fonçage d'un puits de 50 m de profondeur, accompagné d'un montage et desservant 3 niveaux de galeries N-15, N-30 et N-45. Absence de dépilages.
Mane Mabo	1961 – 1964	Fonçage d'un puits de 50 m de profondeur, desservant 3 niveaux de galeries N-15, N-31 et N-47. Absence d'informations concernant d'éventuels dépilages.
Moulin de Brodimon	1962 – 1965	Creusement d'un travers-banc et d'une descenderie, accompagnés de 2 montages et desservant 3 niveaux de galeries N-15, N-30 et N-45. Dépilages situés entre les niveaux N-15 et N-45.
Poulprio	1980 – 1984	Creusement d'une descenderie, accompagnée d'un montage et desservant 3 niveaux de galeries comprises entre N-5 et N-45. Dépilages exploités par tranches descendantes remblayées.
Prat-Mérien	1956 – 1982	Fonçage d'un puits de 100 m de profondeur desservant 4 niveaux de galeries comprise entre les niveaux N-30 et N-90. Absence de dépilages.
Quistiave	1957 – 1962	Fonçage de 2 puits (P1: 52 m de profondeur et P2: 25 m de profondeur), accompagnés de 2 montages et desservant 2 niveaux de galeries N-25 et N-50. Présence de dépilages (absence d'informations sur la méthode d'exploitation).
Rosglas	1964 – 1975	Fonçage d'un puits de 50 m de profondeur desservant 3 niveaux de galeries comprise entre les niveaux N-15 et N-45. Dépilages exploités par tranches montantes charpentées et remblayées pour les filons de puissance >1,50 m et par chambres vides butées pour les filons de puissance <1,50 m.
Sulliado	1969 – 1976	Fonçage d'un puits de 50 m de profondeur, accompagné d'un montage et desservant 4 niveaux de galeries comprises entre les niveaux N-60 et N-120. Dépilages exploités par tranches montantes charpentées et remblayées.
Ty-Gallen	1976 – 1981	Creusement d'une descenderie, accompagnée de 3 montages et desservant 3 niveaux de galeries comprises entre les niveaux N-15 et N-50. Dépilages exploités par chambres unidescendantes autoremblayées.
Vouedec	1962 – 1971	Fonçage d'un puits de 65 m de profondeur, accompagné d'un montage et desservant 4 niveaux de galeries comprise entre N-15 et N-60. Dépilages exploités par chambres charpentées remblayées.

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...

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 40/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

4.2 LE TRAITEMENT DU MINERAI

L'extraction du minerai d'uranium sur les départements du Finistère et du Morbihan, s'est déroulée de 1956 à 1984 par la SIMURA et la SEMA. L'ensemble du minerai extrait par ces deux sociétés a été expédié à l'usine SIMO de l'Escarpière située en Loire-Atlantique.

Sur le territoire de la région Bretagne, il n'y a eu <u>aucune</u> usine de traitement chimique du minerai (traitement dynamique ou par lixiviation statique).

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 41/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

5 PRESENTATION DES SITES MINIERS

5.1 GENERALITES

Les activités minières uranifères des départements du Finistère et du Morbihan comprennent 22 sites d'importance inégale. Les petits sites correspondent à des travaux de recherche constitués de tranchées de reconnaissance, de puits de faible profondeur ou d'un travers-banc pouvant atteindre une centaine de mètres de longueur. Les sites les plus importants ont fait l'objet de travaux miniers souterrains et, pour trois d'entre eux, d'une exploitation par mine à ciel ouvert.

L'emprise des terrains concernés par les sites miniers bretons présentés dans ce bilan environnemental représente une surface totale d'environ 21 ha.

Afin d'établir ce bilan environnemental des sites miniers des départements du Morbihan et du Finistère, le système de documents établi pour l'ensemble des bilans environnementaux 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 uranium métal) est présenté sur la figure 5.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 42/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

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

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

L'ensemble de ces fiches de sites constitue l'annexe 1. Elles ont été numérotées de 150 à 171.

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

Des planches photographiques historiques, ou prises au cours des visites effectuées de février à mars 2011, sont également présentées en annexe 2.

L'emplacement des sites miniers et des concessions en cours de validité est figuré sur le plan n°1. Des zooms cartographiques replaçant les sites dans leur environnement proche sont présentés en annexe 3. Ces cartes, ont été réalisées sur fonds IGN géoréférencés à partir de cartes détaillées d'exploitation et de fonds topographiques précis.

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

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 43/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

5.2 SITUATION REGLEMENTAIRE DES SITES ET INSTALLATIONS ARRETEES

5.2.1 Titres miniers

Les sites miniers bretons ont été exploités sur différents permis de recherches, d'exploitation ou de concessions, comme le montre le tableau suivant :

Sites miniers	Année de fin d'exploitation	Dernier titre minier auquel a appartenu le site à la fin de son exploitation	
Bonote	1971		
Calerden	1984		
Kerhuennec	1980		
Kerjean	1980		
Kerler	1978		
Kervrec'h	1977		
Keryacunff	1981	Concession de Lignol (SIMURA puis COGEMA)	
Poulprio	1984		
Prat-Mérien	1982		
Rosglas	1975		
Sulliado	1976		
Ty-Gallen	1981		
Vouedec	1971		
Keroc'h	1964	Permis de recherche de Guern (SEMA)	
Kersegalec	Fin années 50	Permis de recherche de Lignol (M. Monpas)	
Galhaut	1967		
Le Hinguer	1968	Permis de recherche de Lignol (SIMURA)	
Moulin de Brodimon	1965	Permis de recherche de Lighor (SiMORA)	
Roscorbel	1960		
Carros-Combout	1964	Permis de recherche de Querien-Est (SIMURA)	
Mane Mabo	1964	Pormis do recherche de Quietinio (SEMA)	
Quistiave	1962	Permis de recherche de Quistinic (SEMA)	

L'ensemble des titres miniers mentionnés ci-dessus ne sont plus valides, à l'exception de la concession de Lignol dont l'échéance est prévu le 29/04/2020. L'emprise de cette concession figure sur le plan n°1. Il n'existe aucun autre titre minier en cours de validité sur la région Bretagne.

5.2.2 Situation administrative relative à la fermeture des sites

Sur les 22 sites miniers uranifères figurant dans ce bilan environnemental du Finistère et du Morbihan, seuls 18 sites ont fait l'objet d'un dossier de délaissement : déclaration réalisée par COGEMA en janvier 1994 et acté par la lettre DRIRE Bretagne n°EI2S/SUB/683 du 30 mai 1994, qui prescrit un contrôle annuel de ces sites.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 44/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Le tableau suivant récapitule la situation administrative relative à la fermeture de l'ensemble sites miniers du Finistère et du Morbihan :

Sites miniers	Procédures	Actes Administratifs	Surveillance règlementaire	Servitudes *
Kerjean Bonote Roscorbel Vouedec Galhaut Keryacunff Poulprio Ty-Gallen Quistiave Moulin de Brodimon Kerler Le Hinguer Kervrec'h Rosglas Prat-Mérien Sulliado Kerhuennec Calerden	Délaissement	lettre DRIRE Bretagne n°El2S/SUB/683 du 30 mai 1994	OUI	NON
Keroc'h	Ces sites, considérés comme travaux de recherches de minime importance, n'ont pas nécessité de procédure de fermeture. Cependant, les ouvrages miniers réalisés ont été mis en		NON	NON
Kersegalec			NON	NON
Carros-Combout			NON	NON
Mane Mabo	Securite des r	sécurité dès l'arrêt des travaux de recherche.		NON

^{*} Il s'agit de servitudes (ou restrictions d'usage), inscrites au Registre des Hypothèques. Ce sont des servitudes du type « restrictions d'usage conventionnelles au profit de l'Etat ». Ces servitudes de droit privé interdisent, en outre, de construire des locaux (atelier, habitations, etc.), de forer, effectuer des fouilles, <u>au droit des travaux miniers souterrains</u> et de réaliser des fondations.

5.3 SITES MINIERS ET BASSINS VERSANTS

L'emprise des sites miniers d'une part, la localisation des points d'exutoire (naturels ou forcés) d'autre part, permettent d'envisager le regroupement des sites miniers par bassins versants, en fonction des milieux récepteurs potentiellement impactés, ainsi que le précise le dernier alinéa de l'article 1^{er} des arrêtés préfectoraux des 18 juillet 2010 (Finistère) et 30 juillet 2010 (Morbihan) prescrivant le présent bilan environnemental.

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

- Eaux de surverse gravitaire après noyage de mines à ciel ouvert ou des travaux miniers souterrains. Leurs points d'exutoire peuvent être créés par :
 - o la surverse du plan d'eau constituée par une mine à ciel ouvert isolée (aucun site concerné sur les départements du Finistère et du Morbihan).

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 45/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

- o 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 (Le Hinguer, Sulliado et Poulprio)
- 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. (Aucun rejet de ce type n'a été identifié au cours de la campagne de terrain réalisé en février et mars 2011).
- Eaux de ruissellement ou écoulements souterrains avec points de rejets non identifiés : leur impact est jugé potentiel. (Les 22 sites miniers présents dans ce bilan sont concernés par ce type d'écoulement).

Il faut également noter la présence de plans d'eau, hydrauliquement reliés à ces milieux récepteurs, qu'ils soient privés et de petites tailles, ou destinés comme réserve naturelle et de plus grande importance.

L'influence des sites miniers sur le réseau hydrographique local et les plans d'eau qui leur sont associés, est présentée sur la figure 4 et peut être résumée dans le tableau suivant :

Sites miniers	Types d'écoulement		Cours d'eau secondaires		Cours d'eau principaux		
Keroc'h	Potentiel		····>				
	Potentiel	ruissea	u	ruisseau			
Quistiave	Potentiel		····>				
	Potentiel			-	La	La Sarre	
Galhaut *	Potentiel		ruissea	au	1		
	Potentiel		····>	ruisseau	1		Le Blavet
Keryacunff	Potentiel	ruissea	u	ruisseau			
-	Potentiel		>				1
Tu Callan	Potentiel		>	rui	sseau du Brulé	•	
Ty-Gallen	Pendant exploitation	ruisse	au				
Mane Mabo	Potentiel			ruisseau			1
Sulliado	Identifié			ruisseau			
D (M/)	Potentiel			ruisseau	1		
Prat-Mérien	Potentiel			·····>		ruisseau du Chapelain	
Galhaut	Potentiel		ruisseau		ruisseau c		
5	Potentiel		ruisseau	ruisseau de			
Poulprio	Identifié	ruisseau	ruisseau	(3030			
Kersegalec	Potentiel		ı	ruisseau	•		
NA Un-	Potentiel			ruisseau			
Moulin de Brodimon	Potentiel		>				
Brodimon	Potentiel	ruisseau					
Lallingues	Potentiel					>	Le Scorff
Le Hinguer	Identifié			-			
Kerler	Potentiel			-	1		
Calerden	Potentiel		····>	ruisseau	Ruisseau	de Kerustang	
Vouedec *	Potentiel		····>	ruisseau de	1	•	
Danata	Potentiel	ruissea	u	Landordu			
Bonote	Pendant exploitation			ruisseau	•		
Kerhuennec	Potentiel			ruisseau			
Rosglas	Potentiel	ruissea	u	ruisseau			
Roscorbel	Potentiel			-	ruisseau	de Kerloas	
Kerjean	Potentiel	ruisseau de Kerlnevez		1			
Vouedec	Potentiel	ruissea	u	ruisseau	ruisseau	1.74 2	
17 11-	Potentiel		>	ruisseau	de la Gare	L'Aër	125114
Kervrec'h	Potentiel	ruisseau		ı	L'Ellé		
Carros-Combout	Potentiel	ruisseau ruisseau Le Naïc					

^{*} Sites appartenant à deux bassins versants

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 46/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

5.4 PRESENTATION DES SITES

Afin d'améliorer les connaissances et d'effectuer un état des lieux, une visite des sites accompagnée d'une campagne de prélèvements a été organisée en février et mars 2011.

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

<u>Remarque</u>: Le site de Galhaut est localisé à la limite des bassins versants du Scorff et du Blavet et, le site de Vouedec est localisé à la limite des bassins versants du Scorff et de l'Ellé. Pour plus de clarté, leurs descriptions seront intégrées au sous-chapitre 5.4.1concernant le Scorff.

5.4.1 Bassin versant du Scorff

• Sulliado (Fiche n° 169 – Annexes 2.20, 3.3, 4.20 et 5.2)

Le site de Sulliado est localisé à 800 m au Nord-Est de la commune de Persquen (56). Le paysage environnant est principalement constitué de prairies, de champs et de guelques bois.

Les activités minières de ce site se sont déroulées de 1969 à 1976. Les travaux miniers ont consisté au fonçage d'un puits de 50 m de profondeur, accompagné d'un montage d'aérage, le tout desservant quatre niveaux de galeries (N-60, N-90, N-106 et N-120). L'exploitation des dépilages a débuté à partir de 1971. En 1976, un important éboulement entraina l'arrêt définitif de l'exploitation.

Les travaux de réaménagement réalisés en 1993 comprenaient :

- le remblayage intégral du montage par des produits tout-venants (création d'un tumulus en surface),
- la sécurisation du puits avec la mise en place d'une dalle à 12 m de profondeur puis de remblai sur la partie supérieure (création d'un tumulus en surface),
- le nettoyage et le remodelage du carreau avec la topographie environnante.

Aucun désordre de surface n'a été observé sur le site au cours de la visite de terrain de mars 2011.

Aucun écoulement d'eau provenant des travaux miniers n'a été repéré lors de la visite d'état des lieux de 2011. En revanche, deux fossés ont été créés par le locataire actuel en vue de drainer les eaux de la parcelle correspondant à l'ancien carreau minier, vers le ruisseau s'écoulant en bordure Est du site.

Des mesures au SPP γ ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux en 2011. Le bruit de fond est de l'ordre de 100 à 120 chocs/s. Les valeurs mesurées sur le site oscillent entre 150 et 650 chocs/s. Le plan compteur, après réaménagement, effectué dans le cadre du dossier de délaissement de 1994 présente des valeurs du même ordre de grandeur que celles effectuées en 2011.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 47/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

• Prat-Mérien (Fiche n° 165 – Annexes 2.16, 3.3, 4.16 et 5.2)

Le site de Prat-Mérien est localisé à 800 m au Nord-Ouest de Persquen (56). Le paysage environnant est principalement constitué de prairies et de champs. Une entreprise de transports céréaliers et de travaux agricoles occupent aujourd'hui l'ancien carreau minier et l'emplacement de l'ancienne verse à stériles.

Les activités minières de ce site se sont déroulées de 1956 à 1982. Les travaux miniers ont consisté :

- dans un premier temps, au fonçage d'un puits de 100 m de profondeur desservant quatre niveaux de galeries (N-30, N-45, N-60 et N-90) permettant la reconnaissance du gisement en profondeur,
- et à partir de 1978, à exploiter la partie du gisement proche de la surface par mine à ciel ouvert jusqu'au niveau N-45. Le diamètre de la fosse était d'environ 120 m. L'ensemble des travaux miniers souterrains est localisé dans l'emprise de l'ancienne fosse.

Les travaux de réaménagement réalisés en 1993 ont nécessité dans un premier temps la vidange de la fosse, qui avait été laissée en eau depuis 1982, après analyse des eaux et accord des services de l'Etat. La fosse a été ensuite intégralement remblayée avec les stériles de la verse. Le puits a été intégralement remblayé avec les matériaux issus de la verse, avec création d'un tumulus en surface. L'ensemble du site (ancien carreau, emplacement de l'ancienne verse et emprise de la mine à ciel ouvert) a été ensuite remodelé en raccord avec la topographie environnante.

Aucun désordre de surface et aucun écoulement d'eau n'ont été observés sur le site au cours de la visite de terrain de mars 2011.

Des mesures au SPP γ ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux en 2011. Le bruit de fond est de l'ordre de 100 à 120 chocs/s. Les valeurs mesurées sur le site sont présentées dans le tableau suivant :

Zones de mesures	Valeurs radiométriques (mesurées en chocs/seconde SPPγ)
Ancien carreau du site (entreprise)	120 – 200
Mine à ciel ouvert	180 – 1100 (moyenne : 320)
Puits Saint-Hervé	500 – 1200
Emplacement de la verse à stériles	120 – 250
Au niveau du talus en bordure de la route D3	350 – 1250

Le plan compteur, après réaménagement, effectué dans le cadre du dossier de délaissement de 1994, concernait uniquement l'emprise de la mine à ciel ouvert et présente des valeurs du même ordre de grandeur que celles effectuées en 2011.

• Site de Galhaut (Fiche n° 153 – Annexes 2.4, 3.3, 4.4 et 5.2)

Le site de Galhaut est localisé à 5,6 km au Nord de Bubry (56). Le paysage environnant est principalement constitué de prairies et de champs.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 48/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Les activités minières de ce site se sont déroulées de 1966 à 1967. Les travaux miniers ont consisté au fonçage d'un puits de 40 m de profondeur et desservant un réseau de galeries situées au niveau N-30 destinées à la reconnaissance du gisement.

Les travaux de réaménagement réalisés en 1993, ont consisté au remblayage intégral du puits avec création d'un tumulus en surface, et au débroussaillage et remodelage du carreau en concordance avec la topographie environnante.

Aucun désordre de surface et aucun écoulement d'eau n'ont été observés sur le site au cours de la visite de terrain de mars 2011.

Des mesures au SPP γ ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux en 2011. Le bruit de fond est de l'ordre de 100 à 120 chocs/s. Les valeurs mesurées sur l'ensemble du site oscillent entre 150 et 250 chocs/s. Les valeurs mesurées le long de la route située en bordure Est du site sont comprises entre 250 et 600 chocs/s. Le plan compteur du site, après réaménagement, effectué dans le cadre du dossier de délaissement de 1994 présente des valeurs comprises entre 120 et 550 chocs/s, les valeurs les plus élevées étant localisées au Nord du puits, difficile d'accès aujourd'hui compte tenu de la présence d'une végétation abondante (ronces et genêts).

• Poulprio (Fiche n° 153 – Annexes 2.4, 3.3, 4.4 et 5.2)

Le site de Poulprio est localisé à 5,2 km au Nord-Ouest du Bubry (56). Le paysage environnant est principalement constitué de prairies et de champs.

Les activités minières de ce site se sont déroulées de 1980 à 1984. Les travaux miniers ont consisté au creusement d'une descenderie desservant trois niveaux de galeries N-5, N-30 et N-45. Un montage d'aérage reliait également les quartiers de dépilages.

Les travaux de réaménagement réalisés en 1993 comprenaient : le comblement de l'accès à la descenderie en raccord avec la topographie, le remblayage intégral du montage, le nettoyage et le remblayage de l'ancien bassin de décantation des eaux d'exhaure.

Aucun désordre de surface n'a été observé sur le site au cours de la visite de terrain de mars 2011.

L'emplacement de l'ancien bassin de décantation correspond aujourd'hui à une zone marécageuse, dont les eaux s'écoulent en direction d'un ruisseau situé à 200 m au NW du site.

Des mesures au SPP γ ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux en 2011. Le bruit de fond est de l'ordre de 100 à 120 chocs/s. Les valeurs mesurées sur l'ensemble du site (carreau, descenderie, montage,...) oscillent entre 250 et 650 chocs/s. Les valeurs mesurées sur la piste d'accès au site sont comprises entre 130 et 180 chocs/s. Le talweg situé en aval du site (emplacement de l'ancien bassin de décantation) présente des valeurs plus élevées (entre 700 et 1850 chocs/s).

Le plan compteur du site (carreau et entrée de la descenderie), après réaménagement, effectué dans le cadre du dossier de délaissement de 1994, présente des valeurs du même ordre de grandeur que celles effectuées en 2011.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 49/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

• Kersegalec (Fiche n° 159 – Annexes 2.10, 3.4, 4.10 et 5.3)

Le site de Kersegalec est localisé à 3,5 km au Sud de Lignol (56). Le paysage environnant est principalement constitué de prairies, de champs et de guelques bois.

Ce site correspond à la première zone minière découverte en Bretagne à la fin des années 50. Les travaux miniers réalisés sur ce site ont consisté au creusement :

- de tranchées de reconnaissance, d'environ 1 m de largeur, quelques mètres de longueurs et d'environ 1 à 3 m de profondeur,
- et, d'une amorce de galerie, d'une dizaine de mètres de longueur.

A la fin de l'exploitation, l'amorce de galerie a été entièrement remblayée et n'est plus visible aujourd'hui.

La visite d'état des lieux effectué en mars 2011 a mis en évidence que :

- certaines tranchées n'ont pas été remblayées et aucun désordre de surface n'a été repéré au niveau de l'amorce de galerie,
- aucun écoulement d'eau n'a été observé sur le site.

Des mesures au SPP γ ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux en 2011. Le bruit de fond est de l'ordre de 100 à 120 chocs/s. Les valeurs mesurées sur l'ensemble du site oscillent entre 150 et 350 chocs/s. Les valeurs mesurées sur l'ancienne piste d'accès au site sont comprises entre 600 et 1500 chocs/s.

• Moulin de Brodimon (Fiche n° 163 – Annexes 2.14, 3.4, 4.14 et 5.3)

Le site du Moulin de Brodimon est localisé à 4,1 km au Sud de Lignol (56). Le paysage environnant est principalement constitué de prairies et de guelques bois.

Les activités minières de ce site se sont déroulées de 1962 à 1965. Les travaux miniers ont consisté au creusement de deux accès : une descenderie et un travers-banc qui desservaient trois niveaux de galeries N-15, N-30 et N-45. Deux montages d'aérage étaient reliés aux quartiers de dépilages.

Les travaux de réaménagement réalisés en 1993, comprenaient : le remblayage des entrées de la descenderie et du travers-banc et le comblement intégral des montages. Le carreau de la mine a été nettoyé et remodelé en raccord avec la topographie environnante.

Aucun désordre de surface et aucun écoulement d'eau n'ont été observés sur le site au cours de la visite de terrain de mars 2011.

Des mesures au SPP γ ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux en 2011. Le bruit de fond est de l'ordre de 100 à 120 chocs/s.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 50/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Les valeurs mesurées sur le site sont présentées dans le tableau suivant :

Zones de mesures	Valeurs radiométriques (mesurées en chocs/seconde SPPγ)
Ancien carreau du site et accès à la descenderie et au travers-banc	200 – 600
Chemin d'accès Nord	150 – 900
Talus en face de la maison du Moulin de Brodimon	250 – 2100

Le plan compteur du site (carreau et accès aux descenderie et travers-banc), après réaménagement, effectué dans le cadre du dossier de délaissement de 1994, présente des valeurs du même ordre de grandeur que celles effectuées en 2011.

• Le Hinguer (Fiche n° 154 – Annexes 2.5, 3.4, 4.5 et 5.3)

Le site du Hinguer est situé à 1,5 km au Sud-Ouest de Lignol (56). Le paysage environnant est constitué de prairies, de champs et de quelques bois.

Les travaux miniers souterrains se sont déroulés entre 1963 et 1968. Ils ont consisté au creusement d'une descenderie accompagnée d'un montage et d'un réseau de galeries sur deux niveaux (N-35 et N-50), desservant les quartiers de dépilages.

Les travaux de réaménagement réalisés en 1992 et 1993 comprenaient :

- le remblayage de la descenderie et du montage,
- le remodelage de l'accès à la descenderie,
- le déboisage et le modelage en concordance avec la topographie environnante du carreau de la mine.

Aucun désordre de surface n'a été constaté à l'aplomb des travaux miniers souterrains lors de la visite de terrain de 2011.

Un écoulement d'eau intermittent a été constaté lors des visites de sites annuelles au niveau de la descenderie. Cependant, cet écoulement était à sec lors de la visite de terrain de 2011

Des mesures au SPP γ ont été effectuées lors de la visite d'état des lieux de 2011. Le bruit de fond local est de l'ordre de 100 à 120 chocs/s. Les valeurs mesurées sur le site sont comprises entre 100 et 500 chocs/s. Le plan compteur après réaménagement effectué dans le cadre du dossier de délaissement de 1994, présente des valeurs du même ordre de grandeur que celles effectuées en 2011. Le chemin d'accès au site présente, quant à lui, des valeurs comprises entre 250 et 1400 chocs/s.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 51/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

• Kerler (Fiche n° 157 – Annexes 2.8, 3.4, 4.8 et 5.3)

Situé à 1,5 km au Sud-Ouest de Lignol (56), le site de Kerler est localisé dans un paysage de prairies, de champs et de bois.

Les activités minières se sont déroulées de 1961 et 1978. Les travaux ont consisté au creusement d'un puits et d'une descenderie, accompagnés de 2 montages et d'un réseau de galeries sur 6 niveaux (N-15, N-30, N-45, N-60, N-75 et N-90) desservant les quartiers de dépilages, exploités de 1974 à 1978. En 1978, un important éboulement entraina l'arrêt définitif de l'exploitation.

Les travaux de réaménagement, réalisés en 1993, comprenaient un comblement sur 20 m de la descenderie et le remodelage de l'accès selon la topographie environnante, le remblayage intégral du puits et des deux montages et le remodelage du carreau minier selon la topographie environnante.

La visite d'état des lieux de 2011 a mis en évidence :

- qu'aucun désordre de surface n'a été repéré sur les terrains situés à l'aplomb des travaux miniers souterrains.
- qu'au cours de l'exploitation, un mur de soutènement, constitué de stériles miniers, a été créé en bordure de la route : les stériles miniers ont été placé à l'arrière de ce mur. Ce dernier s'est écroulé sur environ 1,5 m de largeur, en bordure du chemin d'accès à la partie haute du hameau.
- qu'aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site.

Des mesures au SPP γ ont été réalisées lors de la visite d'état des lieux de 2011. Le bruit de fond local est de l'ordre de 100 à 120 chocs/s.

Les valeurs mesurées sur le site sont comprises entre 200 et 600 chocs/s. Le plan compteur après réaménagement, effectué dans le cadre du dossier de délaissement de 1994, présente des valeurs du même ordre de grandeur que celles effectuées en 2011.

Les valeurs mesurées sur les stériles miniers situés au niveau du petit éboulement du mur de soutènement sont comprises entre 550 et 28000 chocs/s.

Le fossé situé au Nord, le long de la route reliant Lignol à Quelfenec, présente des valeurs comprises entre 600 et 2000 chocs/s (ponctuellement 3500 chocs/s). Les valeurs mesurées dans la prairie située au Nord du site sont quant à elles comprises entre 450 et 2500 chocs/s.

• Calerden (Fiche n° 151 – Annexes 2.2, 3.5, 4.2 et 5.3)

Le site de Calerden est localisé à 2,3 km au Sud-Est de Saint-Caradec-Trégomel (56). Le paysage environnant est principalement constitué de prairies, de champs et de quelques bois.

Les activités minières se sont déroulées de 1968 à 1984. Les travaux ont consisté au creusement d'un puits desservant un réseau de galeries sur 3 niveaux (N-30, N-60 et N-75). Un montage reliait également la surface et les quartiers de dépilages, exploités de 1982 à 1984.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 52/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Les travaux de réaménagement réalisés en 1992 et 1993 ont consisté au remblayage du puits et du montage. Le carreau a également été remblayé.

Aucun désordre de surface à l'aplomb des travaux miniers, et aucun écoulement d'eau n'ont été observés sur le site au cours de la visite de terrain de mars 2011.

Les valeurs mesurées au SPP γ en 2011 sont de l'ordre de 100 à 120 chocs/s dans le milieu naturel. Les mesures effectuées sur le site oscillent entre 150 et 750 chocs/s. Elles sont du même ordre de grandeur que celles obtenues lors de la réalisation du plan compteur après réaménagement, figurant dans le dossier de délaissement de 1994. Quelques valeurs ponctuelles jusqu'à 1200 chocs/s ont été relevées sur l'ancien carreau minier.

• Vouedec (Fiche n° 171 – Annexes 2.22, 3.7, 4.22 et 5.4)

Le site de Vouedec est situé à 1,7 km au Sud-Est de Berné (56). Le paysage environnant est constitué de prairies et de bois.

Les travaux miniers, effectués de 1962 à 1971 ont consisté au creusement d'un puits, accompagné d'un montage et d'un réseau de galeries sur 4 niveaux (N-15, N-30, N-45 et N-60) desservant les quartiers de dépilages.

Lors des travaux de réaménagement du site réalisés en 1993, le puits a fait l'objet d'un remblayage intégral. De plus, le carreau minier a été débroussaillé, puis remodelé en concordance avec la topographie environnante.

Aucun désordre de surface à l'aplomb des travaux miniers souterrains et aucun écoulement d'eau n'ont été repéré sur le site lors de la visite d'état des lieux de 2011.

Les mesures au SPP γ réalisées dans le cadre de la visite de terrain de 2011 ont révélées un bruit de fond de l'ordre de 100 à 120 chocs/s. Le site présente quant à lui des valeurs comprises entre 100 et 420 chocs/s. Ces mesures sont du même ordre de grandeur que celles du plan compteur après réaménagement, réalisé dans le cadre du dossier de délaissement de 1994.

• Bonote (Fiche n° 150 – Annexes 2.1, 3.7, 4.1 et 5.4)

Le site de Bonote est situé à 1,7 km au Sud-Est de Berné (56). Le paysage environnant présente un vallonnement adouci. Il est constitué de prairies et de bois.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 53/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Les travaux miniers, réalisés entre 1958 et 1971, ont consisté au creusement d'un puits de 108 m, accompagné de 4 montages, desservant un réseau de galeries sur 5 niveaux (N-30, N-60, N-90, N-120 et N-150). Le site a fait l'objet de dépilages entre le niveau N-150 et la surface.

A la fin de l'exploitation, en 1971 et 1972, une partie des dépilages réalisés a été remblayée. En 1992 et 1993, les ouvrages de liaisons fond-jour ont été intégralement remblayés et le carreau minier a été remodelé. En 1995, un périmètre de sécurité a été mis en place autour de la tête du puits Sainte-Anne. Le tumulus situé à l'aplomb du puits a fait l'objet par la suite de reprises en 1996 et 2002.

Aucun désordre de surface à l'aplomb des travaux miniers et aucun écoulement d'eau n'ont été repérés sur le site lors de la visite d'état des lieux de 2011.

Des mesures au SPP γ ont été réalisées au cours de la visite de terrain de 2011. Les valeurs mesurées dans le milieu naturel sont de l'ordre de 100 à 120 chocs/s. Les valeurs mesurées sur le site oscillent entre 150 et 660 chocs/s. Le plan compteur, après réaménagement, effectué dans le cadre du dossier de délaissement de 1994, présente des valeurs du même ordre de grandeur que celles relevées en 2011.

Des valeurs ponctuelles ont été mesurées dans le talweg situé au Sud-Est du site et dans le chemin d'accès, avec respectivement jusqu'à 1100 et 1200 chocs/s. Ce marquage correspond à l'ancien circuit des eaux durant l'exploitation.

• Kerhuennec (Fiche n° 155 – Annexes 2.6, 3.6, 4.6 et 5.4)

Le site de Kerhuennec est localisé à 4,3 km au Nord-Ouest de Plouay (56). Il est situé dans un paysage de prairies et de bois.

Les activités minières se sont déroulées de 1977 à 1980. Les travaux ont consisté au creusement d'un travers-banc accompagné d'un montage et de galeries sur deux niveaux N77et N100, entre lesquels étaient localisés les dépilages.

Lors de travaux de réaménagement de 1993, l'entrée du travers-banc a été obturée. Le montage a été intégralement remblayé et le carreau de la mine a été remodelé.

Un tassement a été constaté à l'aplomb du dépilage lors de la visite de terrain de 2011. Il a été comblé cette même année. Aucun autre désordre de surface n'a été constaté à l'aplomb des travaux miniers souterrains.

Aucun écoulement d'eau provenant des travaux miniers souterrains n'a été constaté lors de la visite d'état des lieux de 2011. Cependant, il est à noter que le ruisseau longeant le site crée une zone humide en aval immédiat de l'entrée du travers-banc.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 54/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Des mesures au SPP γ réalisées en 2011 lors de la visite d'état des lieux ont révélées un bruit de fond de l'ordre de 100 à 120 chocs/s. Les valeurs mesurées sur le site sont comprises, pour la partie Nord-Est du site, entre 150 et 450 chocs/s (ponctuellement 1200 chocs/s à l'entrée du travers-banc), et pour la partie Sud-Est, entre 150 et 350 chocs/s.

Un plan compteur après réaménagement a été réalisé dans le cadre du dossier de délaissement de 1994, au niveau du carreau minier et de l'entrée du travers-banc. Les valeurs mesurées sont du même ordre de grandeur que celles réalisées en 2011.

• Rosglas (Fiche n° 168 – Annexes 2.19, 3.8, 4.19 et 5.4)

Situé à 2,8 km au Sud-Est de Meslan (56), le site de Rosglas est localisé dans un paysage de prairies et de quelques bois.

Les activités minières se sont déroulées de 1964 et 1975. Les travaux ont consisté au creusement d'un puits d'un réseau de galeries sur 4 niveaux (N-15, N-30, N-45 et N-60). Trois montages reliaient également la surface et des différents quartiers de dépilages. Une tranchée d'environ 1500 m³ a également été exploitée sur le site.

Lors des travaux de réaménagement de 1993, les ouvrages débouchant au jour (puits et montages) ont été intégralement remblayés avec les matériaux disponibles sur le site. La tranchée a été rebouchée. Le carreau de la mine a été déboisé et remodelé.

Aucun désordre de surface sur les terrains situés à l'aplomb des travaux miniers souterrains et aucun écoulement d'eau n'ont été repérés lors de la visite d'état des lieux de 2011.

Les mesures au SPP γ réalisées en 2011, lors de la visite d'état des lieux, ont révélées un bruit de fond de l'ordre de 100 à 120 chocs/s. Les valeurs mesurées sur le carreau minier et à l'aplomb des dépilages sont comprises entre 120 et 550 chocs/s. Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le cadre du plan compteur après réaménagement, du dossier de délaissement de 1994.

La verse à stériles présente des valeurs situées entre 350 et 600 chocs/s, avec des valeurs ponctuelles sur le flanc nord n'excédant pas 2500 chocs/s. Le chemin d'accès présente des valeurs comprises entre 200 et 350 chocs/s jusqu'au Nord du site. Le chemin de randonnée situé au Nord du site présente un marquage radiologique, avec des valeurs comprises entre 800 et 2500 chocs/s. Ce marquage est dû à l'écoulement des eaux issues des travaux miniers souterrains durant l'exploitation.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 55/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

• Roscorbel (Fiche n° 167 – Annexes 2.18, 3.7, 4.18 et 5.4)

Le site de Roscorbel est localisé à 2 km au Sud-Ouest de Berné (56). Le paysage environnant est constitué de prairies et de bois.

Les travaux de recherches, réalisés en 1959 et 1960, ont consisté au creusement d'un travers-banc d'environ 150 m de longueur. Les travaux de réaménagement ont été effectués en 1993 : l'entrée du travers-banc a été remblayée par effondrement du stot sur 10 m de long et raccordé en niveau avec le terrain naturel.

Aucun désordre de surface sur les terrains situés à l'aplomb des travaux miniers souterrains et aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site au cours de la visite d'état des lieux de 2011.

Les mesures au SPP γ réalisées en 2011 lors de la visite d'état des lieux ont révélées un bruit de fond de l'ordre de 100 à 120 chocs/s. Les valeurs mesurées sur le site sont du même ordre de grandeur que le bruit de fond, avec ponctuellement des valeurs de 250 chocs/s. au niveau de l'entrée du travers-banc.

• Kerjean (Fiche n° 156 – Annexes 2.7, 3.8, 4.7 et 5.4)

Le site de Kerjean est localisé à 2,8 km au Nord de Guilligomarc'h (29). Le paysage environnant est constitué de prairies et de bois.

Les travaux miniers, réalisés entre 1978 et 1980, ont consisté au creusement d'une descenderie, accompagnée d'un montage et d'un réseau de galeries sur 4 niveaux (N-15, N-20, N-30 et N-40).

Les travaux de réaménagement ont été effectués en 1993. La descenderie et le montage ont été remblayés. Le carreau minier a été débroussaillé, remodelé et recouverte par apport de terre arable.

Aucun désordre de surface sur les terrains situés à l'aplomb des travaux miniers souterrains et aucun écoulement d'eau n'ont été repérés lors de la visite d'état des lieux de 2011.

Des mesures au SPP γ ont été réalisées au cours de la visite de terrain de 2011. Les valeurs mesurées dans le milieu naturel sont de l'ordre de 100 à 120 chocs/s. Les valeurs mesurées sur le site oscillent entre 120 et 750 chocs/s. Le plan compteur après réaménagement, effectué dans le cadre du dossier de délaissement de 1994, présente des valeurs du même ordre de grandeur que celles relevées en 2011.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 56/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

5.4.2 Bassin versant du Blavet

• Keroc'h (Fiche n° 158 – Annexes 2.9, 3.1, 4.9 et 5.2)

Le site de Keroc'h est localisé à 1 km au Nord-Ouest de Guern (56). Le paysage environnant est constitué principalement de champs et prairies.

Les activités minières de ce site se sont déroulées de 1963 à 1964 et ont consisté en la réalisation de tranchées de reconnaissance (tranchées de faible dimension assimilables à des fouilles).

La visite d'état des lieux réalisée en mars 2011 a mis en évidence que :

- il n'existe plus aucune trace de l'activité minière sur la parcelle concernée, qui est aujourd'hui difficile d'accès compte tenue de la présence d'une végétation abondante (genêts et ronces),
- aucun écoulement d'eau ou désordre de surface n'ont été observés sur le site.

Des mesures au SPP γ ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux en 2011. Le bruit de fond est de l'ordre de 100 à 120 chocs/s. La parcelle concernée par les travaux miniers présente des valeurs du même ordre de grandeur que celles du bruit de fond. Seul le chemin d'accès à cette parcelle présente des valeurs plus élevées, comprises entre 300 et 1600 chocs/s.

• Quistiave (Fiche n° 166 – Annexes 2.17, 3.1, 4.17 et 5.2)

Le site de Quistiave est localisé à 1,8 km au Sud-Ouest de Guern (56). Le paysage environnant est principalement constitué de prairies, de champs et de guelques bois.

Les activités minières de ce site se sont déroulées de 1957 à 1962. Les travaux miniers ont consisté au fonçage de deux puits :

- P1, d'une profondeur de 52 m et localisé au niveau du carreau minier, desservait deux niveaux de galeries principaux N-20 et N-50, qui donnaient accès aux différents quartiers de dépilages.
- P2, ayant une profondeur de 25 m, était relié au niveau N-20.

Deux montages (M1 et M2), utilisés pour l'aérage de la mine, ont également été creusés.

Les travaux de réaménagement, réalisés en 1993, comprenaient le remblayage intégral des deux puits et des deux montages, ainsi que le débroussaillage, le nettoyage et le nivellement du carreau minier. La visite d'état des lieux effectuée en mars 2011, a montré que :

- sur le carreau, des vestiges d'ouvrages bétonnés, dont l'un correspondant vraisemblablement à un quai de chargement, sont toujours présents,
- aucun désordre de surface, à l'aplomb des travaux miniers souterrains, et aucun écoulement d'eau n'a été observé sur le site.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 57/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Des mesures au SPP γ ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux en 2011. Le bruit de fond est de l'ordre de 100 à 120 chocs/s. Le carreau minier présente des valeurs de l'ordre de 250 à 900 chocs/s. Le plan compteur du site, après réaménagement, effectué dans le cadre du dossier de délaissement de 1994, présente des valeurs du même ordre de grandeur que celles effectuées en 2011.

• Keryacunff (Fiche n° 161 – Annexes 2.12, 3.3, 4.12 et 5.2)

Le site de Keryacunff est localisé à 4,4 km au Nord-Ouest de Bubry (56). Le paysage environnant est principalement constitué de prairies et de champs.

Les activités minières de ce site se sont déroulées de 1971 à 1977 et ont consisté en l'exploitation d'une mine à ciel ouvert, d'environ 80 m de diamètre et de 27 m de profondeur.

Les travaux de réaménagement, réalisés en 1993, ont nécessité dans un premier temps la vidange de la fosse, qui avait été laissée en eau depuis 1977, après analyse des eaux et accord des services de l'Etat. La fosse a été ensuite intégralement remblayée avec les stériles de la verse. L'ensemble du site (ancien carreau, emplacement de l'ancienne verse et emprise de la mine à ciel ouvert) a été ensuite remodelé en raccord avec la topographie environnante.

Des mesures au SPP γ ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux en 2011. Le bruit de fond est de l'ordre de 100 à 120 chocs/s. Les valeurs mesurées sur l'ensemble du site oscillent entre 100 et 400 chocs/s. Le plan compteur du site, après réaménagement, effectué dans le cadre du dossier de délaissement de 1994, présente des valeurs du même ordre de grandeur que celles effectuées en 2011.

• Ty-Gallen (Fiche n° 170 – Annexes 2.21, 3.3, 4.21 et 5.2)

Le site de Ty-Gallen est localisé à 4,6 km au Nord-Ouest de Burbry (56). Le paysage environnant est principalement constitué de champs et de quelques bois.

Les activités minières se sont déroulées de 1963 à 1981. Les travaux miniers ont consisté au creusement d'une descenderie qui desservait trois niveaux de galeries N-15, N-35 et N-50. Trois montages d'aérage reliaient la surface aux quartiers de dépilages. Pendant l'exploitation, les eaux d'exhaure minier étaient pompées, puis canalisées et rejetées dans le talweg du hameau de Guern en Tal (cf. chapitre 8.1.3 : Analyse par bassin versant de l'impact réel sur le milieu aquatique).

Les travaux réaménagement, réalisé en 1993, comprenaient le remblayage intégral des trois montages et le comblement de l'entrée de la descenderie, en raccord avec la topographie environnante. Une petite verse à stériles a été laissée en place au Nord du site.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 58/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

La visite d'état des lieux, effectuée en février 2011, a mis en évidence :

- la présence d'un forage technique, localisé dans le bois en bordure ouest du site.
- que le montage M2 présentait un fontis d'environ 1,5 m de profondeur : ce fontis a été remblayé, en mars 2011 lors du débroussaillage du site, avec création d'un tumulus afin de surveiller toute évolution.
- qu'aucun autre désordre de surface à l'aplomb des travaux miniers n'a été repéré sur le site.
- qu'aucun écoulement d'eau n'a été observé sur le site.

Des mesures au SPP γ ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux en 2011. Le bruit de fond est de l'ordre de 100 à 120 chocs/s.

Les valeurs mesurées sur le site sont présentées dans le tableau suivant :

Zones de mesures	Valeurs radiométriques (mesurées en chocs/seconde SPPγ)	
Chemin d'accès	150 – 350 (une valeur ponctuelle à 1000)	
Ancien carreau du site	220 – 450	
Verse à stériles	200 – 220	

Le circuit des eaux d'exhaure minier pendant exploitation a été également contrôlé : les mesures mettent en évidence un marquage radiologique notamment dans le fossé longeant le chemin d'accès au hameau de Guern en Tal (650 à 2500 chocs/s SPP_{γ}), dans la zone humide située en contrebas de la maison (400 à 3200 chocs/s SPP_{γ}). Le terrain de pétanque de la maison présente également des valeurs comprises entre 420 et 650 chocs/s.

Le plan compteur du site (ancien carreau), après réaménagement, effectué dans le cadre du dossier de délaissement de 1994, présente des valeurs du même ordre de grandeur que celles effectuées en 2011, avec trois points de mesures compris entre 1050 et 1250 chocs/s localisés au niveau de l'entrée du site, près du chemin d'accès.

• Mane Mabo (Fiche n° 162 – Annexes 2.13, 3.2, 4.13 et 5.5)

Le site de Mane Mabo est localisé à 1,8 km au Nord-Ouest de Quistinic. Le paysage environnant est composé principalement de champs et de bois.

Les activités minières de ce site se sont déroulées de 1961 à 1964. Les travaux miniers ont consisté au fonçage d'un puits de 50 m de profondeur, desservant 3 niveaux de galeries N-15, N-31 et N-47.

Aucune information n'a été retrouvée dans les documents d'archives sur la production d'uranium métal, sur l'exploitation d'éventuels dépilages ou encore sur la nature exacte du réaménagement du site.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 59/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Cependant, la visite d'état des lieux, effectuée en février 2011, a mis en évidence :

- que le puits a été obturé par une dalle béton de dimension 6 x 7 m. Un poulailler a été mis en place sur cette dalle par les propriétaires actuels du site.
- qu'aucun désordre de surface n'a été observé à l'aplomb des travaux miniers souterrains.
- qu'aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site.

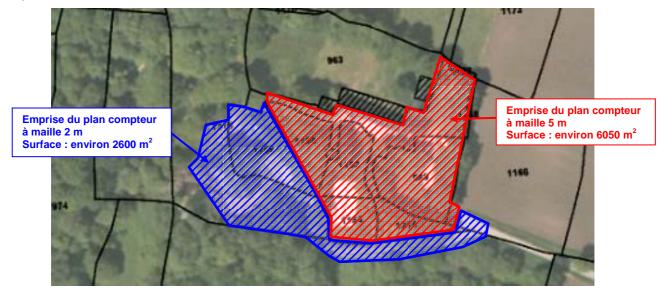
Des mesures au SPP γ ont été effectuées au cours de la visite d'état des lieux en 2011. Le bruit de fond est de l'ordre de 100 à 120 chocs/s. Les valeurs mesurées sur le site sont présentées dans le tableau suivant :

Zones de mesures	Valeurs radiométriques (mesurées en chocs/seconde SPPγ)
Autour de l'ancien puits et carreau minier	400 – 1300
Autour de la maison d'habitation	200 – 400 (ponctuellement 800 – 1000)
Reste du site	150 – 250 (ponctuel : 1200)

Afin d'améliorer la connaissance du site et compte tenu du fait que l'ancien carreau minier constitue aujourd'hui une « extension » du jardin de la maison, un plan compteur a été réalisé par Subatech en mai 2011. Les mesures effectuées ont été réalisées de la manière suivante :

- à l'aide d'une échelle de comptage à mémoire ECM21 (CANBERRA) équipée d'une sonde de détection de radiation gamma (SG2). Les résultats sont exprimés en chocs/seconde.
- la mesure a été réalisée à 1 m du sol.
- à maille 2 × 2 m, au niveau de l'ancien carreau minier et du chemin d'accès au site, situé au Sud de la maison.
- à maille 5 × 5 m, dans le jardin de la maison.

La figure suivante présente l'emprise du plan compteur :



Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 60/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

La figure 6 présente les résultats du plan compteur. Celui-ci met en évidence :

- un marquage radiologique de la zone autour du puits (environ 1000 m²) avec des valeurs comprises entre 450 et 1200 chocs/s,
- l'ancien chemin d'accès, longeant le jardin au Sud présente des valeurs comprises entre 150 et 450 chocs/s.
- la partie jardin (zone du maillage à 5 m) présente des valeurs de l'ordre de 150 chocs/s, avec un point relevé à l'angle de la terrasse à 1000 chocs/s <u>au sol</u>.

Deux petites zones (l'une sur la parcelle 959 sur environ 250 m² et la seconde à l'angle NE de la dépendance sur la parcelle 1169) présentent des valeurs comprise entre 300 et 750 chocs/s.

5.4.3 Bassin versant de l'Ellé

• Kervrec'h (Fiche n° 160 – Annexes 2.11, 3.8, 4.11 et 5.5)

Le site de Kervrec'h est situé à 2 km à l'Ouest de Meslan (56). Il est localisé dans un paysage de prairies et de champs.

Les activités minières se sont déroulées de 1957 à 1968, puis en 1976 et 1977. Elles ont consisté au creusement d'un puits, accompagné d'un montage et d'un réseau de galeries sur 3 niveaux (N-15, N-30, N-45). En 1993, les travaux de réaménagement ont consisté au remblayage intégral du puits et du montage, ainsi qu'au remodelage du carreau minier.

Lors de la visite d'état des lieux de 2011, aucun désordre minier et aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur les terrains situés à l'aplomb des travaux miniers souterrains.

Des mesures, effectuées au SPP γ , ont été effectuées dans le cadre de la visite d'état des lieux de 2011. Le bruit de fond est de l'ordre de 100 à 120 chocs/s. L'ancien carreau minier présente des valeurs comprises entre 250 et 850 chocs/s. L'entrée présente, sur environ 100 m², des valeurs comprises entre 1300 et 2000 chocs/s, avec ponctuellement des valeurs de 3000 à 4550 chocs/s. Ces meures sont du même ordre de grandeur que celles du plan compteur après réaménagement, du dossier de délaissement de 1994. La zone du montage, située au Sud du carreau, présente quant à elle des mesures comprises entre 100 et 180 chocs/s.

• Carros-Combout (Fiche n° 152 – Annexes 2.3, 3.9, 4.3 et 5.5)

Localisé à 2 km à l'Est de Querrien (29), le site de Carros-Combout est situé dans un paysage de prairies et de champs.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 61/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Ce site a fait l'objet de travaux de reconnaissance entre 1956 et 1964. Ces travaux ont consisté d'une part au creusement d'un puits, et d'autre part au creusement de tranchées.

Aucune trace des travaux de recherches n'est aujourd'hui visible.

Aucun désordre de surface et aucun écoulement d'eau n'ont été constatés lors de la visite d'état des lieux de 2011.

Les mesures réalisées en 2011 au SPP γ sur le site sont comprise entre 100 et 120 chocs/s. Elles sont du même ordre de grandeur que celles réalisées dans le milieu naturel.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 62/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	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).

Sur les départements du Finistère et du Morbihan, il n'existe <u>aucun</u> stockage de résidus de traitement du minerai d'uranium et produits de démantèlement. Par conséquent, les paragraphes suivants concerneront uniquement les stériles miniers.

6.1 GENERALITES – TENEUR EN URANIUM

Suivant la position du gisement et ses caractéristiques géométriques, le minerai a été extrait par mines à ciel ouvert ou par travaux souterrains. Dans tous les cas, la réalisation d'accès au minerai a conduit tout d'abord à l'extraction de stériles miniers correspondant à la roche encaissante du gisement. Ces roches peuvent contenir, ou non, de l'uranium ou du minerai d'uranium en fonction de leur proximité avec le filon.

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

Dans la base documentaire actuelle (dossiers d'arrêt des travaux miniers), il n'y a pas d'informations disponibles sur les teneurs de coupure « STERILE – MINERAI » en fonction de chaque site. Cependant, il est possible de donner une estimation de ces teneurs en se basant sur celles ayant servis à l'exploitation des sites de Crouzille (Haute-Vienne) par COGEMA, à la même époque.

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

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 63/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

6.2 REAMENAGEMENT DES VERSES A STERILES

Les stériles représentent entre 60 % et 95 % du volume total extrait, en fonction de la taille de la découverte initiale et du type d'exploitation (MCO ou TMS). Ainsi, il est possible d'estimer la quantité de stériles extraits sur les départements du Morbihan et du Finistère à environ 650 000 tonnes. La grande majorité d'entre eaux a servi, lors du réaménagement, au comblement des ouvrages de liaison fond-jour, d'une partie des dépilages dans certains cas, et des mines à ciel ouvert.

De cette manière, sur les 22 sites concernés par le présent bilan, seuls deux sites présentent encore aujourd'hui une verse à stériles résiduelle : Rosglas et Ty Gallen

Certaines verses ont également été réaménagées en plateformes. Quatre sites sont concernés : Kerjean, Kerler, Mane Mabo et Prat Mérien.

Le tableau suivant met en évidence la nature du réaménagement effectué pour chacune des verses et les mesures radiométriques effectuées au SPPγ réalisées au cours des visites de terrain de 2011.

Sites miniers	Aspect actuel de la verse	Réaménagements	Radiométrie en chocs/s SPPγ
Rosglas	Verse résiduelle	 Verse à stériles située au Nord du site. Remodelage d'une partie de la verse sous forme de plateforme. Présence d'une verse résiduelle au Nord. 	Plateforme : 260 – 550 Verse résiduelle : 350 – 600 (2500 ponctuellement sur le flanc Nord)
Ty Gallen	Verse résiduelle	 Verse à stériles résiduelle située à l'Est du carreau minier. Sans remodelage particulier. 	200 – 220
Kerjean	Plateforme	 Verse à stériles située au Nord du site. Remodelage de la verse sous forme de plateforme. 	250 – 750
Kerler	Plateforme	 Verse à stériles située au Nord du site. Mise en place d'un muret de soutènement en stériles. Remodelage de la verse sous forme de remblais pour la réalisation d'une plateforme et mise en place d'une couche végétale. Présence d'un garage. 	250 – 600 (zone effondrée du mur de soutènement : 5 50 – 28 000)
Mane Mabo	Plateforme	 Verse à stériles située au Nord-Ouest du site. Remodelage de la verse en plateforme au Nord de l'ancien carreau minier. Mise en place d'une couche de terre végétale. 	400 – 1300
Prat Mérien	Plateforme	 Emplacement de la verse à stériles située au Nord-Ouest du site. La majeure partie des stériles a été utilisée pour le comblement de la mine à ciel ouvert. Remodelage de l'emplacement de la verse sous forme de plateforme. Présence d'une zone d'entreposage de matériel. 	120 – 250

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 64/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

6.3 REUTILISATION PARTICULIERE DES STERILES

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

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

Au stade des connaissances actuelles, seul le site de Ty Gallen (Bubry, 56) a fait l'objet d'une réutilisation de stériles, durant l'exploitation et dans le cadre d'une politique de bon voisinage, pour la réalisation d'un terrain de pétanque. Les mesures, réalisées en 2011 sur ce terrain, sont comprises entre 420 et 650 chocs/seconde SPP_{γ} (moyenne à 500 chocs/seconde SPP_{γ}).

Aucun autre site minier morbihannais ou finistérien n'aurait fait l'objet de réutilisation de stériles. Aucun emprunt de stériles provenant des verses n'a été constaté au cours de la visite d'état des lieux de 2011.

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 65/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

7 EVALUATION DES IMPACTS EN TERME DE SECURITE PUBLIQUE

7.1 INTRODUCTION

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

- le décret n° 95-696 du 9 mai 1995 relatif à l'ouverture des travaux miniers qui, dans son article 44, précise que le document accompagnant la déclaration d'arrêt des travaux et installations devait comporter « un document relatif aux incidences prévisibles des travaux effectués sur la tenue des terrains de surface » ;
- le décret n° 2001-209 du 6 mars 2001, modifiant le décret n° 95-696 et en particulier l'article 44 du Code Minier, qui impose « la réalisation d'une étude ayant pour objet de déterminer si des risques importants [...] subsisteront après le donner acte mentionné au neuvième alinéa de l'article 91 du Code Minier »;
 - Il est à noter que le décret n° 95-696 du 9 mai 1995 a été abrogé par décret n°2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains. Cependant, cet arrêté de 2006 stipule que le décret de 1995 « demeure toutefois applicable aux demandes d'autorisation et aux déclarations d'ouverture de travaux miniers ainsi qu'aux déclarations d'arrêt de travaux présentées avant la publication du [...] décret [de 2006] ».
- le décret n°2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains impose que :
 - « La déclaration d'arrêt des travaux prévue par l'article 91 du code minier [...] adressée au préfet par l'exploitant, [... soit] accompagnée des documents et informations suivants selon la nature des travaux :
 - 1° Des plans géoréférencés des travaux et installations faisant l'objet de la procédure d'arrêt, à des échelles adaptées, et de la surface correspondante ainsi que, notamment, s'il y a persistance de risques mentionnés au troisième alinéa de l'article 91 du code minier, les plans, coupes et documents relatifs à la description du gisement [...] et des travaux réalisés ; [...]
 - 4° Pour les mines, une étude ayant pour objet de déterminer si des risques importants, notamment ceux mentionnés à l'article 93 du code minier, subsisteront après la décision mentionnée au neuvième alinéa de l'article 91 du code minier, mettant fin à l'exercice de la police des mines dans les conditions prévues à l'alinéa suivant ; cette étude doit préciser la nature et l'ampleur des risques, les secteurs géographiques affectés ainsi que les raisons techniques et financières pour lesquelles ces risques ne peuvent être supprimés ;

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 66/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	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 ».

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

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

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

7.2 LES RISQUES LIES AUX TRAVAUX MINIERS SOUTERRAINS

7.2.1 Les ouvrages de liaisons fond-jour

L'inventaire des ouvrages fond-jour a été réalisé sur la base des documents d'archives et de repérage de terrain. Il a mis en évidence 37 ouvrages verticaux et 10 galeries débouchant au jour. La liste est présentée par site dans le tableau suivant :

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 67/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Sites	Période d'exploitation	Nature de l'ouvrage	Dénomination	Section
	•	Puits	Puits Sainte-Anne	Ø = 2,8 m
		Montage	M1	2 × 2 m
Bonote	1958 – 1971	Montage	M2	2 × 2 m
		Montage	M3	2 × 2 m
		Montage	M4	2 × 2 m
Calerden	1968 – 1984	Puits	1	4 × 4 m
Calefueli	1900 – 1904	Montage	1	2 × 2 m
Carros-Combout	1956 – 1964	Puits	1	?
Galhaut	1966 – 1967	Puits	1	2,2 × 2,4 m
Le Hinguer	1963 – 1968	Descenderie	1	2,5 × 2 m
Le i liliguei	1905 – 1900	Montage	1	2 × 2 m
Kerhuennec	1977 – 1980	Travers-banc	1	2,5 × 2 m
Remachine	1077 1000	Montage	1	2,5 × 2,5 m
Kerjean	1978 – 1980	Descenderie	1	3,5 × 2 m
renjean	1070 1000	Montage	1	2 × 2 m
		Puits	1	Ø = 1,85 m
Kerler	1961 – 1978	Descenderie	1	2,5 × 2,5 m
Kener	1301 – 1370	Montage	M1	2 × 2 m
		Montage	M2	2 × 2 m
Kersegalec	Fin années 50	Amorce de galerie	1	2,5 × 2,5 m
Kervrec'h	1957 – 1977	Puits	1	2,2 × 2,6 m
		Montage	1	2 × 2 m
Mane Mabo	1961 – 1964	Puits	1	3,5 × 5 m
		Travers-banc	1	2,5 × 2 m
Moulin de Brodimon	1962 – 1965	Descenderie	1	2,5 × 2,5 m
Widaiii de Brediiiieii	1002 1000	Montage	M1	2 × 2 m
		Montage	M2	2 × 2 m
Poulprio	1980 – 1984	Descenderie	1	3,5 × 2,5 m
·		Montage	1	2 × 2 m
Prat-Mérien	1956 – 1982	Puits	Puits Saint-Hervé	Ø = 2,5 m
		Puits	P1	Ø = 3 m
Quistiave	1957 – 1962	Puits	P2	Ø = 2 m
·		Montage	M1	2 × 4 m
	1050 1000	Montage	M2	2 × 2 m
Roscorbel	1959 – 1960	Travers-banc	1	2,5 × 2 m
		Puits	/	Ø = 2,5 m
Rosglas	1964 – 1975	Montage	M1	2 × 2 m
		Montage	M2	2 × 2 m
		Montage	M3	2 × 2 m
Sulliado	1969 – 1976	Puits	1	2,2 × 2,6 m
	1000 .0.0	Montage	1	2 × 2 m
Ty-Gallen	1976 – 1981	Descenderie	/	3 × 2 m
		Montage	M1	2 × 2 m
		Montage Montage	M2	2 × 2 m
		Montage	M3	2 × 2 m
Vouedec	1962 – 1971	Puits	<i>I</i>	Ø = 2,7 m
		Montage	1	2 × 2 m

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

 $\underline{\text{Remarque}}$: Seul le puits du site de Mane Mabo a été obturé par une dalle de béton de 6 × 7 m. Aucune information sur le remblayage de cet ouvrage n'est mentionné dans les documents d'archives actuellement en notre possession.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 68/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

L'ensemble de ces ouvrages a fait l'objet d'une auscultation visuelle réalisée en février et mars 2011 par AREVA: seul le montage M2 du site de Ty-Gallen présentait un fontis d'environ 1,5 m de profondeur. Ce fontis a fait l'objet d'un remblayage, avec création d'un tumulus destiné à suivre l'évolution d'éventuel autre tassement, lors du débroussaillage du site en mars 2011. Aucun désordre et anomalie n'ont été constatés sur les autres sites présentant des ouvrages de liaison fond-jour.

Par le passé, un certain nombre de fontis liés à des ouvrages fond-jour ont déjà été répertoriés et concernait les sites de Galhaut, Moulin de Brodimon, Quistiave, Le Hinguer, Bonote, Kerhuennec, Roglas et Vouedec. Pour plus d'informations, il convient de se reporter aux fiches de sites en annexe 1.

Remarque : Le puits Sainte-Anne du site de Bonote est localisé à l'intérieur d'un périmètre de sécurité, mis en place lors du réaménagement de 1993.

7.2.2 Les infrastructures et chantiers souterrains

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

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

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

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

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

Les effondrements « classiques »

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 69/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Si l'on considère un coefficient de foisonnement F et une hauteur de vide H, la hauteur H₁ de terrain susceptible de tomber et de remplir le vide est donnée par la formule :

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

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

F	H ₁
1,4	2,5 H
1,5	2,0 H
1,6	1,7 H

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

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

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

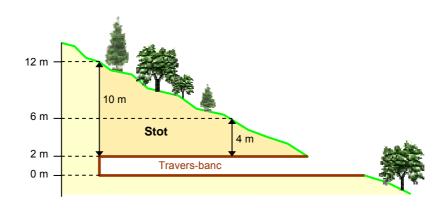
Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 70/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Sites	Période d'exploitation	Niveaux	Sections (l×h en m)	Remblayage
Bonote	1958-1971	5 niveaux (N-30, N-60, N-90, N-120 et N-150)	2 × 2	
Calerden	1968-1984	3 niveaux (N-30, N-60 et N-75)	2 × 2	
Galhaut	1966-1967	1 niveau (N-30)	2 × 2	
Le Hinguer	1963-1968	2 niveaux (N-35 et N-50)	2 × 2 Desc. : 2,5 × 2	
Kerhuennec	1977-1980	2 niveaux (N77 correspondant au TB et N100 correspondant à une galerie à 5 m de profondeur)	2 × 2 TB : 2,5 × 2	
Kerjean	1978-1980	4 niveaux (N-15, N-20, N-30 et N-40)	2 × 2 Desc. : 3,5 × 2	Absence d'information
Kerler	1961-1978	6 niveaux (N-15, N-30, N-45, N-60, N-75 et N-90)	2 × 2 Desc. : 2,5 × 2,5	sur le remblayage
Kervrec'h	1957-1977	3 niveaux (N-15, N-30 et N-45)	2 × 2	des galeries
Mane Mabo	1961-1964	3 niveaux (N-15, N-31 et N-47)	2 × 2	
Moulin de Brodimon	1962-1965	3 (N-15, N-30 et N-45)	2 × 2 Desc. : 2,5 × 2,5 TB : 2,5 × 2	Les entrées des descenderies
Poulprio	1980-1984	3 niveaux (N-5, N-30 et N-45)	2 × 2 Desc. : 3,5 × 2,5	et travers- bancs ont été
Prat-Mérien	1956-1982	4 (N-30, N-45, N-60 et N-90)	2 × 2	remblayées.
Quistiave	1957-1962	2 niveaux (N-20 et N-50)	2 × 2	
Roscorbel	1959-1960	1 travers-banc (N75)	TB: 2,5 × 2	
Rosglas	1964-1975	4 niveaux (N-15, N-30, N-45 et N-60)	2 × 2	
Sulliado	1969-1976	4 niveaux (N-60, N-90, N-106 et N-120)	2 × 2	
Ty-Gallen	1976-1981	3 niveaux (N-15, N-35 et N-50)	2 × 2 Desc : 3 × 2	
Vouedec	1962-1971	4 niveaux (N-15, N-30, N-45 et N-60)	2 × 2	

* Desc. : Descenderie et TB : Travers-Banc

Les hauteurs de galeries de reconnaissance ou d'accès sont toutes limitées à 2 m de hauteur (à l'exception des descenderies de Kerler, Moulin de Brodimon et Poulprio dont la hauteur de galerie était de 2,5 m). L'application de la règle « Tincelin » écarte tout risque de désordre de surface au-delà d'un stot de 8 m (10 m pour les sites de Kerler, Moulin de Brodimon et Poulprio). L'application de la règle « INERIS » porte ce stot à 20 m (25 m pour les sites de Kerler, Moulin de Brodimon et Poulprio).

<u>Remarque</u>: Pour les ouvrages de type travers-banc, qui correspondent à des galeries horizontales situées à flanc de coteau, le stot au dessus varie en fonction de la longueur de la galerie, comme l'illustre le schéma ci-après. Les descenderies obéissent au schéma de principe.



Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 71/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Le tableau suivant présente la liste des sites concernés par des effondrements de type classique, en fonction de chaque méthode de calcul (Règles Tincelin et INERIS) :

Sites	Sites concernés en application de la règle TINCELIN	Sites concernés en application de la règle INERIS
Bonote	Non	Non
Calerden	Non	Non
Galhaut	Non	Non
Le Hinguer	Oui pour la descenderie Non pour les galeries	Oui pour la descenderie Non pour les galeries
Kerhuennec	Oui (travers-banc et galerie à 5 m de profondeur)	Oui (travers-banc et galerie à 5 m de profondeur)
Kerjean	Oui pour la descenderie Non pour les galeries	Oui (descenderie et les niveaux N-15 et N-20)
Kerler	Oui pour la descenderie Non pour les galeries	Oui (descenderie et le niveau N-15)
Kervrec'h	Non	Oui (niveau N-15)
Mane Mabo	Non	Oui (niveau N-15)
Moulin de Brodimon	Oui pour la descenderie et le travers-banc Non pour les galeries	Oui (descenderie, travers-banc et le niveau N-15)
Poulprio	Oui (niveau à N-5 et descenderie)	Oui (niveau à N-5 et descenderie)
Prat-Mérien	Non	Non
Quistiave	Non	Oui (niveau N-20)
Roscorbel	Oui (travers-banc)	Oui (travers-banc)
Rosglas	Non	Oui (niveau N-15)
Sulliado	Non	Non
Ty-Gallen	Oui pour la descenderie Non pour les galeries	Oui (niveau N-15)
Vouedec	Non	Oui (niveau N-15)

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

A ce jour, seuls 4 sites ont fait l'objet d'un constat d'effondrements ou de fontis dus à la présence de galeries à faible profondeur :

- Moulin de Brodimon et Le Hinguer : fontis d'environ 1,5 m de profondeur à l'aplomb de l'entrée de la descenderie en 1996.
- Kerhuennec : en 1995, tassement de 3×5×2 m à l'aplomb du travers-banc et en 2010, tassement de 0,6 x 0,6 x 0,5 m à l'aplomb des travaux miniers souterrains.
- Rosglas: en 1997, tassement au SE du puits de 5 m² de surface et 5 m de profondeur à l'aplomb du niveau d'exploitation N-15 et en 2000, tassement de 30 m² et 0,6 m de profondeur, à l'aplomb des travaux miniers souterrains, au Sud du puits.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 72/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

L'absence d'incidents à l'aplomb de ces galeries tracées il y a plus de 40 ans, plaide en faveur d'une relative stabilité du bâti minier. Cependant, il n'est pas possible d'exclure tout risque de tassement ou fontis à l'aplomb de ces galeries.

Aucun tassement de surface à l'aplomb des galeries n'a été observé au cours des visites de terrain de 2011.

Les effondrements « en tiroir »

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

Les sites ayant fait l'objet de travaux de dépilages (hors extraction par galeries de reconnaissance) et les caractéristiques de ces chantiers sont répertoriés dans le tableau suivant :

	Zones de dépilage associées			
Sites	Méthode d'exploitation	Profondeur des dépilages	Nombre de quartiers	Remblayage
Волоте	Chambres magasins	Entre la surface et N-150	8	NON
CALERDEN	Tranches montantes charpentées remblayées	Absence d'information	Absence d'information	Oui
LE HINGUER	Chambres montantes butées	Entre la surface et N-50	Absence d'information	NON
LE MINGUER	Chambres montantes remblayées	Entre la surface et N-50	Absence d'information	Oui
KERHUENNEC	Absence d'information	Entre les niveaux N100 et N77	1	Absence d'information
Kerler	Chambres magasins partiellement autoremblayées	Entre la surface et N-105	5	Partiel
MANE MABO	Absence d'information	Absence d'information	Absence d'information	Absence d'information
MOULIN DE BRODIMON	Absence d'information	Entre les niveaux N-15 et N-45	2	Absence d'information
Poulprio	Tranches descendantes remblayées	Entre les niveaux N-5 et N-45	1	Oui
QUISTIAVE	Absence d'information	Entre la surface et N-50	Absence d'information	Oui
Possilve	Par tranches montantes charpentées et remblayées	Entre les niveaux N-15 et N-45	Absence d'information	Oui
Rosglas	Chambres vides butées	Entre les niveaux N-15 et N-45	Absence d'information	NON
Sulliado	Tranches montantes charpentées et remblayées	Entre les niveaux N-60 et N-120	Absence d'information	Oui
Ty Gallen	Chambres unidescendantes autoremblayées	Entre les niveaux N-15 et N-50	1	Oui
VOUEDEC	Chambres charpentées remblayées	Entre la surface et N-60	Absence d'information	Oui

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 73/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

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

BONOTE:

- Méthode d'exploitation : chambres magasins
- Nombre de quartiers : 8 quartiers :
 - 4 zones de dépilages entre la surface et le niveau N-30
 - o 2 quartiers entre les niveaux N-30 et N-90
 - o 1 zone entre les niveaux N-90 et N-150
 - 1 zone entre les niveaux N-120 et N-150
- Remblayage des dépilages : non pour l'ensemble des quartiers
- Remarques:

Des tassements ont été constatés en 1992, 1995, 1997, 2001 et 2006, et semblent être liés à la présence de dépilages, en particulier à l'aplomb du puits Sainte-Anne. Ces désordres de surface ne plaident pas pour une stabilité du bâti minier.

Par conséquent, on peut considérer que le risque d'affaissement ou d'effondrement des terrains de surface ne peut être exclu pour le site de Bonote.

CALERDEN:

- Méthode d'exploitation : tranches montantes charpentées remblayées
- Nombre de quartiers : Absence d'information
- Remblayage des dépilages : remblayage en fin d'exploitation réalisé avec du tout-venant (stériles)
- Remarques :

L'analyse des problèmes de stabilité de surface, liés à la présence de travaux miniers souterrains, a montré que l'ensemble des dépilages ont été remblayés.

Un léger affaissement (diamètre 1 m et profondeur 1 m) a été constaté en 2005. Il a été causé par le tassement des matériaux de remblayage. Ce léger désordre de surface ne remet pas en cause la qualité du remblayage.

Cependant, le manque d'informations quant au taux de remblayage ne nous permet pas d'exclure un remblayage partiel des chantiers.

On peut raisonnablement considérer que les dépilages du site de Calerden présentent un faible risque lié à la stabilité et pouvant affecter la surface. L'absence d'effondrement important observé à l'aplomb des dépilages depuis l'arrêt de l'exploitation plaide en faveur de la stabilité du bâti minier.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 74/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

LE HINGUER:

- Méthodes d'exploitation : Chambres montantes butées et chambres montantes remblayées
- Nombre de quartiers : 6 quartiers :
 - o 4 zones de dépilages à l'Ouest de la descenderie
 - o 2 quartiers au Sud-Est du site
- Remblayage des dépilages :
 - Non pour les quartiers exploités par chambres montantes butées
 - Oui pour les quartiers exploités par chambres montantes remblayées : remblayage dû à la méthode d'exploitation – réalisé avec du tout-venant (stériles)

Remarques:

L'analyse des problèmes de stabilité de surface, liés à la présence de travaux miniers souterrains, a montré que certaines zones de dépilages ont été remblayées du fait même de la méthode d'exploitation.

Cependant, certains quartiers n'ont pas fait l'objet d'un remblayage et la localisation exacte de ces quartiers n'est pas connu en l'état actuel des connaissances.

Un léger fontis (diamètre 1,5 m) a été constaté en 1996 au niveau de l'entrée de la descenderie. Il a pu être causé soit :

- par le tassement des matériaux de remblayage de dépilages exploités par chambres montantes remblayées
- par le tassement des matériaux de remblayage de la descenderie,
- ou par rupture du stot si les dépilages à l'aplomb de la descenderie ont été exploités par chambres montantes butées.

Par conséquent, on peut considérer que le risque d'affaissement ou d'effondrement des terrains de surface ne peut être exclu pour le site du Hinguer.

KERHUENNEC:

- *Méthode d'exploitation* : absence d'information
- Nombre de quartiers : 1
- Remblayage des dépilages : absence d'information
- Remarques:

L'analyse des problèmes de stabilité de surface, liés à la présence de travaux miniers souterrains, a montré la présence d'un quartier de dépilages d'une hauteur de 13 m, possédant un stot de 14 m. En l'absence d'information sur l'éventuel remblayage des dépilages, le scénario le plus pessimiste consiste à considérer ces chantiers vides et une rupture de la voute des dépilages, se traduisant par le soutirage des produits sus-jacents vers le fond.

Un léger fontis de 0,5 m de profondeur a été constaté en 2011 à l'aplomb des dépilages.

Par conséquent, on peut considérer que le risque d'affaissement ou d'effondrement des terrains de surface ne peut être exclu pour le site de Kerhuennec.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 75/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

KERLER:

- Méthode d'exploitation : Chambres magasins partiellement autoremblayées
- Nombre de quartiers : 5 quartiers
- Remblayage des dépilages : remblayage partiel dû à la méthode d'exploitation réalisé avec du tout-venant (stériles) Absence d'information sur la localisation des zones remblayées
- Remarques :

L'analyse des problèmes de stabilité de surface, liés à la présence de travaux miniers a montré la présence de dépilages entre le niveau N-30 et la surface à l'aplomb du puits et des montages.

En l'absence d'informations précises sur le taux de remblayage des dépilages, le scénario le plus pessimiste consiste à considérer ces chantiers entièrement vides et une rupture de la voute des dépilages, se traduisant par le soutirage des produits sus-jacents vers le fond.

Durant l'exploitation, en 1978, un important effondrement, survenu au niveau des dépilages situé au Nord du puits, a conduit à l'arrêt des travaux. L'absence de désordre de surface au niveau de ces zones de dépilages depuis 1978 laisse supposer que l'effondrement a éventuellement provogué le remblayage de ces guartiers.

Cependant, compte tenu de l'absence d'information sur la localisation des zones remblayées, on peut considérer que le risque d'affaissement ou d'effondrement des terrains de surface ne peut être exclu pour le site de Kerler.

MANE MABO:

- *Méthode d'exploitation* : Absence d'information
- Nombre de quartiers : Absence d'information
- Remblayage des dépilages : Absence d'information
- Remarques:

Au stade actuel des connaissances, la recherche documentaire n'a pas permis de vérifier la présence de dépilages au sein des travaux miniers souterrains du site. Par conséquent, le scénario le plus pessimiste consiste à considérer l'existence de quartiers de dépilages entièrement vides, localisés entre le niveau N-47 et la surface, ainsi qu'une rupture de la voute des dépilages, se traduisant par le soutirage des produits sus-jacents vers le fond.

De plus, les propriétaires actuels auraient effectué un apport de terre végétale au NE du puits, suite à un affaissement des terrains dont l'ampleur (diamètre, profondeur) ne nous a pas été communiqué. Par conséquent, on peut considérer que le risque d'affaissement ou d'effondrement des terrains de surface ne peut être exclu pour le site de Mane Mabo.

MOULIN DE BRODIMON:

• *Méthode d'exploitation* : absence d'information

• Nombre de quartiers : 2 quartiers

• Remblayage des dépilages : absence d'information

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 76/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Remarques:

L'analyse des problèmes de stabilité de surface, liés à la présence de travaux miniers souterrains, a montré que les dépilages réalisés possèdent un stot compris entre 5 et 15 m.

En l'absence d'information sur l'éventuel remblayage des dépilages, le scénario le plus pessimiste consiste à considérer ces chantiers vides et une rupture de la voute des dépilages, se traduisant par le soutirage des produits sus-jacents vers le fond.

Des fontis ont été constatés en 1996, 2001 et 2009 et peuvent être liés à la présence de dépilages.

Par conséquent, on peut considérer que le risque d'affaissement ou d'effondrement des terrains de surface ne peut être exclu pour le site du Moulin de Brodimon.

POULPRIO:

- Méthode d'exploitation : Tranches descendantes remblayées
- Nombre de quartiers : 1 quartier à l'aplomb du montage
- Remblayage des dépilages : remblayage dû à la méthode d'exploitation réalisé avec du toutvenant (stériles)

Remarques:

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

Un léger affaissement (diamètre 1 m et profondeur 0,8 m) a été constaté en 1998. Il a été causé par le tassement des matériaux de remblayage. Ce léger désordre de surface ne remet pas en cause la qualité du remblayage.

On peut raisonnablement considérer que les dépilages du site de Poulprio ne présentent pas de problèmes majeurs de stabilité pouvant affecter la surface. De plus, l'absence d'effondrement important observé à l'aplomb des dépilages depuis l'arrêt de l'exploitation plaide en faveur de la stabilité du bâti minier.

QUISTIAVE:

• *Méthode d'exploitation* : Absence d'information

Nombre de quartiers : Absence d'information

Remblayage des dépilages : Absence d'information

Remarques:

Au stade actuel des connaissances, la recherche documentaire n'a pas permis de vérifier la présence de dépilages au sein des travaux miniers souterrains du site. Par conséquent, le scénario le plus pessimiste consiste à considérer l'existence de quartiers de dépilages entièrement vides, localisés entre le niveau N-50 et la surface, ainsi qu'une rupture de la voute des dépilages, se traduisant par le soutirage des produits sus-jacents vers le fond.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 77/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Par conséquent, on peut considérer que le risque d'affaissement ou d'effondrement des terrains de surface ne peut être exclu pour le site de Quistiave. Cependant, ce risque peut être relativisé du fait de l'absence de désordre de surface observé à l'aplomb des travaux miniers souterrains depuis l'arrêt de l'exploitation, ceci plaidant en faveur de la stabilité du bâti minier.

Rosglas:

- *Méthodes d'exploitation*: Par tranches montantes charpentées et remblayées pour les filons de puissance >1,50 m et par chambres vides butées pour les filons de puissance <1,50 m.
- Nombre de quartiers : 9 quartiers :
 - 4 zones de dépilages à l'aplomb du carreau minier
 - o 5 quartiers au Sud du site
- Remblayage des dépilages :
 - Non pour les quartiers exploités par chambres vides butées
 - Oui pour les quartiers exploités par tranches montantes remblayées : remblayage dû à la méthode d'exploitation – réalisé avec du tout-venant (stériles)

• Remarques:

L'analyse des problèmes de stabilité de surface, liés à la présence de travaux miniers souterrains, a montré que certaines zones de dépilages ont été remblayées du fait même de la méthode d'exploitation.

Cependant, certains quartiers n'ont pas fait l'objet d'un remblayage.

En l'absence d'information sur la localisation des dépilages non remblayés, le scénario le plus pessimiste consiste à considérer l'ensemble ces chantiers vides et une rupture de la voute des dépilages, se traduisant par le soutirage des produits sus-jacents vers le fond.

Des mouvements de terrains ont été constatés à l'aplomb des dépilages :

- dans la zone Sud du site : un effondrement en 1992 et un fontis en 2008,
- sur le carreau minier : des tassements en 1997 et 2000.

Ces désordres de surface ne plaident pas pour une stabilité du bâti minier.

Par conséquent, on peut considérer que le risque d'affaissement ou d'effondrement des terrains de surface ne peut être exclu pour le site de Rosglas.

SULLIADO:

- Méthode d'exploitation : Tranches montantes charpentées et remblayées
- Nombre de quartiers : Absence d'information
- Remblayage des dépilages : Oui : remblayage dû à la méthode d'exploitation réalisé avec du tout-venant (stériles)

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 78/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

• Remarques:

Au stade actuel des connaissances, la recherche documentaire n'a pas permis de localiser précisément les dépilages au sein des travaux miniers souterrains du site.

En revanche, le livre « Les minerais uranifères français », Tome 3 [1] mentionne que le gisement a été découvert par sondages. De plus, la projection verticale des travaux souterrains figurant dans le dossier de délaissement de 1994 montre que la galerie la plus proche de la surface est située à 60 m de profondeur : les quartiers de dépilages seraient donc localisés entre les niveaux N-60 et N-120.

Par conséquent, la méthode d'exploitation et de la profondeur des dépilages, ainsi que l'absence de désordre de surface observé à l'aplomb des travaux miniers souterrains depuis l'arrêt de l'exploitation, plaident en faveur de la stabilité du bâti minier.

On peut donc raisonnablement considérer que le risque d'affaissement ou d'effondrement des terrains de surface est faible pour le site de Sulliado.

TY-GALLEN:

- Méthode d'exploitation : Chambres unidescendantes autoremblayées
- Nombre de quartiers : 1
- Remblayage des dépilages : Oui réalisé avec du tout-venant (stériles)
- Remarques :

L'analyse des problèmes de stabilité de surface, liés à la présence de travaux miniers souterrains, a montré que les zones de dépilages ont été remblayées.

Cependant, le manque d'informations quant au taux de remblayage ne nous permet pas d'exclure un remblayage partiel des chantiers.

On peut raisonnablement considérer que les dépilages du site de Ty Gallen présentent un faible risque occasionnant des désordres de surface. L'absence d'effondrement important observé à l'aplomb des dépilages depuis l'arrêt de l'exploitation plaide en faveur de la stabilité du bâti minier.

VOUEDEC:

- *Méthode d'exploitation* : Chambres charpentées remblayées
- Nombre de quartiers : Absence d'information
- Remblayage des dépilages : Oui, par autoremblayage et apport partiel de remblais réalisé avec du tout-venant (stériles)
- Remarques:

L'analyse des problèmes de stabilité de surface, liés à la présence de travaux miniers souterrains, a montré que les zones de dépilages ont été remblayées.

Deux légers tassements ont été constatés en 1993 à proximité du montage. Ils ont été causés par le tassement des matériaux de remblayage. Ces légers désordres de surface ne remettent pas en cause la qualité du remblayage.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 79/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

On peut raisonnablement considérer que les dépilages du site de Vouedec ne présentent pas de problèmes majeurs de stabilité pouvant affecter la surface. L'absence d'effondrement important observé à l'aplomb des dépilages depuis 1993 plaide en faveur de la stabilité du bâti minier.

En conclusion, afin de prévenir ces risques liés la stabilité minière, AREVA propose :

- la mise en place d'un nouveau périmètre de sécurité sur le site de Bonote correspondant à l'emprise au sol des quartiers de dépilages.
- des études complémentaires quant à la stabilité minière liée aux dépilages sur les sites de Kerler et de Mane Mabo, afin d'évaluer le taux de remblayage, ainsi que le risque lié à ces chantiers. Des mesures adéquates seront prises selon les conclusions de ces études.
- après concertation des services de l'Etat et en accord avec les propriétaires fonciers des terrains concernés, la mise en place de périmètres de sécurité à l'aplomb des dépilages sur les sites du Hinguer, de Kerhuennec, du Moulin de Brodimon et de Rosglas.

7.3 LES RISQUES LIES AUX MINES A CIEL OUVERT

Ces risques liés au mines ciel ouvert 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).

Sur les départements du Finistère et du Morbihan, trois sites ont l'objet d'une exploitation à ciel ouvert : Keryacunff, Prat-Mérien et Rosglas. Dans le cadre des travaux de réaménagement de 1993, ces trois fosses ont été intégralement remblayées avec les produits disponibles sur place.

Par conséquent, il ne subsiste aucun parement résiduel et aucun risque de chutes ou de noyade n'est possible.

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.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 80/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Dans le cas des verses à stériles constituées de blocs rocheux (sites de Ty-Gallen, Roglas, Mane Mabo, Kerler et Kerjean), il peut s'agir de phénomènes mettant en jeu des volumes de matériaux restreints (quelques dizaines de m³) et prenant principalement la forme de glissement pelliculaire. De tels phénomènes n'ont pas été observés sur les verses des sites miniers visés par ce présent bilan environnemental.

Remarque: Concernant le site de Prat-Mérien, les stériles de la verse ont été réutilisés pour le remblayage de la fosse. Par conséquent, à la fin du remblayage, l'emplacement de la verse a été remodelé selon la topographie environnante. Le propriétaire actuel a ensuite ramené du remblai extérieur au site, afin de créer une plateforme pour y construire un hangar destiné à son activité. Les risques liés à la verse de Prat-Mérien sont donc nuls.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 81/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	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 finistériens et morbihannais, les possibilités de marquage du vecteur eau sont résumées dans le tableau suivant :

Sites	Possibilités de marquage du vecteur eau
Bonote, Calerden, Galhaut, Kerjean, Kerler, Kervrec'h, Mane Mabo, Poulprio, Prat- Mérien, Quistiave Rosglas, Sulliado, Ty-Gallen, Vouedec	 Percolation des eaux météoritiques dans les terrains concernés par l'exploitation. Ecoulements des eaux souterraines dans les TMS vers la nappe.
Carros-Combout, Keroc'h, Kersegalec	Ruissellement des eaux de surface vers la nappe et le ruisseau le plus proche
Le Hinguer	 Percolation des eaux météoritiques dans les terrains concernés par l'exploitation. Ecoulements des eaux souterraines dans les TMS vers la nappe. Ecoulement en sortie de la descenderie.
Kerhuennec, Moulin de Brodimon	 Percolation des eaux météoritiques dans les terrains concernés par l'exploitation. Ecoulements des eaux souterraines dans les TMS vers la nappe. Ecoulement en sortie du travers-banc.
Keryacunff	Ecoulements des eaux souterraines dans la fosse remblayée vers la nappe.
Roscorbel	Ecoulement en sortie du travers-banc.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 82/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

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 minières, 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.

Ce phénomène peut être observé après le réaménagement des sites ou encore, dans des talwegs ou zones humides, déconnectés du circuit actuel des eaux, et ayant reçu les rejets des sites pendant exploitation (exemples : sites de Ty-Gallen et Bonote).

L'absence de station de traitement pour les sites miniers bretons tend à favoriser cette deuxième option. Les débits faibles estimés au cours de la campagne de terrain 2011 (< 10 m³/h) semblent plaider, à priori, en faveur d'un faible impact radiologique sur ce compartiment sédimentaire.

8.1.2 Valeurs de référence « Milieu Naturel »

Référence « milieu naturel » EAU :

En l'absence de point zéro, il a été réalisé, en 2011, cinq prélèvements d'eau dans les cours d'eau principaux situés en amont des sites miniers – c'est-à-dire hors influence des sites – afin d'obtenir des valeurs de références pour le milieu naturel.

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 83/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Points de prélèvement	Localisation	U ₂₃₈ soluble	Ra ₂₂₆ soluble
SARRE A	Rivière La Sarre En amont du site de Quistiave, au lieu-dit Locrio	< 1 μg/l (soit < 0,012 Bq/l)	0,02 Bq/l
GARE A	Ruisseau de la Gare En amont du site deVouedec et au niveau de la route reliant Botcoal à Noguel	< 1 μg/l (soit < 0,012 Bq/l)	0,03 Bq/l
SCORFF A	Rivière Le Scorff En amont de la confluence avec le ruisseau du Chapelain et au niveau de route D782	8,9 μg/l (soit 0,11 Bq/l)	0,02 Bq/l
CHAP A	Ruisseau Le Chapelain En amont du site de Sulliado et au niveau de la route D142	< 1 μg/l (soit < 0,012 Bq/l)	0,04 Bq/l
KUANG A	Ruisseau de Kerustang En amont du site du Hinguer et au niveau de la route D 782 à Lignol	< 1 μg/l (soit < 0,012 Bq/l)	0,03 Bq/l

Références « milieu naturel » SEDIMENTS :

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

- U₂₃₈ compris entre 180 et 1100 Bq/kg de matière sèche,
- Ra₂₂₆ compris entre 150 et 800 Bq/kg de matière sèche.

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

Compte tenu du manque d'informations sur certains sites miniers, une campagne de prélèvements (eau et sédiments) a été réalisée en février et mars 2011, principalement sur les cours d'eau situés en aval des sites et sur les émergences observées sur les sites (exutoire). L'emplacement des points de prélèvements est présenté sur les cartes IGN figurant en annexe 3.

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

Les sites sont présentés de l'amont vers l'aval hydraulique des cours d'eau principaux à savoir : Le Scorff, Le Blavet et L'Ellé.

<u>Remarque</u>: Le site de Galhaut est localisé à la limite des bassins versants du Scorff et du Blavet et, le site de Vouedec est localisé à la limite des bassins versants du Scorff et de l'Ellé. Pour plus de clarté, leurs descriptions seront intégrées dans la partie concernant le bassin versant du Scorff.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 84/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

BASSIN VERSANT DU SCORFF:

• Sulliado (figure 15)

Des travaux miniers souterrains ont été effectués sur le site de Sulliado. Lors de la visite d'état des lieux de 2011, aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site. Il est cependant à noter la présence de fossés de drainage de la parcelle mis en place par le locataire.

Un ruisseau s'écoule en bordure Est du site (prélèvements d'eau SUL RUN et de sédiments SUL RUN SD), puis se jette dans le ruisseau du Chapelain, affluent de la rivière le Scorff.

Les eaux de ce ruisseau présentent une teneur en uranium 238 soluble de 5 µg/l (soit 0,06 Bq/l), qui est du même ordre de grandeur que celle relevées dans le milieu naturel, et un très léger marquage en radium 226 soluble (0,12 Bq/l). Il est à noter que ce léger marquage en Ra₂₂₆ n'a pas été observé lors de sa campagne de contrôles radiologiques d'août 2009 effectuée par l'IRSN (Ra₂₂₆ soluble < 0,008 Bq/l).

Le prélèvement de sédiments dans le ruisseau (SUL RUN SD) présente un léger déséquilibre en U₂₃₈ (2 670 Bq/kg de matière sèche) par rapport aux Ra₂₂₆ et Pb₂₁₀ (de l'ordre de 1300 Bq/kg m.s.).

• Prat-Mérien (figure 12)

Le site de Prat Mérien a fait l'objet de travaux miniers souterrains. Aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site lors de la visite de terrain de 2011.

Un ruisseau prend sa source au Sud-Est du site (prélèvement d'eau PRT RUS), puis se jette dans le ruisseau du Chapelain, affluent du Scorff. Les teneurs mesurées dans ce ruisseau sont pour l'uranium 238 soluble de 24 µg/l (soit 0,30 Bq/l), et pour le radium 226 soluble de 0,11 Bq/l. Ce cours d'eau présente donc un très léger marquage en uranium 238 et en radium 226.

Le ruisseau du Chapelain, affluent du Scorff, coule en bordure ouest du site (prélèvement d'eau PRT CHA). Les eaux de ce ruisseau présentent des valeurs en uranium 238 soluble (1,8 µg/l soit 0,02 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,03 Bq/l) du même ordre de grandeur que celles relevées dans le milieu naturel. Ces teneurs sont également du même ordre de grandeur que celles mesurées par l'IRSN lors de sa campagne de contrôles radiologiques d'août 2009.

• Galhaut (figure 8)

Le site de Galhaut a fait l'objet de travaux miniers souterrains. Lors de la visite d'état des lieux de 2011, aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site. Le site est situé en position sommitale, entre deux bassins versants : le bassin versant du Scorff et celui du Blavet.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 85/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Un ruisseau prend sa source au Nord du site (prélèvements d'eau GAH RUN et de sédiments GAH RUN SD), puis se jette dans un second ruisseau affluent du ruisseau de Goah, lui-même affluent du ruisseau de Chapelain. Le ruisseau du Chapelain se jette dans le Scorff.

La teneur en U_{238} soluble relevée dans l'eau au point GAH RUN (2,7 µg/l soit 0,02 Bq/l) est du même ordre de grandeur que les valeurs mesurées dans le milieu naturel. Cependant, les eaux de ce ruisseau présentent un très léger marquage en Ra₂₂₆ soluble (0,10 Bq/l) Les sédiments associés à ce point de prélèvement (GAH RUN SD) présentent des teneurs en U_{238} , Ra₂₂₆ et Pb₂₁₀ de l'ordre de 2800 Bg/kg de matière sèche : ces radioéléments respectent donc l'équilibre séculaire.

Un autre ruisseau s'écoule à 100 m à l'Est du site (prélèvement d'eau GAH RUE), puis se jette dans un ruisseau, affluent de la rivière la Sarre, elle-même affluent du Blavet.

Les eaux dans ce ruisseau présentent des valeurs en uranium 238 soluble (1,7 µg/l soit 0,02 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,08 Bq/l) du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le milieu naturel.

Poulprio (figure 11)

Le site de Poulprio a fait l'objet de travaux miniers souterrains. Aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site lors de la visite de terrain de 2011.

Un ruisseau (prélèvements d'eau POP RUB et de sédiments POP RUB SD) prend sa source à environ 200 m au Nord-Ouest du site et se jette dans le ruisseau de Chapelain, affluent du Scorff.

Les teneurs mesurées dans les eaux de ce ruisseau sont pour l'uranium 238 soluble de 5,0 μ g/l (soit 0,06 Bq/l), pour le radium 226 soluble de 0,19 Bq/l. Ce cours d'eau présente donc un très léger marquage en radium 226.

Il est à noter que ce léger marquage n'a pas été observé lors de la campagne de contrôles radiologiques d'août 2009 de l'IRSN (Ra₂₂₆ soluble = 0,03 Bq/l).

Le prélèvement de sédiments au point POP RUB SD présente quant à lui un déséquilibre en Ra_{226} (13800 Bq/kg m.s.) par rapport à l' U_{238} et au Pb_{210} (de l'ordre de 8300 Bq/kg m.s.)

• Kersegalec (figure 9)

Le site de Kerségalec a fait l'objet de tranchées de reconnaissance et d'une amorce de galerie. Aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site lors de la visite de terrain de 2011. Le site est localisé à flanc de coteau.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 86/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Un ruisseau (prélèvement d'eau KGA RUB) s'écoule à 20 m à l'Ouest du site et se jette dans la rivière le Scorff.

Les eaux de ce ruisseau (KGA RUB) présentent des valeurs en uranium 238 soluble (<1 μ g/l soit < 0,02 Bq/l) et en radium 226 soluble (< 0,02 Bq/l) du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le milieu naturel.

Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus par l'IRSN lors de sa campagne de prélèvements de 2009 (cf. figure 9).

• Moulin de Brodimon (figure 11)

Des travaux miniers souterrains ont été effectués sur le site du Moulin de Brodimon. Aucun écoulement d'eau n'a été repéré lors de la visite de terrain de 2011.

La rivière le Scorff s'écoule en contrebas et au Nord-Ouest du site (prélèvement d'eau MDB RUB). Les teneurs mesurées dans le Scorff sont de 3,1 µg/l (soit 0,04 Bq/l), en uranium 238 soluble, et de 0,04 Bq/l en radium 226 soluble. Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le milieu naturel.

Un ruisseau, affluent du Scorff, coule à 200 m au Sud du site (prélèvement d'eau MDB RUS). Les eaux de ce ruisseau présente des valeurs en uranium 238 soluble (<1 µg/l soit < 0,02 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,08 Bg/l) du même ordre de grandeur que celles relevées dans le milieu naturel.

Les résultats obtenus sont du même ordre de grandeur que ceux obtenus par l'IRSN lors de sa campagne de contrôles radiologiques d'août 2009.

• Le Hinguer (figure 8)

Des travaux miniers souterrains ont été effectués sur le site du Hinguer. Des écoulements intermittents ont été constatés au niveau de la descenderie, écoulements absents lors de la visite d'état des lieux de 2011. Aucun prélèvement de ces eaux n'a donc pu être réalisé lors de cette campagne de mesures.

Un premier ruisseau s'écoule à 300 m au Sud du site, puis se jette dans le Scorff. Au Nord-Ouest, un autre ruisseau coule à 250 m du site (prélèvement d'eau HIN RUB), puis se jette dans le ruisseau de Kerustang, affluent du Scorff.

Les eaux prélevées au point HIN RUB présentent des teneurs en uranium 238 soluble de 1,6 μ g/l (soit 0,02 Bq/l) et en radium 226 soluble de 0,05 Bq/l. Ces teneurs sont du même ordre de grandeur que celle mesurées dans le milieu naturel.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 87/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

• Kerler (figure 9)

Le site de Kerler a été exploité par travaux miniers souterrains. Aucun écoulement d'eau n'a été constaté lors de la visite de terrain de 2011.

Le ruisseau de Kerustang (prélèvement d'eau KLR RUB), affluent du Scorff, s'écoule à environ 40 m au Nord du site. Il est à noter que le rejet des eaux d'exhaure de l'ancienne exploitation a probablement dû se faire dans le fossé de la route reliant Lignol à Quelfenec en contrebas des travaux miniers. Les eaux devaient traverser la route et s'écouler dans un pré pour rejoindre le ruisseau de Kerustang.

Les eaux du ruisseau de Kerustang présentent des teneurs en uranium 238 soluble inférieure à 1 μ g/l (soit < 0,02 Bq/l) et en radium 226 soluble de 0,02 Bq/l, c'est-à-dire du même ordre de grandeur que les teneurs mesurées dans lele milieu naturel.

Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus par l'IRSN lors de sa campagne de prélèvements de 2009 (cf. figure 9).

• Calerden (figure 7)

Le site de Calerden a fait l'objet de travaux miniers souterrains. Aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site durant la visite d'état des lieux de 2011.

Un ruisseau s'écoule à 150 m à l'Ouest et en aval hydraulique du site (prélèvement d'eau CAL RUE). Ce ruisseau traverse la zone humide du Pont Douar, puis se jette dans le ruisseau de Kerustang, affluent du Scorff.

Les eaux prélevées au point CAL RUE présentent des valeurs en uranium 238 soluble (<1 μ g/l soit < 0,02 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,05 Bq/l) du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le milieu naturel.

Vouedec (figure 17)

Le site de Vouedec a fait l'objet de travaux miniers souterrains. Aucun écoulement provenant des anciens travaux miniers n'a été repéré sur le site lors de la visite d'état des lieux de 2011.

Un ruisseau s'écoule à 80 m et à l'Est du site (prélèvement d'eau VOC RUW), puis se jette dans le ruisseau de Landordu. Ce dernier se jette dans le ruisseau de Kerustang, affluent du Scorff, au niveau de l'étang de Pont Callec.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 88/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Les teneurs mesurées dans les eaux prélevées au point VOC RUW sont pour l'uranium 238 soluble de 1,9 µg/l (soit 0,02 Bq/l) et pour le radium 226 soluble de 0,09 Bq/l, c'est-à-dire du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le milieu naturel.

Un deuxième ruisseau situé 200 m au Nord-Ouest du site alimente un petit étang et se jette dans le ruisseau de la Gare, affluent de la rivière l'Ellé.

Les teneurs mesurées en uranium 238 soluble (8,3 μ g/l soit 0,10 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,10 Bq/l) sont du même ordre de grandeur que le milieu naturel. Elles sont également du même ordre de grandeur que les teneurs relevées par l'IRSN lors de sa campagne de contrôles radiologiques de 2009.

• Bonote (figure 7)

Le site de Bonote a fait l'objet de travaux miniers souterrains. Il est situé en position sommitale. Aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site au cours de la visite d'état des lieux de 2011.

Pendant l'exploitation, les eaux d'exhaure des travaux miniers souterrains ont été pompées, et rejetées dans le talweg situé au Sud du site.

Un prélèvement d'eau (BON SCE) a été réalisé au niveau d'une source située au Sud du site, et qui est situé sur le circuit probable des eaux d'exhaure pendant l'exploitation. Cette source présente un marquage en radium 226 soluble (0,23 Bq/l). En revanche, la teneur en U_{238} soluble est de 1,7 μ g/l (soit 0,02 Bg/l), soit du même ordre de grandeur que les valeurs relevées dans le milieu naturel.

A 400 m au Nord-Est du site s'écoule un autre ruisseau. Les eaux prélevées dans ce cours d'eau (prélèvement BON RUE) présente des teneurs en U_{238} soluble (< 1μ g/l soit < 0,02 Bq/l) et en Ra₂₂₆ soluble (0,07 Bq/l) du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le milieu naturel.

Un prélèvement a également été effectué dans un ruisseau, situé à 250 m au Nord du site et affluent du ruisseau de Landordu (prélèvement d'eau BON RUN). Ce cours d'eau présente une teneur en U₂₃₈ soluble (2,4 µg/l soit 0,03 Bq/l) du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le milieu naturel. En revanche, il présente un léger marquage en Ra₂₂₆ soluble (0,11 Bq/l). Le prélèvement de sédiments associé à ce point (BON RUN SD) présente des teneurs en U₂₃₈ et Ra₂₂₆ respectivement de 140 Bq/kg et 600 Bq/kg, soit du même ordre de grandeur que les valeurs de référence du milieu naturel, avec cependant un léger déséquilibre en radium.

Kerhuennec (figure 8)

Le site de Kerhuennec a fait l'objet de travaux miniers souterrains. Aucun écoulement provenant des anciens travaux miniers n'a été repéré sur le site lors de la visite de terrain de 2011.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 89/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Un ruisseau (prélèvement d'eau KHU RUN) s'écoule à 50 m à l'Est de l'entrée du travers-banc et longe le carreau minier, où se forme périodiquement une zone marécageuse (prélèvement de sédiments KHU RUN SD). Puis ce cours d'eau se jette dans le Scorff.

Les eaux prélevées au point KHU RUN présentent des teneurs en uranium 238 soluble de 3,1 µg/l (soit 0,04 Bq/l) et en radium 226 soluble de 0,05 Bq/l. Ces teneurs sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le milieu naturel.

Le prélèvement de sédiments réalisé dans la zone marécageuse (KHU RUN SD) présente quant à lui des teneurs en U₂₃₈, Ra₂₂₆ et Pb₂₁₀ de l'ordre de 150 Bq/kg m.s., respectant ainsi l'équilibre séculaire présent entre ces trois radioéléments.

• Rosglas (figure 14)

Le site de Rosglas a fait l'objet de travaux miniers souterrains. Aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site lors de la visite de terrain de 2011. Pendant l'exploitation, les eaux d'exhaure des travaux miniers souterrains étaient pompées et s'écoulaient dans un fossé puis dans un chemin en suivant la pente naturelle du terrain.

Deux petits étangs, situés à 300 m au NE en aval hydraulique du site (prélèvements d'eau ROS ETG), alimentent un ruisseau (prélèvement d'eau ROS RUB) qui se jette dans un second ruisseau, qui prend sa source à proximité immédiate (prélèvements d'eau ROS EXU et de sédiments ROS EXU SD). Ce ruisseau se jette ensuite dans le ruisseau de Kerloas, affluent du Scorff.

Les teneurs mesurées dans le premier étang (ROS ETG) en uranium 238 soluble (1,1 μ g/l soit 0,02 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,03 Bq/l) sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le milieu naturel.

La teneur mesurée en U_{238} soluble est du même ordre de grandeur que celle mesurée par l'IRSN lors de sa campagne de contrôles radiologiques de 2009. Cependant, la teneur en Ra_{226} soluble mesurée est plus élevée en 2009 que lors de la visite d'état des lieux de 2011 (0,129 Bq/l en 2009). Cet écart peut être dû à la différence de localisation du point de prélèvement. En effet, l'IRSN a prélevé ces eaux dans l'étang, soit des eaux stagnantes, tandis qu'AREVA, en 2011, a effectué son prélèvement au niveau de la surverse de l'étang.

Les teneurs mesurées dans le ruisseau, en aval de l'émergence (ROS EXU), sont de 2,7 μ g/l, soit 0,03 Bq/l en uranium 238 soluble, et de 0,04 Bq/l en radium 226 soluble. Les teneurs mesurées dans le ruisseau en aval des étangs (ROS RUB) sont de 3,0 μ g/l (soit 0,04 Bq/l) en uranium 238 soluble, et de 0,06 Bq/l en radium 226 soluble. Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le milieu naturel.

Le prélèvement de sédiments dans le ruisseau, en aval de l'émergence (ROS EXU SD) présente un déséquilibre en uranium 238 (10000 Bq/kg m.s.) par rapport au radium 226 et au Plomb 210 (de l'ordre de 6000 Bq/kg m.s.). Il est à noter ce prélèvement a été effectué au niveau de l'ancien circuit des eaux d'exhaure de la mine pendant l'exploitation.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 90/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

• Roscorbel (figure 13)

Le site de Roscorbel a fait l'objet de travaux de recherches. Lors de la visite d'état des lieux de 2011, aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site.

Le ruisseau de Kerloas (prélèvement d'eau ROB RUB) s'écoule à 50 m en contrebas et à l'Ouest du site et se jette dans le Scorff.

Les teneurs mesurées dans les eaux de ce ruisseau sont pour l'uranium 238 soluble de 1,7 µg/l (soit 0,02 Bq/l) et pour le radium 226 soluble de 0,02 Bq/l. Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le milieu naturel et celles relevées par l'IRSN lors de sa campagne de contrôles radiologiques de 2009.

• Kerjean (figure 9)

Le site de Kerjean a fait l'objet de travaux miniers souterrains. En 2011, lors de la visite d'état des lieux, aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site.

Le ruisseau de Kernevez prend sa source à environ 100 m au Sud du site (prélèvement d'eau KJA RUB) et se jette dans le Scorff.

Les eaux prélevées dans ce ruisseau présentent une teneur en uranium 238 soluble de 5,7 μ g/l (soit 0,07 Bq/l) soit du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le milieu naturel, et un léger marquage en radium 226 soluble (0,12 Bq/l).

BASSIN VERSANT DU BLAVET:

Keroc'h

Des travaux de reconnaissance (tranchées) ont été effectués sur le site de Keroc'h. Aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site lors de la visite de terrain de 2011.

Des étangs en cascade se situent à 150 m à l'Ouest du site et alimentent un ruisseau qui se jette la rivière la Sarre.

Compte tenu de la nature très réduite des travaux réalisés, aucun prélèvement relatif à ce site n'a été réalisé.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 91/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

• Quistiave (figure 12)

Des travaux miniers souterrains ont été effectués sur le site de Quistiave. Lors de la visite d'état des lieux de 2011, aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site.

Un ruisseau (prélèvement d'eau QIT RUE) coule à 450 m à l'Est du site, puis se jette dans un autre ruisseau s'écoulant à 300 m au Nord du site. Ce second ruisseau se jette dans la Sarre qui coule à 500 m à l'Ouest du site.

Les eaux prélevées au point QIT RUE présentent des teneurs en uranium 238 soluble (< 1 μ g/l, soit < 0,02 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,05 Bq/l) sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le milieu naturel, et par l'IRSN lors de sa campagne de contrôles radiologiques de 2009.

• Keryacunff (figure 10)

Le site de Keryacunff a fait l'objet d'une exploitation par mine à ciel ouvert. Aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site lors de la visite de terrain de 2011.

Un ruisseau prend sa source à 250 m à l'Est du site, puis traverse deux petits étangs puis l'étang Fleuri, avant de se jeter dans la rivière la Sarre, affluent du Blavet.

Un prélèvement d'eau (KYA ETG) a été effectué dans le premier des deux étangs, soit à 400 m en aval hydraulique du site. Les eaux de cet étang présentent des teneurs en uranium 238 soluble du même ordre de grandeur que dans le milieu naturel (< 1 μ g/l, soit < 0,02 Bq/l), et un très léger marquage en radium 226 soluble (0,10 Bq/l).

• Ty-Gallen (figure 16)

Le site de Ty Gallen a fait l'objet de travaux miniers souterrains. Aucun écoulement provenant des anciens travaux miniers n'a été repéré sur le site lors de la visite de terrain de 2011.

Le forage technique, présent à 250 m à l'Ouest du montage M2 a fait l'objet d'un prélèvement d'eau (TYG PZM). En mars 2009, le niveau d'eau était à 7,40 m de profondeur. Les eaux prélevées dans cet ouvrage montrent des teneurs en radioéléments du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le milieu naturel ($U_{238 \text{ sol}} < 1 \mu g/l \text{ soit} < 0,02 \text{ Bg/l}$ et $Ra_{226 \text{ sol}} = 0,02 \text{ Bg/l}$).

A 250 m au Sud-Est du site, deux étangs alimentent le ruisseau du Brulé, affluent du Blavet.

Un prélèvement d'eau a été effectué au niveau du premier étang (TYG ETG). Les teneurs mesurées en uranium 238 soluble (<1 μ g/l soit < 0,02 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,06 Bq/l) sont du même ordre de grandeur que le milieu naturel. Elles sont également du même ordre de grandeur que les teneurs mesurées par l'IRSN lors de sa campagne de contrôles radiologiques de 2009.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 92/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Un second prélèvement a également été réalisé en aval des étangs, dans le ruisseau du Brulé (TYG BRU). Les teneurs mesurées sont de 1,8 µg/l (soit 0,02 Bq/l) en uranium 238 soluble, et de 0,09 Bq/l en radium 226 soluble. Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le milieu naturel.

Pendant l'exploitation, les eaux d'exhaure des travaux miniers étaient pompées et canalisées sur environ 100 m jusqu'au talweg de Guern en Tal, puis s'écoulaient dans un fossé pour rejoindre un ruisseau prenant sa source en contrebas du hameau de Guern en Tal.

Une série de prélèvements a été effectuée tout au long de ce parcours décrit dans la fiche n°170 en annexe 1 :

→ Prélèvements situés au niveau de l'ancien rejet :

Des prélèvements d'eau (TYG EXU) et de sédiments (TYG EXU SD) ont été réalisés dans le fossé au niveau de l'ancien rejet des eaux d'exhaure – c'est-à-dire en contrebas de la maison du hameau de Guern en Tal.

Les eaux prélevées au point TYG EXU présentent un léger marquage avec des teneurs en uranium 238 soluble (7,9 μ g/l soit 0,10 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,21 Bq/l). Les sédiments prélevés dans ce fossé (TYG EXU SD) présentent des teneurs en radioéléments plus élevés, avec un déséquilibre en U_{238} (31400 Bq/kg m.s.) par rapport au Ra2₂₆ total (10100 Bq/kg m.s.) et au Pb₂₁₀ (19700 Bq/kg m.s.).

→ Prélèvement situé au niveau de la source du hameau de Guern en Tal :

La source, située en contrebas du hameau de Guern en Tal et localisée à proximité immédiate de l'ancien rejet, a également fait l'objet d'un prélèvement d'eau (TYG SCE). Les eaux de cette source présentent une teneur en U_{238} soluble de 5,5 μ g/l (soit 0,07 Bq/l) et un léger marquage en Ra_{226} soluble (0,12 Bq/l).

→ Prélèvements situés dans le ruisseau situé en aval hydraulique de l'ancien rejet et de la zone marécageuse :

Le premier prélèvement d'eau (TYG RUSE) a été effectué dans le ruisseau à 200 m en aval de la zone marécageuse. Les eaux du ruisseau, présente un marquage en uranium 238 soluble (61 µg/l soit 0,75 Bg/l) et en radium 226 soluble (0,40 Bg/l).

Un second prélèvement d'eau (TYG RUB), situé à 400 m en aval de la zone marécageuse a été également effectué dans ce même ruisseau. Les eaux prélevées présentent également un marquage en uranium 238 soluble (36 µg/l soit 0,44 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,39 Bq/l), mais dans une moindre mesure par rapport au point TYG RUSE (effet de dilution).

• Mane Mabo (figure 10)

Le site de Mane Mabo a fait l'objet de travaux miniers souterrains. Lors de la visite d'état des lieux de 2011, aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 93/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Un ruisseau s'écoule à 100 m à l'Ouest du site (prélèvement d'eau MMA RUB) et se jette dans le Blavet. Les eaux prélevées dans ce cours d'eau présentent une teneur en uranium 238 soluble inférieure à 1 µg/l (soit < 0,02 Bg/l) et un très léger marquage en Ra226 soluble (0,14 Bg/l).

Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus par l'IRSN lors de sa campagne de prélèvements de 2009 (cf. figure 9).

BASSIN VERSANT DE L'ELLE:

• Kervrec'h (figure 10)

L'exploitation du site de Kervrec'h a été effectuée par travaux miniers souterrains. En 2011, lors de la visite d'état des lieux, aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site.

A 250 m au Sud du site, un étang (prélèvement d'eau KVC ETG) alimente un ruisseau qui se jette dans la rivière l'Ellé. Les eaux de cet étang présentent une teneur en U_{238} soluble (2,7 μ g/l soit 0,02 Bq/l) du même ordre de grandeur que les valeurs mesurées dans le milieu naturel et un léger marquage en Ra₂₂₆ soluble (0,20 Bq/l).

Un ruisseau est situé à 200 m au Nord-Est du site (prélèvement d'eau KVC RUE) se jette dans le ruisseau de la Gare, affluent de l'Aër, qui lui-même se jette dans la rivière l'Ellé.

Les eaux de ce cours d'eau présentent des teneurs en uranium 238 soluble inférieure à 1 μ g/l (soit < 0,02 Bq/l) et en radium 226 soluble de 0,06 Bq/l, soit du même ordre de grandeur que celles relevées dans le milieu naturel.

Carros-Combout

Des travaux de reconnaissance (tranchées et puits) ont été effectués sur le site de Carros-Combout. Aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site lors de la visite de terrain de 2011.

Un ruisseau prend sa source à 450 m au Nord du site, puis se jette dans un second ruisseau affluent de la rivière le Naïc, elle-même affluent de la rivière l'Ellé.

Compte tenu de la nature très réduite des travaux réalisés, aucun prélèvement relatif à ce site n'a été réalisé.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 94/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

8.1.4 Bilan sur le milieu aquatique

Pour les sites finistériens et morbihannais présents dans ce bilan environnemental, le contrôle des eaux réalisées au cours des visites de terrains de 2011 a porté sur des prélèvements réalisés :

- au niveau des plans d'eau et des ruisseaux récepteurs,
- au niveau des plans d'eau et des ruisseaux potentiellement impactés en aval hydraulique des sites,
- sur deux sources situées à proximité des sites de Ty Gallen et de Bonote.

Les résultats sont synthétisés dans le tableau suivant.

Sites	Rejets	Cours d'eau récepteurs	Cours d'eau en aval hydraulique	Bassins versants
Quistiave	/	< 1 0,05	/	
Galhaut	1	1,7 0,08	/	
Keryacunff	1	< 1 0,10 a	1	
	1	<1 0,05 ^a 1,8 0,09	1	Le Blavet
Ty Gallen	7,9 0,21	5,5 0,12 b	,	LC Diavet
	(fossé de l'ancien rejet pendant exploitation)	61 0,40 36 0,39	1	
Mane Mabo	1	< 1 0,14	/	
Sulliado	⊗	5,0 0,12	·····>	
Prat Mérien	1	24 0,11	1,8 0,03	
Frat Wellell	/	·····		
Galhaut	/	2,7 0,10	/	
Poulprio	⊗	5,0 0,19	/	
Kerségalec	/	< 1 < 0,02	3,1 0,04	
Moulin de Brodimon	⊗	·····>	3,1 0,04	
		< 1 0,08	1	
Le Hinguer	\otimes	1,6 0,05	1	
Kerler	1	< 1 0,02	1	
Calerden	1	< 1 0,05	1	Le Scorff
Vouedec	1	8,3 0,10	1	
	/	< 1 0,07	1	
Bonote	,	2,4 0,11	1	
	Pendant exploitation	1,7 0,23 b	1	
Kerhuennec	1	3,1 0,05	1	
Б.,	,	2,7 0,04		
Rosglas /	1	1,1 0,03 ^a 3,0 0,06	1,7 0,02	
Roscorbel	1		1	
Kerjean	/	5,7 0,12	1	
Vouedec	1	1,9 0,09	1	
	/	< 1 0,06	1	L'Ellé
Kervrec'h	/	1,4 0,20	1	

En vert : U238 soluble en µg/l en noir : Ra226 soluble en Bq/l a : prélèvement dans un étang b : prélèvement dans une source

Il est à noter que les sites de Keroc'h et Carros Combout n'ont pas fait l'objet de prélèvements d'eau.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 95/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

[⊗] Absence d'écoulements lors de la campagne de prélèvements de 2011

En résumé, on peut dire que :

- Quatre sites présentent des écoulements intermittents, qui étaient à sec lors de la campagne de prélèvements de 2011 :
 - Sulliado : au niveau des deux fossés de drainage, situés sur le carreau minier et créés par le locataire actuel ;
 - o Poulprio, Moulin de Brodimon et Le Hingueur : au niveau d'anciennes galeries d'accès de type travers-banc ou descenderies.
- Les ruisseaux récepteurs des rejets <u>actuels</u> potentiels ou identifiés et les cours situés en aval hydraulique des sites présentent des teneurs en radioéléments du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le milieu naturel, avec ponctuellement un léger marquage en radium 226 soluble (Ra₂₂₆ soluble maxi = 0,20 Bq/l).
- Le ruisseau récepteur du rejet pendant exploitation du site de Ty-Gallen présente, en aval de la zone marécageuse, un marquage en uranium 238 et en radium 226 solubles (U₂₃₈ maxi = 0,61 μg/l et Ra₂₂₆ maxi = 0,40).
- Les eaux de la source située dans le talweg recevant les eaux du rejet pendant exploitation du site de Bonote présentent un léger marquage en radium 226 soluble (0,23 Bq/l).
- Des sédiments présentent un marquage radiologique, notamment en uranium 238 : ils sont localisés dans la zone marécageuse du hameau de Guern en Tal (site de Ty-Gallen) et dans la zone humide du hameau de Nahellec (site de Bonote). Ce marquage radiologique correspond à un marquage historique des sédiments dû au rejet des eaux d'exhaure pendant exploitation.

8.2 IMPACT SUR LE VECTEUR AIR

8.2.1 Voies de contamination de l'air

Les voies d'exposition du vecteur air concernent :

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 96/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

8.2.2 Surveillance de la qualité radiologique de l'air

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

- Un Dosimètre Thermo-Luminescent (DTL) qui permet de déterminer le débit de dose de rayonnement gamma exprimé en nGy/h. Cet appareillage utilise des matériaux qui ont la propriété, lorsqu'ils sont soumis à un rayonnement ionisant, de piéger les électrons émis suite à l'ionisation. Lorsque l'on chauffe ces éléments irradiés, les électrons sont libérés des pièges et retournent à leur état d'origine. Ce phénomène s'accompagne d'une émission de lumière proportionnelle au nombre d'électrons libérés. Ces grains de lumière sont comptés et, comme il existe une relation simple entre ce nombre et la dose de radioactivité absorbée, les algorithmes du lecteur calculent cette dernière valeur.
- Un dosimètre mesurant les Energies Alpha-Potentielles (EAP) dues aux descendants à vie courte du radon 220 et du radon 222 et exprimées en nJ/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 mBg/m³.

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

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

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

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 97/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

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

Sur les départements du Finistère et du Morbihan, aucun dosimètre n'a été mis en place sur site ou dans leur environnement proche : aucune chronique de mesures n'est donc disponible. Par conséguent, l'impact potentiel des sites sur le vecteur AIR n'a pas été mesuré.

8.3 IMPACT SUR LA CHAINE ALIMENTAIRE

8.3.1 Voies de contamination de la chaine alimentaire

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

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

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

8.3.2 Contrôles de la chaine alimentaire

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 98/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	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 de la Bretagne	30/06/2011	Page : 99/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	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 entrainer 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 entrainer 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 AJOUTEE

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 HT, exprimée en Sievert, qui mesure l'effet biologique subi par le tissu T étudié.

$$\mathbf{H}_{\mathsf{T}} = \sum_{\mathsf{R}} \mathbf{D}_{\mathsf{T},\mathsf{R}} \cdot \mathbf{W}_{\mathsf{R}}$$

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 WR est égal à 1 alors qu'il est égal à 20 pour les particules alpha.

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 100/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	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.

$$\textbf{E} = \sum\nolimits_{\textbf{T}} \textbf{H}_{\textbf{T}} \cdot \textbf{W}_{\textbf{T}}$$

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

9.4.1 Voies d'exposition à considérer

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

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

Pour l'eau, est prise en compte l'eau consommée, qu'elle soit issue d'un réseau de distribution ou d'un puits.

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 101/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	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).

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.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 102/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

PASSAGE A LA DOSE EFFICACE AJOUTEE

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

Mode d'exposition	Rayonnement ou Radioéléments		Adulte	Enfant 2-7 ans
Externe	Gamma		1 mSv/mGy	1 mSv/mGy
	EAP Rn ₂₂₂ inhalé		1,1 mSv/nJm ⁻³ .h	1,1 mSv/nJm ⁻³ .h
Inhalation	EAP Rn ₂₂₀ inhalé		0,39 mSv/nJm ⁻³ .h	0,39 mSv/nJm ⁻³ .h
Illiaiation	Poussières	sites miniers	1,4.10 ⁻² mSv/Bq	2,9.10 ⁻² mSv/Bq
inhalées sites stockage résidus		1,9.10 ⁻⁴ mSv/Bq	3,8.10 ⁻² mSv/Bq	
	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
Ingestion	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)

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

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

 $E_{2(3)}$ = Coefficient de dose (en mSv/nJ.m³.h) × temps de présence (en h) × EAP ajoutée au milieu naturel (en nJ/m³) × 10⁻⁶

Pour l'ingestion de la chaîne alimentaire (Eii)

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

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

$$\boxed{\boldsymbol{E}_{tot} = \boldsymbol{E}_1 + \boldsymbol{E}_2 + \boldsymbol{E}_3 + \sum \boldsymbol{E}_{ij}}$$

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 103/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

10 MESURES PRISES POUR REDUIRE LES IMPACTS

10.1 REDUCTION DES IMPACTS SUR LE VECTEUR AIR

Les sources d'impact radiologique du vecteur « Air » des sites miniers sur leur environnement ont été identifiées et décrites dans les chapitres précédents de ce rapport. En résumé, elles ont pour origine :

- les résidus de traitement du minerai (non concerné pour les sites du Morbihan et du Finistère),
- les stériles miniers qu'ils soient stockés sur les sites mêmes ou réutilisés dans le domaine public,
- très localement liés à des sédiments résultant de l'écoulement des eaux d'exhaure pendant l'exploitation (Bonote, Kerler, Rosglas, Ty Gallen).

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

Seuls les sites de Rosglas, Ty Gallen, Kerjean, Kerler, Mane Mabo et Prat-Mérien possèdent, ou ont possédé, une verse à stériles. Les caractéristiques du réaménagement de ces verses sont décrites dans le tableau suivant :

Sites	Réaménagements	Remarques
Rosglas	Remodelage d'une partie de la verse sous forme de plateforme.	Présence d'une verse résiduelle en bordure Nord du site
KERJEAN	Remodelage d'une partie de la verse sous forme de plateforme.	-
Kerler	Mise en place d'un muret de soutènement en stériles. Remodelage de la verse sous forme de remblais pour la réalisation d'une plateforme et mise en place d'une couche végétale.	Présence d'un garage sur la plateforme
MANE MABO	Remodelage de la verse en plateforme au Nord de l'ancien carreau minier. Mise en place d'une couche de terre végétale	-
PRAT MERIEN	Remodelage de la verse résiduelle sous forme de plateforme.	Présence d'une zone d'entreposage de matériel

Ces mesures ont contribué à limiter les impacts des stériles sur le vecteur air.

De plus, des plans compteurs, après réaménagement, ont été réalisés sur l'ensemble des sites de la concession de Lignol dans le cadre de la déclaration de délaissement de 1994. Les valeurs obtenues figurent dans le tableau suivant.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 104/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

	Surfaces concernées	Valeurs radiométriques		
Sites		(mesurées en chocs/seconde SPPγ)		
		Minimum	Maximum	Moyenne
Bonote	Ancien carreau minier	140	650	450
Calerden	Emprise des travaux miniers	110	550	350
Galhaut	Ancien carreau minier	120	550	200
Le Hinguer	Ancien carreau minier	90	750	400
Kerhuennec	Ancien carreau minier	100	1000	300
Kerjean	Emprise des travaux miniers	80	550	180
Kerler	Emprise des travaux miniers	70	650 (ponctuellement 2000 et 5000)	250
Kervrec'h	Ancien carreau minier	120	470	250
Reiviech	Entrée du site	500	6000	1500
Keryacunff	Emprise des travaux miniers	90	450	130
Moulin de Brodimon	Emprise des travaux miniers	100	550	250
Poulprio	Ancien carreau minier	110	650	250
Part Mérien	Emprise des travaux miniers	100	1000	650
Quistiave	Ancien carreau minier	100	800	350
Roscorbel	Absence de données	(travaux de recher	ches de très faible am	pleur)
Rosglas	Ancien carreau minier	120	650	400
Sulliado	Emprise des travaux miniers	90	800	300
Ty Gallen	Ancien carreau minier	110	1250	300
Vouedec	Emprise des travaux miniers	110	750	300

<u>Remarque</u>: les sites de Carros Combout, Kerségalec, Keroc'h et Mane Mabo n'ont pas fait l'objet de plans compteurs après réaménagements en 1994 (non concernés par le dossier de délaissement).

Les données des plans compteurs de 1994 ont été vérifiées et complétées pour l'ensemble des sites du Morbihan et du Finistère par des mesures de débits de photons au SPP γ au cours des visites de sites de 2011.

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

S'agissant des sédiments, les valeurs radiométriques mesurées sur les zones humides concernées par un marquage historique dû aux rejets des sites pendant exploitation, sont

- pour Bonote : comprises entre 200 et 1000 chocs/seconde SPPγ.
- pour Ty-Gallen : comprises entre 600 et 2000 chocs/seconde SPP γ (avec ponctuellement 3500 chocs/seconde).

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 105/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

10.2 REDUCTION DES IMPACTS SUR LE VECTEUR EAU

Le premier objectif du réaménagement d'un site, concernant le vecteur eau, consiste à identifier les exutoires d'eau issue des travaux miniers ou les points d'émergence d'eau ayant percolé au travers de remblais miniers. La résurgence de ces eaux constitue donc potentiellement une source de contamination pour l'environnement. En application de la réglementation, les exploitants ont donc aménagé des exutoires afin d'y exercer une surveillance et si nécessaire des traitements (dans des stations aménagées à cet effet) visant à restituer à l'environnement une eau dont les caractéristiques sont conformes aux exigences réglementaires.

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

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

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

Après réaménagement, la qualité des eaux avec des valeurs de rejets inférieures aux exigences réglementaires, a permis de s'affranchir de tout traitement physico-chimique sur l'ensemble des sites miniers uranifères du Morbihan et du Finistère.

Lors de la campagne de prélèvements réalisée en 2011, aucun rejet d'eau significatif provenant des anciens travaux miniers n'a été repéré (à sec au moment de la visite d'état des lieux de 2011).

Les valeurs maximales enregistrées pour les ruisseaux récepteurs en aval des sites concernent le ruisseau récepteur du rejet pendant exploitation du site de Ty-Gallen (à 200 m en aval de la zone marécageuse du hameau de Guern en Tal), avec des teneurs :

- pour l'uranium 238 soluble, de 61 μg/l,
- pour le radium 226 soluble, de 0,40 Bq/l.

Les valeurs maximales enregistrées pour les ruisseaux en aval des sites concernent la rivière le Scorff, en aval du site du Moulin de Brodimon, avec des teneurs :

- pour l'uranium 238 soluble, de 3,1 μg/l,
- pour le radium 226 soluble, de 0,04 Bq/l.

Il est à noter que ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles mesurées sur cette même rivière, en amont de l'ensemble des sites miniers uranifères morbihannais et finistériens.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 106/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

11 CONCLUSIONS

11.1 CONCLUSIONS DE L'ANALYSE ENVIRONNEMENTALE

L'analyse environnementale issue de la recherche documentaire, des investigations de terrain et des analyses effectuées dans le compartiment aquatique, a mis en évidence :

- des rejets identifiés sur les sites de Sulliado, Poulprio et Le Hinguer (pas de mesures du fait de l'absence d'écoulements lors de la campagne de prélèvements de 2011);
- un faible impact des sites de Mane Mabo, Sulliado, Prat Mérien, Poulprio, Bonote et Kerjean sur les teneurs en radium 226 soluble des cours d'eau récepteurs (Ra₂₂₆ soluble ≤ 0,14 Bq/l);
- un faible impact du site de Prat Mérien sur les teneurs en uranium 238 soluble du cours d'eau récepteur (U238 soluble = 24 μg/l);
- un impact avéré mais limité du site de Ty Gallen sur le ruisseau qui prend sa source en contrebas du hameau de Guern en Tal (U238 soluble ≤ 61 μg/l - Ra226 soluble ≤ 0,40 Bq/l);
- aucun impact des autres sites miniers morbihannais et finistériens sur les cours d'eau récepteurs et situé en en aval hydraulique ;
- l'absence de données, portant sur la qualité de l'air et de la chaine alimentaire dans l'environnement des sites, permettant le calcul de la dose efficace annuelle ajoutée ;
- l'absence d'informations sur les pratiques en matière de cessions des stériles miniers aux particuliers et aux collectivités, mis à part pour le site de Ty Gallen (utilisation sur un terrain de pétanque privé);
- des problèmes de stabilité des terrains de surface sur les sites de Bonote, Kerler, Mane Mabo, et dans une moindre mesure sur les sites de du Hinguer, de Kerhuennec, du Moulin de Brodimon et de Rosglas;

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 107/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

• des zones radiologiquement marquées, pour certaines liées à un marquage historique lié au rejet du site pendant son exploitation (*), décrites dans le tableau suivant :

Sites concernés	Secteurs	Valeurs radiométriques (mesurées en chocs/seconde SPPγ)
Bonote	Talweg à partir de la source près du hameau de Nahellec, sur environ 300 m (*)	200 – 1100
	Petit muret éboulé en bord du chemin	550 – 28 000
Kerler	Fossé au Nord de la route reliant Lignol à Quelfenec (*)	600 – 2000 (ponctuellement 3500)
	Dans la prairie en aval et au Nord du site descendant vers le ruisseau de Kerustang (*)	450 – 2500
Kervrec'h	Entrée du site (environ 100 m²)	1300 – 2000 (ponctuellement 3000 à 4550)
Mane Mabo	Ancien carreau minier et chemin d'accès	300 – 1200
Poulprio	Talweg en aval du site (bassin de décantation) (*)	700 – 1860
	Verse	350 – 600 (2500 ponctuellement sur le flanc Nord)
Rosglas	Valeurs ponctuelles sur le chemin de randonnée au Nord de la verse (*)	800 – 2500
Ty Gallen	Zone humide en contrebas du hameau de Guern en Tal (*)	400 – 3200 (7000 au contact)

11.2 PROPOSITIONS D'ACTIONS COMPLEMENTAIRES A METTRE EN ŒUVRE

Suite aux visites d'état des lieux effectuées en février et mars 2011, AREVA propose de mettre en œuvre un certain nombre d'actions complémentaires concernant :

- l'amélioration de la connaissance de certains sites,
- des travaux de réaménagement complémentaires et de mise en sécurité,
- et, la surveillance et l'entretien paysager des sites.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 108/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

AMELIORATION DES CONNAISSANCES DE CERTAINS SITES:

Les visites d'état des lieux de 2011 a permis de mettre en évidence des zones radiologiquement marquées telles que :

- la zone marécageuse localisée en aval du hameau du Guern en Tal, résultant du marquage historique lié au rejet pendant exploitation du site de Ty-Gallen;
- la zone humide située dans le talweg du hameau de Nahellec résultant également du marquage historique du rejet pendant exploitation du site de Bonote;
- le chemin de randonnée, situé au Nord du site de Rosglas, chemin correspondant au lit du rejet pendant exploitation de ce site et également remblayé avec des stériles miniers ;
- certaines zones du pré, situé en contrebas du site de Kerler, correspondant vraisemblablement au lieu de passage du rejet des eaux d'exhaure pendant exploitation (marquage historique);
- l'entrée de l'ancien carreau du site de Kervrec'h, qui d'après le dossier de délaissement de 1994, correspondraient probablement à l'indice de surface du gisement exploité.

Par conséquent, AREVA propose la réalisation des actions décrites dans le tableau suivant :

Sites	Propositions d'actions
Волоте	Campagne de prélèvements complémentaires (eau et sédiments) dans et en aval de la zone humide située dans le hameau de Nahellec afin de mieux caractériser la zone du marquage historique.
Kerler	Réalisation d'un plan compteur à maille adaptée dans le pré situé en aval hydraulique du site.
Kervrec'h	Réalisation d'un plan compteur à maille adaptée dans l'entrée du site afin de mieux délimiter la zone marquée.
Ty-Gallen	Réalisation d'un plan compteur à maille adaptée de la zone marécageuse de Guern en Tal en période d'étiage. Campagne de prélèvements complémentaires (eau et sédiments) dans et en aval de la zone marécageuse située afin de mieux caractériser la zone du marquage historique. Réalisation d'une étude hydrogéologique dans le but de mieux identifier les circulations d'eaux du site vers son environnement.
Roglas	Réalisation d'un plan compteur à maille adaptée du chemin de randonnée, puis en fonction des résultats obtenus, curage du chemin et mise en place de tout-venant.

Le lieu de stockage des produits issus d'éventuels assainissements radiologiques du chemin devront être déterminés au préalable en accord avec les Services de l'Etat.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 109/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

TRAVAUX DE REAMENAGEMENT COMPLEMENTAIRES ET DE MISE EN SECURITE :

Compte tenu des conclusions de l'analyse sur la stabilité des terrains (chapitre 7), AREVA propose :

- la mise en place d'un nouveau périmètre de sécurité sur le site de Bonote correspondant à l'emprise au sol des quartiers de dépilages.
- des études complémentaires portant sur la stabilité minière liée aux dépilages sur les sites de Kerler et de Mane Mabo, afin d'évaluer le taux de remblayage, ainsi que le risque lié à ces chantiers. Des mesures adéquates seront prises selon les conclusions de ces études.
- et après concertation avec les services de l'Etat et en accord avec les propriétaires fonciers des terrains concernés, la mise en place de périmètres de sécurité à l'aplomb des dépilages sur les sites du Hinguer, de Kerhuennec, du Moulin de Brodimon et de Rosglas.

De plus, AREVA propose des travaux de réaménagement complémentaires sur les sites suivants :

- <u>Kersegalec</u>: Comblement des tranchées de reconnaissance laissée en l'état après fermeture du site. Ces travaux se feront en accord avec les propriétaires des parcelles concernées.
- Kerler: Remise en état du mur de soutènement, après assainissement radiologique des remblais situés à l'arrière du mur. Le lieu de stockage des produits issus de l'assainissement radiologique devra être déterminé au préalable en accord avec les Services de l'Etat, avant toute opération de réfection du mur.

• Mane Mabo :

- o Assainissement radiologique des trois zones radiologiquement marquées, localisées dans la partie jardin (Cf. chapitre 5.4.2) : Curage puis apport de terre végétale.
- Assainissement radiologique de l'ancien carreau minier du site (opération de décaissage sur une trentaine de centimètres (la limite de zone à décaisser sera étudiée en fonction du plan compteur réalisé en mai 2011 par Subatech) puis remise à niveau du terrain par apport de tout-venant.
- Le lieu de stockage des produits issus de l'assainissement radiologique devra être déterminé au préalable en accord avec les Services de l'Etat, avant toute opération de réfection du mur.

SURVEILLANCE ET ENTRETIEN PAYSAGER:

AREVA propose, pour les sites listés dans le tableau suivant :

- une surveillance annuelle, du type « auscultation visuelle concernant la stabilité des terrains situés à l'aplomb des têtes de dépilages et des ouvrages de liaison fond-jour ». Cette surveillance vise l'ensemble de sites présents dans la concession de Lignol et les sites Quistiave, Keroc'h, Carros-Combout et Mane Mabo.
- un entretien paysager annuel du site comprenant un débroussaillage des entrées de traversbanc, descenderies, périmètres de sécurité, accès aux ouvrages de liaison fond-jour et des têtes de dépilages. Cet entretien paysager ne sera réalisé que sur les parcelles dont AREVA est propriétaire foncier.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 110/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Sites	Surveillance du type contrôle visuel des sites	Entretien paysager
Bonote	oui	oui
Calerden	oui	oui
Carros-Combout	oui	non
Galhaut	oui	oui
Le Hinguer	oui	non
Kerhuennec	oui	oui (entrée du travers-banc)
Kerjean	oui	oui
Kerler	oui	non
Keroc'h	oui	non
Kersegalec	oui	non
Kervrec'h	oui	non
Keryacunff	oui	non
Mane Mabo	oui	non
Moulin de Brodimon	oui	non
Poulprio	oui	oui
Prat-Mérien	oui	oui
Quistiave	oui	non
Roscorbel	oui	non
Rosglas	oui	non
Sulliado	oui	oui
Ty-Gallen	oui	oui (carreau avec le puits)
Vouedec	oui	oui

11.3 GESTION DES STERILES MINIERS

La circulaire du 22 juillet 2009, cosignée entre l'ASN et le MEEDDM, portant sur la gestion des anciennes mines d'uranium, précise dans l'axe 3 « Gérer les stériles » qu'il est nécessaire de :

- réaliser un recensement des stériles miniers réutilisés dans le domaine public,
- recenser les usages du sol où ces stériles ont été valorisés en dehors du périmètre des anciennes mines d'uranium,
- et enfin, de vérifier la compatibilité des usages à l'aplomb et dans l'environnement immédiat des zones où des stériles ont été réutilisés.

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

- PHASE 1 : Survol aérien de reconnaissance sur l'ensemble des communes concernées par les sites miniers uranifères de la concession de Lignol (départements du Finistère et du Morbihan). La figure 18 présente la zone concernée par ce survol aérien.
- Phase 2 : Vérification et identification au sol des anomalies relatives repérées par le survol aérien, puis vérification de la compatibilité des usages.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 111/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

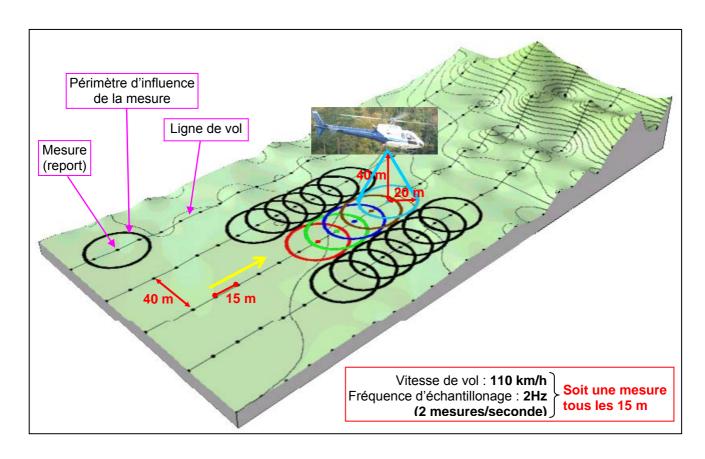
La méthode retenue est la réalisation d'un levé spectrométrique héliporté de très haute résolution.

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

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

- Vitesse de l'hélicoptère : 110 km/h,
- Echantillonnage : 2 Hz, soit 15 m entre deux mesures consécutives,
- Volume de cristal (Nal): 41.8 l (deux spectromètres),
- Espacement entre les lignes de vol : 40 m,
- Hauteur de vol : 40 m.

Le schéma suivant reprend ces caractéristiques :



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

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

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 112/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

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

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

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

Sur la Bretagne, la phase 1 (reconnaissance par survol héliporté) a été réalisée en novembre 2010. A ce jour, les résultats sont en cours d'interprétation.

11.4 INFORMATION DU PUBLIC

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

Seuls les sites faisant l'objet d'une surveillance réglementaire – associée à des campagnes de prélèvements – seront soumis à cet affichage.

Ces panneaux d'affichage mentionnent entre autres les arrêtés préfectoraux d'arrêt définitif des travaux et de surveillance, un lien vers le site internet du Réseau National de Mesures de Radioactivité de l'Environnement où AREVA transmet l'ensemble des mesures réglementaires réalisées sur ses sites.

Sur les départements du Finistère et du Morbihan, aucun des sept sites ne fait actuellement l'objet d'une surveillance réglementaire – associée à des campagnes de prélèvements – suite à l'arrêt des travaux. Par conséquent, aucun affichage n'est effectué. Un affichage au cas par cas sera discuté avec la DREAL.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 113/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Références bibliographiques

- [1] Bibliothèque des Sciences et Techniques Nucléaires Marcel ROUBAULT, *Les minerais uranifères français*, Tome III, premier volume, 1964.
- [2] Site Internet de Bretagne Environnement : http://www.bretagne-environnement.org/Sous-sol/Le-contexte-breton/L-histoire-geologique
- [3] BRGM Bretagne Eric Thomas, Géologie succincte du massif armoricain, 2005
- [4] BRGM, Notice de la carte géologique au 1/50000^e N° 348 : Secteur de Plouay
- [5] Site Internet de Bretagne-environnement : http://www.bretagne-environnement.org
- [6] Hydro banque : http://www.hydro.eaufrance.fr/
- [7] Site Internet OIEau : www.gesteau.eaufrance.fr
- [8] 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
- [9] Site internet de l'IRSN : Programme MIMAUSA :

http://www.irsn.fr/FR/base_de_connaissances/Environnement/surveillance-environnement/sites-miniers-uranium/Pages/4-bdd.aspx

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 114/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Liste des figures, annexes et plans

Fig. 1:	Carte du	relief de	la région	Bretagne

- Fig. 2: Carte des précipitations annuelles en Bretagne (1997 2006)
- Fig. 3: Carte des températures annuelles en Bretagne (1997 2006)
- Fig. 4: Sites miniers et bassins versants : Le Scorff, L'Ellé et Le Blavet
- Fig. 5 : Production cumulée : minerai Départements du Finistère et du Morbihan
- Fig. 6 : Plan compteur du site de Mane Mabo réalisé en mai 2011
- Fig. 7: Résultats d'analyses : sites de Bonote et de Calerden
- Fig. 8 Résultats d'analyses : sites de Galhaut, Le Hinguer et Kerhuennec
- Fig. 9 : Résultats d'analyses : sites de Kerjean, Kerler et Kersegalec
- Fig. 10 : Résultats d'analyses : sites de Kervrec'h, Keryacunff et Mane Mabo
- Fig. 11 : Résultats d'analyses : sites de Moulin de Brodimon et Poulprio
- Fig. 12 : Résultats d'analyses : sites de Prat-Mérien et Quistiave
- Fig. 13: Résultats d'analyses : site de Roscorbel
- Fig. 14: Résultats d'analyses : site de Rosglas
- Fig. 15: Résultats d'analyses : site de Sulliado
- Fig. 16: Résultats d'analyses : site de Ty-Gallen
- Fig. 17: Résultats d'analyses : site de Vouedec
- Fig. 18: Zone concernée par le survol aérien en Bretagne
- Annexe 1: Fiches de sites, fiches de chantiers
- Annexe 2: Planches photographiques
- Annexe 3: Cartes IGN de localisation des sites miniers et des points de prélèvements
- Annexe 4: Situation des sites miniers sur fonds cadastraux
- Annexe 5: Cartes géologiques

Plan : Situation des sites miniers uranifères exploités sur les départements du Finistère et de Morbihan

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 115/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Glossaire

ACTIVITE

L'activité caractérise l'intensité d'une source radioactive, c'est-à-dire le nombre de désintégration par unité de temps dont elle est le siège. L'activité s'exprime en Becquerels (Bq).

ANDRA (AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS)

Etablissement public à caractère industriel et commercial (EPIC), placé sous tutelle des ministères de l'Ecologie et du Développement Durable, de l'Industrie et de la Recherche. Depuis 1993, l'ANDRA publie un rapport sur l'« Etat de la localisation des déchets radioactifs en France ».

ARENE

Produit de consistance sableuse, issu de l'altération d'une roche cristalline.

ASSAINISSEMENT RADIOLOGIQUE

Pour une installation ou un site nucléaire, ensemble des opérations visant à éliminer ou réduire la radioactivité, notamment par décontamination ou évacuation de matériels, en permettant la récupération contrôlée des substances radioactives.

BASSIN VERSANT

Entité géographique spatiale qui participe à l'alimentation d'un cours d'eau. Le bassin versant est délimité par des lignes de partage des eaux.

BECQUEREL

Unité du système international de mesure de l'activité. Un becquerel est égal à une désintégration par seconde. Des multiples de cette unité sont fréquemment utilisés : le kilo becquerel (1kBq = 1000 Bq), le Méga becquerel (1MBq = 1 million de Bq), le Giga becquerel (1GBq = 1 milliard de Bq) et le Téra bequerel (1TBq = mille milliards de Bq). L'Ancienne unité était le Curie (Ci) qui équivaut à 37 GBq. Le curie correspondait à l'activité d'un gramme de radium 226.

CEA (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE)

Organisme public de recherche, créé en 1945 pour donner à la France la maîtrise de l'atome et de son utilisation dans les domaines de l'énergie, de l'industrie, de la santé et de la défense.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 116/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

CHAINE RADIOACTIVE (OU DE DESINTEGRATION) D'UN RADIONUCLEIDE

Succession des différents radionucléides fils apparaissant au cours du temps par transformation spontanée, d'un noyau instable au cours du temps. Cette chaîne se termine sur un isotope stable (non radioactif). Pour U238 et U235, les deux chaînes aboutissent à un isotope du plomb, respectivement Pb206 et Pb207. Il existe trois familles radioactives naturelles, avec comme « têtes de chaîne » (premier radionucléide) : l'uranium 238, l'uranium 235 et le thorium 232.

COGEMA (COMPAGNIE GENERALE DES MATIERES NUCLEAIRES)

Groupe industriel du secteur de l'énergie, qui a bénéficié du transfert de l'ensemble des installations qui relevait de l'ancienne Direction des Productions du CEA (décret n°75-1250 du 29 décembre 1975). COGEMA est intégré à AREVA depuis septembre 2001.

CONTAMINATION (RADIOACTIVE)

Présence indésirable, à un niveau significatif, de substances radioactives à la surface ou à l'intérieur d'un milieu quelconque. Pour l'homme, la contamination peut être externe (sur la peau) ou interne (par ingestion ou inhalation).

DEBIT DE DOSE

Quotient de l'accroissement de dose par la durée de l'intervalle de temps durant lequel il se produit. L'unité légale est le Gray par seconde (Gy/s). Comme cette unité est très grande, le débit de dose s'exprime, par exemple, en millième de gray par heure (mGy/h) ou en millionième de gray par heure (µG/h).

DECHETS

« Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon » (Article 541-1 II du Code de l'Environnement).

DECHETS RADIOACTIFS

Substances radioactives pour lesquelles aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée.

DEMANTELEMENT

- 1. Ensemble des opérations techniques exécutées pour démonter et, éventuellement, mettre au rebut un équipement ou partie d'une installation nucléaire.
- 2. Dans la réglementation française, phase de la déconstruction d'une installation nucléaire qui comprend toutes les opérations postérieures au décret de mise à l'arrêt définitif.

DESINTEGRATION

Transformation d'un noyau instable en noyau stable ou instable, avec modification du nombre et de la nature des nucléons (protons et neutrons, constitutifs du noyau initial). Cette désintégration s'accompagne de l'émission d'un ou plusieurs rayonnements (alpha, beta, gamma).

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 117/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

DOSIMETRIE

Théorie et application des principes et des techniques de mesures ou d'estimation des doses de rayonnements ionisants reçues ou susceptibles de l'être.

EXHAURE OU SURVERSE

Dans le domaine minier, le terme d'exhaure désigne l'évacuation des eaux d'infiltration dans des ouvrages souterrains. Elle peut s'effectuer par drainage gravitaire ou au moyen d'installations de pompage.

EXUTOIRE

Débouché à l'extérieur d'un milieu assurant l'écoulement d'une substance, en particulier de l'eau.

FONTIS

Affaissement, ou l'effondrement du sol, causé par un éboulement souterrain minier proche de la surface.

IRSN (INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE)

Etablissement public à caractère industriel et commercial créé en février 2002, regroupant les compétences de l'OPRI et de l'IPSN. Placé sous tutelle des ministères de : l'Industrie, la Défense, l'Environnement, la Recherche et la Santé.

LIXIVIATION

Au sens courant, désigne la percolation lente d'un solvant, en général l'eau, au travers d'un matériel, accompagné de la dissolution des matières solides qui y sont contenues. Le liquide résultant de ces opérations est appelé le lixiviat.

MARQUAGE

Observation des concentrations de substances chimiques ou radiologiques, naturelles ou artificielles, supérieures aux concentrations naturelles habituellement observées dans le milieu naturel concerné sans préjuger de leur origine, ou de leur impact sur la santé et sur l'environnement.

MARQUE (SITE)

Site présentant des traces de radionucléides naturels ou artificiels, détectables sans qu'il y ait nécessairement d'action particulière envisagée.

PERIODE RADIOACTIVE (OU DEMI-VIE)

Durée nécessaire à la désintégration de la moitié des noyaux d'atomes d'un nucléide radioactif. La valeur de sa période radioactive est une caractéristique essentielle de chaque nucléide radioactif.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 118/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

POLLUE (SITE)

Dans le contexte de contamination radioactive, qualifie une zone ou un site contaminé de manière importante par des substances radioactives, naturelles ou artificielles.

PPM

La partie par million (ppm) est utilisée pour quantifier des traces ou des faibles teneurs. Par exemple, la teneur des minerais d'uranium peut s'exprimer en ppm. Cette teneur, exprimée en ppm, est le rapport de la masse de métal recherchée sur la masse de minerai renfermant la matière recherchée. Ce rapport est donc un nombre sans dimension.

RADIOPROTECTION

Ensemble des mesures destinées à réaliser la protection sanitaire de la population et les travailleurs contre les effets des rayonnements ionisants et à assurer le respect des normes de base. Elle comprend aussi la mise en œuvre des moyens nécessaires pour y parvenir.

REMBLAYAGE HYDRAULIQUE / SABLES CYCLONES

Comblement de travaux miniers par la fraction sableuse (granulométrie variant entre 150 et 500 ppm) obtenue par cyclonage des résidus de traitement. Cette fraction sableuse constitue « les sables cyclonés ».

RESIDUS DE TRAITEMENT

Produits résultant de l'extraction de l'uranium à partir des minerais et contenant tous les autres radionucléides de la famille de l'uranium et minéraux d'origine, à l'exception de l'uranium qui a été extrait en plus ou moins grande partie (5 à 40%), ainsi qu'une partie des produits de traitement.

SCENARIO

Ensemble d'hypothèses relatives à des événements ou des comportements permettant de décrire les évolutions possibles d'un système dans le temps et dans l'espace.

STERILES

Produits constitués par les sols et/ou les roches excavées pour accéder aux minéralisations d'intérêt. Ces roches peuvent contenir, ou non, de l'uranium ou du minerai d'uranium en fonction de leur proximité avec le gisement.

STOCKAGE DE DECHETS RADIOACTIFS

Le stockage de déchets radioactifs est l'opération consistant à placer ces substances dans une installation spécialement aménagée pour les conserver de façon potentiellement définitive dans le respect de la protection de la santé des personnes, de la sécurité et de l'environnement.

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 119/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE

Ensemble des mesures réalisées autour de l'installation afin de vérifier le respect des prescriptions réglementaires en matière de rejets et d'évaluer son impact sur l'environnement et les populations.

TENEUR DE COUPURE

La teneur du minerai en uranium dépend essentiellement de données économiques, comme le coût du marché de l'uranium, le coût d'extraction du minerai. Cependant, le souci d'un Etat visant à obtenir de l'uranium de façon indépendante, peut le conduire à exploiter un minerai pauvre en uranium, indépendamment du coût qui en résultera.

URANIUM NATUREL

Uranium dont la composition isotopique est celle de l'uranium tel qu'il se présente à l'état naturel c'est-à-dire sous la forme d'un mélange de trois isotopes dans des proportions massiques bien définies (uranium 238 : 99,28% ; uranium 235 : 0,71% ; uranium 234 : 0,0054%).

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 120/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0

Sigles et abréviations

ANDRA Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs

ARS Agence Régionale de la Santé

CEA Commissariat à l'Energie Atomique

CESAAM Centre d'Etudes et de Suivi des Anciennes Activités Minières

COGEMA Compagnie Générale des MAtières nucléaires

DAM Direction de l'Après-Mines

DDCSPP Direction Départementale de la cohésion sociale et de la protection des populations

DEAA Dose Efficace Ajoutée Annuelle

DREAL Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DRIRE Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement

DPPR Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques

DTL Dosimètre Thermo-Luminescent

EAP Energie Alpha-Potentielle

ICPE Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

IGN Institut Géographique National

INERIS Institut National de l'EnviRonnement Industriels et des riSques INSEE Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

IPSN Institut de Protection et de Sureté Nucléaire

IRSN Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

MA Million d'Années
MCO Mine à Ciel Ouvert

MEEDDM Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer

OPRI Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants

RGIE Règlement Général des Industries Extractives

SEMA Société d'Etudes Minières Armoricaines

SIMURA Société Industrielle et Minière de l'URAnium SIMO Société Industrielle des Minerais de l'Ouest

SPP2 et SPPy Scintillomètre Portatif de Prospection

TMS Travaux Miniers Souterrains

TRPC Travaux de Reconnaissance par Petit Chantier

Bilan environnemental – sites miniers de la Bretagne	30/06/2011	Page : 121/121
Rédacteurs : CADORET Gwénaëlle / HIMEUR Nadine	Vérificateur : ANDRES Christian	Version 1.0