

---

# **BILAN ENVIRONNEMENTAL**

## Sites miniers de Vendée

**AREVA Mines**

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

Établissement de Bessines



# Préambule

Le présent bilan environnemental a été prescrit par l'arrêté préfectoral n°10-636 du 06 août 2010. Il a été rédigé conformément à l'article 2 de cet arrêté préfectoral et aux dispositions prévues dans la circulaire n°2009-132 du 22 juillet 2009, cosignée entre le Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer et l'Autorité de Sureté Nucléaire (ASN), portant sur la gestion des anciennes mines d'uranium.

Ce bilan porte sur l'ensemble des sites miniers uranifères figurant dans l'arrêté préfectoral.

Ainsi, ce bilan a pour objectif de dresser un état des lieux des connaissances sur l'ensemble des sites miniers uranifères du département de Vendée.

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 en Vendée 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 chaîne alimentaire.
- Chapitre 9 : une évaluation de la dose efficace ajoutée annuelle.
- Chapitre 10 : les mesures prises pour réduire les impacts listés dans les chapitres 7 et 8.
- Chapitre 11 : les conclusions de l'analyse environnementale des sites vendéens, accompagnées de propositions d'actions complémentaires à mettre en œuvre et de la description du programme de gestion des stériles mis en place par AREVA Mines dans le cadre de l'axe 3 de la circulaire du 22 juillet 2009.



## Avertissement

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

Afin de faciliter la lecture du présent document, un développement concernant des généralités sur la radioactivité a été établi à la page 11. De plus, un glossaire général et une liste des sigles et abréviations utilisés sont présentés aux pages 141 et 145.

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



# Sommaire

Préambule .....	3
Avertissement .....	5
Sommaire .....	7
Généralités concernant la radioactivité .....	11
1 PRÉSENTATION GÉNÉRALE DES ACTIVITÉS MINIÈRES ET INDUSTRIELLES DE VENDÉE	15
1.1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE .....	15
1.2 HISTORIQUE .....	15
2 PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE L'ENVIRONNEMENT DES SITES .....	17
2.1 CONTEXTE GÉOLOGIQUE [1] .....	17
2.1.1 Géologie des terrains uranifères [2] [3] .....	17
2.1.2 Tectonique [1] [2] [3] .....	17
2.1.3 Caractéristiques des minéralisations.....	18
2.1.4 Fond radiologique régional.....	18
2.2 ENVIRONNEMENTS PAYSAGERS ET DÉMOGRAPHIQUES .....	19
2.2.1 Relief et paysage [4] [5] .....	19
2.2.2 Démographie du département [7].....	19
2.3 CONTEXTE CLIMATIQUE [6] .....	20
2.3.1 Pluviométrie .....	20
2.3.2 Températures .....	21
2.3.3 Vents .....	21
2.4 CONTEXTE HYDROLOGIQUE .....	21
2.4.1 Bassins versants [8].....	21
2.4.2 Débits des cours d'eau [11].....	22
2.4.3 Utilisation des eaux.....	23
2.5 CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE .....	26
2.5.1 Généralités .....	26
2.5.2 Site de la Commanderie [13].....	27
2.5.3 Sites de la Prée et de la Godardière [14] .....	30
3 CADRE RÉGLEMENTAIRE .....	33
3.1 RÉGLEMENTATION EN VIGUEUR .....	33
3.1.1 Polices sectorielles .....	33
3.1.2 Polices transversales .....	40
3.1.3 Tableau de synthèse des polices applicables aux sites miniers .....	42
3.2 PLAN D'ACTIONS DE L'ÉTAT .....	42

3.2.1	Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs (PNGMDR).....	42
3.2.2	MIMAUSA [16].....	43
3.2.3	Circulaire du 22 juillet 2009 sur la gestion des anciennes mines d'uranium .....	44
4	EXPLOITATION MINIÈRE ET TRAITEMENT DES MINERAIS .....	45
4.1	LES MÉTHODES D'EXPLOITATION .....	45
4.1.1	Les travaux de reconnaissance.....	45
4.1.2	Exploitation souterraine .....	45
4.1.3	Exploitation à ciel ouvert .....	46
4.2	LE TRAITEMENT DU MINERAL .....	47
4.2.1	Le traitement dynamique .....	48
4.2.2	Le traitement statique ou lixiviation .....	50
5	PRÉSENTATION DES SITES MINIERS .....	51
5.1	GÉNÉRALITÉS .....	51
5.2	SITUATIONS RÉGLEMENTAIRES DES SITES ET INSTALLATIONS ARRÊTÉES .....	52
5.2.1	Titres miniers .....	52
5.2.2	Situation administrative relative à la fermeture des sites .....	53
5.3	SITES MINIERS ET BASSINS VERSANTS .....	53
5.4	PRÉSENTATION DES SITES .....	54
5.4.1	Bassin versant de la Sèvre Nantaise .....	55
5.4.2	Bassin versant la Grande Maine .....	56
5.4.3	Bassin versant de la Moine .....	60
6	RÉSIDUS ET DÉCHETS D'EXPLOITATION.....	63
6.1	LES STÉRILES MINIERS.....	63
6.1.1	Généralités – Teneur en uranium.....	63
6.1.2	Réaménagement des verses à stériles .....	64
6.1.3	Réutilisation particulière des stériles .....	65
6.2	LES RÉSIDUS DE TRAITEMENT .....	66
6.2.1	Les résidus de traitement statique .....	66
6.2.2	Le remblayage hydraulique des chantiers avec des sables cyclonés issus du traitement dynamique.....	67
6.3	LES PRODUITS DE DÉMANTÈLEMENT.....	67
6.4	LES DÉCHETS PROVENANT D'AUTRES INSTALLATIONS.....	67
6.5	DESCRIPTION DU STOCKAGE DE LA MCO de la COMMANDERIE .....	68
7	ÉVALUATION DES IMPACTS EN TERME DE SÉCURITÉ PUBLIQUE .....	71
7.1	INTRODUCTION.....	71
7.2	LES RISQUES LIÉS AUX TRAVAUX MINIERS SOUTERRAINS .....	73
7.2.1	Les ouvrages de liaison fond-jour .....	73
7.2.2	Les infrastructures et chantiers souterrains.....	78
7.3	LES RISQUES LIÉS AUX MINES A CIEL OUVERT.....	82



7.4	LES RISQUES LIÉS AUX VERSES A STÉRILES .....	84
7.5	SYNTHÈSE CARTOGRAPHIQUE DES RISQUES .....	86
8	ÉVALUATION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT .....	93
8.1	IMPACT SUR LE VECTEUR EAU.....	93
8.1.1	Voies de contamination sur le milieu aquatique .....	93
8.1.2	Valeurs de référence « milieu naturel » .....	94
8.1.3	Analyse par bassin versant de l'impact réel sur le milieu aquatique .....	95
8.1.4	Bilan sur le milieu aquatique .....	104
8.2	IMPACT SUR LE VECTEUR AIR .....	106
8.2.1	Voies de contamination de l'air .....	106
8.2.2	Surveillance de la qualité radiologique de l'air.....	106
8.2.3	Étude de l'aléa radon .....	107
8.2.4	Résultats de la surveillance de la qualité de l'air .....	112
8.3	IMPACT SUR LA CHAÎNE ALIMENTAIRE ET LES SOLS.....	115
8.3.1	Voies de contamination de la chaîne alimentaire .....	115
8.3.2	Contrôles de la chaîne alimentaire (Figure 12).....	115
9	ÉVALUATION DE LA DOSE EFFICACE AJOUTÉE.....	117
9.1	PRINCIPE DE L'ÉVALUATION DES RISQUES SANITAIRES .....	117
9.2	RISQUES RADIOLOGIQUES.....	117
9.3	LA NOTION DE DOSE EFFICACE.....	118
9.4	MÉTHODE D'ÉVALUATION DE LA DOSE EFFICACE AJOUTÉE DANS L'ENVIRONNEMENT PROCHE DES SITES .....	119
9.4.1	Voies d'exposition à considérer .....	119
9.4.2	Détermination des groupes de références .....	119
9.4.3	Calcul de la dose efficace annuelle ajoutée .....	120
9.5	Évaluation de la dose efficace ajoutée sur les sites miniers.....	122
9.5.1	Site de la Commanderie .....	122
9.5.2	Sites de la Prée et la Godardière .....	123
10	MESURES PRISES POUR RÉDUIRE LES IMPACTS .....	125
10.1	RÉDUCTION DES IMPACTS SUR LE VECTEUR AIR.....	125
10.2	RÉDUCTION DES IMPACTS SUR LE VECTEUR EAU .....	126
11	CONCLUSIONS.....	131
11.1	CONCLUSIONS DE L'ANALYSE ENVIRONNEMENTALE et PROPOSITIONS D' ACTIONS COMPLÉMENTAIRES A METTRE EN ŒUVRE .....	131
11.2	GESTION DES STÉRILES MINIERS .....	133
11.3	INFORMATIONS DU PUBLIC .....	135
	Références bibliographiques.....	137
	Liste des figures, annexes et plans .....	139
	Glossaire .....	141
	Sigles et abréviations.....	145



# Généralités concernant la radioactivité

## Quelques définitions concernant l'atome

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

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

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

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

*Exemple :*

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

## La radioactivité : un phénomène naturel

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

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

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

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

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

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

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

- *Le rayonnement alpha* est émis par des atomes dont les noyaux possèdent un trop grand nombre de nucléons (neutrons et protons). Ils se transforment en un autre élément chimique dont le noyau est plus léger en émettant un noyau d'hélium (He), c'est-à-dire un noyau constitué de 2 protons et 2 neutrons. Ce rayonnement a une pénétration très faible dans l'air et est arrêté par une simple feuille de papier.

- *Le rayonnement bêta* résulte de l'instabilité des noyaux dont le nombre de protons ou de neutrons est en excès. Pour se stabiliser, le proton en surplus se transforme en neutron avec émission d'un positon (*rayonnement bêta plus*) ou bien le neutron en surplus se transforme en proton avec émission d'un électron (*rayonnement bêta moins*). Dans les deux cas, la désintégration implique une transformation de l'élément initial en un autre élément chimique. Les électrons du rayonnement bêta moins ont une pénétration faible dans l'air et sont arrêtés par une feuille d'aluminium de quelques millimètres d'épaisseur. Les positons du rayonnement bêta plus sont pratiquement absorbés sur place : ils fusionnent avec des électrons pour former deux photons gamma, ce qui ramène le problème au cas du rayonnement gamma.

- *Le rayonnement gamma* suit souvent une désintégration alpha ou bêta. Il provient d'une simple désexcitation du noyau nouvellement formé ; il s'agit d'une onde électromagnétique, de même nature que la lumière visible ou les rayons X, mais en plus énergétique. Ce rayonnement a une très grande pénétration et n'est arrêté que par une forte épaisseur de béton ou de plomb.

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

## **Caractérisation d'une source radioactive**

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

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

On a donc :

1 Bq = 1 désintégration par seconde

1 000 Bq = 1 kilobecquerel (1 kBq)

1 000 000 Bq = 1 mégabecquerel (1 MBq)

$1.10^9$  Bq = 1 gigabecquerel (1 GBq)

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

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

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

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

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

## **La notion d'activité**

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

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

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

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 m<sup>3</sup>. Si votre terrain est situé en pays cristallin (granitique...), en Bretagne par exemple, il est probable que ces 80 m<sup>3</sup> contiennent une radioactivité d'environ 1 GBq.

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

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

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

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

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

# 1 PRÉSENTATION GÉNÉRALE DES ACTIVITÉS MINIÈRES ET INDUSTRIELLES DE VENDÉE

## 1.1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Le périmètre concerné par le présent bilan environnemental couvre l'ensemble des activités minières uranifères passées sur le département de Vendée. Les communes concernées sont listées dans le tableau suivant :

Secteur	Sites	Communes
Mallièvre	La Commanderie	Treize-Vents <i>(Le Temple (commune de Mauléon), Deux-Sèvres, Poitou-Charentes)</i>
Les Herbiers	La Goriandière	Les Herbiers
	L'Édrillère	Les Herbiers
	L'Émentruère	Les Herbiers
	La Prée	Beaurepaire
	La Godardière	Beaurepaire
Mortagne	Poitou-la-Gabrielle	Mortagne-sur-Sèvre

Le département de Vendée comporte ainsi sept anciens sites miniers ayant fait l'objet d'extraction de minerais d'uranium.

Il est à noter que le site de la Commanderie est situé sur deux régions : les Pays-de-la-Loire (Vendée, commune des Treize-Vents) et le Poitou-Charentes (Deux-Sèvres, commune Mauléon).

## 1.2 HISTORIQUE

Le département de la Vendée a vu l'exploitation, de 1953 à 1990, d'un ensemble de gisements uranifères granitiques qui ont produit environ 4 000 tonnes d'uranium métal à partir de près de 3 600 000 tonnes de minerai d'une teneur moyenne de 1,18 ‰ (1,18 kg d'uranium par tonne).

En 1945, le Général de Gaulle créait le Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA). La prospection des zones granitiques des régions de l'Ouest de la France commença en 1950, avec la création de la Mission Volante de Vendée-Bretagne (M.V.V.B). En 1951, le premier indice important du département vendéen est découvert dans le secteur des Herbiers.

En 1953, des travaux de recherches par petit chantiers sont lancés à l'Émentruère. Le site de l'Édrillère fait l'objet de travaux à partir de 1954.

En 1954, la division minière de Vendée est créée. Suite à la découverte de nombreux gisements dans la région, le projet d'implantation d'une usine de traitement à l'Écarpière est confié à la Société Industrielle des Minerais de l'Ouest (SIMO), société créée par le CEA et les Établissements Kuhlmann. La construction de l'usine commença en 1956, et les premières tonnes de minerais sont traitées dès 1957.

Parallèlement, la prospection continuait, avec la découverte en 1957 du gisement de Poitou-la-Gabrielle, et son exploitation par travaux miniers souterrains.

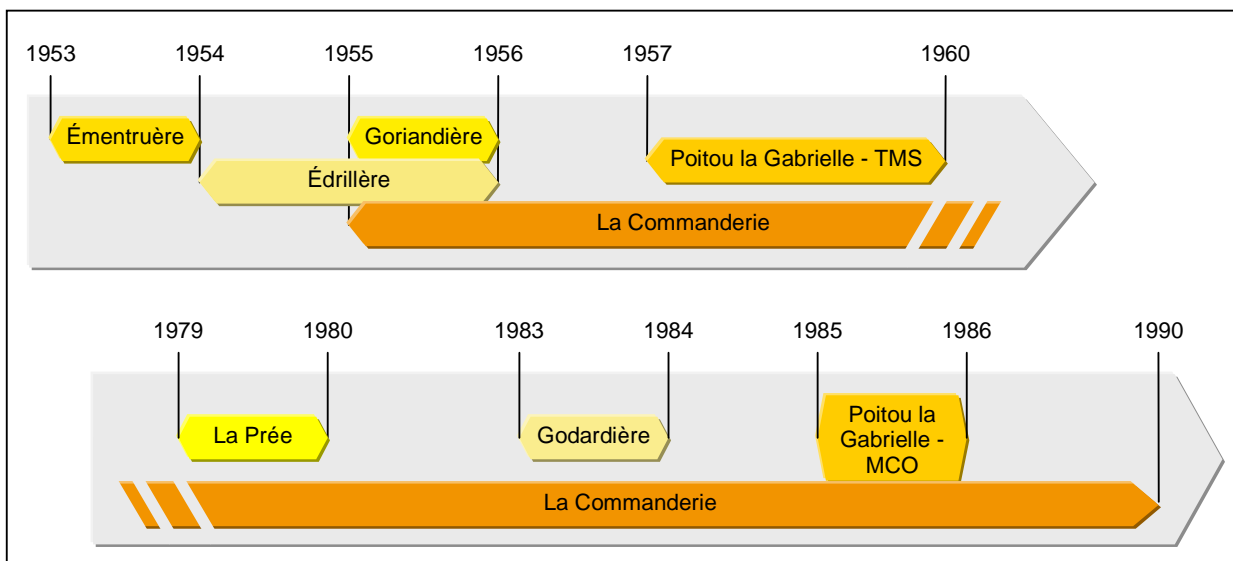
En 1976, la COmpagnie GENérale des MATières nucléaires (COGEMA) succède au CEA dans le secteur des mines uranifères.

À partir des années 70, la méthode d'exploitation par mine à ciel ouvert est privilégiée, du fait de la diminution du prix de l'uranium, donc de la nécessité de réduire les coûts d'exploitation et de prendre les têtes de gisements.

Furent ainsi exploités les sites de la Prée, la Godardière et Poitou-la-Gabrielle.

**Remarque** : du fait de leur proximité géographique, les sites de la Prée et la Godardière sont parfois regroupés en un seul site, appelé *Beaurepaire*.

La chute du prix de l'uranium conduisit à l'arrêt de la dernière exploitation vendéenne, le site de la Commanderie, en 1990.



La division de Vendée ferma en 1991. Les réaménagements furent réalisés par la « Section Gérée de Vendée », c'est-à-dire par le personnel de l'ancienne division de Vendée géré administrativement par la division de la Crouzille (Limousin).



## 2 PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE L'ENVIRONNEMENT DES SITES

---

### 2.1 CONTEXTE GÉOLOGIQUE [1]

Le contexte géologique régional s'inscrit dans l'histoire du Massif Armoricaire et plus particulièrement à la partie sud-est de ce dernier. Les différents massifs granitiques, renfermant les minéralisations uranifères visées par ce bilan environnemental, sont liés à la mise en place de trois domaines (cf. carte géologique régionale en annexe 5.1) :

- **le domaine de l'Anticlinal de Cornouaille**, présent au Sud de la Bretagne et se prolongeant selon un axe NW-SE jusque dans la région des Pays de la Loire.
- **le domaine Ligérien** présent au Nord de l'Anticlinal de Cornouaille.
- et **le domaine Ouest Vendéen**, situé au Sud de l'Anticlinal de Cornouaille.

La structure actuelle de ces trois domaines s'est mise en place il y a environ 300 – 350 millions d'années, lors de la rencontre entre les plaques tectoniques Aquitaine et Armorique, qui entraîna la mise en place de grandes failles de cisaillement. La plus importante de ces failles sépare le domaine Ligérien et celui de l'Anticlinal de Cornouaille. Cette faille à décrochement dextre est appelée « zone broyée sud-armoricaine » (ZBSA).

C'est également à cette époque que se sont mis en place différents massifs ou batholites granitiques, comme le batholite de Mortagne, situé en bordure nord de la ZBSA dans le domaine Ligérien.

#### 2.1.1 Géologie des terrains uranifères [2] [3]

Les principaux indices uranifères exploités, et visés par ce bilan environnemental, sont répartis dans ou en bordure du batholite granitique de Mortagne (annexe 5). Ce dernier est constitué par un granite rose clair porphyroïde à gros grains, contenant de la biotite et de la muscovite.

Les contacts entre le batholite de Mortagne et les terrains encaissants environnants sont faillés et mylonitisés.

#### 2.1.2 Tectonique [1] [2] [3]

Les principales structures faillées de la région sont liées à la mise en place de la ZBSA (Zone Broyée Sud-Armoricaine). Cette faille majeure à décrochement senestre, orientée NW-SE, a engendré la création de plusieurs failles conjuguées orientées E-W, comme la faille de Cholet-Izernay.

Les sites vendéens sont situés sur un grand faisceau structural, qui affecte les extrémités Nord-Est et Sud-Est du batholite de Mortagne.

### 2.1.3 Caractéristiques des minéralisations

Les caractéristiques des minéralisations et gisements rencontrés sur les différents sites sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Sites miniers	Terrains encaissants	Caractéristiques des minéralisations et des gisements
La Commanderie	Terminaison Sud-est du batholite granitique de Mortagne.	La minéralisation se répartie sur des zones d'amas et elle est caractérisée par l'absence de gangue. Elle est constituée essentiellement par la pechblende qui apparait diffuse dans un granite altéré (rubéfié par l'hématisation) ou massive dans des réseaux serrés de fissures.
La Goriandière	Compartiment de gneiss à faciès migmatique de la bordure Sud du Batholite granitique de Mortagne	La minéralisation est liée à des enclaves surmicacées dans le granite (pechblende et gumites).
L'Édrillère		La minéralisation est liée au contact et se situe dans des gneiss massifs (minéralisation filonienne).
L'Émentruère	Lentille de gneiss surmicacés de la bordure Sud du Batholite granitique de Mortagne	La minéralisation (pechblende et gumites) est liée à des enclaves surmicacées dans le granite.
La Prée	Compartiment de gneiss à faciès migmatique de la bordure Sud du Batholite granitique de Mortagne (avec enclaves de granite à grain fin et pegmatite)	La minéralisation, typiquement en « amas », imprègne les gneiss dans leur foliation (autunite en surface, pechblende, coffinite et produits noirs)
La Godardière		
Poitou-la-Gabrielle	Bordure Nord Est du batholite granitique de Mortagne. Extension dans la zone de contact entre le massif granitique et son encaissant métamorphique	La minéralisation uranifère est liée à une formation de granite broyé, bréchique, argileuse et rubéfiée. Elle est constituée de produits secondaires (chalcolite, autunite et gummite) et en dessous de la zone d'altération de produits noirs et de pechblende.

### 2.1.4 Fond radiologique régional

Les visites de terrain de 2012 ont permis d'évaluer le fond radiométrique naturel, qui est lié aux différenciations pétrographiques des terrains.

Le tableau suivant récapitule les références milieu naturel pour chacun des sites faisant l'objet du présent bilan.

Sites miniers	Valeurs radiométriques (mesurées en chocs/seconde SPP $\gamma$ )	Débit d'équivalent de dose gamma (mesurées en $\mu$ Sv/h)
La Commanderie	100 – 120	0,12 à 0,15
La Goriandière	80 - 100	0,12 à 0,15
L'Édrillère	80 - 100	0,12
L'Émentruère	80 - 100	0,12 à 0,15
La Prée	80 - 100	0,15
La Godardière	80 - 100	0,12
Le Poitou – la Gabrielle	70 – 130	0,10

## 2.2 ENVIRONNEMENTS PAYSAGERS ET DÉMOGRAPHIQUES

### 2.2.1 Relief et paysage [4] [5]

Le département de la Vendée possède un relief peu contrasté, avec un point culminant à 295 mètres au Puy Crapaud, au Nord-Ouest. Il est sillonné de nombreux cours d'eau, de faible débit et de régime relativement régulier.

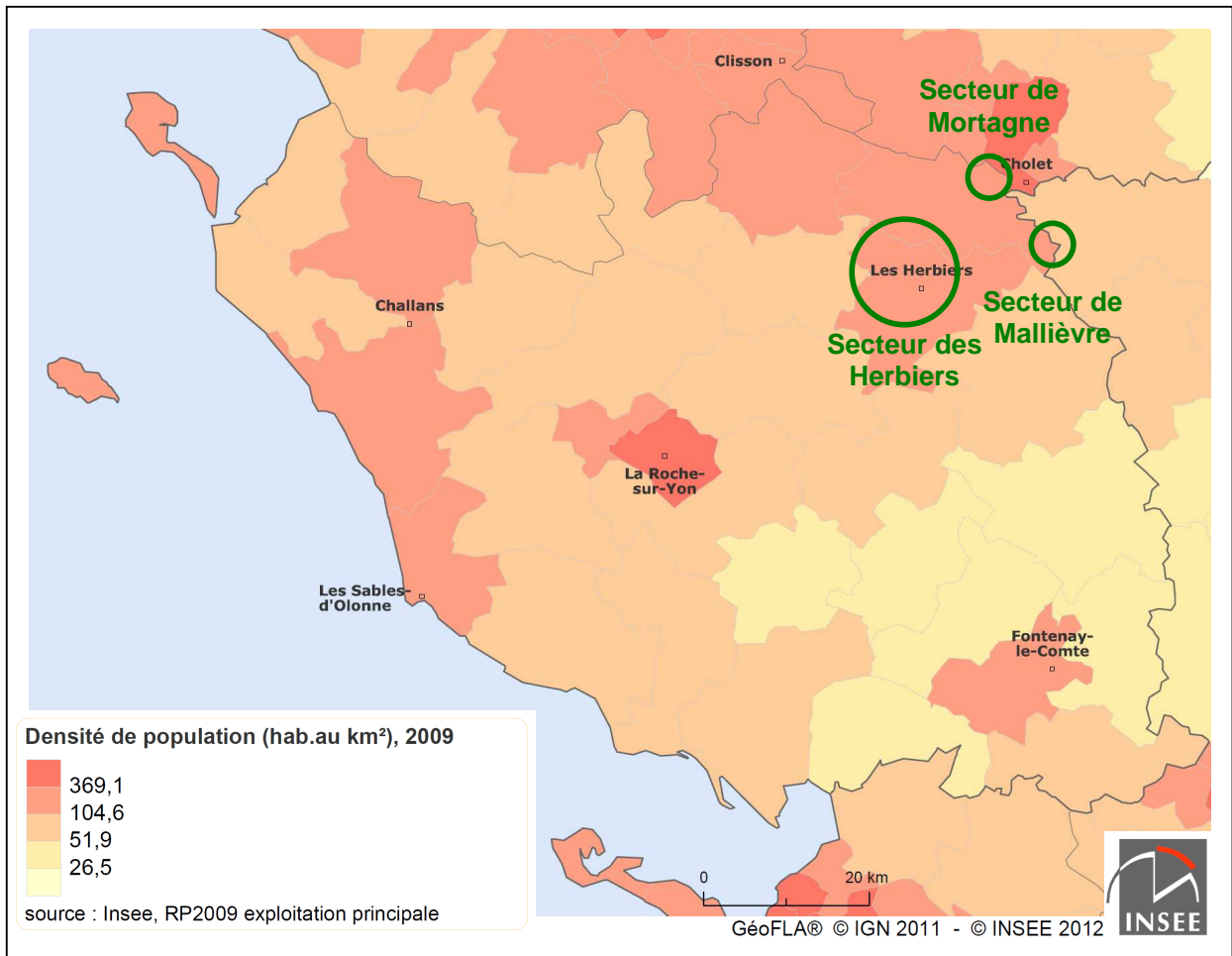
Quatre régions naturelles composent la Vendée :

- Le Marais Breton, au Nord-Ouest protégé par des digues et des dunes (stabilisées par des pins, forêt des Pays de Monts) ;
- Les Haut et Bas Bocages, au Centre et au Nord-Est, constitué de champs entourés de haies vives épaisses. L'habitat y est dispersé, et situé à proximité des cours d'eau.  
Le Bas-Bocage comprend de nombreux cours d'eau régulièrement alimentés par les pluies océaniques et est peu vallonné. Le Haut-Bocage présente un relief plus marqué ;
- La plaine vendéenne, principalement occupée par des champs céréaliers.
- Le Marais Poitevin au Sud, ancien golfe des Pictons, où furent réalisés de nombreux travaux d'assainissement afin de permettre la mise en culture de cette région.

### 2.2.2 Démographie du département [7]

Le département de la Vendée est moyennement peuplé, avec 626 411 habitants en 2009, soit 93 habitants/km<sup>2</sup>.

La carte ci-après présente la densité de population par commune, sur l'ensemble du département.



La zone comprenant les sites miniers uranifères est de densité moyenne, inférieure à 370 habitants au km<sup>2</sup>.

## 2.3 CONTEXTE CLIMATIQUE [6]

Le département de la Vendée bénéficie d'un climat tempéré océanique, variant peu d'un endroit à l'autre du département. Les hivers sont doux et les étés faiblement chauds. Les variations climatiques saisonnières sont plus marquées à l'Ouest du département, au niveau des Bas et Haut Bocages.

### 2.3.1 Pluviométrie

Le tableau suivant présente les précipitations moyennes en trois points du département :

Secteurs	Cumul moyen des précipitations (2000-2009)
L'Île d'Yeu	769,8
La Roche-sur-Yon	880,7
Fontenay-le-Comte	831,3

La pluviométrie est très inégale dans l'année. L'été correspond à une phase de sécheresse dans le département, malgré certains orages, tandis que les pluies sont très fréquentes en dehors de la période estivale.

### 2.3.2 Températures

Le tableau suivant présente les températures moyennes en trois points du département :

Secteurs	Températures (2000-2009)		
	minimales moyennes	maximales moyennes	Moyennes annuelles
L'Île d'Yeu	10,1	16,0	13,0
La Roche-sur-Yon	7,8	16,4	12,1
Fontenay-le-Comte	8,5	17,8	13,1

### 2.3.3 Vents

Le département de la Vendée est soumis à des vents de dominante Ouest, Sud-Ouest, liés à l'influence océanique. Ces vents sont plus importants au niveau des zones côtières.

Il est à noter que la Vendée est soumise à des tempêtes, parfois fortes, comme Lothar et Martin en décembre 1999, Quentin en février 2009 et Xynthia en février 2010.

## 2.4 CONTEXTE HYDROLOGIQUE

### 2.4.1 Bassins versants [8]

Les gisements uranifères exploités sont répartis sur deux bassins versants principaux (cf. Figure 4) :

- Le **bassin versant de la Sèvre Nantaise** (site de la Commanderie),
- Le **bassin versant de la Grande Maine** (sites de la Goriandière, l'Édrillière, l'Émentruère, la Prée et la Godardière),
- Le **bassin versant de la Moine** (site de Poitou - la Gabrielle)

Le bassin versant de la Sèvre Nantaise, d'une superficie totale de 2 350 km<sup>2</sup>, couvre la partie Nord-Est du département de la Vendée. Le tronçon concerné par l'ancienne activité minière du département vendéen correspond à celui traversant les communes de Saint-Amand-sur-Sèvre à Saint-Laurent-sur-Sèvre.

Le bassin versant de la Grande Maine est d'une superficie de 679 km<sup>2</sup>. Elle passe au Nord-Est du département. Le tronçon concerné par les anciennes activités minières du département vendéen correspond à celui traversant les communes des Herbiers à Beaupaire.

Le bassin versant de la Moine possède une superficie totale d'environ 390 km<sup>2</sup>. La partie concernée par l'ancienne activité minière est située sur la commune de Mortagne-sur-Sèvre.

Il est à noter la présence d'autres anciennes activités minières uranifères en aval :

- sur la rivière la Moine, dans les départements du Maine-et-Loire et de Loire-Atlantique [9][10] (La Baconière, l'Anjouerie, le Retail, l'Écarpière),
- sur la rivière la Moine dans le département de Loire-Atlantique (le Chardon).

## 2.4.2 Débits des cours d'eau [11]

Les données sur l'écoulement des cours d'eau sont fournies par des mesures de débits effectuées par des stations hydrométriques [11].

Les valeurs des paramètres caractéristiques des débits, sont présentées dans le tableau suivant :

Bassin versant	Localisation	Surface du BV km <sup>2</sup>	Débits moyens m <sup>3</sup> /s	Débits d'étiage		Crues		Débits maxi journaliers m <sup>3</sup> /s	Débits maxi instantanés m <sup>3</sup> /s
				QMNA2 m <sup>3</sup> /s	QMNA5 m <sup>3</sup> /s	QIX biennal m <sup>3</sup> /s	QIX décennal m <sup>3</sup> /s		
La Sèvre Nantaise	Amont : St-Mesmin (la Branle)	359	3,99	0,26	0,14	62	98	109	210
	Aval : Tiffauges (La Moulinette)	814	9,00	0,53	0,20	120	240	331	442
La Grande Maine	Aval : St-Flugent (Plessis des Landes)	131	1,27	0,024	0,008	31	50	47	79
La Moine	Amont : Cholet (Pont RN 249)	178	1,38	0,42	0,30	22	32	34	42
	Aval : Roussay (Clopin)	292	2,21	0,48	0,35	40	61	60	124

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.

## 2.4.3 Utilisation des eaux

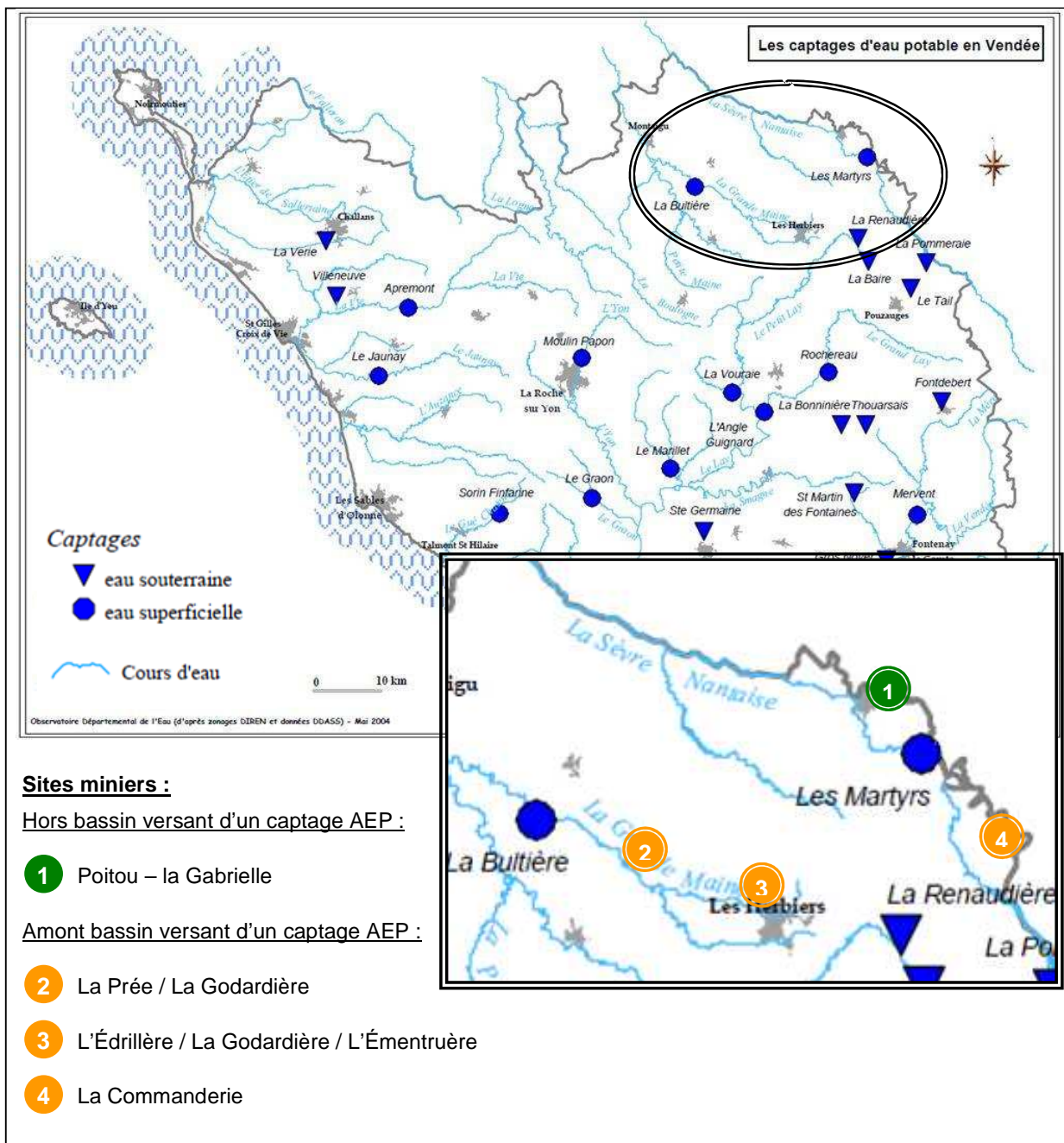
### Barrages et production d'hydroélectricité

De nombreux barrages, de petites importances, sont présents en aval des sites miniers uranifères sur le cours d'eau de la Sèvre Nantaise, de la Grande Maine et de la Loire.

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

### Alimentation en eau potable [12]

Deux captages d'eau potable sont situés en aval hydraulique de sites miniers uranifères.



Il s'agit de deux captages d'eau principalement de surface :

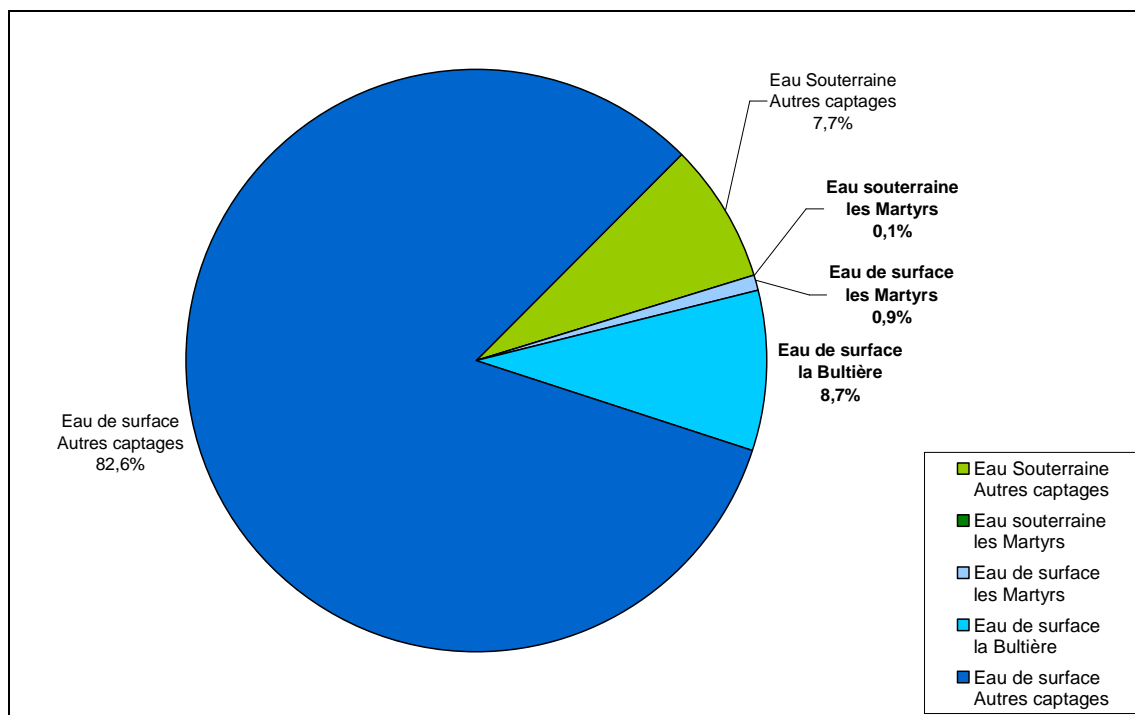
- Le captage de la retenue de la Bultière, sur la commune de Chavagnes-en-Pailliers, à 12 km environ en aval des sites du secteur des Herbiers.

Le volume d'eau produit en 2006 par l'usine de traitement d'eau potable était d'environ 4 000 000 m<sup>3</sup>, soit près de 9 % des eaux produits en Vendée.

- Le captage en rivière dit des Martyrs, sur la commune de Saint-Laurent-sur-Sèvre, à environ 10 km en aval hydraulique du site de la Commanderie.

Le volume d'eau produit en 2006 par l'usine de traitement d'eau potable était de près de 500 000 m<sup>3</sup>, soit environ 1 % des eaux produits en Vendée.

Il est à noter que 10 % de la production de cette usine provient d'un captage d'eau souterraine. Cela représente 0,1 % de l'eau produite dans le département.



Répartition de l'origine des eaux potables produites en Vendée – données 2006

### Irrigation

Du fait de l'inégalité de la pluviométrie durant l'année, l'irrigation est soumise à de nombreuses restrictions durant la période estivale dans le département de Vendée.

Des projets de gestion à l'échelle des bassins versants sont en cours de mise en place.

Remarque : L'eau des mines de la Godardière, du Poitou – la Gabrielle et de la Commanderie est utilisée à des fins d'irrigation, respectivement par le propriétaire, le locataire et l'Association Syndicale Libre de la Commanderie. Sur ce dernier site, l'accord de la DRIRE a été donné en 1993.



### Le tourisme et les loisirs

Le département de la Vendée a développé sur son territoire un tourisme spécifique selon les secteurs, et lié à la diversité du paysage. Les 240 km de littoral orienté vers l'océan Atlantique, constitue un fort attrait touristique en saison estivale, notamment autour des stations balnéaires et des sites particuliers (Ile d'Yeu, Ile de Noirmoutier, Les Sables d'Olonne, St Gilles-Croix-de-Vie, etc.).

L'arrière pays dispose également d'atouts touristiques, y compris en dehors de la haute saison. En effet, le département possède des sites particuliers, tels que le Marais Breton vendéen, le Marais Poitevin et la Venise Verte, le Haut Bocage et le Bas Bocage.

Dans ces régions, un tourisme dit « vert » est développé, correspondant à un tourisme familial ou de groupe dont l'attraction est liée à la pratique d'activités proches de la nature (parcs naturels et jardins, randonnées pédestres, etc.).

La capacité d'hébergement touristique du département comprend principalement :

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

Il est à noter également la présence du parc du Puy-du-Fou®, dans la région du Bocage, autour duquel de nombreux établissements hôteliers ont été développés.

### Les SDAGE et les SAGE

Les bassins versants, concernés par ce bilan environnemental, appartiennent au bassin Loire-Bretagne, qui est soumis à un Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE). Les orientations fondamentales et les dispositions du SDAGE 2010-2015 sont :

- Repenser les aménagements de cours d'eau
- Réduire la pollution par les nitrates
- Réduire la pollution organique
- Maîtriser la pollution par les pesticides
- Maîtriser les pollutions dues aux substances dangereuses
- Protéger la santé en protégeant l'environnement
- Maîtriser les prélèvements d'eau
- Préserver les zones humides et la biodiversité
- Rouvrir les rivières aux poissons migrateurs
- Préserver le littoral
- Préserver les têtes de bassin versant
- Réduire le risque d'inondations par les cours d'eau
- Renforcer la cohérence des territoires et des politiques publiques
- Mettre en place des outils réglementaires et financiers
- Informer, sensibiliser, favoriser les échanges

De plus, sur l'ensemble du département, il existe des Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE), dont les objectifs sont en adéquation avec le SDAGE Loire-Bretagne. Le secteur visé par le présent bilan environnemental est intégré au SAGE « Sèvre Nantaise » (État d'avancement au 31/12/2011 : en première révision), dont les principaux objectifs sont les suivants :

- « reconquérir la qualité de l'eau brute par la maîtrise des rejets ponctuels et des pollutions diffuses ;
- maintenir, préserver, développer la diversité de la ressource en eau (qualité, quantité, continuité hydraulique) ;
- maintenir, préserver, développer la diversité des milieux aquatiques, du patrimoine biologique et du patrimoine bâti et historique lié à l'eau ;
- sensibiliser, informer, former et responsabiliser ;
- prévenir et gérer les risques d'inondations ;
- favoriser la concertation autour des sites touristiques (équilibre entre les différents usages). »

## 2.5 CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

### 2.5.1 Généralités

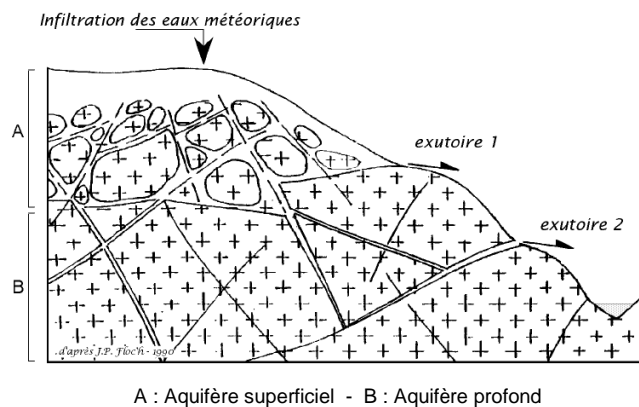
Les aquifères sont liés à la nature même du sol et du sous-sol.

Les secteurs concernés par les sites miniers correspondent à des roches cristallines (socle) ne comportant que de petites réserves dans les zones altérées. Ces aquifères sont considérés comme à intérêt local.

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 :



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).

## 2.5.2 Site de la Commanderie [13]

Dans le cadre de la procédure de délaisement et d'abandon partiel du site de la Commanderie, une étude hydrogéologique a été réalisée en 1993 par COGEMA.

Cette étude a été menée au début de la mise en eau de la MCO de la Commanderie.

### CONTEXTE HYDROLOGIQUE DU SITE :

A l'origine, le gisement se trouvait près d'une butte, délimitée au Nord par le ruisseau de la Filée, au Sud par celui du lieu-dit la Commanderie.

Pendant l'exploitation, et à l'heure actuelle, la situation est la suivante :

- le ruisseau de la Filée est isolé au Nord du site. Il ne reçoit qu'un faible ruissellement du flanc Nord-Ouest de l'ancien carreau minier ;
- le ruisseau de la Commanderie passait à l'écart de la MCO. Au Sud, il recevait l'eau d'exhaure de la mine (après traitement), qui arrivait par la rigole de contournement Nord. Il a été dévié et alimente aujourd'hui le plan d'eau formé par l'ancienne MCO ;
- un troisième thalweg, plus petit et situé entre les deux précédents, laisse passer un écoulement Sud-Ouest vers le carreau ; il rejoint la rigole de contournement puis le ruisseau de la Commanderie ;
- le ruisseau de la Boisdroitière reçoit une partie des ruissellements du versant Sud-Ouest des versants à stérile de la MCO, il rejoint ensuite le ruisseau de la Filée.

Le carreau de la mine a une superficie de près de 73 ha

En traçant la ligne au partage des eaux, on constate que seulement 41 ha forment le bassin versant des travaux miniers (lorsque n'est pris en compte que le ruissellement).

#### CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE DU SITE :

La mine souterraine de la Commanderie, à la différence des autres mines de la Division de Vendée, a toujours été décrite comme une « mine sèche ».

En effet, à l'arrêt des activités en 1990, près de 2 000 000 t de matériaux avaient été extraites en travaux souterrains, tandis que le débit d'exhaure n'était alors que de 13 m<sup>3</sup>/h (hors eau d'injection et remblayage hydraulique).

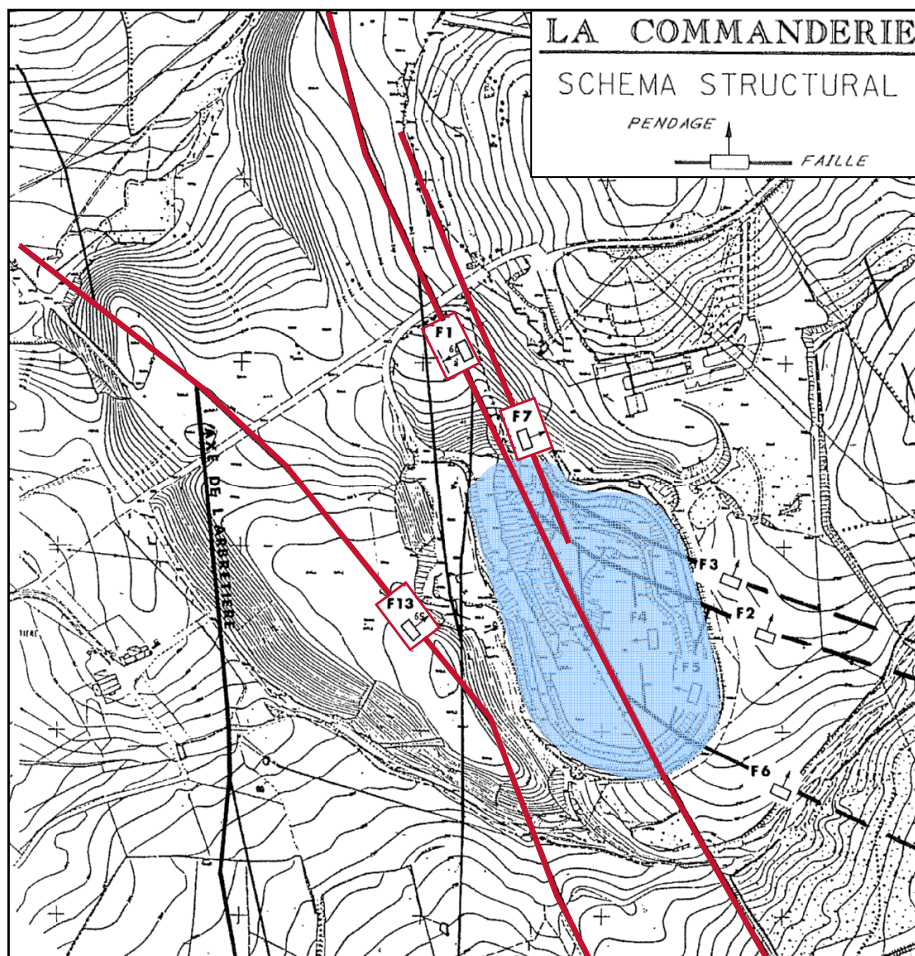
Les principales venues d'eau passaient par le puits, et dans une moindre mesure par les autres ouvrages de liaisons fond-jour. Elles étaient très liées aux précipitations, et étaient collectées dans l'albraque du Niveau 300.

Dans l'environnement, les travaux n'ont affecté qu'un seul puits. En effet, lors du creusement de la descenderie L 200, le puits de la Basse Boisdroitière a été rapidement asséché, à la traversée d'une fracture siliceuse. Cette relation entre la nappe de surface du granite et une fracture drainante visible à plus de 150 m sous cette surface est particulièrement remarquable, et sans doute exceptionnelle. La corrélation entre les précipitations et cette venue d'eau est nette

Remarque : Un assèchement du puits Grand Bois situé à 700 m au Sud-Est du site, a été observé alors que les travaux de creusement de la MCO débutaient. Cependant, il est très peu probable que la mine ait affecté ce puits, les perturbations sont imputables à une campagne de sondages.

L'observation géologique en surface et au fond permet d'expliquer le peu d'abondance d'eau :

- à la différence des autres grandes mines de la Division de Vendée, la mine de la Commanderie ne se situe pas près du contact granite de Mortagne-encaissant, la fracturation du granite est moins intense, et surtout on observe peu d'axes Nord Sud comportant des accidents tectoniques drainants. Il n'y a donc pas de réservoirs d'eau importants en profondeur.
- la majorité des grands accidents tectoniques (F1, F7, F13, par ex) sont argileux, donc forment des barrages hydrauliques.



- la formation du gisement, il y a 200 à 300 millions d'années, si elle a eu lieu grâce à une compression qui a engendré une forte fracturation, s'est cependant terminée par une altération argileuse assez importante, très défavorable à la circulation d'eau.
- enfin, pour ce qui est des eaux des réservoirs de surface, nous sommes dans un contexte d'altération arénitique, donc favorable à la présence de petits réservoirs à la base de la roche décomposée, lorsque l'argile n'est pas trop abondante.

Exceptionnellement, les quelques failles ou fractures siliceuses Nord-Sud que l'on peut observer sont refracturées par les phases tectoniques finales de la formation du gisement : dans ce cas, elles peuvent former des drains, mais dont l'influence est réduite.

#### CONCLUSION DE L'ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE DU SITE :

La conclusion de l'étude hydrogéologique de 1993 figure ci-après :

*« La mine de la Commanderie occupe une superficie de 72 ha dont 41 forment le bassin versant des travaux miniers.*

*Un bilan hydrologique permet d'estimer les apports dus aux précipitations de 100 000 à 170 000 m<sup>3</sup>/an selon la pluviométrie.*

*La mine de la Commanderie est connue comme une mine « sèche » avec absence d'aquifères importants et un exhaure de 17 m<sup>3</sup>/h surtout lié aux précipitations.*

*Le noyage des travaux souterrains durera environ 24 mois, Cette durée ne dépendant que des volumes à remplir (environ 360 000 m<sup>3</sup>). La MCO par son volume (1 500 000 m<sup>3</sup>) se remplira en 17 ans, le niveau d'eau pouvant atteindre la cote 185 laissant une partie du premier gradin hors d'eau.*

*Mais les débits de noyage ont été fortement augmentés par l'apport d'eaux extérieures au site afin de constituer dans la MCO une réserve d'eau pour l'irrigation.*

*L'apport de ces eaux de bonne qualité radiologique devrait assurer si besoin une bonne qualité à l'eau de la MCO comme le montrent les premiers résultats.*

*Les travaux miniers ayant peu affecté l'environnement (un puits asséché), leur noyage ne devrait pas avoir d'impact. »*

*Fermeture du siège minier de la Commanderie – Étude hydrogéologique, COGEMA, octobre 1993*

Il est à noter que la cote 185 n'a pas été atteinte, du fait de l'utilisation de la MCO comme réserve d'eau pour l'irrigation.

L'aspect « qualité des eaux » est abordé au paragraphe 8.1.3 - Analyse par bassin versant de l'impact réel sur le milieu aquatique.

### **2.5.3 Sites de la Prée et de la Godardière [14]**

Le contexte hydrogéologique des sites de la Prée et de la Godardière a été décrit dans le cadre du dossier d'arrêt définitif des travaux miniers de 1999.

Les paragraphes correspondant figurent ci-après.

*« La circulation des eaux souterraines se fait dans les fractures du socle gneissique et dans la couche d'altération arénitique qui le recouvre.*

*Dans le cadre de recherches d'intérêt général, la région de Beaupaire a été retenue par la Direction Départementale de l'Agriculture de la Vendée, le Service Régional de l'Aménagement des Eaux, l'Agence de Bassin Loire-Bretagne et le BRGM pour la réalisation d'une étude hydrogéologique concernant la méthodologie de la recherche des eaux souterraines dans le socle de 1977 à 1979.*

*Cette étude a utilisé la couverture géophysique faite par COGEMA et compétée par le BRGM. Le résultat des prospections électriques et électromagnétiques met en évidence la présence d'une faille importante NO-SE, dite du Bois Porcher, ainsi qu'un accident secondaire N-S, dit de l'Auraire.*

*Quatre forages de 82 à 90 mètres de profondeur, numérotés F1 à F4, ont été réalisés en novembre 1977 (Ø 216 mm alésé à 304 mm dans leur partie supérieure) et ont fait l'objet d'essais de pompage en décembre 1977 et mars 1978. La présence d'eau a été confirmée, le compartiment NE par rapport à la faille du Bois Porcher étant plus productif que le SO. Ces essais ont mis en évidence l'effet d'écran de la faille. Les données recueillies montrent :*

- *une eau peu minéralisée avec des teneurs en fer élevées (1,5 mg/l)*
- *une transmissivité faible (de l'ordre de 0,2 m<sup>2</sup>/h)*
- *un coefficient d'emmagasinement voisin de 10<sup>-5</sup>.*
- *une faible productivité de l'aquifère (5 à 10 m<sup>3</sup>/h)*

Ces résultats ont montré que l'implantation de la MCO aurait un effet très limité sur le régime des eaux souterraines, avec un rayon d'influence de 350 m pour une exhaure totale de 40 m<sup>3</sup>/h.

En octobre 1979 ont été réalisés 16 piézomètres de 80 m de profondeur, destinés à suivre une 2<sup>ème</sup> série d'essais de pompage sur le forage F1, situé dans le compartiment le plus productif. Ces piézomètres ont été implantés sur 2 couronnes, situées à 30 m et 105 m autour du forage F1. Les essais de pompage effectués en décembre 1979 confirment les résultats des essais de 1977 et 1978:

- rôle d'écran de la faille, avec drainage du compartiment résistant au NE
- transmissivité de 0,25 à 0,35 m<sup>2</sup>/h
- coefficient d'emmagasinement de l'ordre de 10<sup>-4</sup>

#### Suivi du niveau piézométrique en cours d'exploitation

Les forages F2, F5 et F6 ont été équipés en limnigraphes à partir de novembre 1978, permettant de suivre l'évolution du niveau piézométrique lors de l'exploitation de la MCO de La Prée. Avant le début des travaux d'exploitation, le niveau piézométrique était au voisinage du niveau du sol en période humide (cote 101,5 à 102 m) et quelques mètres plus bas (de 98,5 à 99 m) en période sèche. L'ouverture de la MCO de La Prée le 14/2/79 a peu affecté le régime des eaux, à part un rabattement provoqué par l'exhaure (fond de la MCO situé à 55 m).

Dans la MCO de La Prée, située principalement dans le compartiment SO de la faille, peu productif, les quelques zones qui ont traversé la faille ont montré des venues d'eau de quelques m<sup>3</sup>/h.

L'exhaure de la MCO était faible: de 100 à 150 m<sup>3</sup>/jour en période sèche et de 500 à 600 m<sup>3</sup>/jour en période pluvieuse. A l'arrêt de l'exploitation en août 1980, la MCO s'est noyée progressivement avec un niveau d'eau à la cote 94 m en septembre 1981. Les piézomètres ont retrouvé leurs niveaux initiaux à partir de janvier 1981. Ce niveau n'a pas été suivi pendant l'exploitation de la MCO de La Godardière. »





## 3 CADRE RÉGLEMENTAIRE

---

### 3.1 RÉGLEMENTATION EN VIGUEUR

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

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

#### 3.1.1 Polices sectorielles

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

##### La police des mines :

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

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

##### Ouverture et exploitation d'un site minier :

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

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

- L'obtention d'un titre minier :
  - Permis exclusif de recherches ou permis d'exploitation<sup>1</sup> (à durée limitée)
  - Concession : avant 1977, les concessions étaient à durée illimitée. Après 1977, la durée d'une concession est limitée à cinquante ans, avec possibilité de prolongations successives, chacune d'une durée inférieure ou égale à vingt-cinq ans.

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

Les ouvertures des travaux miniers du département des Deux-Sèvres 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 de l'Émentruère, l'Édrillère, la Goriandière, la Commanderie et Poitou – la Gabrielle (TMS).

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 la mise en chantier du site de la Prée.
- Pour la période de 1980 à 1995 : décret n°80-330 du 07 mai 1980.

Ont été mis en chantier les sites de la Godardière et de Poitou – la Gabrielle (MCO).

#### 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.

#### → 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 :

---

<sup>1</sup> 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.

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

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

→ *Arrêt de l'exploitation à partir de mai 1980*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- plan d'ensemble des travaux d'exploitation avec plans et coupes relatifs à la description du gisement,
- mémoire décrivant les différentes méthodes d'exploitation ;
- exposé des mesures déjà prises et de celles envisagées pour l'application de l'article 91 (ancienne codification du code minier) : préservation des intérêts mentionnés à l'article 79 (ancienne codification du code minier), liste des désordres et nuisances de toute nature engendrés et susceptibles de se manifester du fait de l'activité minière. Il comprendra aussi les travaux à exécuter pour la fermeture des travaux, les ouvrages de traitement des eaux, les dispositifs de surveillance à maintenir ;
- bilan sur les eaux : réseau de surface et nappes avant exploitation, avant arrêt des travaux et étude prospective sur la modification du régime des eaux ;
- 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'État et des municipalités concernées), il est donné acte à l'exploitant de sa déclaration par arrêté préfectoral. Cet acte peut être accompagné, si nécessaire, de conditions ou mesures particulières ; dans ce cas, il s'agit du « premier donné acte ».

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

→ 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 Vendée, 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.**

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

Date de fin d'exploitation	Textes réglementaires	Procédures applicables
Avant mai 1980	Décret du 14 janvier 1909 (modifié en 1970 – Art. 71-2) Décret n°72-645 du 4 juillet 1972	Courrier à la préfecture Modification du code minier en 1970 précisant : « 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. »
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 des Deux-Sèvres. Ces arrêtés préfectoraux peuvent varier en fonction de la nature du site concerné (site avec ou sans résidus de traitement). Cependant, ils possèdent de nombreux points communs, notamment concernant les mesures prescrites en matière de contrôle des rejets et de surveillance de l'environnement.

Comme indiqué au paragraphe précédent, les arrêtés préfectoraux s'appliquant actuellement aux sites de la Haute-Loire 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.* »

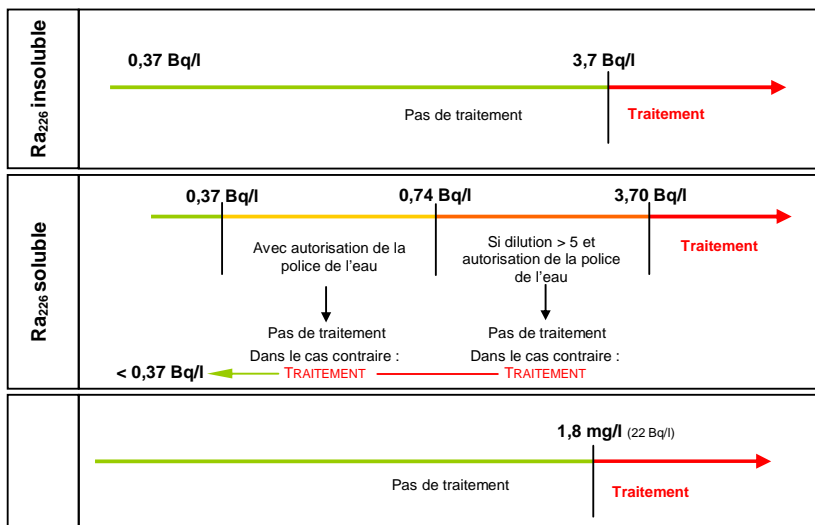
Concernant les produits liquides, le décret n° 90-2 22 précité, dispose que « *toutes les eaux de l'exploitation, y compris les eaux de ruissellement, doivent être captées en vue d'une surveillance et d'un traitement éventuel* ».

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 soluble,
- pour le radium 226 soluble :
  - 0,37 Bq/l si l'eau doit être traitée, c'est-à-dire si l'eau brute a une concentration en radium 226 soluble supérieure à 0,74 Bq/l,
  - 0,74 Bq/l si la dilution du rejet par le cours d'eau récepteur est inférieure à 5,
  - 3,7 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 :



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

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

(2) Rayon d'affichage exprimé en kilomètres

Version 18 - Janvier 2010

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

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

### Remarque :

**Sur le département de la Vendée, il n'y a aucune Installation Classée pour la Protection de l'Environnement de type stockage de résidus de traitement du minerai d'uranium.**

Il est à noter que des résidus de lixiviation statique sont stockés sur le site de la Commanderie (cf. paragraphe 6.5). Ce stockage (fiche ANDRA PAY 2) est considéré comme une dépendance légale de la mine et fait l'objet d'une surveillance réglementaire.

### 3.1.2 Polices transversales

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



### **La protection de l'eau :**

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

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

et de satisfaire ou concilier les exigences :

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

### **La protection sanitaire :**

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

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

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

### **La gestion des déchets radioactifs :**

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

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

### 3.1.3 Tableau de synthèse des polices applicables aux sites miniers

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

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

## 3.2 PLAN D' ACTIONS DE L'ÉTAT

### 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) [15] :

- 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.

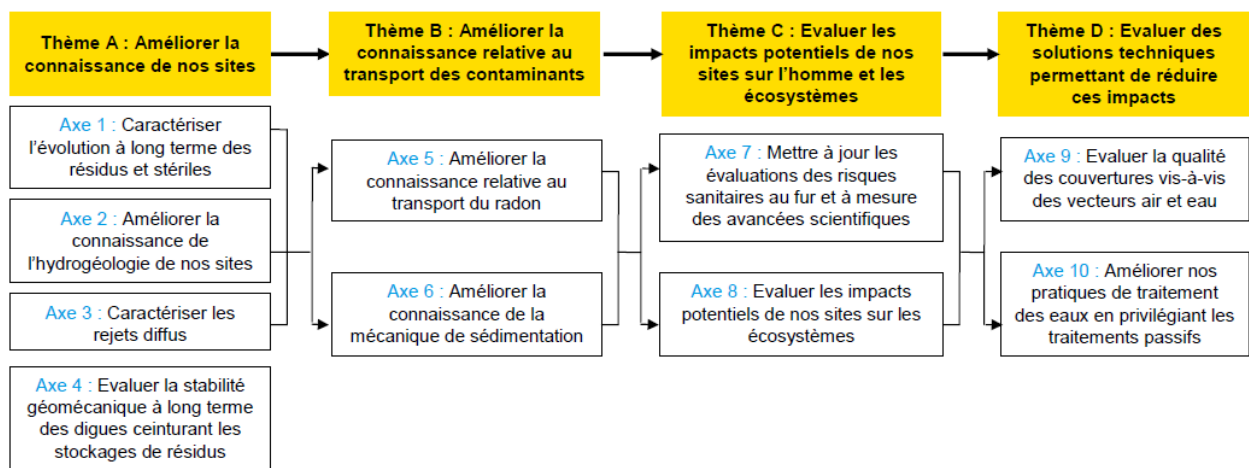
La loi prévoit ainsi, dans son article 4, un programme de recherche et d'études dont les objectifs inclus « *un bilan en 2008 de l'impact à long terme des sites de stockage de résidus miniers d'uranium et la mise en œuvre d'un plan de surveillance radiologique renforcée de ces sites* ».

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.

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



### 3.2.2 MIMAUSA [16]

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

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

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

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

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

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

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

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

- **AXE 1 : le contrôle des anciens sites miniers** : « *Vérification des dispositions visant, selon les cas à interdire ou limiter l'accès à certains sites et à limiter leur impact sanitaire et environnemental* » (accessibilité des sites (clôtures), réutilisation des stériles, modalités de surveillance de l'environnement, état général des sites, modalités de confinement,...) ;
- **AXE 2 : l'amélioration de la connaissance de l'impact environnemental et sanitaire des anciennes mines d'uranium et la surveillance** : Réalisation d'un « *état des lieux environnemental de tous les sites dont [la société AREVA NC] est titulaire d'une autorisation administrative ou d'un acte de propriété* » avec un attention particulière pour les stockages de résidus de traitement et pour les sites n'ayant pas été exploités directement par AREVA NC mais dont elle a hérité de leur gestion ;
- **AXE 3 : la gestion des stériles, visant à mieux connaître leurs utilisations et à réduire leurs impacts si nécessaire** : « *Recensement des lieux de réutilisation des stériles [...] dans le cadre d'une démarche concertée associant les CLIS, ainsi que la population et les élus locaux* ». Vérification de la compatibilité d'usages des sols au plan environnemental et sanitaire, avec mise en place d'actions de remédiation si nécessaire (études au cas par cas).
- **AXE 4 : le renforcement de l'information et de la concertation** : Mise en place de panneaux d'affichage signalant la présence de sites miniers, création de Commissions Locales d'Information et de Surveillance (CLIS), réalisation de « *porter-à-connaissance* » du suivi radiologique des sites.

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

Le bilan environnemental de la Vendée, prescrit à AREVA NC par arrêté préfectoral n°10-636 du 06 août 2010 (Annexe 6), s'inscrit parfaitement dans le cadre de l'axe 2 de cette circulaire.

## 4 EXPLOITATION MINIÈRE ET TRAITEMENT DES MINÉRAIS

### 4.1 LES MÉTHODES D'EXPLOITATION

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

#### 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, 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 par petit chantier sur le département de la Vendée.

Secteur	Sites miniers	Numéros de fiche	Périodes d'exploitation	Nature des travaux de reconnaissance
Les Herbiers	La Goriandière	122	1955 – 1956	Creusement d'un puits accompagné de 250 m de galeries au niveau N-40
	L'Édrillère	123	1954 – 1956	Creusement d'un puits d'extraction, accompagné d'un réseau de galeries sur 2 niveaux (N-40 et N-80), et d'un montage.
	L'Émentruère	124	1953 – 1954	Creusement d'un puits accompagné de 260 m de galeries sur deux niveaux (N-13 et N-30)

#### 4.1.2 Exploitation souterraine

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

- soit d'un puits vertical (sites de la Commanderie et le Poitou – la Gabrielle) et de niveaux de galeries horizontales tous les 40 mètres,

- soit d'une ou plusieurs entrées à flanc de coteau correspondant à des travers-bancs, ou des plans inclinés (site de la Commanderie).

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.

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...

Le tableau suivant présente les différentes méthodes d'exploitation en souterrain utilisées sur le département de la Vendée :

Sites miniers	Numéros de fiche	Périodes d'exploitation	Méthodes d'exploitation
La Commanderie	121	1955 – 1990	<p>Creusement d'un puits d'extraction, d'un travers-banc et de 2 plans inclinés, accompagnés d'un réseau de galeries sur 12 niveaux.</p> <p>Différentes méthodes de dépilages utilisées :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Méthode des chambres vides et sous niveaux.</li> <li>• Par tranches montantes charpentées remblayées.</li> <li>• Par tranches montantes descendantes « stot par stot ».</li> <li>• Par tranches montantes remblayées hydrauliquement.</li> <li>• Par tranches descendantes sous dalle béton.</li> <li>• Méthode « burc » ou plan incliné minéral.</li> <li>• Par tranches montantes remblayées en grave ciment et stériles.</li> <li>• Par tranches descendantes remblayées en grave ciment.</li> </ul> <p>Essai de lixiviation in situ de produits abattus.</p>
Le Poitou – la Gabrielle	127	1957 – 1960	<p>Creusement d'un puits d'extraction, accompagné d'un réseau de galeries sur 2 niveaux (N-40 et N-80), et de 3 montages.</p> <p>Dépilages réalisés par abattage en masse à partir de sous-niveaux et par chambres-magasins</p>

#### 4.1.3 Exploitation à ciel ouvert

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

Sur les sites les plus importants et les plus récents, les zones minéralisées étaient délimitées par des 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 générerait un ratio tonnes de minerai / tonnes brutes important, de l'ordre de 1/10 (1/1 pour les travaux souterrains).

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

Site minier	Numéros de fiche	Période d'exploitation	Nom du chantier	Tonnage brut extrait	Profondeur maximale
La Commanderie	121	1964 – 1977	La Commanderie	6 418 958 t	88 m
La Prée	125	1979 – 1980	La Prée	999 400 t	43 m
La Godardière	126	1983 – 1984	La Godardière	627 660 t	41 m
Le Poitou – la Gabrielle	127a	1985 – 1986	MCO NW	475 717 t	34 m
	127b	1986	MCO SE	148 000 t	5 m

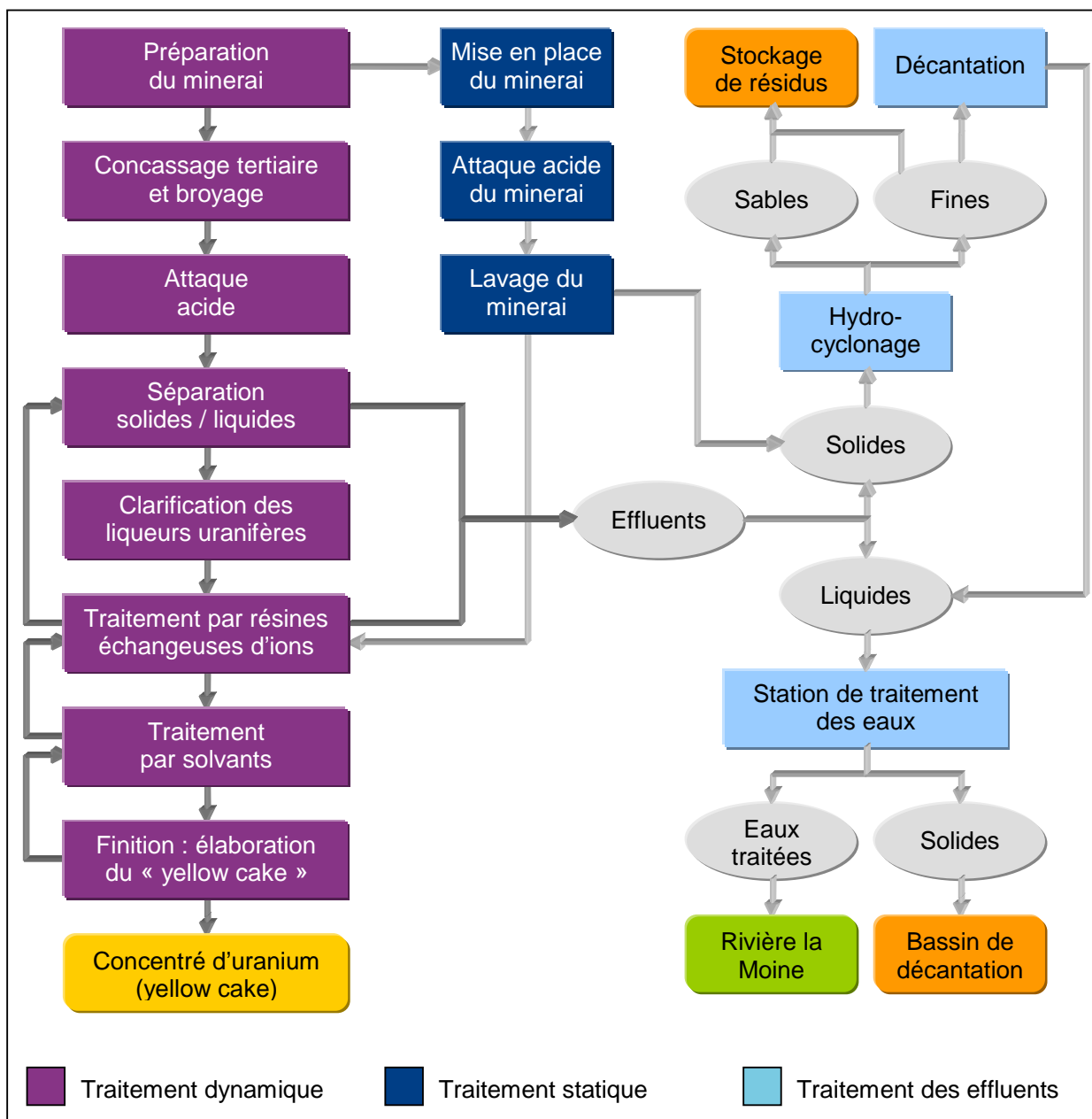
**Remarque** : du fait de leur proximité géographique, les sites de la Prée et la Godardière sont parfois regroupés en un seul site, appelé Beaurepaire.

## 4.2 LE TRAITEMENT DU MINERAI

L'usine de l'Écarpière (départements 44 – 49) a accueilli les minerais provenant des sites vendéens.

Elle fonctionné de 1956 à 1991. Deux types de traitement ont été mis en place : un traitement de type dynamique (chimique) et un traitement statique (lixiviation en tas).

Le schéma suivant synthétise les différentes étapes des procédés de traitements des minerais. Ces procédés sont décrits en détail dans les paragraphes suivants.



#### 4.2.1 Le traitement dynamique

Le traitement dynamique du minerai se déroulait selon plusieurs étapes, détaillées ci-après.

##### La préparation du minerai

La préparation du minerai consistait à une première réduction de la taille des blocs de minerais.

Les minerais étaient dans un premier temps réduits à 350 mm dans un gros concasseur primaire à mâchoires, puis dans un second temps à 70 mm dans deux concasseurs secondaires à mâchoires en parallèle. Ils entraient ensuite dans un silo comprenant quatre « poches » de 500 tonnes, puis étaient repris au bas du silo au moyen d'un extracteur à soc.



### **Le concassage tertiaire et le broyage**

Le concassage tertiaire et le broyage du minerai avaient pour but de préparer mécaniquement le minerai aux traitements chimiques.

Les minerais étaient réduits à moins de 25 mm environ par un concasseur giratoire. Ils traversaient ensuite deux lignes parallèles de broyage humide. Chaque ligne était constituée d'un broyeur à barres (réduction de 25 à 2 mm) suivi de deux broyeurs à boulets en parallèle (réduction à 450 µm).

### **L'attaque par l'acide sulfurique**

L'attaque acide avait pour objectif de solubiliser l'uranium.

Elle était réalisée dans deux lignes parallèles et indépendantes, chacune constituée de dix cuves en série. Cette attaque était effectuée à chaud, à une température de 60°C, par injection directe de vapeur vive. Le potentiel d'oxydoréduction était maintenu constant par addition de chlorate de sodium en solution. Cette oxydation était nécessaire pour porter l'uranium à la valence 6.

### **La séparation solide/liquide**

La séparation solide/liquide, ou lavage, était réalisée différemment suivant les fractions granulométriques. Après attaque, les minerais étaient partagés en deux fractions par des classificateurs à râteaux :

- la fraction supérieure à 0,15 mm appelée « sables ». Ces sables étaient lavés en trois étages de classificateurs à râteaux, à contre-courant avec des eaux acides (pH 1,5).
- et la fraction inférieure à 0,15 mm appelée « fines ». Après neutralisation partielle par addition de calcaire finement broyé, ces fines étaient, lavées dans six décanteurs épaisseurs à contre-courant avec des eaux acides (pH 1,5)

La pulpe des minerais épuisés était floculée avant d'être distribuée sur un filtre. Puis, le gâteau était lavé à pH 1,5. Après débâtissage, il était repulpé avec des eaux résiduelles et il rejoignait les sables neutralisés après leur lavage en classificateurs à râteaux.

### **La clarification des liqueurs uranifères**

Les liqueurs uranifères issues du lavage étaient ensuite clarifiées sur filtres clarificateurs à anthracite. Leur teneur moyenne en uranium est voisine de 500 mg/l d'uranium.

Les diverses eaux uranifères en provenance de la lixiviation en tas des minerais à faible teneur étaient introduites dans l'usine au niveau des décanteurs de lavage.

### **Le traitement par résines échangeuses d'ions**

L'uranium étant solubilisé sous forme de sulfate d'uranyle et le résidu solide étant séparé, il s'agissait alors de concentrer et de purifier les solutions. La première étape utilisée était des résines échangeuses d'ions en lit fixe (résines anioniques faiblement basiques). Seize colonnes de résines étaient réparties en quatre lignes parallèles de quatre colonnes fonctionnant par roulement (trois colonnes en fixation, une colonne en élution). La colonne placée en tête de fixation, une fois saturée, subissait l'élution.

### **Le traitement par solvant**

Une seconde étape de concentration et de purification utilisant un solvant a été mise en place en 1976. Ce solvant était constitué d'une amine tertiaire (alamine 336-0,1 M) diluée dans du kérosène et contenant environ 3 % d'alcool tri-décylrique. La technique utilisée est celle de mélangeurs-décanteurs à contre-courant, équipés d'agitateurs-pompes.

Remarque : Le double traitement par résines et solvant permet d'obtenir des solutions d'uranium très pures, d'une teneur voisine de 20 grammes d'uranium par litre.

#### **La finition : l'élaboration du concentré ou "yellow cake"**

En phase finale, l'uranium était précipité à chaud sous la forme de diuranate d'ammonium, par addition d'ammoniaque. L'uranate était ensuite épaissi et lavé dans un décanteur puis sur filtre à tambour rotatif. Il était ensuite séché dans un séchoir atomiseur.

Remarque : Le rendement global de l'usine (U sortant/U rentrant) est compris entre 95 et 97 %.

### **4.2.2 Le traitement statique ou lixiviation**

#### **La lixiviation en tas**

A partir 1967, sur le site de l'Écarpière (44/49), des essais de lixiviation de minerais pauvres sur deux aires étanches expérimentales en surfaces furent réalisés, et s'avèrent fructueux.

En 1969, une installation de lixiviation statique fut mise en place sur le site de la Commanderie. Le procédé consistait à extraire l'uranium contenu dans le minerai, concassé à 80 mm et placé sur une aire étanche, par solubilisation grâce à un mélange d'eau et d'acide sulfurique.

Le cycle de traitement se décompose en quatre phases :

- La mise en place du minerai : le minerai était mis en place sur une aire étanche, légèrement inclinée avec un chargeur sur pneus, en une seule couche de 3 à 4 m de hauteur, en évitant tout compactage par roulage. Le dispositif d'arrosage était ensuite installé ;
- L'attaque du minerai : une liqueur d'attaque à l'acide sulfurique, était envoyée au-dessus du minerai par le réseau d'arrosage. Cette solution était recyclée systématiquement. Son acidité libre baissait peu à peu jusqu'à 10 g/l et, parallèlement, son titre en uranium s'élevait ;
- Le lavage du minerai : le lavage était ensuite opéré avec des liqueurs de pH encore inférieur à celles utilisées la phase d'attaque (à pH 1,2). Le soutirage était simultané. Les liqueurs, une fois le processus de lavage achevé, étaient envoyées à l'usine de traitement dynamique pour subir le traitement par résines échangeuses d'ions, le traitement par solvants, et la phase de finition, selon les procédés décrits au paragraphe 4.2.1 - Le traitement dynamique,
- L'évacuation des résidus de traitement : les résidus sont évacués par camion et mis en verse sur le site.

## 5 PRÉSENTATION DES SITES MINIERS

---

### 5.1 GÉNÉRALITÉS

Les activités minières uranifères du département de la Vendée comprennent 7 sites d'exploitation d'importance inégale, le plus petit étant le site de la Goriandière, et le plus important la Commanderie, qui a fait l'objet d'une exploitation mixte par travaux miniers souterrains et mine à ciel ouvert.

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

*La notion de chantier :*

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

*La notion de site minier :*

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

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

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 118 à 121.

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

Des planches photographiques, prises au cours des visites effectuées au cours du deuxième semestre 2012 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, versés, 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.

## 5.2 SITUATIONS RÉGLEMENTAIRES DES SITES ET INSTALLATIONS ARRÊTÉES

### 5.2.1 Titres miniers

Les sites miniers de la Vendée ont été exploités sur différents permis de recherche ou d'exploitation, comme montré dans le tableau ci-après.

Secteurs	Sites miniers	Période(s) d'exploitation	Dernier titre minier auquel à appartenu le site à la fin de son exploitation
La Mallièvre	La Commanderie	1955 – 1990	Concession de Mallièvre
Les Herbiers	La Goriandière	1955 – 1956	Permis d'exploitation des Herbiers
	L'Édrillère	1954 – 1956	Permis d'exploitation des Herbiers
	L'Émentruère	1953 – 1954	Permis d'exploitation des Herbiers
	La Prée	1979 – 1980	Concession des Herbiers
	La Godardière	1983 – 1984	Concession des Herbiers
Mortagne	Le Poitou – la Gabrielle	1957 – 1986	Concession d'Évrunes

L'échéance de la concession de la Mallièvre a été fixée au 31 décembre 2018.

La concession d'Évrunes, située sur les départements de Vendée, des Deux-Sèvres et du Maine-et-Loire, est arrivée à échéance le 14 mai 2012.

## 5.2.2 Situation administrative relative à la fermeture des sites

Les travaux des sites de l'Émentruère, de l'Édrillère et de la Goriandière ont été arrêtés respectivement en 1954 pour le premier, et en 1956 pour les deux suivants. Ces sites n'ont à notre connaissance pas fait l'objet d'une procédure de fermeture (cf. paragraphe 3.1.1 – Police des Mines – Procédures de fermeture).

Le tableau suivant récapitule la situation administrative relative à la fermeture de l'ensemble des sites miniers de Vendée ayant fait l'objet d'une procédure de fermeture.

Secteurs	Sites miniers	Procédures de fermeture	Actes administratifs	Surveillance réglementaire
La Mallièvre	La Commanderie	Abandon	Arrêté préfectoral du 16/08/1994	OUI Arrêté préfectoral du 04/07/1994 Courrier DRIRE du 05/10/1995 Courrier DRIRE du 27/05/2009
Les Herbiers	La Prée	Arrêt définitif des travaux	Arrêté préfectoral n°00-DRCLE/4-38 du 25/01/2000	OUI Arrêté préfectoral n°00-DRCLE/4-38 du 25/01/2000
	La Godardière	Arrêt définitif des travaux	Arrêté préfectoral n°02-DRCLE/1-110 du 13/03/2002	NON
Mortagne	Le Poitou – la Gabrielle	Arrêt définitif des travaux	Arrêté préfectoral n°96-DRLP/1528 du 29/10/1996	NON

## 5.3 SITES MINIERES ET BASSINS VERSANTS

L'emprise des sites miniers d'une part, la localisation des points d'exutoire (naturels ou forcés) d'autre part, permettent d'envisager le regroupement des sites miniers par bassins versants, en fonction des milieux récepteurs impactés, ainsi que le précise le dernier alinéa de l'article 2 de l'arrêté préfectoral n°10-DRCTAJ/1-636 du 06 août 2010 prescrivant le présent bilan environnemental.



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

- **Eaux de surverse gravitaire** après noyage de mines à ciel ouvert ou des travaux miniers souterrains. Leurs points d'exutoire peuvent être créés par :
  - la surverse du plan d'eau constituée par une mine à ciel ouvert isolée, ou le pompage de cette dernière (la Commanderie, la Godardière et le Poitou – la Gabrielle).
  - 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 (aucun site identifié en Vendée)
- **Eaux de ruissellement avec un point de rejet identifié** : ces eaux peuvent éventuellement s'infiltrer dans les remblais stériles et réapparaître sous forme de sources de pied de vers. Leur débit est intermittent (La Prée).

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

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

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

Sites	Type d'écoulement	Plans d'eau en aval des sites	Cours d'eau secondaires			Cours d'eau principaux
La Commanderie	Potentiel	Plan d'eau au lieu-dit la Boulaie	Ruisseau de la Commanderie			la Sèvre Nantaise
	Potentiel			Ruisseau de la Commanderie		
	Pompage	-	-			
La Goriandière	Potentiel	Plan d'eau au lieu-dit le Petit Bourg				la Grande Maine
L'Édrillière	Potentiel	/	Ruisseau			
L'Émentruère	Identifié	/	Ruisseau			
La Prée	Identifié	Étang de Coussaie	Ruisseau des Nouettes	Ruisseau de la Poisotière		
La Godardière	Identifié	/	Ruisseau			
	Pompage	-	-			
Le Poitou – la Gabrielle	Potentiel	/	Ruisseau(x)	Ruisseau de la Planche	Ruisseau des Natteries / de la Sonière / de Copechanière	La Moine
	Identifié	/				
	Pompages	-	-			

## 5.4 PRÉSENTATION 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 durant le second semestre 2012.

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

Les sites sont présentés de l'amont des cours d'eau principaux vers l'aval.

Le tableau suivant récapitule les différents sites suivant le bassin versant et les communes concernées.

Secteur	Bassins versants	Sites	Périodes d'exploitation	Communes concernées	Nature des chantiers
La Mallièvre	La Sèvre Nantaise	La Commanderie	1955 – 1990	Treize-Vents (Le Temple / Mauléon / 79)	TMS
					MCO

Secteur	Bassins versants	Sites	Périodes d'exploitation	Communes concernées	Nature des chantiers
Les Herbiers	La Grande Maine	La Goriandière	1955 – 1956	Les Herbiers	TRPC
		L'Édrillère	1954 – 1956	Les Herbiers	TRPC
		L'Émentruère	1953 – 1954	Les Herbiers	TRPC
		La Prée	1979 – 1980	Beaurepaire	MCO
		La Godardière	1983 – 1984	Beaurepaire	MCO
Mortagne	La Moine	Le Poitou – la Gabrielle	1957 – 1986	Mortagne-sur-Sèvre	TMS
					MCO

#### 5.4.1 Bassin versant de la Sèvre Nantaise

Le bassin versant de la Sèvre Nantaise comprend un site dans le département de la Vendée.

Secteur	Bassins versants	Sites	Périodes d'exploitation	Communes concernées	Nature des chantiers
La Mallièvre	La Sèvre Nantaise	La Commanderie	1955 – 1990	Treize-Vents (Le Temple / Mauléon / 79)	TMS
					MCO

- Site de la Commanderie (Fiche 121, Annexes 2.1, 3.1, 4.1 et 5.2)

Situé sur les communes de Mauléon (79) et Treize-Vents (85), le site de la Commanderie est localisé à 1 km au Sud-Ouest du Temple, dans un paysage de bocages.

Les travaux miniers souterrains ont été réalisés de 1955 à 1990, avec le creusement d'un puits principal, un travers-banc, deux plans inclinés, quatorze montages et quatre puits Robbins. Ces ouvrages étaient accompagnés d'un réseau de galeries sur 12 niveaux, de N-50 à N-510.

Une mine à ciel ouvert, d'une profondeur maximale de 88 m, a également été exploitée de 1964 à 1977.

Les ouvrages de liaison fond-jour ont fait l'objet d'une mise en sécurité suivant le type d'ouvrage et leur localisation (cf. paragraphe 7.2).

Suite à une étude de stabilité réalisée par un expert (M. Tincelin), trois périmètres de sécurité ont été déterminés : zone Nord, zone centrale et zone Sud.

La partie Sud de la mine à ciel ouvert de la Commanderie a partiellement été remblayée avec :

- Les produits issus de l'assainissement :
  - Des anciens bassins,
  - De l'ancienne aire bétonnée de stockage du minerai,
  - Des aires de lixiviation,
- Des résidus de lixiviation statique avec ajout de calcaire.

L'ensemble de ces produits a fait l'objet d'un recouvrement par un lit de calcaire d'une dizaine de centimètres d'épaisseur et puis par une couche de 0,7 à 1 m de stériles miniers.

La partie Nord de la mine à ciel ouvert a été comblée par des stériles miniers.

Le plan d'eau est aujourd'hui utilisé comme réserve d'eau pour l'irrigation.

Le ruisseau de la Commanderie, qui prend sa source au NE du village de la Commanderie, a été détourné et alimente la mine à ciel ouvert.

Le ruisseau de la Fillée, qui prend sa source à l'Ouest du village de la Fillée, s'écoule à 500 m au NW de la MCO et se jette dans la rivière Sèvre Nantaise.

Des mesures au SPP $\gamma$  et au radiamètre ont été effectuées au cours des visites d'état des lieux en 2012. Le bruit de fond est de l'ordre de 100 à 120 chocs/s, et 0,12 à 0,15  $\mu$ Sv/h. Les valeurs mesurées sur le site sont présentées dans le tableau suivant.

Secteurs	Valeurs radiométriques (mesurées en chocs/seconde SPP $\gamma$ )	Débit d'équivalent de dose gamma (mesurées en $\mu$ Sv/h)
Autour de la mine à ciel ouvert	120 – 450	0,21 - 0,52
Ancienne aire de lixiviation	300 – 600 (ponctuellement 1100)	0,42 - 0,65 (ponctuellement 1,12)
Verse à stériles	250 – 760	0,32 - 0,75
Reste du site (sur les pistes autour du site etc.)	150 – 350	0,19 - 0,42

#### 5.4.2 Bassin versant la Grande Maine

Le bassin versant de la Grande Maine comprend l'ensemble des 5 sites du secteur des Herbiers.

Secteur	Bassins versants	Sites	Périodes d'exploitation	Communes concernées	Nature des chantiers
Les Herbiers	La Grande Maine	La Goriandière	1955 – 1956	Les Herbiers	TRPC
		L'Édrillère	1954 – 1956	Les Herbiers	TRPC
		L'Émentruère	1953 – 1954	Les Herbiers	TRPC
		La Prée	1979 – 1980	Beaurepaire	MCO
		La Godardière	1983 – 1984	Beaurepaire	MCO



- *Site de la Goriandière (Fiche 122, Annexes 2.2, 3.2, 4.2 et 5.3)*

Le site de la Goriandière est située à 1,5 km au Nord-Est des Herbiers, au sein d'un paysage de type bocage vendéen, au relief peu marqué.

Ce site a fait l'objet, en 1955 et 1956, de travaux de recherche par petit chantier, avec le creusement d'un puits accompagné d'un niveau de galerie (N-40).

Le puits a fait l'objet d'un remblayage par un bouchon de grave ciment sur 10 m.

Le site est aujourd'hui localisé dans un bois très touffu et entouré d'une clôture barbelée.

Aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site lors de la visite d'état des lieux.

Des mesures au SPPy et au radiamètre ont été effectuées au cours des visites d'état des lieux en 2012. Le bruit de fond est de l'ordre de 80 à 100 chocs/s, et 0,12 à 0,15 µSv/h. Les valeurs mesurées sur le site sont présentées dans le tableau suivant.

Secteurs	Valeurs radiométriques (mesurées en chocs/seconde SPPy)	Débit d'équivalent de dose gamma (mesurées en µSv/h)
Chemin d'accès au site	100 – 150	0,15 à 0,17
Vers l'emplacement supposé du puits	350	0,32
Site	<i>Mesure impossible (végétation)</i>	
Autour du site	200 – 360	0,22 à 0,31

- *Site de l'Édrillère (Fiche 123, Annexes 2.3, 3.2, 4.3 et 5.3)*

Le site de l'Édrillère est situé à 2,8 km au Nord-Est des Herbiers. Il est localisé dans un paysage de type bocage vendéen.

Le site a fait l'objet de travaux de recherche par petit chantier de 1954 à 1956. Ces travaux ont consisté au creusement d'un puits accompagné d'un montage et d'un réseau de galerie sur deux niveaux (N-40 et N-80).

Les travaux de réaménagement du site, réalisés en 1990, ont consisté en une mise en sécurité des ouvrages de liaison fond-jour :

- Au niveau du puits : remplissage total avec des produits tout venant stériles et bouchon de grave ciment en tête d'ouvrage sur 10 m.
- Au niveau du montage M 100 : remblayage avec des produits tout venant stériles jusqu'à 10 m de la surface et bouchon de grave ciment sur 10 m.

Le site est aujourd'hui entouré d'une clôture barbelée. Il est localisé dans un bois très touffu.

Aucun écoulement d'eau n'a été repéré sur le site lors de la visite d'état des lieux.

Des mesures au SPP $\gamma$  et au radiamètre ont été effectuées au cours des visites d'état des lieux en 2012. Le bruit de fond est de l'ordre de 80 à 100 chocs/s, et 0,12  $\mu$ Sv/h. Les valeurs mesurées sur le site sont présentées dans le tableau suivant.

Secteurs	Valeurs radiométriques (mesurées en chocs/seconde SPP $\gamma$ )	Débit d'équivalent de dose gamma (mesurées en $\mu$ Sv/h)
Site	<i>Mesure impossible (végétation)</i>	
Autour du site	150 – 400	0,15 à 0,38

- *Site de l'Émentruère (Fiche 124, Annexes 2.4, 3.2, 4.4 et 5.3)*

Localisé à 1,5 km au Nord des Herbiers, le site de l'Émentruère est situé dans un paysage de type bocage vendéen, au sein d'un relief peu marqué.

Le site a fait l'objet de travaux de recherche par petit chantier de 1953 à 1954. Ils ont consisté au creusement d'un puits accompagné de 260 m de galeries sur deux niveaux (N-13 et N-30).

Le puits a été débouché et remblayé par des produits tout-venant stériles. Un bouchon de grave ciment a ensuite obturé la tête d'ouvrage sur 10 m de profondeur.

L'ancien carreau de la mine a été réaménagée avec les stériles miniers.

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

Un faible écoulement d'eau, provenant d'une source, a été repéré à 80 m en contrebas du site.

Des mesures au SPP $\gamma$  et au radiamètre ont été effectuées au cours des visites d'état des lieux en 2012. Le bruit de fond est de l'ordre de 80 à 100 chocs/s, et 0,12 à 0,15  $\mu$ Sv/h. Les valeurs mesurées sur le site sont présentées dans le tableau suivant.

Secteurs	Valeurs radiométriques (mesurées en chocs/seconde SPP $\gamma$ )	Débit d'équivalent de dose gamma (mesurées en $\mu$ Sv/h)
Chemin d'accès au site	120 – 220	0,15 à 0,22
Emplacement supposé du puits	350	0,32
Ancien carreau du site	250 – 2000	0,24 à 1,82

- *Site de la Prée (Fiche 125, Annexes 2.5, 3.3, 4.5 et 5.3)*

Le site de la Prée est situé à 600 m à l'Est de Beaurepaire. Il est localisé dans un paysage de type bocage vendéen présentant un relief faiblement marqué.

Le site a fait l'objet, de 1979 à 1980, d'une exploitation par mine à ciel ouvert, par rippage des 20 premiers mètres, puis tranches de 3 à 5 mètres et par gradins de 10 mètres.

Les installations de surface ont été démontées en fin d'exploitation. Les bassins ont été curés et rebouchés. Les boues ont été transportées sur le stockage des résidus de traitement de l'Écarpière à Gétigné (44).

La piste d'accès à la route départementale Beaurepaire – la Gaubretière a été laissée en place. La piste de liaison la Prée-la Godardière a été décaissée et recouverte de terre végétale.

Laissée en eau dans un premier temps, la mine à ciel ouvert a fait l'objet, en 1991, d'un pompage et d'un traitement de l'eau de la fosse. La MCO a ensuite été comblée par 240 000 m<sup>3</sup> (soit 430 000 tonnes) de stériles entreposés à l'Ouest durant l'exploitation, et de produits de décapage en provenance des anciennes aires d'entreposage du minerai. Un épandage de 19 000 tonnes de terre végétale, récupérée sur les verses à stériles ou provenant du décapage de la MCO de la Godardière, a été réalisé, suivi d'un ensemencement. Par la suite, le stérile en excès a été stocké au Nord de la MCO. L'écoulement des eaux a été reconstitué et une clôture a été mise en place.

En janvier 1998, la mort de nombreux poissons a été observée dans l'étang de Coussaie, en aval du site. Cet incident, potentiellement dû à la présence de l'ancienne mine, a conduit à la mise en place en 2000, d'une station de traitement passif sur drains calcaires des eaux du site. Le rejet du site après traitement se fait dans le ruisseau des Nouettes.

Le site correspond aujourd'hui à une prairie. Aucune trace n'est visible de l'ancienne exploitation.

Une clôture grillagée de sécurité (1,50 m de hauteur) a été mise en place autour de la station de traitement des eaux du site. L'emprise du site est entourée par des haies de bocage et des clôtures pour les bovins. Des panneaux informatifs signalant la présence du site minier sont présents sur le portail d'accès au site.

Des mesures au SPPγ et au radiamètre ont été effectuées au cours des visites d'état des lieux en 2012. Le bruit de fond est de l'ordre de 80 à 100 chocs/s, et 0,15 μSv/h. Les valeurs mesurées sur le site sont présentées dans le tableau suivant.

Secteurs	Valeurs radiométriques (mesurées en chocs/seconde SPPγ)	Débit d'équivalent de dose gamma (mesurées en μSv/h)
Mine à ciel ouvert	280 – 360	0,22 à 0,35
Verse à stériles	200 – 250	0,18 à 0,24
Ancienne aire de stockage du minerai (au SE de l'ancienne MCO)	400 – 750	0,35 à 0,69

- *Site de la Godardière (Fiche 126, Annexes 2.6, 3.3, 4.5 et 5.3)*

Localisé à 1,3 km au Sud-Est de Beaurepaire, le site de la Godardière est situé dans un paysage de bocage, au sein d'un relief peu prononcé.

Le site a fait l'objet, de 1983 à 1984, d'une exploitation par mine à ciel ouvert, par ripage des 20 premiers mètres, puis tranches de 3 à 5 mètres et par gradins de 10 mètres.

La fosse a été conservée en eau. Elle est entièrement ceinturée avec une clôture grillagée de 1,50 m de hauteur.

L'ancienne mine à ciel ouvert est alimentée par un ruisseau situé au Nord-Est. Une station de pompage installée au Sud-Ouest du plan d'eau par les riverains permet de prélever l'eau pour l'irrigation des terrains avoisinants. Le plan d'eau possède une surverse située au Sud-Est, qui se jette dans le ruisseau de la Poisotière.

Des mesures au SPPγ et au radiamètre ont été effectuées au cours des visites d'état des lieux en 2012. Le bruit de fond est de l'ordre de 80 à 100 chocs/s, et 0,12 μSv/h. Les valeurs mesurées sur le site sont présentées dans le tableau suivant.

Secteurs	Valeurs radiométriques (mesurées en chocs/seconde SPPγ)	Débit d'équivalent de dose gamma (mesurées en μSv/h)
Autour de la mine à ciel ouvert	200 – 450	0,18 à 0,42
Verse à stériles	200 – 250	0,18 à 0,24
Ancienne aire de stockage du minerai	200 – 250	0,18 à 0,25

**Remarque** : du fait de leur proximité géographique, les sites de la Prée et la Godardière sont parfois regroupés en un seul site, appelé Beurepaire.

### 5.4.3 Bassin versant de la Moine

Le bassin versant de la Moine comprend un site dans le département de la Vendée.

Secteur	Bassins versants	Sites	Périodes d'exploitation	Communes concernées	Nature des chantiers
Mortagne	La Moine	Le Poitou – la Gabrielle	1957 – 1986	Mortagne-sur-Sèvre	TMS MCO

- Site du Poitou – la Gabrielle (Fiche 127, Annexes 2.7, 3.4, 4.6 et 5.4)

Le site du Poitou – la Gabrielle est situé à 1,4 km à l'Est de Mortagne-sur-Sèvre, dans un paysage de bocage faiblement vallonné.

Le site a fait l'objet d'une exploitation sur deux périodes :

- De 1957 à 1960, par travaux miniers souterrains, avec le creusement d'un puits d'extraction, accompagné d'un réseau de galeries sur 2 niveaux (N-40 et N-80), et de 3 montages. Des dépilages ont été réalisés par abattage en masse à partir de sous-niveaux et par chambres-magasins ;
- Par travaux à ciel ouvert avec :
  - En 1985 et 1986, exploitation de la MCO NW, par tranches de 3 à 5 mètres et par gradins de 15 mètres,
  - En 1986, exploitation de la MCO SE par ripage sur 5 m.

Les travaux de réaménagement ont été réalisés après la fin de l'exploitation :

- Pour les travaux miniers souterrains :

En 1990, le puits et les trois montages ont été systématiquement comblés avec des stériles de la mine à ciel ouvert et condamnés en tête par un bouchon de grave béton sur 10 m de hauteur ;
- Pour les mines à ciel ouvert :

En 1993, l'aménagement a consisté en :

  - L'enlèvement des stériles entreposés au Sud de la fosse,
  - Le nettoyage et le remodelage du versant Nord de la verse avec enlèvement de gros blocs,
  - L'adoucissement des pentes en transportant les produits excédentaires sur le versant Est de la verse,
  - Le capotage de la verse avec des produits (arène granitique) provenant du décapage des fosses,
  - L'épandage de la terre végétale sur la partie Sud de la fosse et sur la verse,
  - L'ouverture d'une piste de liaison entre le site et le Bois Burguet,
  - La réalisation d'un merlon de ceinture et d'une clôture en fil de fer barbelé autour de la fosse,
  - Et le renforcement par la mise en place des blocs du bord oriental de la fosse non exploitée.
- Pour les installations de surface :

Les bâtiments (deux shelters) ont été enlevés et leurs socles en béton détruits et évacués. La station de traitement des eaux a été démontée et les bassins de décantation après curage ont été comblés.

Les fosses forment aujourd'hui des plans d'eau utilisées comme réserve d'eau pour l'irrigation des terrains agricoles.

Des mesures au SPPy et au radiamètre ont été effectuées au cours des visites d'état des lieux en 2012. Le bruit de fond est de l'ordre de 70 à 90 chocs/s, et 0,10 µSv/h. Les valeurs mesurées sur le site sont présentées dans le tableau suivant.

<b>Secteurs</b>	<b>Valeurs radiométriques</b> (mesurées en chocs/seconde SPP $\gamma$ )	<b>Débit d'équivalent de dose gamma</b> (mesurées en $\mu$ Sv/h)
Autour de la mine à ciel ouvert NW	100 – 350 (ponctuel)	0,12 à 0,28
Autour de la mine à ciel ouvert SE	80 – 100	0,10 à 0,12
Verse à stériles	180 – 280	0,15 à 0,25

## 6 RÉSIDUS ET DÉCHETS D'EXPLOITATION

---

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

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

### 6.1 LES STÉRILES MINIERS

#### 6.1.1 Généralités – Teneur en uranium

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

Dans tous les cas, la réalisation d'accès au minerai a conduit à l'extraction d'une première catégorie de produits : ce sont les stériles francs. Il s'agit exclusivement de la roche encaissante du gisement qui fait partie du contexte géologique régional : les granites uranifères du Batholite de Mortagne ont des teneurs comprises entre 7 et 20 ppm (7 à 20 g/t). L'essentiel de l'uranium est porté par des oxydes et des phosphates.

Dans la pratique, en auréole du minerai ou à l'intérieur même du gisement, il est fréquent de trouver des roches ayant une teneur supérieure à celle des stériles francs, mais inférieure à une teneur de coupure définie selon les critères économiques du moment. Le tri radiométrique avait pour objet de les extraire séparément, pour éviter de « salir » le minerai. Elles constituent les stériles de sélectivité, dont la définition est avant tout économique et fonction du gisement et de sa situation géographique. Elle a donc évolué dans le temps et dans l'espace.

En règle générale, en Vendée, cette teneur de coupure était fixée à 300 ppm pour les travaux miniers souterrains. L'ensemble de ces stériles (« francs » et dit « de sélectivité ») ont été mis en verses à proximité des lieux d'extraction.

Afin d'estimer la teneur moyenne, minimum et maximum en uranium des stériles stockés sur les sites, un échantillonnage régulier a été réalisé de 1984 à 1996 sur les zones d'emprunt dans le cadre de la cession de stériles dans le domaine public (cf. paragraphe 6.1.3).

Les résultats figurent sur le tableau suivant :

Provenance	Période de cession	Radiométrie moyenne (en c/s SPP2)	Teneur (ppm)		
			Min	Max	Moy
COMMANDERIE (79 / 85)	1984 - 1996	482	5	150	71
BEAUREPAIRE (85)	-	-	60	60	60
POITOU-LA-GABRIELLE (85)	1986 - 1987	484	37	93	69

- Les valeurs radiométriques (chocs par seconde) résultent de contrôles réalisés au SPP2 sur les zones d'emprunt à fréquence mensuelle pendant toute la période de cession de stériles,
- Les teneurs résultent d'analyses réalisées sur les stériles au moins une fois par an pendant toute la durée de cession de stériles.

Il apparaît ainsi que les stériles miniers échantillonnés présentent des concentrations en général inférieures à 150 ppm. Les moyennes, selon les sites s'établissent entre 60 et 71 ppm. La moyenne générale est de 67 ppm.

### 6.1.2 Réaménagement des verses à stériles

Les stériles représentent entre 35 % et 93 % du volume total extrait, en fonction de la taille de la découverte initiale et du type d'exploitation (MCO et TMS). Ainsi, il est possible d'estimer la quantité de stériles extraits dans le département de Vendée à environ 7 500 000 tonnes.

Il s'agit majoritairement de stériles extraits par mine à ciel ouvert (rapport minéral/stériles = 1/10), et dans une moindre mesure par travaux souterrains (rapport m/s = 1/1), avec respectivement 88 % et 11 % du volume extrait.

Une partie d'entre eux a servi, lors du réaménagement, au comblement des ouvrages de liaisons fond-jour et des mines à ciel ouvert.

Une autre partie de ces stériles ont fait l'objet de cessions, comme décrit dans le paragraphe 6.1.3.

Sites miniers	Remblayage		Sites actuellement concernés par une verse à stériles	Verse à stériles ayant fait l'objet d'une cession
	MCO	TMS		
La Commanderie	✓	✓	✓	✓
La Goriandière	NC	✓	NON	NON
L'Édrillère	NC	✓	✓	?
L'Émentruère	NC	✓	Plateforme	NON
La Prée	✓	NC	✓	✓
La Godardière	NON	NC	✓	✓
Poitou-la-Gabrielle	NON	✓	✓	✓



De cette manière, sur les 7 sites présentés dans le présent bilan, 5 sites sont aujourd'hui concernés par la présence d'une verse à stériles : la Commanderie, l'Édrillière, la Prée, la Godardière et le Poitou – la Gabrielle. Il est à noter que les verses de la Prée et la Godardière ne forment aujourd'hui qu'une seule verse.

Le tableau suivant met en évidence la nature du réaménagement effectué pour chacune des quatre verses, et les mesures radiométriques réalisées au SPPy au cours des visites de terrain de 2012.

Sites miniers	Aspect actuel de la (des) verse(s)	Réaménagements	Radiométrie en chocs/s SPPy	Estimation du débit de dose en nGy/h	Remarques
<b>La Commanderie</b>	Verse	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Verse remodelée etensemencée</li> <li>•A fait l'objet pour partie d'une cession</li> </ul>	250 – 760	0,32 à 0,75	Clôturée
<b>L'Édrillière</b>	Verse	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Verse remodelée</li> </ul>	150 – 500	/	Végétation très dense
<b>La Prée / La Godardière</b>	Verse	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Verse remodelée etensemencée</li> </ul>	200 – 250	0,18 à 0,24	Aménagée en prairie
<b>Le Poitou – la Gabrielle</b>	Verse	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Verse remodelée etensemencée</li> <li>•A fait l'objet pour partie d'une cession</li> </ul>	180 – 280	0,15 à 0,25	Aménagée en prairie

### 6.1.3 Réutilisation particulière des stériles

Des cessions de stériles de mines ont été réalisées, soit en petites quantités dans le cadre d'une politique de bon voisinage, soit en quantités plus importantes dans le cadre de contrats de vente aux entreprises locales de carrière et travaux publics, lorsque ces matériaux étaient commercialisés par ces entreprises.

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

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

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

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

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

Une synthèse des cessions de stériles apparaît sur un tableau récapitulatif sur la Figure 5.

Les dernières cessions de stériles ont eu lieu sur le site de la Commanderie en 1996.

## **6.2 LES RÉSIDUS DE TRAITEMENT**

Les minerais, en fonction de leur teneur, ont été traités selon deux modes :

- Traitement par lixiviation statique pour des minerais à faible teneur (150 à 600 ppm d'uranium),
- Traitement par lixiviation dynamique pour les minerais à teneur plus élevée (réalisé à l'usine du site de l'Écarpière - départements 44 et 49).

Les filières de traitement de ces deux catégories de minerai conduisent donc à des résidus de traitement de caractéristiques différentes.

### **6.2.1 Les résidus de traitement statique**

#### **6.2.1.1 Généralités et activités**

Les résidus de traitement statique correspondent au minerai (brut ou concassé à 80 mm) résiduel après extraction de l'uranium (rendement 76 à 83 %) par lixiviation en stalles ou en tas, par arrosage avec une solution d'acide sulfurique (dosée de 10 à 300 g.l<sup>-1</sup>). Les liqueurs uranifères, chargées à quelques centaines de mg.l<sup>-1</sup> étaient recueillies et dirigées vers l'usine de traitement de l'Écarpière.

Dans le département vendéen, seul le site de la Commanderie a accueilli une installation de lixiviation statique.

Le procédé sont décrits au paragraphe 4.2.2.

L'activité massique résiduelle demeure de l'ordre de 70 à 85 % de l'activité massique du minerai original en raison de la présence de l'uranium non extrait et de tous ses descendants qui n'ont pas été lixiviés. Elle reste donc faible (60 ppm d'uranium).

#### **6.2.1.2 Gestion des résidus de traitement statique**

Les résidus de la lixiviation statique réalisée sur le site de la Commanderie ont été transportés en fond de fosse. Ils représentant 250 000 tonnes, et ont une activité totale de 1 TBq Ra226.

Leur positionnement dans la MCO est décrit au paragraphe 6.5 qui récapitule l'ensemble des produits stockés sur le site de la Commanderie.

## 6.2.2 Le remblayage hydraulique des chantiers avec des sables cyclonés issus du traitement dynamique

L'exploitation des travaux miniers souterrains par tranches montantes remblayées a nécessité l'apport de matériaux. Le remblayage de différentes tranches a été réalisé avec des sables cyclonés acheminés de manière hydraulique par un réseau de tuyauterie depuis des stations de remblayage situées en surface.

Les sables cyclonés correspondent à la fraction sableuse (granulométrie variant entre 150 et 500 µm) obtenue par cyclonage des résidus de traitement du minerai.

Ces sables provenaient du site de l'Écarpière.

Seul le site de la Commanderie a fait l'objet d'un remblayage à l'aide de sables cyclonés dans le département de la Vendée. Cette méthode a été utilisée de 1966-1990. 500 000 tonnes sèches de sables ont été utilisées.

L'activité massique en radium 226 pour la fraction grossière (150 à 500 µm) des résidus de lixiviation statique et dynamique est de l'ordre de 8 500 à 9 000 Bq par kilogramme.

## 6.3 LES PRODUITS DE DÉMANTÈLEMENT

Les installations de surface des mines de la Vendée. Le matériel (rails, tuyauteries, câbles, coffrets électriques, pompes, etc.) a été enlevé et envoyé sur les autres sièges de la division de Vendée.

Les produits de démantèlement de la Commanderie ont été transportés en fond de fosse :

- Les bétons issus du démantèlement de l'ancienne aire bétonnée de stockage des minerais,
- Les produits issus de l'assainissement :
  - de l'aire de stockage des minerais,
  - des anciennes aires de lixiviation.

Ces produits représentent 283 400 tonnes de produits issus du démantèlement et de l'assainissement du site de la Commanderie.

## 6.4 LES DÉCHETS PROVENANT D'AUTRES INSTALLATIONS

Des déchets, ne provenant pas de l'exploitation de mines uranifères, ont été utilisés pour le remblayage de chantiers miniers exploités en tranche montante remblayée sur le site de la Commanderie.

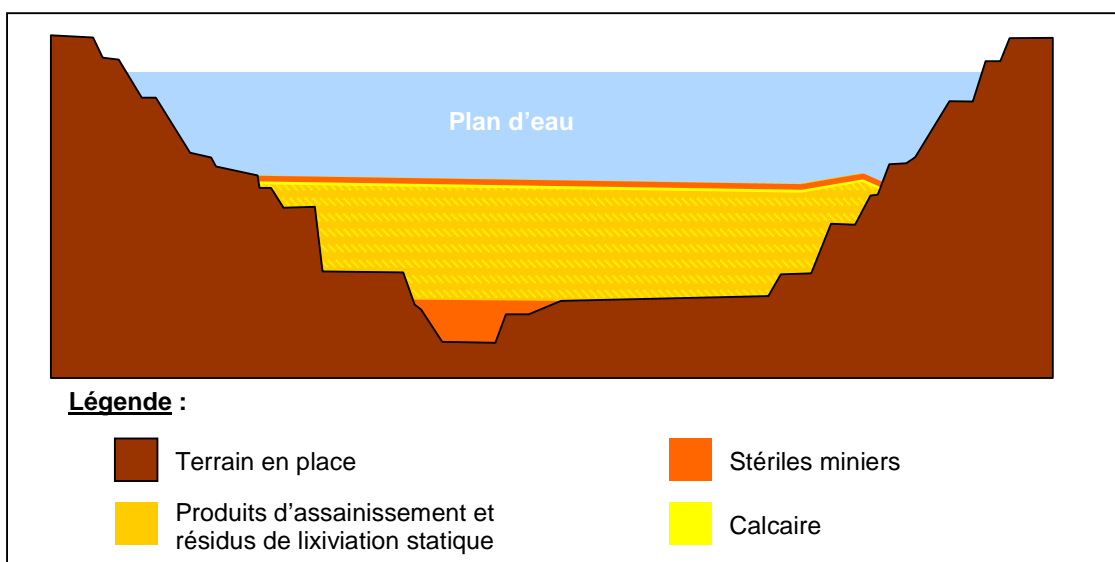
Il s'agit de produits provenant de l'exploitation de la mine d'or de la Bellière à Saint-Pierre-Monlismart (79), la quantité est évaluée au maximum à 130 000 tonnes.

## 6.5 DESCRIPTION DU STOCKAGE DE LA MCO DE LA COMMANDERIE

La partie Sud de la mine à ciel ouvert de la Commanderie a été partiellement remblayée avec :

- Les produits issus de l'assainissement :
  - Des anciens bassins,
  - De l'ancienne aire bétonnée de stockage du minerai,
  - Des aires de lixiviation,
- Des résidus de lixiviation statique (250 000 tonnes) avec ajout de calcaire (4 800 tonnes).

L'ensemble de ces produits a fait l'objet d'un recouvrement par un lit de calcaire d'une dizaine de centimètres d'épaisseur (2 200 tonnes) et puis par une couche de 0,7 à 1 m de stériles miniers (31 500 tonnes).



La partie Nord de la mine à ciel ouvert a été comblée par des stériles miniers (37 300 tonnes).

Le tableau suivant récapitule l'ensemble des produits contenus dans la MCO.

Zone concernée		Produits stockés		Tonnage	Paragraphe
Partie Sud	Fond de fosse	Stériles miniers		65 000 t	6.1
		Produits issus de l'assainissement	Anciens bassins	31 000 t	6.3
			Aire de stockage des minerais (terres et bétons)	33 400 t	6.3
			Aires de lixiviation	93 000 t	6.2.1.2
			Zones de stockage de minerais à faible teneur	20 000 t	6.3
	Stock de sables cyclonnés de remblayage		17 000 t	6.2.2	
	Résidus de traitement statique		250 000 t	6.2.1.2	
	Calcaire ajouté aux résidus de traitement statique		4 800	/	
	Couverture	Calcaire		2 200 t	/
		Stériles miniers		31 500 t	6.1
Partie Nord		Stériles miniers		37 300 t	6.1

*Les couleurs dans la colonne tonnages correspondent à celle du schéma précédent*

Ce stockage (fiche ANDRA PAY 2), considéré comme une dépendance légale de la mine, fait l'objet d'une surveillance réglementaire (cf. paragraphe 8.1.3).

La partie non remblayée est aujourd'hui en eau. Une autorisation a été donnée en 1993 par la DRIRE pour une utilisation comme réserve d'eau pour l'irrigation.



# 7 ÉVALUATION DES IMPACTS EN TERME DE SÉCURITÉ 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 ;*

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

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

*Remarque : L'ordonnance n°2011-91 du 20 janvier 2011 porte codification de la partie législative du code minier. 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 :
  - l'existence d'ouvrages de liaison fond-jour (puits, galeries, montages ...),
  - les risques de fontis, d'affaissement en surface,
  - les risques de chute dans les ouvrages miniers non fermés,
- Pour les exploitations à ciel ouvert :
  - les risques de chutes de personnes à partir des têtes de parois,
  - les risques d'instabilité des parois,
  - les risques d'instabilité des verses à stériles,
  - les risques d'instabilité ou de rupture pour les digues de retenue de stockage (non concerné pour le bilan environnemental de la Vendée : stockage en fond de MCO).

Différentes études ont été menées sur les sites de la concession de la Mallièvre, à laquelle appartient le site de la Commanderie, afin d'évaluer les aléas liés aux mouvements de terrain :

- Septembre 1992 : *Les risques d'effondrement de la surface à l'aplomb des travaux miniers de la mine de la Commanderie*, Édouard Tincelin, 1992, dite étude Tincelin,
- Septembre 2005 : rapport d'étude référence BRGM/RP-53948-FR des aléas « mouvement de terrain » (GEODERIS – BRGM),
- Avril 2006 : rapport d'étude référence DRS-06-67783/R01 des aléas « mouvement de terrain » (INERIS),
- Mai 2006 : rapport d'étude référence W2006/030DE-5POC2100 des aléas « mouvement de terrain » (GEODERIS).

Les études menées par GEODERIS ont été réalisées dans le but d'élaborer un PPRM (Plan de Prévention des Risques Miniers) sur les communes concernées par la concession de la Mallièvre.

Une démarche similaire est appliquée dans le cadre de ce bilan afin d'évaluer les risques en terme de sécurité du public.



## 7.2 LES RISQUES LIÉS AUX TRAVAUX MINIERS SOUTERRAINS

### 7.2.1 Les ouvrages de liaison fond-jour

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

L'inventaire des ouvrages verticaux débouchant au jour a été réalisé sur la base des documents d'archives et de la connaissance des sites. Ils font l'objet d'un contrôle périodique, renforcé par l'analyse environnementale réalisée préalablement à la rédaction de ce présent bilan.

#### 7.2.1.1 Les ouvrages verticaux de liaison fond-jour

##### SITE DE LA COMMANDERIE [17] [18] [19] [20]

Dans le cadre du dossier de délaissement et d'abandon partiel du site de la Commanderie de 1993, 20 ouvrages verticaux de liaisons fond-jour ont été répertoriés et leur mise en sécurité a été décrite.

Dix de ces ouvrages sont situés dans l'emprise de la mine à ciel ouvert partiellement remblayée et actuellement en eau.

Les dix autres ouvrages ont fait l'objet d'un remblayage suivant leurs caractéristiques. Le puits principal a fait l'objet d'une attention particulière du fait de ses dimensions.

L'ensemble des ouvrages verticaux de liaison fond-jour figurent dans le tableau suivant.

Nom de l'ouvrage		Type d'ouvrage	Section / diamètre (m)	Profondeur (m)	Mise en sécurité
Tubbing	N	Cheminée	Diam. 2	37	Situé sous le remblai ennoyé de la MCO
M 204 bis	M	Montage	1,5 x 2,5	12	
M 200	Q	Montage	1,5 x 2,5	33	
D 206	P	Cheminée	1,5 x 2,5	23	
M 204	O	Montage	1,5 x 2,5	52	
M 210	R	Montage	1,5 x 2,5	40	
M 214	T	Montage	1,5 x 2,5	21	
D 202	S	Cheminée	1,5 x 2	16	
M 103	D	Montage	1,5 x 2,5	45	
D 103-1	E	Cheminée	1,5 x 2,5	31	
Puits	I	Puits	4,5 x 4,5	283	Remblayage de la base au N-50 avec du sable Bouchon grave-ciment sur 5 m Remblayage sable sur 30 m Grave-ciment sur les 15 derniers mètres

Nom de l'ouvrage		Type d'ouvrage	Section / diamètre (m)	Profondeur (m)	Mise en sécurité
M 128	L	Montage	2 x 2	48	Remblayé sur toute la colonne Obturé en tête par bouchon grave-ciment d'une hauteur correspondant a minima à trois fois leur largeur ou diamètre
Rob GRB	W	Puits type Robbins	Diam. 2,4	70	
Rob 8	F	Puits type Robbins	Diam. 2,4	235	
Rob 9-C	G	Puits type Robbins	Diam. 2,4	304	
Rob 1	J	Puits type Robbins	Diam. 2,4	349	
M 107	C	Montage	1,5 x 2,5	-	
M 101	B	Montage	1,5 x 2,5	-	
D 101	A	Cheminée	1,5 x 2,5	-	
Rob9		Puits type Robbins	Diam. 2,4	-	Obturé

L'étude INERIS de 2006 conclue :

*« tous les ouvrages situés à l'intérieur de l'emprise de la MCO ont été remblayés et se trouvent maintenant sous plusieurs dizaines de mètres de remblai et d'eau. Nous n'avons pas évalué et cartographié d'aléa lié à ces ouvrages considérant que si des mouvements de terrain peuvent apparaître (la probabilité apparaît plus faible à très faible), ils seront sans conséquences sur l'environnement de la MCO.*

*Pour les puits et les montages situés en dehors de l'emprise de la MCO, considérant les points suivants :*

- *Ils ont été remblayés avec mise en place d'un bouchon constitué d'un mélange de grave-ciment en tête ;*
- *L'envoyage des travaux souterrains s'est déjà produit et le niveau d'eau au sein des ouvrages est stabilisé (aux variations saisonnières près),*

*la rupture de la tête des ouvrages apparaît peu probable. Ne connaissant pas précisément les modalités d'exécution de ces traitements (qualité des remblais et performances mécaniques des bouchons) le phénomène d'effondrement de la tête des ouvrages n'est toutefois pas exclu.*

*S'agissant d'ouvrages de dimensions modestes (diamètre inférieur à 2,5 m), la rupture de la tête de l'ouvrage n'occasionnerait pas un effondrement de grande dimension (quelques mètres). De plus les terrains encaissants constitués par le granite de Mortagne sont qualifiés de résistant. Celui-ci est de nature à limiter sensiblement l'extension du phénomène.*

*En conséquence, un **aléa effondrement localisé faible**, lié à la rupture de la tête des ouvrages a été retenu et appliqué à tous les puits et montages. »*

*Extrait de Concession de Mallièvre – Évaluation et cartographie des aléas « mouvement de terrain » ;*

*Rapport d'étude référence DRS-06-67783/R01 INERIS, avril 2006*

### **SITE DE LA GORIANDIÈRE**

Le site de la Goriandière possédait un seul ouvrage de liaison fond-jour : un puits de 40 m de profondeur.

Ce puits a fait l'objet d'un remblayage et de la pose d'un bouchon de grave ciment sur 10 m, permettant d'assurer la stabilité de cet ouvrage.

Par conséquent, un **aléa effondrement localisé faible**, lié à la rupture de la tête d'ouvrage a été retenu.

### **SITE DE L'ÉDRILLÈRE**

Deux ouvrages de liaison fond-jour ont été creusés sur le site de l'Édrillère : un puits et un montage.

Le puits, de 80 m de profondeur, a fait l'objet d'un remblayage et de la pose d'un bouchon de grave ciment sur 10 m, permettant d'assurer la stabilité de cet ouvrage.

Le montage a été remblayé jusqu'au niveau N-40 puis un bouchon de grave ciment sur 10 m a été également mis en place.

Par conséquent, un **aléa effondrement localisé faible**, lié à la rupture de la tête d'ouvrage a été retenu.

### **SITE DE L'ÉMENTRUÈRE**

Tout comme le site de la Goriandière, l'Émentruère possédait un seul ouvrage de liaison fond-jour : un puits de 30 m de profondeur.

Ce puits a fait l'objet d'un remblayage et de la pose d'un bouchon de grave ciment sur 10 m, permettant d'assurer la stabilité de cet ouvrage.

Par conséquent, un **aléa effondrement localisé faible**, lié à la rupture de la tête d'ouvrage a été retenu.

### **SITE DU POITOU – LA GABRIELLE [21]**

Le site du Poitou – la Gabrielle a fait l'objet du creusement de 4 ouvrages verticaux de liaison fond-jour : 1 puits et 3 montages.

La liste de ces ouvrages, ainsi que leur localisation et leur mise en sécurité figurent dans le tableau suivant.

Nom de l'ouvrage	Type d'ouvrage	Localisation actuelle	Section / diamètre (m)	Profondeur (m)	Mise en sécurité
Puits	Puits	Sous eau (MCO SE)	3,6 x 2,5	76 m	Comblement avec du stériles et mise en place d'un bouchon de grave-ciment
M100	Montage		2,6 x 1,3	35 à 38 m	
M101	Montage		2,6 x 1,3		
M103	Montage	Sous la verse remodelée	2,6 x 1,3		

Par conséquent, un **aléa effondrement localisé faible**, lié à la rupture des têtes d'ouvrage a été retenu.

### 7.2.1.2 Les ouvrages horizontaux ou obliques de liaison fond-jour

Le seul site en Vendée concerné par des ouvrages de liaison fond-jour horizontaux ou obliques est la Commanderie.

#### **SITE DE LA COMMANDERIE [17] [18] [19] [20]**

Dans le cadre du dossier de délaissement et d'abandon partiel du site de la Commanderie de 1993, 9 ouvrages horizontaux ou obliques de liaisons fond-jour ont été répertoriés et leur mise en sécurité a été décrite.

Deux de ces ouvrages sont situés dans l'emprise de la mine à ciel ouvert partiellement remblayée et actuellement en eau.

Les sept autres ouvrages ont fait l'objet d'un remblayage suivant leurs caractéristiques.

L'ensemble de ces ouvrages figurent dans le tableau suivant.

Nom de l'ouvrage		Type d'ouvrage	Section / diamètre (m)	Mise en sécurité
Descenderie (Entrée 8)	7	Galerie	2 x 2	Obturé avant remblayage de la MCO Situé sous le remblai ennoyé de la MCO
G 100	8	Galerie	3 x 3,5	Situé sous le remblai ennoyé de la MCO
M 130	K	Plan incliné	2,5 x 3,5	Obturé en tête par un bouchon de grave-ciment
M 117	H	Plan incliné	2 x 3,5	
R 130	1	Galerie	2,5 x 2	Obturé en tête par un bouchon de grave-ciment de 5 m de long Toutes noyées depuis la fin de l'ennoyage de la MCO
G 116	2	Galerie	2,5 x 2,5	
G 118	3	Galerie	3 x 3,3	
R 120	4	Galerie	2 x 2	
G 110	6	Galerie	3 x 3	

L'étude INERIS de 2006 conclue :

*« tous les ouvrages situés à l'intérieur de l'emprise de la MCO ont été remblayés et se trouvent maintenant sous plusieurs dizaines de mètres de remblai et d'eau. Nous n'avons pas évalué et cartographié d'aléa lié à ces ouvrages considérant que si des mouvements de terrain peuvent apparaître (la probabilité apparaît plus faible à très faible), ils seront sans conséquences sur l'environnement de la MCO.*

[...]

Pour les deux plans inclinés (K et H), le traitement par un bouchon de grave-ciment réalisé est de nature à éviter tout effondrement des terrains à son aplomb. Toutefois, ce traitement n'a été réalisé que sur les 5 premiers mètres. Au-delà, compte tenu des dimensions de ces ouvrages (h : 2,5 m x l : 3,5 pour K et h : 2 m x l : 2,5 pour H), le développement d'une cloche d'éboulement créant un fontis au jour est possible. Compte tenu des dimensions des ouvrages, l'effondrement localisé est possible jusqu'à l'aplomb des galeries situées entre 30 et 40 m de profondeur<sup>4</sup>. Pour tenir compte de la pente relativement élevée de ces deux plans inclinés (>30°), autorisant l'étalement des éboulis vers l'aval, on retiendra une valeur limite de 50 m pour que l'effondrement arrive en surface.

Compte tenu de la nature résistante des terrains de recouvrement (granite) et des dimensions relativement modestes de ces deux ouvrages, **la prédisposition du site à l'apparition d'un effondrement localisé à leur aplomb est qualifié de peu sensible et l'intensité du phénomène attendu de limité.** Un **aléa effondrement localisé faible** a donc ainsi été cartographié.

<sup>4</sup> : Hauteur calculée par approche volumétrique (autocomblement des vides par foisonnement des terrains éboulés) en prenant un coefficient de foisonnement de 1,3 pour le granite et un angle de talus d'éboulis de 35° »

Extrait de Concession de Mallièvre – Évaluation et cartographie des aléas « mouvement de terrain » ;

Rapport d'étude référence DRS-06-67783/R01 INERIS, avril 2006

### SYNTHÈSE DES RISQUES LIÉS AUX OUVRAGES DE LIAISON FOND-JOUR

Les risques d'effondrement localisé liés aux ouvrages verticaux de liaison fond-jour des sites miniers de Vendée sont synthétisés dans le tableau suivant.

Intensité* / Probabilité*	1 limité	2 modéré	3 très élevé	4 extrêmement élevé
1 peu sensible	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>La Goriandière</u></li> <li>• <u>L'Édrillère</u></li> <li>• <u>L'Émentruère</u></li> <li>• <u>Le Poitou – la Gabrielle</u></li> <li>• <u>La Commanderie ouvrages obliques</u></li> </ul>	<u>La Commanderie ouvrages verticaux</u>		
2 sensible				
3 très sensible				
4 extrêmement sensible				

\*P : prédisposition ou probabilité

\*I : Intensité ou gravité

■ Aléa faible

■ Aléa moyen

■ Aléa fort

Ces ouvrages font l'objet, à l'initiative d'AREVA Mines d'un contrôle visuel annuel afin de s'assurer de l'absence de désordre en surface. En cas de tassement des matériaux de remblayage, un nouvel apport de matériaux serait réalisé.

## 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 les anciennes Divisions Minières de Vendée (Loire Atlantique, Maine et Loire, Deux-Sèvres, Vendée) et de la Crouzille (Haute-Vienne), a conclu, pour des exploitations de type « filonien » à deux types d'effondrements :

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

### **Les effondrements « classiques »**

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

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

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

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 $H$

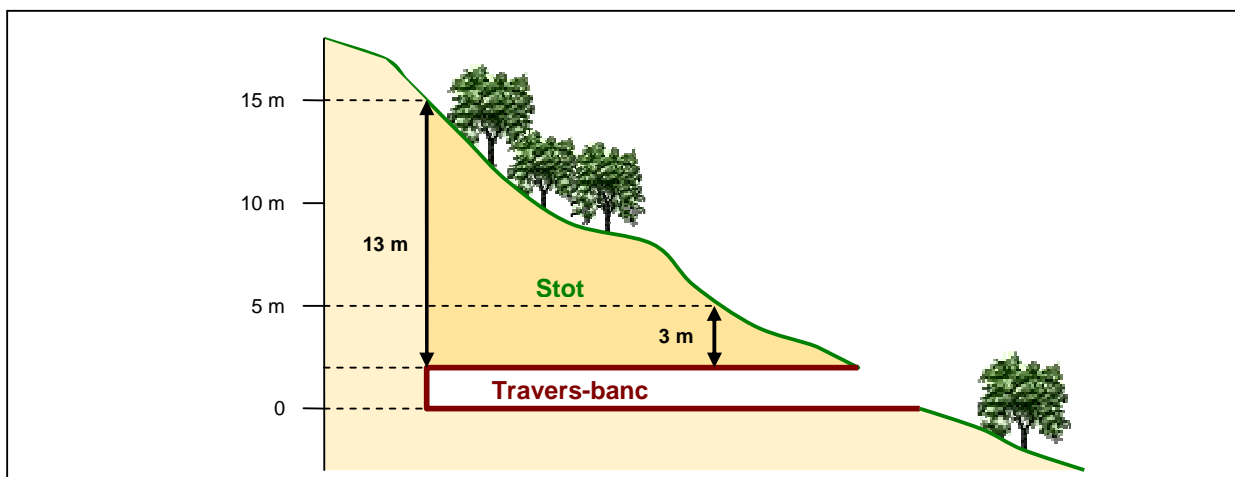
Si l'on veut avoir un coefficient de sécurité maximum, on appliquera comme critère la règle de TINCELIN (« La mécanique du foudroyage »... TINCELIN – FINE – BENYAKHLEF – 12ème congrès minier mondial – NEW DEHLI – novembre 1984) qui considère que la hauteur totale du vide disponible et du fontis ( $H$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

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

Les hauteurs de galeries de reconnaissance ou d'accès sont généralement limitées à 2 m de hauteur. L'application de la règle « Tincelin » écarte tout risque de désordre de surface au-delà d'un stot de 8 m. L'application de la règle « INERIS » porte ce stot à 20 m.

Les risques de désordres existent donc pour :

- des galeries à moins de 20 m de profondeur,
- des ouvrages de type travers-banc, qui correspondent à des galeries horizontales situées à flanc de coteau, où le stot au dessus varie en fonction de la longueur de la galerie, comme l'illustre le schéma suivant :



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

### **Les 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 les anciennes Divisions Minières de Vendée (Loire Atlantique, Maine et Loire, Deux-Sèvres, Vendée) et 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.

Seuls les sites de la Commanderie et du Poitou – la Gabrielle ont fait l'objet de dépilages. Les aléas liés à ces chantiers sont étudiés dans les paragraphes suivants.

## **LA COMMANDERIE [17] [18] [19] [20]**

Les dépilages du site de la Commanderie ont été exploités selon différentes méthodes :

- Dépilages avec remblayage :
  - Par tranches montantes charpentées remblayées.
  - Par tranches montantes remblayées hydrauliquement.
  - Par tranches montantes remblayées en grave ciment et stériles.
  - Par tranches descendantes remblayées en grave ciment.
- Dépilages sans remblayage :
  - Par chambres vides et sous niveaux.
  - Par tranches montantes descendantes « stot par stot ».
  - Par tranches descendantes sous dalle béton.
  - Méthode « Burc » ou plan incliné minéral.

Un extrait de l'étude Tincelin de 1992 figure ci-après :

*« La mine est en cours d'ennoyage. L'ensemble des travaux miniers se trouve sous une ancienne exploitation par ciel ouvert qui sera totalement remplie d'eau. Après remplissage les éventuels effondrements seront totalement occultés et sans danger.*

*Au cours du remplissage, il y a lieu d'établir des périmètres de sécurité. »*

*Extrait de Les risques d'effondrement de la surface à l'aplomb des travaux miniers de la mine de la Commanderie, É. Tincelin, Septembre 1992*

Ainsi, durant la remontée des eaux, trois périmètres de sécurité successifs ont été mis en place suivant le niveau d'eau. Le détournement du ruisseau de la Commanderie a permis d'accélérer l'ennoyage.

Les risques liés aux chantiers souterrains ont été étudiés dans le cadre de l'étude INERIS de 2006. Les paragraphes relatifs à la stabilité actuelle des terrains à l'aplomb des chantiers et galeries figurent ci-après.

*« Une seule configuration de travaux a été identifiée comme susceptible de générer des mouvements de terrain en surface en dehors de l'emprise de la MCO ennoyée. Elle se situe dans la terminaison nord-ouest de la MCO à l'aplomb d'un secteur remblayé et maintenant hors d'eau. [...]*

*A cet endroit, l'exploitation s'étage de façon relativement continue entre le niveau 50 (40 m de profondeur ici par rapport au sommet des remblais) et le niveau 255 (245 m de profondeur)[...].*

*L'analyse de la coupe [des chantiers à ce niveau] met en évidence une **exploitation par chambres d'une vingtaine de mètres de large sur une hauteur continue d'une quarantaine de mètres**. Ces travaux se situent à moins de 20 m sous la base des remblais. Par analogie avec le cas du Chardon [44], cette configuration apparaît favorable à une rupture « en tiroir » selon l'axe du filon.*



Considérant que :

- la phase d'envoyage des vides souterrains a déjà eu lieu (cette étape a été à l'origine de l'effondrement du Chardon)
- les vides souterrains sont moins importants en volume et moins continus sur la hauteur exploitée que dans le cas du Chardon. Dans ces conditions les risques de départ de remblais vers les niveaux inférieurs sont plus limités

cette configuration d'exploitation est **donc qualifiée de peu sensible aujourd'hui à l'apparition d'un effondrement localisé.**

Même si l'occurrence d'un tel phénomène semble peu probable, **son intensité n'en demeure pas moins très élevée** (effondrement possible de plus de 20 m de diamètre). **Un aléa effondrement localisé moyen a donc été cartographié à l'aplomb des chantiers les moins profonds** avec un léger décalage pour tenir compte du déport du phénomène selon l'axe du filon. La marge d'influence du phénomène a été définie en prenant un angle de talutage de 45° partir de la base des remblais.

Signalons que **plusieurs galeries ou chambres isolées de faible ouverture** (moins de 3 m) sont localisées dans le secteur nord-ouest des travaux miniers souterrains, au-delà de la MCO remblayée. Ces travaux souterrains se situent entre 40 et 50 m de profondeur d'après les coupes et plans disponibles. Compte tenu de l'ouverture limitée des vides souterrains, de leur profondeur relativement élevée par rapport à l'importance de ces vides et de la compétence élevée des terrains sus-jacents (granite de Mortagne), **aucun aléa n'a été retenu pour ces configurations de travaux.**

*Extrait de Concession de Mallièvre – Évaluation et cartographie des aléas « mouvement de terrain » ;*

*Rapport d'étude référence DRS-06-67783/R01 INERIS, avril 2006*

Des mesures ont été prises afin d'assurer l'absence de risque sur la population :

- la circulation est interdite à l'aplomb des travaux miniers souterrains dont l'aléa a été évalué comme modéré. Un périmètre de sécurité est mis en place autour de cette zone,
- l'ensemble de l'emprise des anciens travaux miniers est classé « zone non constructible ».

Il est à noter qu'aucun désordre de surface n'a été observé à l'aplomb de ces zones depuis la fin des réaménagements.

## **LE POITOU – LA GABRIELLE [21]**

Le site du Poitou – la Gabrielle a fait l'objet de dépilages exploités par abattage en masse à partir de sous-niveaux et par chambres-magasins

Ces dépilages sont de faible importance. La majeure partie est située au niveau N-40. Ils comprennent 2 quartiers de 25 et 50 m de long, sur une vingtaine de mètres de hauteurs et une largeur moyenne de 5 m. Ces travaux ont été partiellement remblayés. Un stot de 20 m a été conservé lors de l'exploitation.

L'emprise de ces quartiers est située à l'aplomb de la MCO SE actuellement en eau. Les quartiers sont aujourd'hui envoyés.

En considérant une occurrence sensible et une intensité modérée, **un aléa effondrement localisé moyen** a été cartographié à l'aplomb de ces chantiers.

La présence du plan d'eau à l'aplomb des chantiers souterrains ne permet pas de limiter cet aléa. Cependant, elle permet de supprimer les risques directs sur la population.

## SYNTHÈSE DES RISQUES LIÉS AUX INFRASTRUCTURES ET CHANTIERS SOUTERRAINS

Les risques d'effondrement localisé liés aux infrastructures et chantiers souterrains des sites miniers de Vendée sont synthétisés dans le tableau suivant.

Intensité* / Probabilité*	1 limité	2 modéré	3 très élevé	4 extrêmement élevé
1 peu sensible			La Commanderie chambres hors emprise MCO	
2 sensible		Le Poitou – la Gabrielle chantiers - de 20 m de profondeur		
3 très sensible				
4 extrêmement sensible				

\*P : prédisposition ou probabilité

\*I. : Intensité ou gravité

■ Aléa faible

■ Aléa moyen

■ Aléa fort

Ces ouvrages font l'objet, à l'initiative d'AREVA Mines d'un contrôle visuel annuel afin de s'assurer de l'absence de désordre en surface. En cas de tassement des matériaux de remblayage, un nouvel apport de matériaux serait réalisé.

### 7.3 LES RISQUES LIÉS AUX MINES A CIEL OUVERT

Ces risques sont liés à la présence de parements résiduels pour les fosses non remblayées ou mises en eau et accessibles au public (risques de chute ou de noyade), ou de mouvement de terrain.

#### SITE DE LA COMMANDERIE [19]

La mine à ciel ouvert de la Commanderie se situe à l'aplomb des travaux miniers souterrains et sa dimension est d'environ 500 m de longueur sur 80 à 200 m de largeur.

Elle a été partiellement remblayée dans sa partie Nord et présente un plan d'eau de 400 m de longueur sur 180 m de largeur. Les parements résiduels sont visibles sur une hauteur d'environ 10 à 15 mètres. Une piste mise en place lors du réaménagement permet de faire le tour de la fosse.

La MCO est clôturée par une clôture agricole et une haie sauvage, réduisant ainsi les risques de chutes et de noyade.

L'étude INERIS 2006 a étudié l'aléa mouvement de terrain lié à cette MCO :

« Comme pour la MCO de la Dorgissière Nord, un aléa écroulement et, localement, un aléa glissement a été retenu sur les fronts périphériques de la MCO de la Commanderie, avec toutefois quelques nuances :

- les fronts rocheux sont constitués ici uniquement de granite dont la tenue mécanique apparaît meilleure qu'à la Dorgissière;

- les pentes intégratrices sur la hauteur totale de front (non butés par les remblais en fond de fosse) ont un pendage de l'ordre ou légèrement supérieurs à 45°

Considérant les deux points précédents, nous n'avons pas retenu le phénomène de glissement comme probable sur la quasi-totalité du pourtour de la fosse (une exception est détaillée ci-après), mais seulement un aléa écoulement sur les fronts subverticaux à verticaux situés au-dessus du plan d'eau.

La bonne tenue apparente des fronts, corrélée par l'absence de désordres importants visibles sur le pourtour de la MCO [...], conduisent à **retenir un aléa écoulement faible**.

Des travaux de remodelage ont été réalisés sur 120 m de longueur environ sur le flanc ouest de la fosse. Ils ont conduit à la création d'un talus de 45° de pendage environ [...]. Ce talus apparaît constitué, au moins pour partie, de remblai. L'analyse visuelle ne montre pas de désordres particuliers toutefois le pendage est trop élevé à notre sens pour éviter à terme l'apparition de glissement (probablement de petite dimension). **Un aléa glissement faible** a donc été cartographié sur toute la longueur de ce talus. »

*Extrait de Concession de Mallièvre – Évaluation et cartographie des aléas « mouvement de terrain » ;*

*Rapport d'étude référence DRS-06-67783/R01 INERIS, avril 2006*

### **SITE DE LA PRÉE**

La mine à ciel ouvert de la Prée a intégralement été remblayée avec du stérile et une couche de terre végétale a été mise en place.

L'ensemble est ainsi naturellement sensible à des phénomènes de tassement mais générant des mouvements d'amplitude limitée, un **aléa de tassement faible a été cartographié sur la totalité de l'emprise** de la MCO.

### **SITE DE LA GODARDIÈRE**

La mine à ciel ouvert de la Godardière a été conservée comme plan d'eau.

Les parements sont encore présents, sur une hauteur visible de 1 à 2 m. en été, en période d'étiage et suite au pompage, le niveau d'eau dans la MCO est quasiment vide, et les parements peuvent être visibles sur environ 10 m.

La bonne tenue apparente des fronts et l'absence de désordres importants visibles sur le pourtour de la MCO permettent de retenir **un aléa écoulement évalué comme faible**.

### **SITE DU POITOU – LA GABRIELLE [21]**

Les mines à ciel ouvert du site du Poitou – la Gabrielle ont été conservées comme plan d'eau.

La MCO NW a fait l'objet d'une exploitation par tranches de 3 à 5 mètres et par gradins de 15 mètres. Les parements résiduels de l'ancienne mine à ciel ouvert sont encore visibles sur une hauteur d'environ 8 à 10 mètres. La bonne tenue apparente des fronts granitiques et l'absence de désordres importants visibles permettent de retenir **un aléa écoulement évalué comme faible**.

La MCO SE a fait l'objet d'un rippage de 5 m. Les parements résiduels de l'ancienne mine à ciel ouvert sont encore visibles sur une hauteur de 0,80 à 1,50 mètres. La bonne tenue apparente des fronts et l'absence de désordres importants visibles sur le pourtour de la MCO permettent de retenir **un aléa écoulement évalué comme faible**.

## SYNTHÈSE DES RISQUES LIÉS AUX MINES À CIEL OUVERT

Les risques écoulement rocheux, de glissement et de tassement liés aux mines à ciel ouvert des sites miniers de Vendée sont synthétisés dans le tableau suivant.

Intensité* / Probabilité*	1 limité	2 modéré	3 très élevé	4 extrêmement élevé	
1 peu sensible	<p><u>Le Poitou – la Gabrielle</u> Écoulement parements MCO SE</p> <p><u>La Prée</u> tassement MCO remblayée</p>	<p><u>La Commanderie</u> Écoulement – fronts MCO / Glissement – front taluté NW</p> <p><u>La Godardière</u> écroulement parements</p>	<p><u>Le Poitou – la Gabrielle</u> Écoulement parements MCO NW</p>		
2 sensible					
3 très sensible					
4 extrêmement sensible					

\*P : prédisposition ou probabilité

\*I. : Intensité ou gravité

■ Aléa faible

■ Aléa moyen

■ Aléa fort

## 7.4 LES RISQUES LIÉS AUX VERSES A STÉRILES

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.

### SITE DE LA COMMANDERIE [19]

La verse à stériles de la Commanderie a fait l'objet d'un remodelage lors des travaux de réaménagement du site. Elle est donc peu sensible aux phénomènes de mouvement de pente.

L'étude INERIS de 2006 a évalué les autres risques de mouvement de terrain au niveau de cette verse :

« [...] deux petits fronts subverticaux (correspondant à des **zones d'emprunt de matériaux**) ont été ouverts sur son flanc Est [...]. Pour ceux-ci, nous avons retenu un **aléa glissement faible**.

L'ensemble du dépôt étant constitué de stériles, naturellement sensibles à des phénomènes de tassement mais générant des mouvements d'amplitude limitée, un **aléa de tassement faible a été cartographié sur la totalité de l'emprise** du dépôt. »

Extrait de Concession de Mallièvre – Évaluation et cartographie des aléas « mouvement de terrain » ;  
Rapport d'étude référence DRS-06-67783/R01 INERIS, avril 2006

**Remarque** : les fronts visibles résultent de l'exploitation des stériles par une société privée et, par la suite, d'emprunts « sauvages » de matériaux.

### **SITE DE L'ÉDRILLÈRE**

La verse à stériles du site de l'Édrillère a fait l'objet d'un remodelage. Le remodelage a permis de limiter les risques de phénomènes de glissement.

La verse reste sensible aux phénomènes de tassement, d'une amplitude qui resterait limitée, en particulier étant donné sa faible importance.

**Un aléa de tassement faible a donc est cartographié** sur l'ensemble de l'emprise de cette verse à stériles.

### **SITE DE L'ÉMENTRUÈRE**

Les stériles extraits des travaux de recherche de l'Émentruère ont été utilisés pour la réalisation d'une plateforme au niveau de l'ancien carreau minier.

Cette plateforme, peu sensible aux phénomènes de glissement, est cependant sensible au phénomène de tassement, d'une amplitude limitée.

Ainsi, **un aléa de tassement faible est retenu** pour cette plateforme.

### **SITES DE LA PRÉE ET LA GODARDIÈRE**

La verse à stériles commune aux sites de la Prée et la Godardière, a fait l'objet d'un remodelage et d'un ensemencement.

Le remodelage a permis de limiter les risques de phénomènes de glissement.

La verse reste sensible aux phénomènes de tassement, d'une amplitude qui resterait limitée.

**Un aléa de tassement faible a donc est cartographié** sur l'ensemble de l'emprise de cette verse à stériles.

### **SITE DU POITOU – LA GABRIELLE [21]**

La verse à stériles du site du Poitou – la Gabrielle a fait l'objet d'un réaménagement :

- Le versant Nord a été remodelé avec l'enlèvement de gros blocs,
- Le versant Est a fait l'objet d'un adoucissement de pentes,
- Les produits de décapage des mines à ciel ouvert ont été utilisés pour un capotage de la verse,
- Et une couche de terre végétale a été mise en place.

Ces aménagements ont permis de limiter les risques de phénomènes de glissement.

Subsiste cependant un risque de tassement des produits. Un aléa de tassement faible a donc est cartographié sur l'ensemble de l'emprise de cette verse à stériles.

## SYNTHÈSE DES RISQUES LIÉS AUX VERSES À STÉRILES

Les risques de tassement et de glissement liés aux versés à stériles des sites miniers de Vendée sont synthétisés dans le tableau suivant.

Intensité* / Probabilité*	1 limité	2 modéré	3 très élevé	4 extrêmement élevé
1 peu sensible		La Commanderie Glissement – fronts d'emprunt		
2 sensible	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'Émentruère** Tassement</li> <li>• La Prée / la Godardière Tassement</li> <li>• Le Poitou – la Gabrielle Tassement</li> <li>• La Commanderie Tassement</li> </ul>			
3 très sensible				
4 extrêmement sensible				

\*P : prédisposition ou probabilité

\*I. : Intensité ou gravité

\*\* : plateforme

■ Aléa faible

■ Aléa moyen

■ Aléa fort

## 7.5 SYNTHÈSE CARTOGRAPHIQUE DES RISQUES

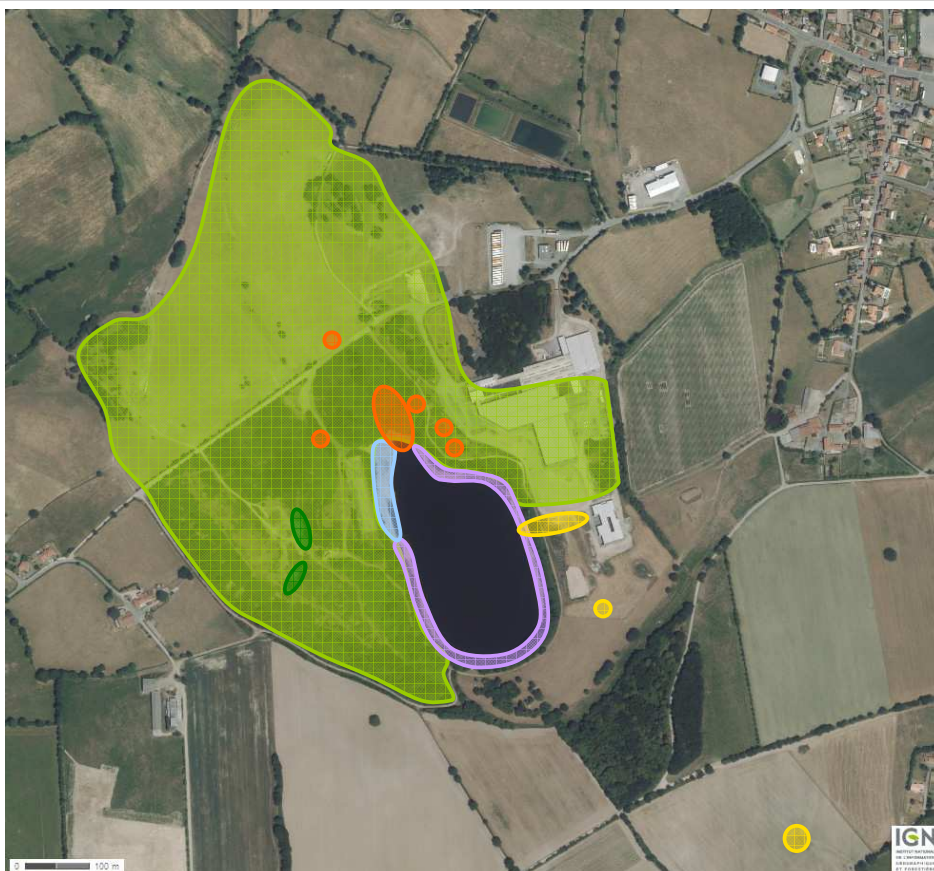
Aucun site ne possède d'aléa évalué comme fort.

Des aléas évalués comme moyens ont été identifiés sur deux sites :

- Pour le site de la Commanderie : les zones concernées ont fait l'objet de mesures préventives ou de protection :
  - Remblayage des ouvrages et chantiers
  - Mise en place de périmètres de sécurité
  - Interdiction de construction sur certaines parcelles.
- Pour le site du Poitou – la Gabrielle : la zone sensible, située à l'aplomb des chantiers de faible profondeur, est localisée dans l'emprise d'un plan d'eau de faible profondeur. En cas d'effondrement, aucune personne ne pourrait ainsi être directement impactée.

Une synthèse cartographie des risques pour chacun des 7 sites miniers vendéens est présentée dans les paragraphes ci-après.

## LA COMMANDERIE



### Mine à ciel ouvert

- Glissement faible
- Écroulement faible

### Travaux miniers souterrains

- Effondrement localisé faible
- Effondrement localisé moyen

### Verse à stériles

- Tassement faible
- Glissement faible

Intensité* Probabilité*	1 limité	2 modéré	3 très élevé	4 extrêmement élevé
<b>1 peu sensible</b>	<u>Effondrement localisé</u> Ouvrages de liaison fond-jour obliques	<u>Écroulement rocheux</u> Fronts MCO <u>Glissement</u> Front taluté NW Fronts emprunt verse	<u>Effondrement localisé</u> Ouvrages de liaison fond-jour verticaux	<u>Effondrement localisé</u> Chambres hors emprise MCO
<b>2 sensible</b>	<u>Tassement</u> Verse			
<b>3 très sensible</b>				
<b>4 extrêmement sensible</b>				

## L'ÉDRILLÈRE



### Travaux miniers souterrains



Effondrement localisé faible



Intensité* Probabilité*	1 limité	2 modéré	3 très élevé	4 extrêmement élevé
1 peu sensible	<u>Effondrement localisé</u> Ouvrages de liaison fond-jour			
2 sensible	<u>Effondrement localisé</u> Galleries N-40			
3 très sensible				
4 extrêmement sensible				



## LA GORIANDIÈRE



### Travaux miniers souterrains

 Effondrement localisé faible

Intensité* Probabilité*	1 limité	2 modéré	3 très élevé	4 extrêmement élevé
1 peu sensible	<u>Effondrement localisé</u> Ouvrage de liaison fond-jour			
2 sensible	<u>Effondrement localisé</u> Galeries N-40			
3 très sensible				
4 extrêmement sensible				

## L'ÉMENTRUÈRE





Intensité* Probabilité*	1 limité	2 modéré	3 très élevé	4 extrêmement élevé
1 peu sensible	<u>Effondrement localisé</u> Ouvrage de liaison fond-jour			
2 sensible	<u>Tassement</u> Stériles <u>Effondrement localisé</u> Galleries N-13 et N-30			
3 très sensible				
4 extrêmement sensible				


## LA PRÉE – LA GODARDIÈRE



### Mine à ciel ouvert

-  Écroulement faible
-  Tassement faible

### Verse à stériles


-  Tassement faible

Intensité*	1 limité	2 modéré	3 très élevé	4 extrêmement élevé
Probabilité*				
1 peu sensible	Écroulement rocheux Fronts de la MCO Godardière			
2 sensible	Tassement Verse MCO remblayée de la Prée			
3 très sensible				
4 extrêmement sensible				

## LE POITOU – LA GABRIELLE



### Mine à ciel ouvert


 Écroulement faible

### Travaux miniers souterrains

 Effondrement localisé faible

 Effondrement localisé moyen

### Verse à stériles

 Tassement faible

Intensité* Probabilité*	1 limité	2 modéré	3 très élevé	4 extrêmement élevé
1 peu sensible	<u>Écroulement rocheux</u> Fronts des MCO			
2 sensible	<u>Tassement</u> Verse <u>Effondrement localisé</u> Galeries N-40	<u>Effondrement localisé</u> Chantiers exploités à partir de N-40		
3 très sensible				
4 extrêmement sensible				

## 8 ÉVALUATION 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 de la Vendée, les possibilités de marquage du vecteur eau sont résumées dans le tableau suivant :

Sites	Possibilités de marquage du vecteur eau
La Commanderie	<ul style="list-style-type: none"><li>– Écoulement des eaux superficielles du site vers les cours d'eaux en aval (verses remodelées)</li><li>– Écoulement des eaux souterraines des TMS vers la nappe</li><li>– Écoulement des eaux de la fosse vers la nappe via des fractures</li><li>– Surverse éventuelle du plan d'eau</li><li>– Pompage des eaux de la MCO à des fins d'irrigation</li></ul>
La Goriandière	<ul style="list-style-type: none"><li>– Écoulement des eaux souterraines des TMS vers la nappe</li><li>– Écoulement des eaux souterraines des TMS vers les cours d'eaux en aval</li></ul>
L'Édrillère	<ul style="list-style-type: none"><li>– Écoulement des eaux souterraines des TMS vers la nappe</li><li>– Écoulement des eaux souterraines des TMS vers les cours d'eaux en aval</li></ul>
L'Émentruère	<ul style="list-style-type: none"><li>– Écoulement des eaux souterraines des TMS vers la nappe</li><li>– Écoulement des eaux souterraines des TMS vers les cours d'eaux en aval</li><li>– Écoulement des eaux superficielles du site vers les cours d'eaux en aval (plateforme en stériles)</li></ul>
La Prée	<ul style="list-style-type: none"><li>– Écoulement des eaux superficielles du site vers les cours d'eaux en aval (verse remodelée et MCO remblayée)</li><li>– Percolation des eaux météoriques de la MCO remblayée et infiltrations dans la nappe</li></ul>
La Godardière	<ul style="list-style-type: none"><li>– Écoulement des eaux superficielles du site vers les cours d'eaux en aval (verse remodelée)</li><li>– Écoulement des eaux de la fosse vers la nappe via des fractures</li><li>– Surverse éventuelle du plan d'eau</li><li>– Pompage des eaux de la MCO à des fins d'irrigation</li></ul>
Le Poitou – la Gabrielle	<ul style="list-style-type: none"><li>– Écoulement des eaux superficielles du site vers les cours d'eaux en aval (verses remodelées)</li><li>– Écoulement des eaux souterraines des TMS vers la nappe</li><li>– Écoulement des eaux de la fosse vers la nappe via des fractures</li><li>– Surverse éventuelle du plan d'eau</li><li>– Pompage des eaux de la MCO à des fins d'irrigation</li></ul>

### Voies de contamination des sédiments

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

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

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

L'absence de station de traitement pour les sites miniers de la Vendée tend à favoriser cette deuxième option. Les débits faibles estimés au cours de la campagne de terrain 2012 (< 10 m<sup>3</sup>/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 des prélèvements d'eau dans les cours d'eau 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 :

Points de prélèvement	Année	Localisation	U soluble	Ra <sub>226</sub> soluble
RUCDR A	Moyenne 2009 – 2011	Ruisseau de la Commanderie en amont du site de la Commanderie	18 µg/l 0,22 Bq/l	0,17 Bq/l
RUCDR O	Moyenne 2009 – 2011	Canal d'alimentation de la MCO de la Commanderie	21 µg/l 0,26 Bq/l	0,08 Bq/l
RUDIG A	Moyenne 2009 – 2011	Ruisseau de la Boisdrotière en amont du site de la Commanderie	10 µg/l 0,12 Bq/l	< 0,05 Bq/l
GOR GMA	2012	Ruisseau de la Grande Maine en amont hydraulique des sites du secteur des Herbiers	5,9 µg/l 0,07 Bq/l	0,04 Bq/l
BNN BEA	2011	Ruisseau de la Bégaudière en amont du site de Bonnière (49) et en dehors du bassin versant du site du Poitou- la Gabrielle	1,8 µg/l 0,02 Bq/l	0,02 Bq/l

Remarque : les cours d'eau en amont du site de la Commanderie présentent des activités radiologiques singulières pour des eaux de surface. Les teneurs généralement mesurées sont en deçà de 5 µg/l en U soluble et 0,10 Bq/l en Ra<sub>226</sub> soluble.

Depuis mars 2011, AREVA a ajouté deux points de contrôle des eaux superficielles au Plan de Surveillance initial. Ils sont situés en amont du point RUCDR A considéré comme l'amont du site de la Commanderie. Le suivi de ces deux nouveaux points de surveillance ainsi qu'une analyse des résultats par rapport au point RUCDR O sera présenté dans le Bilan Annuel de la Commanderie 2012.

### **Références « milieu naturel » SÉDIMENTS :**

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) :

- U<sub>238</sub> compris entre 180 et 1100 Bq/kg de matière sèche,
- Ra<sub>226</sub> compris entre 150 et 800 Bq/kg de matière sèche.

### **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 2012, principalement sur les cours d'eau situés en aval des sites et dans les mines à ciel ouvert aménagées en plan d'eau. L'emplacement des points de prélèvements est présenté sur les cartes IGN figurant en Annexe 3.

Le synoptique de la Figure 4 présente les rejets successifs, potentiels ou avérés, dans les différents cours d'eau récepteurs du fait des anciens sites réaménagés.

Les sites sont présentés de l'amont vers l'aval hydraulique des cours d'eau principaux à savoir : la Sèvre Nantaise, la Grande Maine et la Moine.

#### **BASSIN VERSANT DE LA SÈVRE NANTAISE**

- SITE DE LA COMMANDERIE (FIGURE 6)

Le site de la Commanderie a fait l'objet de travaux miniers souterrains et d'une mine à ciel ouvert. Cette dernière a été réaménagée en plan d'eau et est actuellement utilisée comme réserve pour l'irrigation.

Le ruisseau de la Commanderie a été détourné et alimente la mine à ciel ouvert.

Le ruisseau de la Fillée, qui prend sa source à l'Ouest du village de la Fillée, s'écoule à 500 m au NW de la MCO et se jette dans la rivière Sèvre Nantaise.

Un prélèvement est réalisé trimestriellement dans la mine à ciel ouvert (prélèvement CDR O). Les teneurs relevées en uranium soluble (45 µg/l soit 0,55 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,16 Bq/l) traduisent un léger marquage.

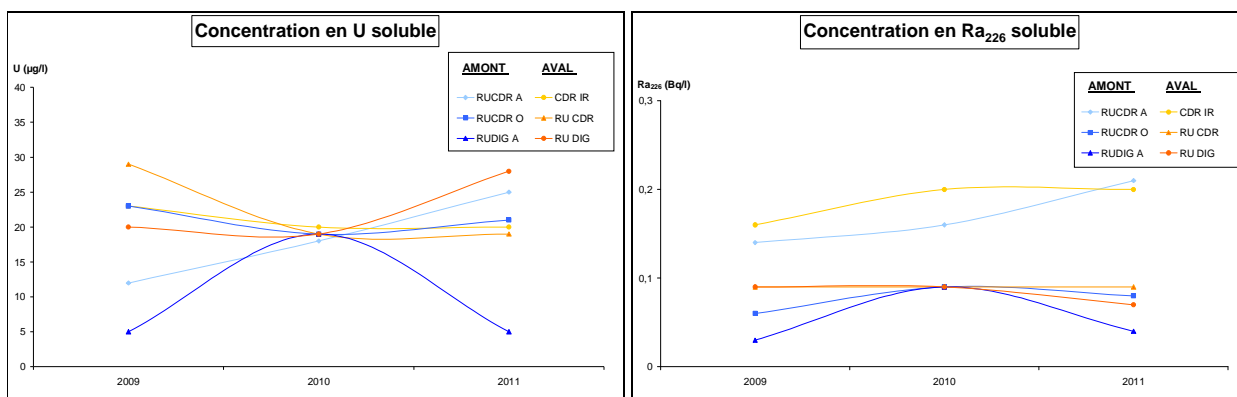
Des prélèvements ont été réalisés en 2007 puis depuis 2009 sur l'émergence située en pied de vers. Les teneurs moyennes mesurées sont de 233 µg/l – soit 2,87 Bq/l – en uranium soluble et 1,20 Bq/l en radium 226 soluble. L'influence de cette émergence est à pondérer du fait de son caractère intermittent (débit faible en période hivernale (< 80 l/h), et inexistant en période d'étiage).

Les prélèvements réalisés dans le ruisseau de la Boisdroitière (prélèvement RUDIG), situé en aval, présentent des teneurs en uranium soluble (26 µg/l soit 0,32 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,11 Bq/l) du même ordre de grandeur que le milieu naturel local.

Les teneurs mesurées dans le ruisseau de la Commanderie (prélèvement RU CDR) en uranium soluble (22 µg/l soit 0,27 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,09 Bq/l) sont également du même ordre de grandeur que celles mesurées en amont du site.

La mine à ciel ouvert est aujourd'hui utilisée comme réserve d'eau pour l'irrigation. Les teneurs mesurées sur les eaux prélevées à cet effet (CDR IR) présentent des teneurs moyennes de 26 µg/l – soit 0,32 Bq/l – en uranium soluble et de 0,17 Bq/l en radium 226 soluble. Ces teneurs sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le milieu naturel local.

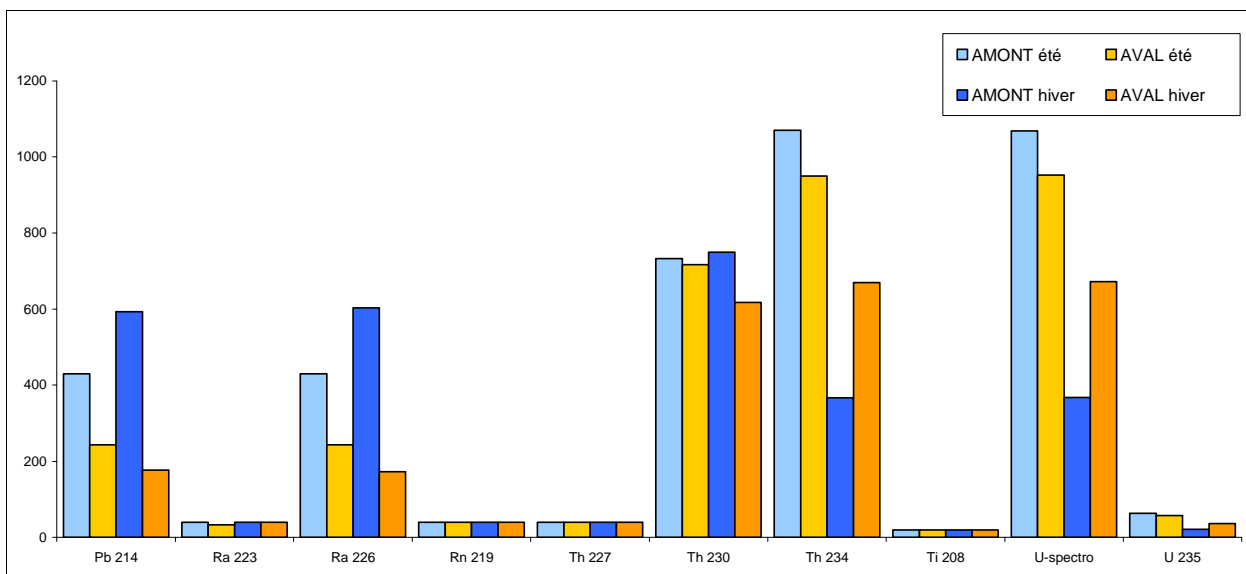
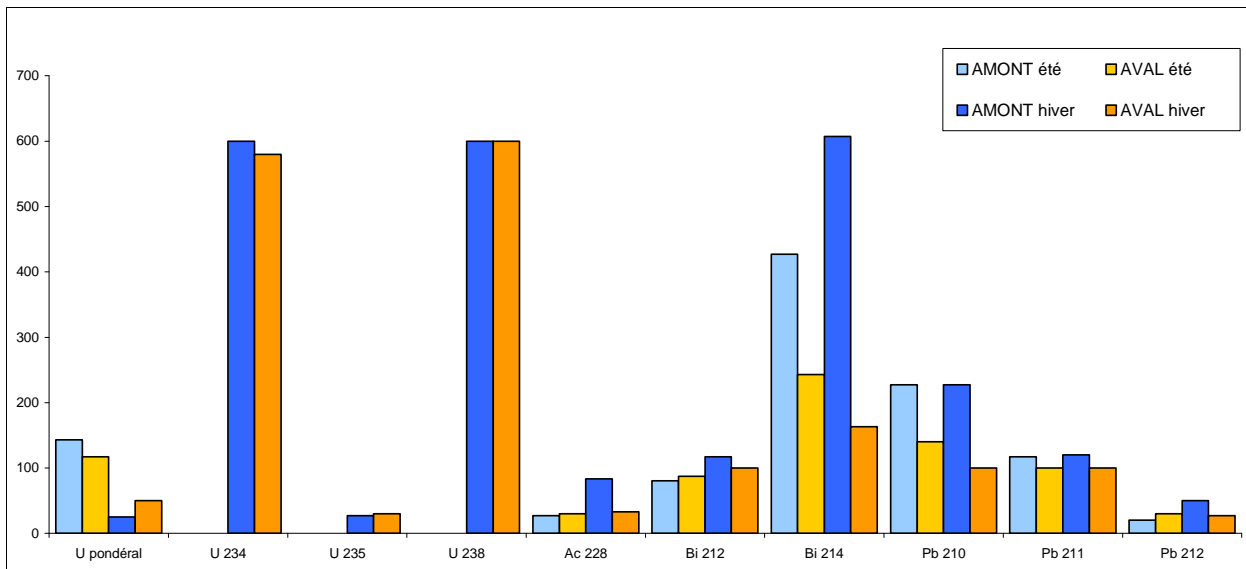
Les graphiques suivants représentent l'évolution durant les 3 dernières années des paramètres U soluble et Ra226 soluble, pour l'amont et l'aval du site, ainsi que pour les eaux prélevées pour l'irrigation.



Des prélèvements de sédiments sont également réalisés depuis 2009, en amont dans le ruisseau de la Commanderie et en aval du site dans le ruisseau de la Boisdroitière, en période de hautes eaux et d'étiages.

La comparaison des moyennes des résultats obtenus figure sur les graphes ci-après.





Les activités massiques mesurées sont relativement faibles, voire inférieures à la limite de détection pour 43 % des valeurs.

Elles sont cependant plus élevées en amont qu'en aval, notamment pour les radioéléments suivants : Bi 214, Pb 210 et 214, et Ra 226.

Cette constatation demande à être confirmée par un second point de prélèvement plus en amont du site (cf. paragraphe 11.1).

### **BASSIN VERSANT DE LA GRANDE MAINE**

- SITE DE LA GORIANDIÈRE (FIGURE 7)

Le site de la Goriandière a fait l'objet de travaux de reconnaissance, avec le creusement d'un puits et d'un niveau de galeries.

La rivière Grande Maine s'écoule à 100 m à l'Ouest de l'ancien puits.

Dans le cadre du présent bilan environnemental, un prélèvement a été réalisé dans cette rivière, en aval hydraulique du site (prélèvement d'eau GOR GMB). Les eaux présentent des teneurs en uranium soluble inférieure à 1 µg/l, soit < 0,01 Bq/l, et en radium 226 soluble de 0,04 Bq/l. Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles mesurées en amont du site.

Un second prélèvement a été réalisé dans un petit bassin en béton, situé au Sud-Ouest du puits, en bordure du site (prélèvement GOR BAS). Ces eaux stagnantes au moment du prélèvement présentent des teneurs en uranium soluble de 4,3 µg/l (soit 0,05 Bq/l) et en radium 226 soluble de 0,15 Bq/l. Ces valeurs sont donc du même ordre de grandeur que le milieu naturel pour l'uranium soluble, mais présentent un très léger marquage en radium soluble, caractéristique d'une eau stagnante.

- SITE DE L'ÉDRILLÈRE (FIGURE 7)

Le site de l'Édrillère a fait l'objet de travaux de recherche par petit chantier. Un puits a été creusé, accompagné d'un réseau de galeries sur deux niveaux et d'un montage.

Un ruisseau s'écoule au Nord du site et se jette dans la rivière Grande Maine à environ 1,8 km au SW.

Dans le cadre du présent bilan environnemental, un prélèvement a été réalisé dans ce ruisseau en aval du site (prélèvement d'eau EDR RUB). Les teneurs mesurées en uranium soluble (8,2 µg/l, soit 0,10 Bq/l) et en radium 226 soluble (0,05 Bq/l) sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans la rivière la Grande Maine, en amont du bassin minier.

- SITE DE L'ÉMENTRUÈRE (FIGURE 7)

Sur le site de l'Émentruère ont été menés des travaux miniers souterrains par creusement d'un puits et d'un réseau de galeries sur deux niveaux.

Un ruisseau prend sa source à l'Ouest du site et se jette dans la rivière Grande Maine.

Un prélèvement a été réalisé dans le cadre du présent bilan environnemental dans un écoulement d'eau (source) situé en aval du site. Les teneurs dans ces eaux mesurées sont inférieures à 1 µg/l (soit < 0,01 Bq/l) en uranium soluble, et de 0,05 Bq/l en radium 226 soluble. Elles sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans la rivière la Grande Maine, en amont du bassin minier.

- SITE DE LA PRÉE (FIGURE 8)

Site de la Prée - Les eaux

Le site de la Prée a fait l'objet d'une exploitation par mine à ciel ouvert, d'une profondeur maximale de 43 m.

Un ruisseau désigné « ruisseau des Nouettes » s'écoule à l'extrémité Sud de l'ancienne mine à ciel ouvert. Il alimente l'étang de la Coussaie, dont la surverse aboutit au ruisseau de la Poisotière. Ce dernier ruisseau se jette dans la Grande Maine.

En janvier 1998 ont été constatés des poissons morts, dans l'étang de la Coussaie, en aval du site. Même si aucun prélèvement n'a été réalisé lors de cet événement (prélèvement plusieurs jours après l'incident), des échantillons, prélevés dans le ruisseau des Nouettes en février puis novembre 1998 ont montré la présence, parmi d'autres métaux, d'aluminium en quantité significative et variable.

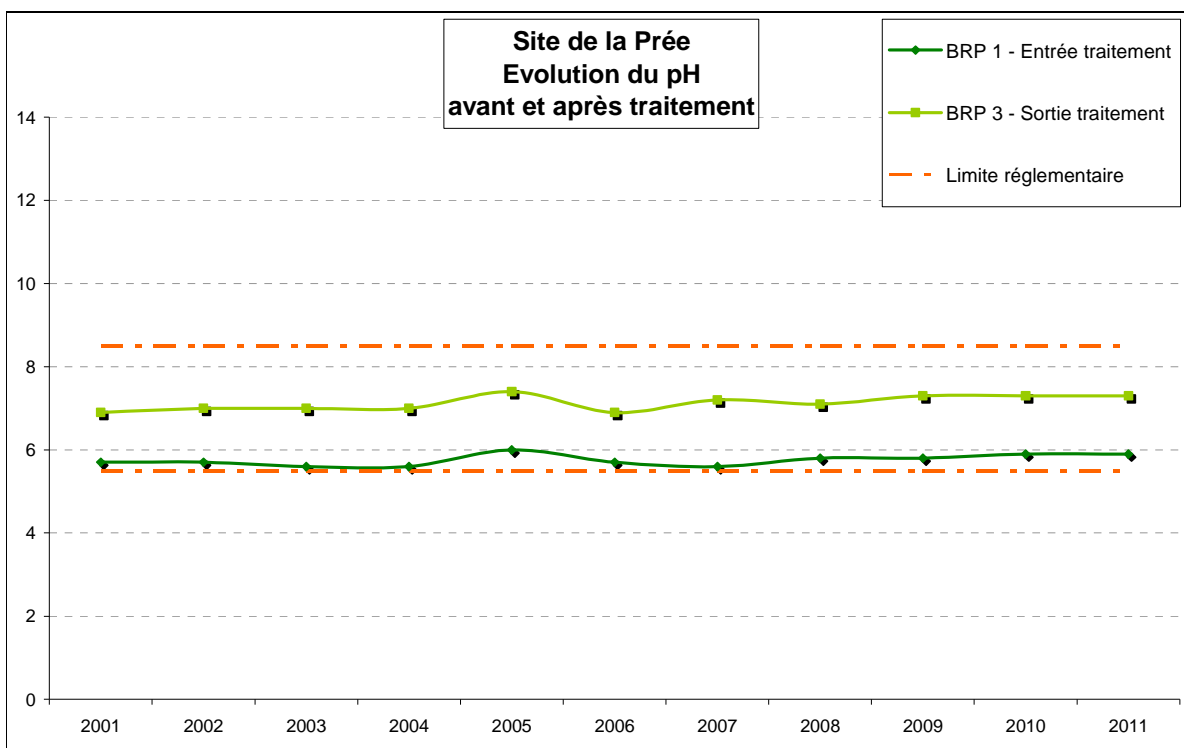
Même si cet incident n'a pu être lié directement au site, les concentrations significatives en aluminium dans le ruisseau ont conduit à la mise en place d'une station de traitement passif sur drain calcaire (cf. présentation du traitement paragraphe 10.2).

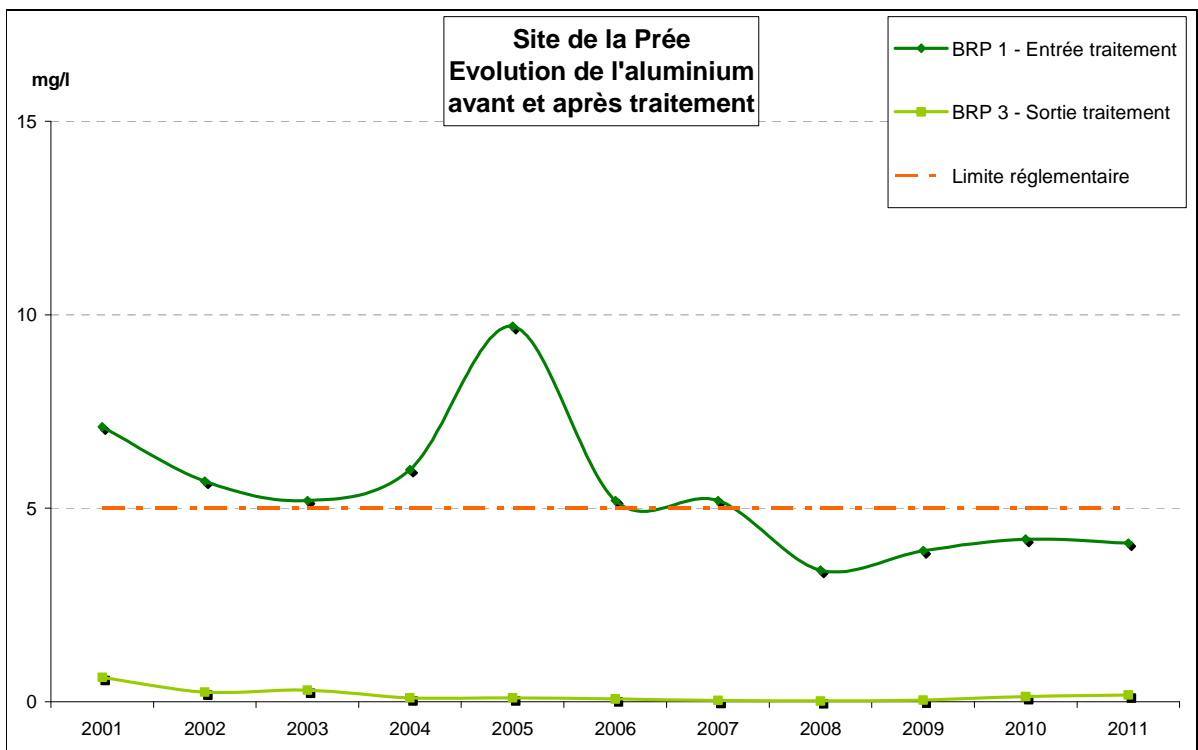
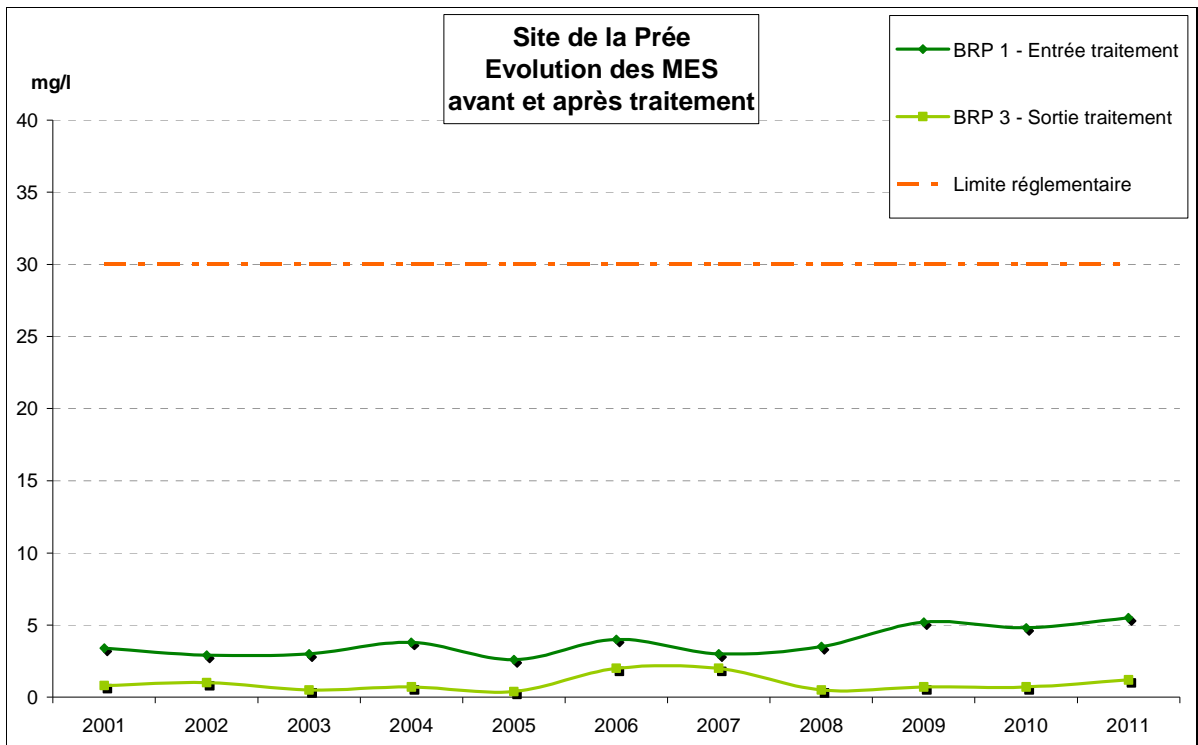
Ainsi, l'eau de ce ruisseau est traitée en aval de l'ancienne mine à ciel ouvert.

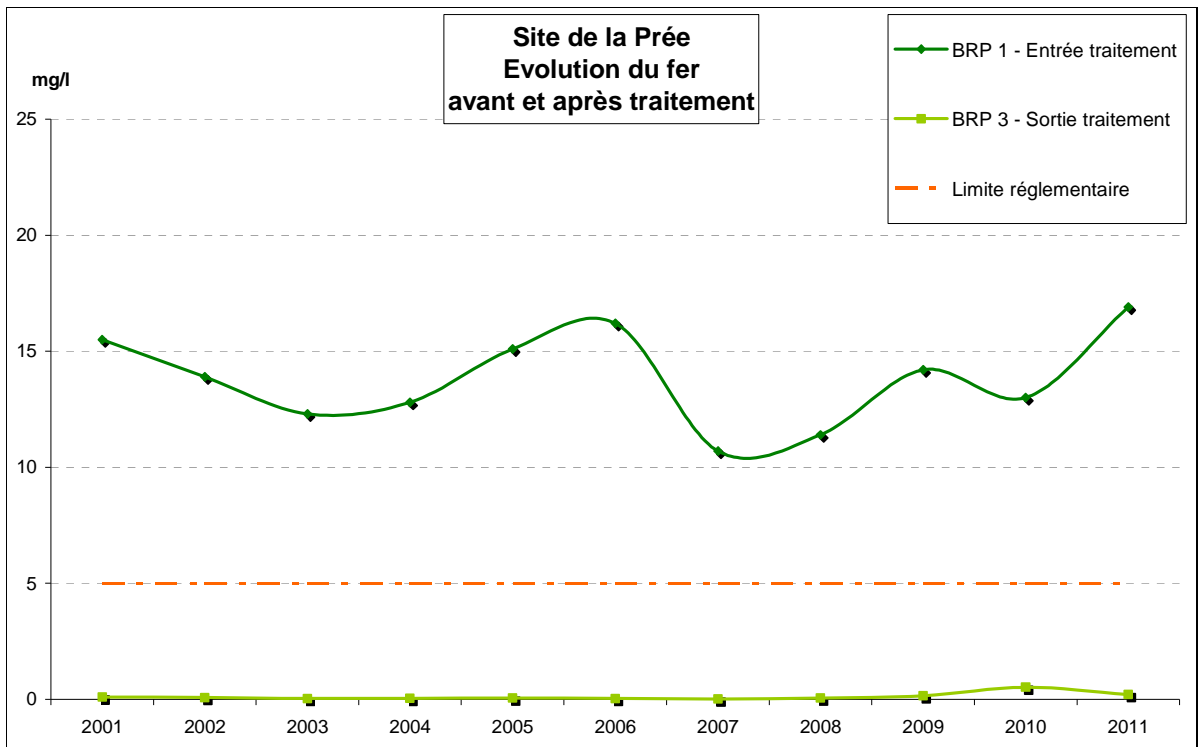
L'arrêté préfectoral n°00-DRLCE/4-38 du 25 janvier 2000, relatif à l'arrêt définitif des travaux miniers, prescrit les limites de rejet suivantes :

Paramètres	Valeurs limites
pH	Compris entre 5,5 et 8,5
MES matières en suspension	30 mg/l
Aluminium	5 mg/l
Fer	5 mg/l

Les résultats de la surveillance des eaux du site de ces dix dernières années, ainsi que les limites réglementaires fixées par arrêté préfectoral, sont représentés dans les graphes suivants.







Le tableau suivant présente les moyennes ainsi que les valeurs minimales et maximales, avant et après traitement, des différents paramètres mesurés.

	<b>BRP 1</b> <i>Entrée de traitement drain calcaire</i>				<b>BRP 3</b> <i>Sortie de traitement drain calcaire</i>			
	<b>pH</b>	<b>MES mg/L</b>	<b>Al mg/L</b>	<b>Fer mg/L</b>	<b>pH</b>	<b>MES mg/L</b>	<b>Al mg/L</b>	<b>Fer mg/L</b>
<b>Moyenne</b>	5,8	< 3,8	5,4	13,8	7,1	< 1,0	< 0,17	< 0,12
<b>Minimum</b>	5,6	2,6	3,4	10,7	6,9	0,4	< 0,02	< 0,02
<b>Maximum</b>	6,0	5,5	9,7	16,9	7,4	2,0	0,63	0,52

Le pH, ainsi que les concentrations en matières en suspension (MES), en aluminium et en fer sont inférieurs aux limites réglementaires fixées par arrêté préfectoral en sortie de traitement.

Un prélèvement est réalisé annuellement dans le ruisseau des Nouettes, en aval du site de la Prée et de la station de traitement (prélèvement d'eau BRP F). La moyenne des concentrations relevées les dix dernières années est de 93 µg/l (soit 1,14 Bq/l) en uranium soluble, et inférieure à 0,08 Bq/l en radium 226 soluble. Ces eaux présentent donc un marquage en uranium soluble.

- **SITE DE LA GODARDIÈRE (FIGURE 8)**

Une mine à ciel ouvert, d'une profondeur maximale de 41 m, a été exploitée sur le site de la Godardière.

Un ruisseau qui prend sa source au NE du site alimente la mine à ciel ouvert et se jette dans le ruisseau de la Poisotière.

Ce dernier ruisseau se jette dans la Grande Maine, affluent de la Sèvre Nantaise.

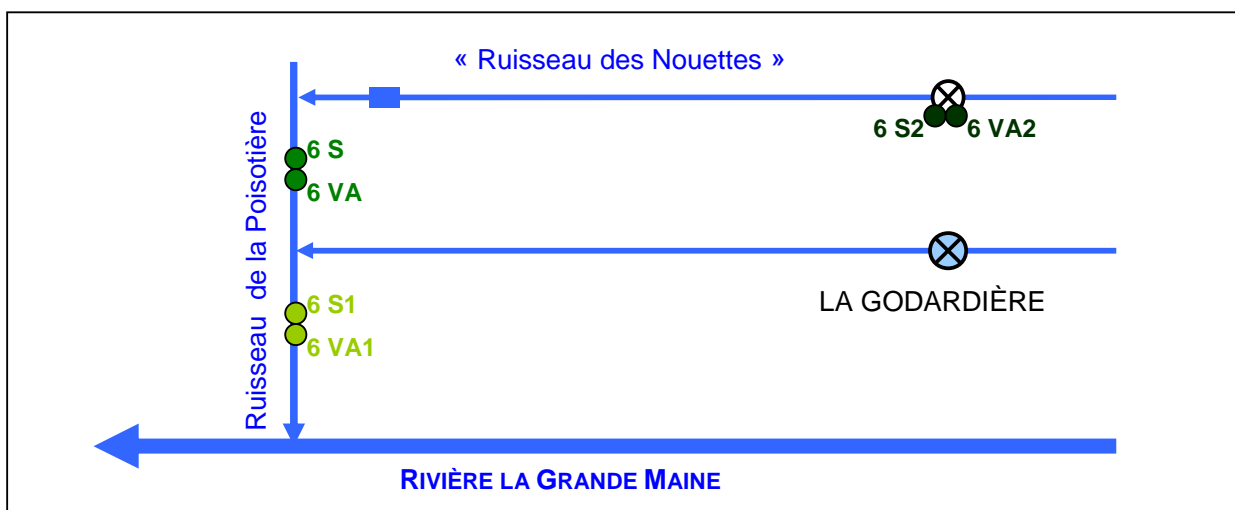
Un prélèvement est réalisé annuellement dans la MCO en eau (prélèvement GOD O). La moyenne des résultats obtenus de 2001 à 2001 est inférieure à 41 µg/l – soit 0,50 Bq/l – en uranium soluble, et 0,11 Bq/l en radium 226 soluble. Ces eaux présentent donc un très léger marquage en U et Ra226 solubles.

Dans le cadre du présent bilan de fonctionnement, un prélèvement a été réalisé dans le ruisseau en aval immédiat de la MCO. Les teneurs mesurées sont de 3 µg/l - soit 0,04 Bq/l - en uranium soluble et de 0,14 Bq/l en radium 226 soluble. Elles correspondent à un léger marquage en Ra226 soluble.

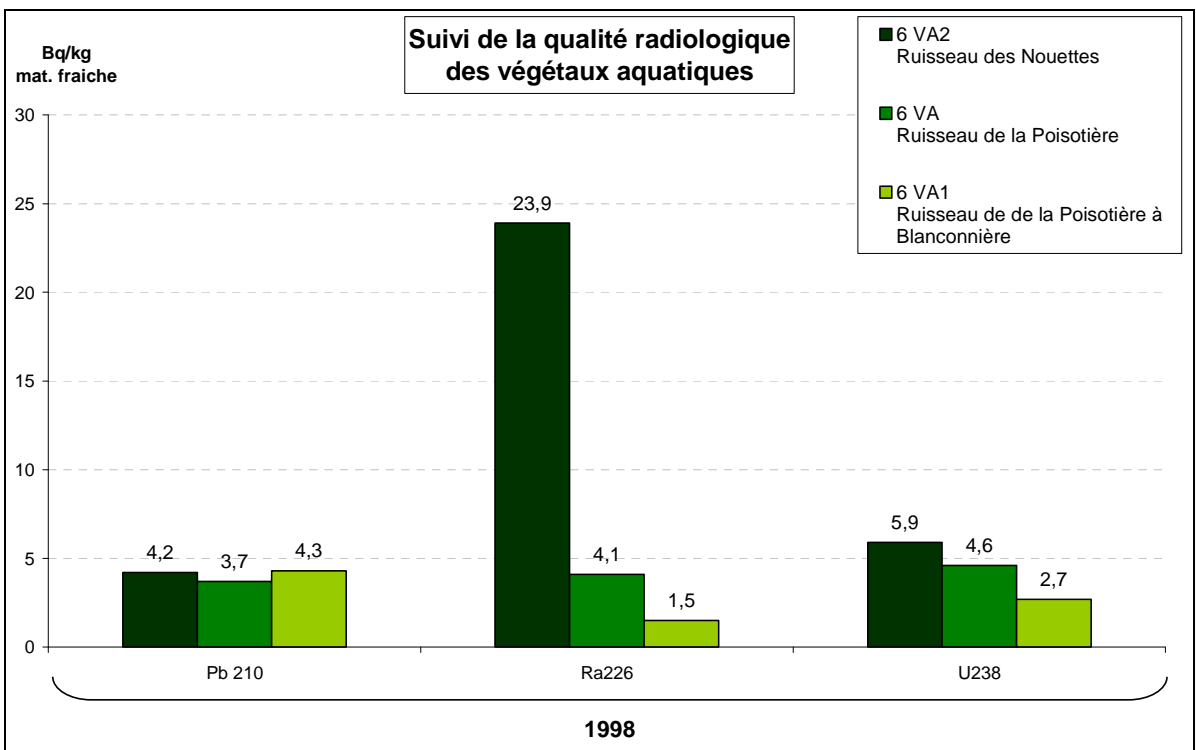
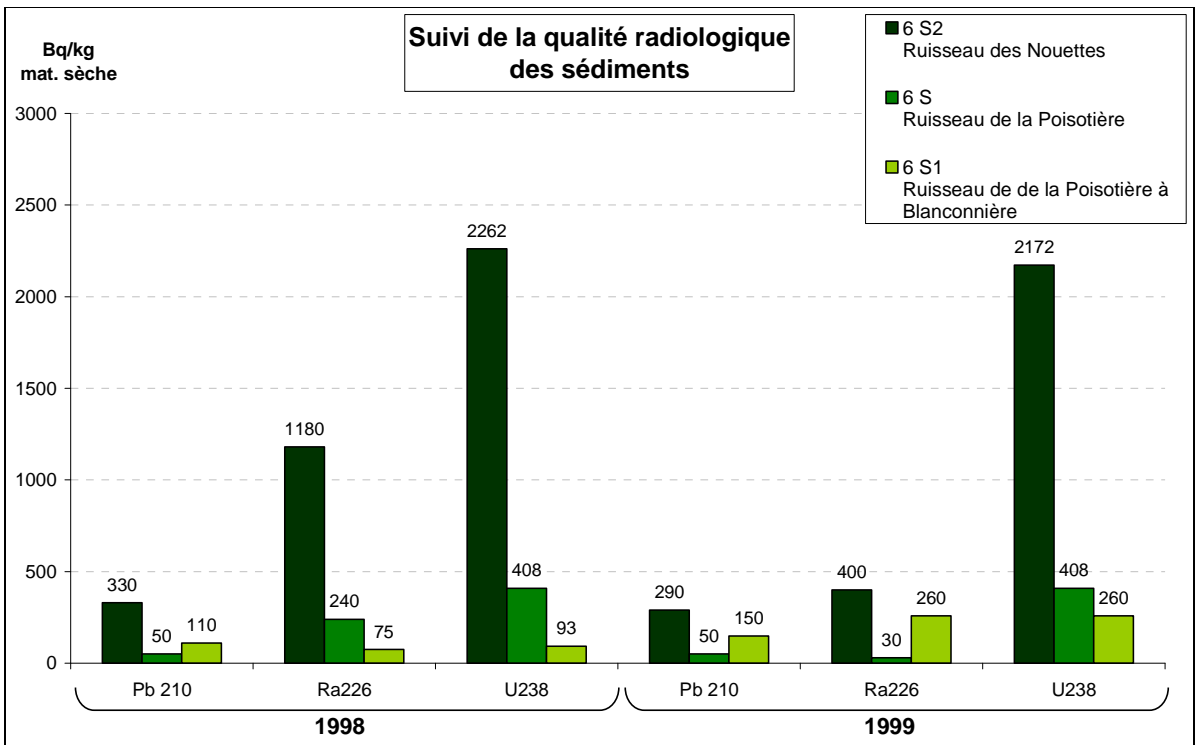
- LES BIOINDICATEURS DES SITES DE LA PRÉE ET DE LA GODARDIÈRE (FIGURE 8)

Des prélèvements de bioindicateurs du milieu aquatiques ont été réalisés fin des années 90, soit avant la mise en place de la station de traitement passif du site de la Prée. Ces prélèvements ont été réalisés :

- Dans le ruisseau des Nouettes, dans le fossé qui traverse le site (prélèvement 6 S2 et 6 VA2),
- Dans le ruisseau de la Poisotière, en aval immédiat du ruisseau des Nouettes (prélèvement 6 S et 6 VA),
- Dans le ruisseau de la Poisotière, en aval de sa confluence avec le ruisseau qui passe à proximité de la mine à ciel ouvert de la Godardière, au lieu-dit la Blanconnière (prélèvement 6 S1 et 6 VA1).



Les résultats obtenus sur des sédiments en 1998 et 1999, et sur des joncs en 1999, sont représentés dans les graphes suivants.



Les sédiments prélevés sur site présentait un marquage en Pb210, Ra226 et U238. Ce marquage n'est plus mesuré au niveau du ruisseau de la Poisotière.

Les jongs présentait un marquage uniquement en Ra226. Comme dans les sédiments, ce marquage n'est plus mesuré au niveau du ruisseau de la Poisotière.

## **BASSIN VERSANT DE LA MOINE**

- SITE DU POITOU – LA GABRIELLE (FIGURE 7)

Le site du Poitou – la Gabrielle a été exploité :

- Par travaux miniers souterrains, avec le creusement d'un puits, accompagné d'un réseau de galeries sur 2 niveaux, et de 3 montages,
- Par mine à ciel ouvert, par :
  - creusement d'une profondeur maximale de 34 m (MCO NW),
  - rippage sur 5 m (MCO SE).

Un ruisseau situé au Nord de la mine à ciel ouvert NW se jette dans le ruisseau de la Planche.

Un fossé d'écoulement réalisé lors du réaménagement est situé au NE de la mine à ciel ouvert SE. Il s'écoule vers le Nord, et se jette dans le ruisseau précédemment cité.

Le ruisseau de la Planche est un affluent du ruisseau de la Sorinière, lui-même affluent du ruisseau de Copechanière, qui se jette dans la rivière la Moine.

Des prélèvements d'eau sont réalisés annuellement dans les deux mines à ciel ouverte en eau :

- les eaux de la MCO NW (prélèvement PLG O) présentent une teneur moyenne entre 2001 et 2011 inférieure à 56 µg/l (soit 0,69 Bq/l) en uranium soluble, et inférieure à 0,07 Bq/l en radium 226 soluble ;
- les eaux de la MCO SE (prélèvement PLG 3) présentent une teneur moyenne inférieure à 42 µg/l (soit 0,52 Bq/l) en uranium soluble, et inférieure à 0,05 Bq/l en radium 226 soluble ;

Ces eaux présentent donc un marquage en uranium soluble.

Dans le cadre du présent bilan environnemental, un prélèvement a été réalisé dans le ruisseau en aval hydraulique du site (prélèvement d'eau PLG RUB). Les teneurs mesurées en uranium soluble (1,6 µg/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.

### **8.1.4 Bilan sur le milieu aquatique**

Le contrôle des eaux réalisé dans le cadre de la surveillance régulière et au cours des visites de terrains de 2012 a porté sur des prélèvements effectués :

- au niveau des mines à ciel ouvert en eau (la Commanderie, la Godardière et les deux MCO du Poitou – la Gabrielle),
- au niveau des rejets identifiés (la Commanderie),
- au niveau des ruisseaux (ou plans d'eau) récepteurs du rejet,
- au niveau des ruisseaux potentiellement impactés en aval hydraulique des sites miniers.

Les résultats sont synthétisés dans le tableau suivant :



Sites	Amont / hors influence	MCO	Émergence / Rejet	Cours d'eau récepteur
La Commanderie	10 < 0,05	45 0,16	233 1,20 (verse) 26 0,17 (irrigation)	26 0,11
	25 0,17			22 0,09
	21 0,08			
La Goriandière	5,9 0,04	/	/	< 1 0,04
L'Édrillère		/	/	8,2 0,05
L'Émentruère		/	/	< 1 0,05
La Prée		/	/	93 < 0,08
La Godardière		41 0,11	/	3 0,14
Le Poitou – la Gabrielle	1,8 0,02	< 56 < 0,07 < 42 < 0,05	/	1,6 0,05

En vert : U soluble en µg/l

En noir : Ra<sub>226</sub> soluble en Bq/l

En résumé, on peut dire que :

- Les eaux des mines à ciel ouvert présentent un léger marquage :
  - en uranium et radium 226 solubles à la Commanderie (respectivement 45 µg/l et 0,16 Bq/l) et à la Godardière (< 41 µg/l et 0,11 Bq/l) ;
  - en uranium soluble dans les deux MCO du site du Poitou – la Gabrielle (< 56 µg/l et < 42 µg/l) ;

Ces légers marquages sont liés entre autres au faible renouvellement des eaux des plans d'eau ;

- Les eaux de l'émergence située en pied de verse sur le site de la Commanderie sont marquées en uranium et radium 226 solubles (respectivement 233 µg/l et 1,20 Bq/l). Cependant, l'impact de ces eaux est très limité, du fait du caractère intermittent de cet écoulement ;
- Les sites n'ont pas d'impact radiologique sur les cours d'eau en aval hydraulique, à l'exception :
  - Du ruisseau en aval de la Prée, qui présente un marquage en uranium soluble (93 µg/l),
  - Du ruisseau en aval immédiat de la MCO en eau de la Godardière, qui présente un léger marquage en radium 226 soluble (0,14 Bq/l).

## 8.2 IMPACT SUR LE VECTEUR AIR

### 8.2.1 Voies de contamination de l'air

Les voies d'exposition du vecteur air concernent :

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

### 8.2.2 Surveillance de la qualité radiologique de l'air

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

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

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

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

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

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

### 8.2.3 Étude de l'aléa radon

Dans le cadre d'une étude nationale de l'aléa radon menée par le BRGM, deux études portant sur des communes où sont présents d'anciens sites miniers d'uranium ont été menées :

- Dans la région des Pays de la Loire :

Une cartographie prédictive des concentrations potentielles en radon au sol / à partir de la radiométrie spectrale aéroportée de l'uranium, des diagraphies gamma-ray et des données de la carte géologique à 1/250000 ; cette étude conduira en sa phase finale en l'établissement d'une cartographie prédictive de l'aléa radon ;

- Dans la région Poitou-Charentes (à laquelle le site de la Commanderie appartient pour partie) :

Une cartographie prédictive de l'aléa radon.

Une synthèse de ces études est présentée dans les paragraphes suivants.

#### **CARTOGRAPHIE PRÉDICTIVE DES CONCENTRATIONS POTENTIELLES EN RADON AU SOL – PAYS DE LA LOIRE**

Afin d'établir une cartographie de l'aléa radon, une cartographie prédictive des concentrations potentielles en radon au sol a été réalisée par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM).

*« Cette étude a été réalisée dans le cadre des actions de service public du BRGM, à la demande et avec le cofinancement de la DRASS et de la DRE de la région des Pays de la Loire ; elle constitue la seconde phase du projet « cartographie prédictive des concentrations potentielles en radon au sol » ; elle aboutit à l'identification des communes dont la nature des roches du sous-sol (leur teneur en équivalent Uranium) est susceptible de provoquer des concentrations en radon au sol et éventuellement dans les bâtiments sus-jacents.*

*Pour identifier ces zones, il a été procédé à l'analyse combinée, (1) de la lithologie et des données structurales (d'après les données de la carte géologique numérique à 1/250 000 des Pays de la Loire), (2) des données de la radiométrie spectrale aéroportée (sur la zone de socle et une partie de la couverture sédimentaire) dont le traitement, par rapport à la première phase, a été affiné, (3) des diagraphies gamma-ray (sur la zone de la couverture sédimentaire non traitée en aéroporté).*

[...]

#### **4. Conclusions sur la cartographie prédictive**

*Dans le cadre de ce projet, seule la source du radon est l'objet de l'étude. La cartographie prédictive des concentrations potentielles en radon au sol, dans les Pays de la Loire, réalisée en deux phases, montre que :*

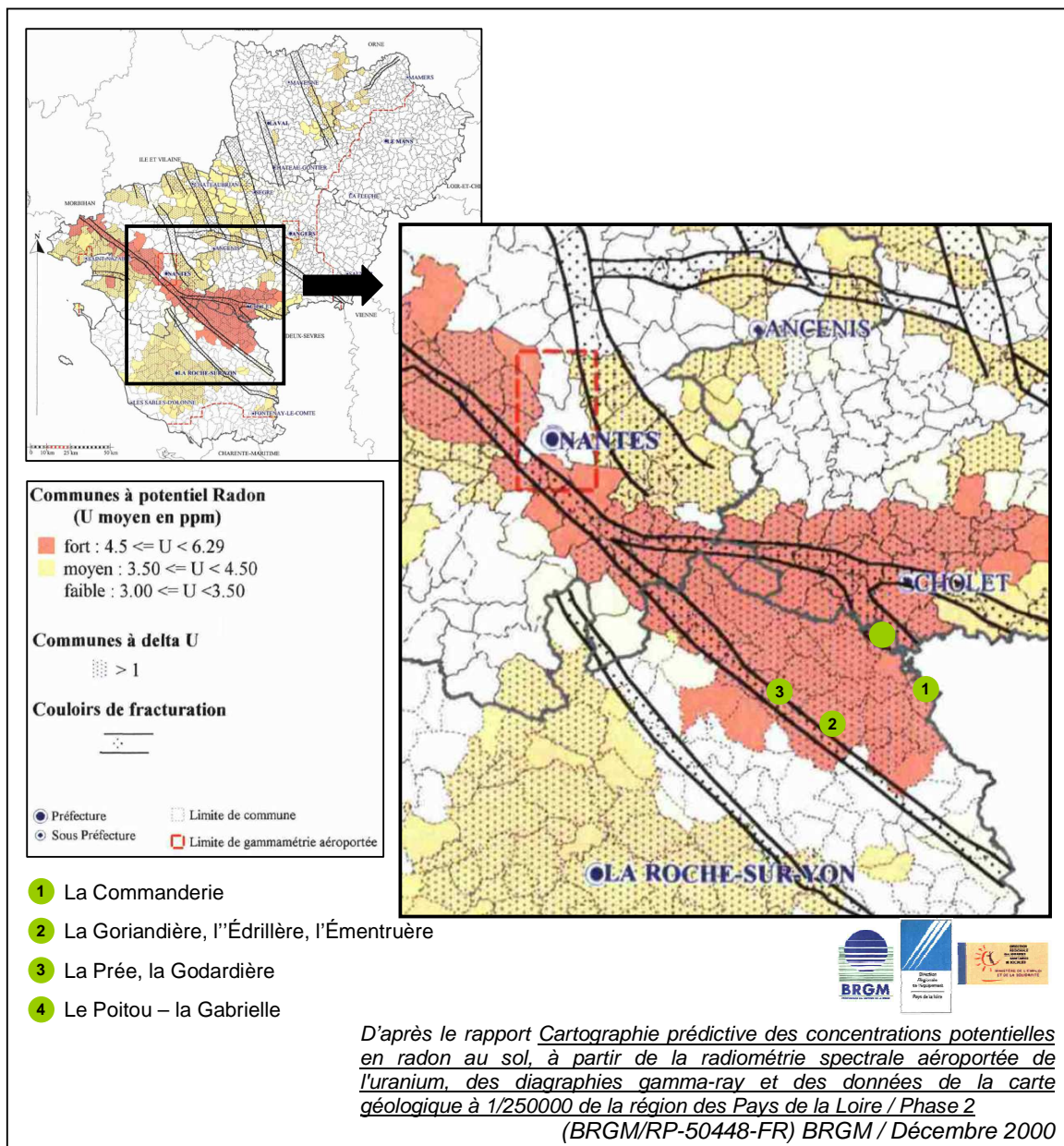
- **Les formations du socle constituent les principales sources potentielles de radon**
- **Les formations de la couverture sédimentaire mésoïque et cénozoïque ne comportent guère de potentialités significatives.**

La première phase du projet a en effet, permis de déterminer les formations du socle qui ont des potentialités élevées de production de radon, compte tenu de leur teneur anormale moyenne en équivalent-U.

La seconde phase du projet aboutit à circonscrire au sein de ces formations anormales du socle, les périmètres les plus sensibles, en prenant en compte le  $\Delta U$  (différence entre la teneur moyenne U anormale et la valeur ponctuelle mesurée) et les données structurales (facteur important pour l'émanation et l'exhalation du gaz radon) ; il apparaît ainsi que **les zones les plus sensibles sont situées le long du Cisaillement Sud-Armoricain (CSA) où se rencontrent nombre de facteurs favorables à la concentration de radon : formations (leucogranites) à teneur moyenne équivalent-U forte,  $\Delta U$  élevés et souvent fracturations importantes.** ».

Cartographie prédictive des concentrations potentielles en radon au sol / à partir de la radiométrie spectrale aéroportée de l'uranium, des diagraphies gamma-ray et des données de la carte géologique à 1/250000 de la région des Pays de la Loire / Phase 2

(BRGM/RP-50448-FR) BRGM / Décembre 2000



Ainsi, l'ensemble des sites de la Vendée sont situés dans des communes possédant un potentiel – radon élevé, à la fois du fait de teneurs en équivalent-U fortes, d'un  $\Delta U$  supérieur à 1, et de la présence de couloirs de fracturation.

### **ÉTUDE DE L'ALÉA RADON DANS LES DEUX-SÈVRES (SITE DE LA COMMANDERIE) [20][22]**

Afin d'orienter l'Agence Régionale de la Santé (anciennement DDASS) dans les campagnes de mesures du radon dans les habitations, le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) a réalisé une étude de l'aléa radon dans la région Poitou-Charentes.

La conclusion de l'étude figure ci-après :

*« Afin de guider les mesures de terrain des DDASS des concentrations en radon présent dans \*permis d'établir des cartes de l'aléa radon par département (échelle 1/200 000).*

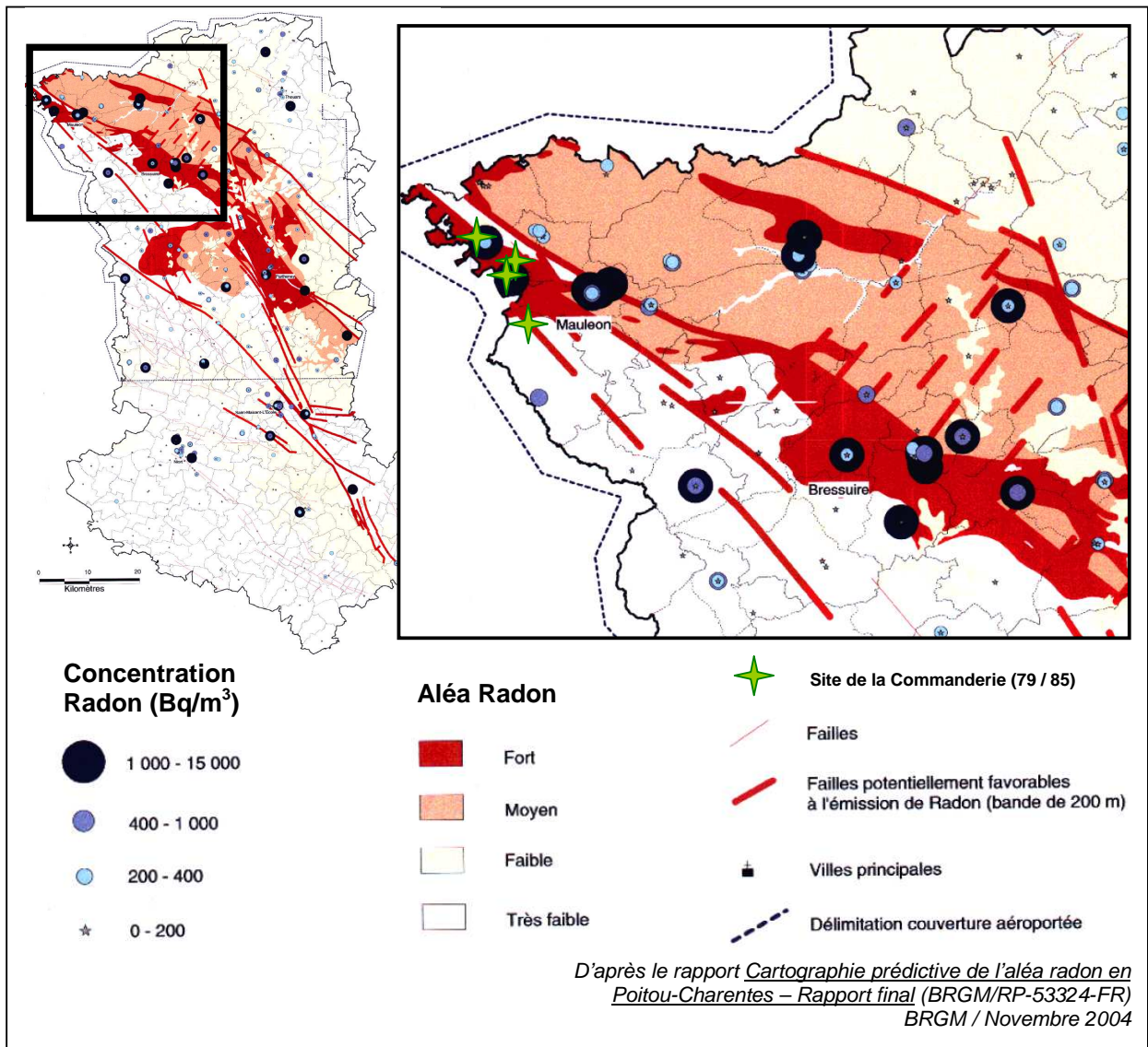
*La méthodologie est en premier lieu basée sur l'exploitation des couvertures aéroportées réalisées sur le Massif Armoricaïn et le Massif Central. Cette approche a du être pondérée pour tenir compte des effets de la taille des massifs géologiques ainsi que des différences entre les campagnes aéroportées, Des différences sensibles peuvent être mises en effet en évidence entre l'échelle des valeurs côté Massif Armoricaïn et l'échelle des valeurs côté Massif Central.*

*Cette approche a donc été complétée par une analyse lithologique (les Faciès sablo-argileux riches en matière organique sont potentiellement plus favorables à l'émission de radon) et par l'inventaire des indices uranifères à l'intérieur de la région Poitou-Charentes comme à sa périphérie. Une analyse de la fracturation a aussi été conduite et surimposée aux formations géologiques.*

***Les cartographies, corrélées par des mesures de terrain, permettent de mettre en évidence les zones où l'aléa est globalement plus fort. Il s'agit des zones de socle et du seuil du Poitou, traversées par de grandes failles. La liste des communes concernées par un aléa fort ou moyen est donnée en Annexe 1.***

*Enfin, il convient de préciser que ces cartographies et les éléments associés sont à considérer dans les limites de l'état des connaissances. Elles sont là pour orienter les investigations de terrain. D'autres paramètres interfèrent en effet dans les concentrations mesurées, comme la configuration du bâtiment et sa bonne ventilation. »*

*Cartographie prédictive de l'aléa radon en Poitou-Charentes – Rapport final  
(BRGM/RP-53324-FR) BRGM / Novembre 2004*



Ainsi, l'aléa radon sur la commune de Mauléon, dans laquelle est situé le site de la Commanderie, est évalué comme naturellement fort, du fait en particulier de la présence d'une faille majeure.

### ÉTUDE DE L'ALÉA RADON AU DROIT DES TRAVAUX MINERS SOUTERRAINS

Dans son rapport de 2006 relatif aux mouvements de terrain et à l'environnement de mai 2006 sur la concession de la Mallièvre, à laquelle appartient le site de la Commanderie [22], GEODERIS analyse le risque d'émanation de gaz, dont le radon, de la façon suivante :

« La présence de gaz\* dans des anciens travaux miniers peut être le fait :

- d'une concentration en gaz dans les formations encaissantes qui se libère dans les cavités du fait de la détente des terrains liée à l'exploitation;
- de la décomposition ou de l'altération d'ouvrages, matériels ou produits qui sont restés au sein de ces travaux.

Ceci peut engendrer également un appauvrissement en oxygène dans ces travaux souterrains.

Ce gaz peut migrer vers la surface par l'intermédiaire des terrains de recouvrement lorsqu'ils sont fracturés ou par les conduits préférentiels que sont les ouvrages débouchant au jour. L'émanation à la surface peut se produire durant l'exploitation, mais également durant la phase d'envoyage des vides après la fin des travaux, les gaz migrant vers la surface par effet piston. Après stabilisation hydrique, le risque d'émanation de gaz, pour peu que sa concentration résiduelle dans les vieux travaux soit importante, résulte essentiellement :

- du transport de gaz dissous dans les eaux profondes au contact des anciens travaux, qui peut être relargué en surface par la colonne du puits;
- de la mise en communication des vieux travaux avec l'atmosphère extérieure (débouillage de puits, réalisation d'ouvrages atteignant ces travaux).

Dans le cas présent [ie. à proximité des sites miniers uranifères deux-sévriens], le gisement est très faiblement producteur de gaz (éventuellement CO<sub>2</sub> ou CO, absence de méthane car gisement non houiller). Il subsiste très peu de travaux ou de parties d'ouvrages non envoyés.

**On peut donc considérer que le risque lié à l'émanation en surface de gaz (CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S) est de niveau nul à négligeable.**

Pour ce qui concerne le radon, on ne dispose d'aucune mesure réalisée spécifiquement dans les différents travaux miniers souterrains. Cependant, compte-tenu de la nature des roches, on peut supposer que les concentrations en radon sont élevées dans les galeries. Ceci nous conduit, sur la base du guide méthodologique pour l'élaboration des plans de prévention des risques miniers (rapport INERIS DRS-04-51198/R01 Projet), à cartographier, au **droit des travaux miniers les plus proches de la surface (moins de 50 m), un aléa de niveau moyen pour l'émanation de radon résultant des travaux miniers.**

Néanmoins, on ne peut dissocier cette évaluation du contexte régional. Une étude régionale a été réalisée en 2004 par le BRGM (rapport BRGMIRP53324-FR : cartographie prédictive de l'aléa radon en Poitou-Charentes [voir paragraphes précédents]). [...] **tous les sites exploités sont situés dans une zone en aléa fort d'origine naturelle.**

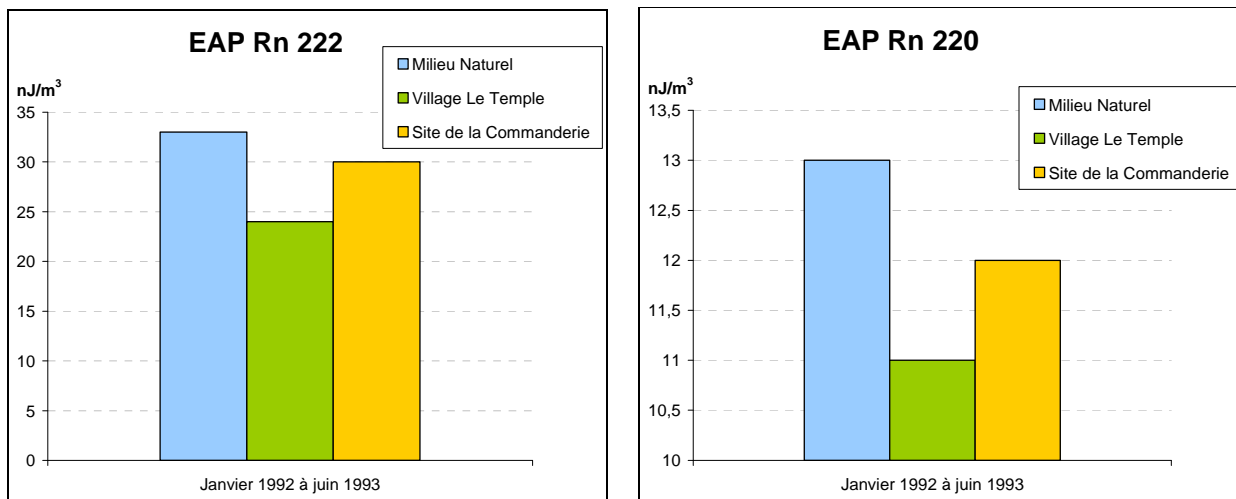
\* On considère généralement sous le terme de gaz de mine : le méthane, le monoxyde et dioxyde de carbone et le sulfure d'hydrogène »

Cette évaluation, concernant le site de la Commanderie, peut être étendue à l'ensemble des sept sites miniers uranifères vendéens.

## 8.2.4 Résultats de la surveillance de la qualité de l'air

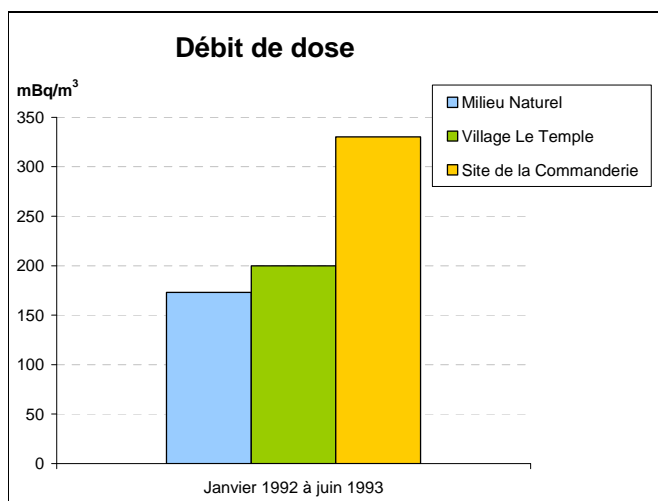
### 8.2.4.1 Site de la Commanderie (Figure 10)

Le site de la Commanderie a fait l'objet d'une surveillance du vecteur AIR de janvier 1992 à juin 1993. Les résultats figurent sur les histogrammes ci-après.



Les énergies alpha-potentielle des descendants des radons 222 et 220 sur le site et dans l'environnement proche sont inférieures à celles mesurées à la station référence du milieu naturel.

Elles sont plus élevées sur le site par rapport au village du Temple, respectivement d'un facteur 1,3 et 1,1.



Le débit de dose moyen relevé sur le site de la Commanderie est deux fois plus élevé que dans le milieu naturel. Celui mesuré dans le village du Temple est du même ordre de grandeur que dans le milieu naturel (facteur 1,2).



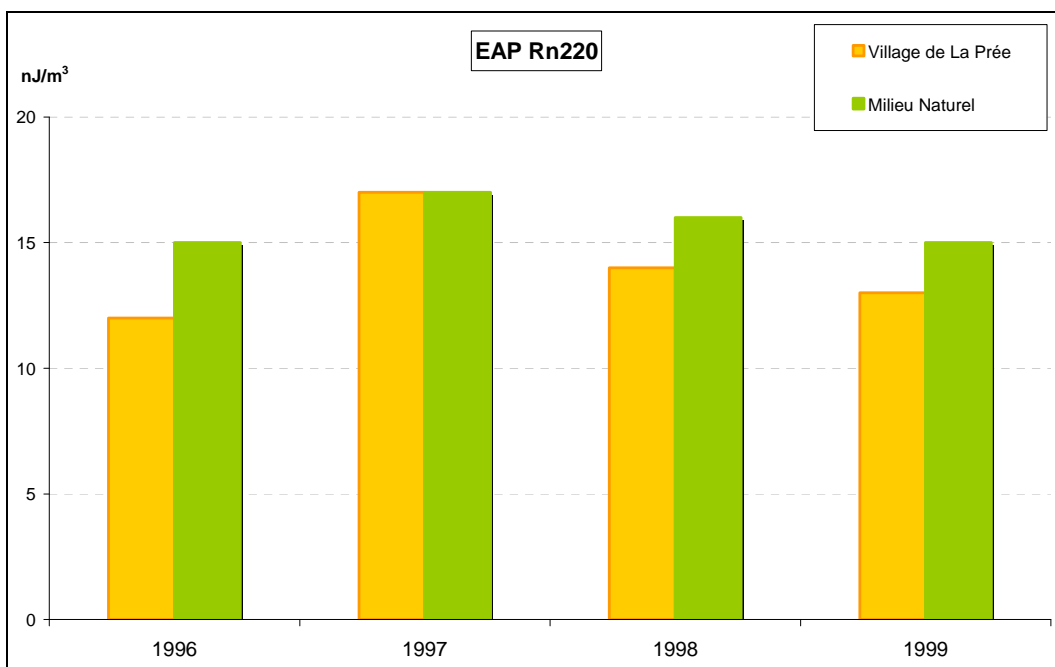
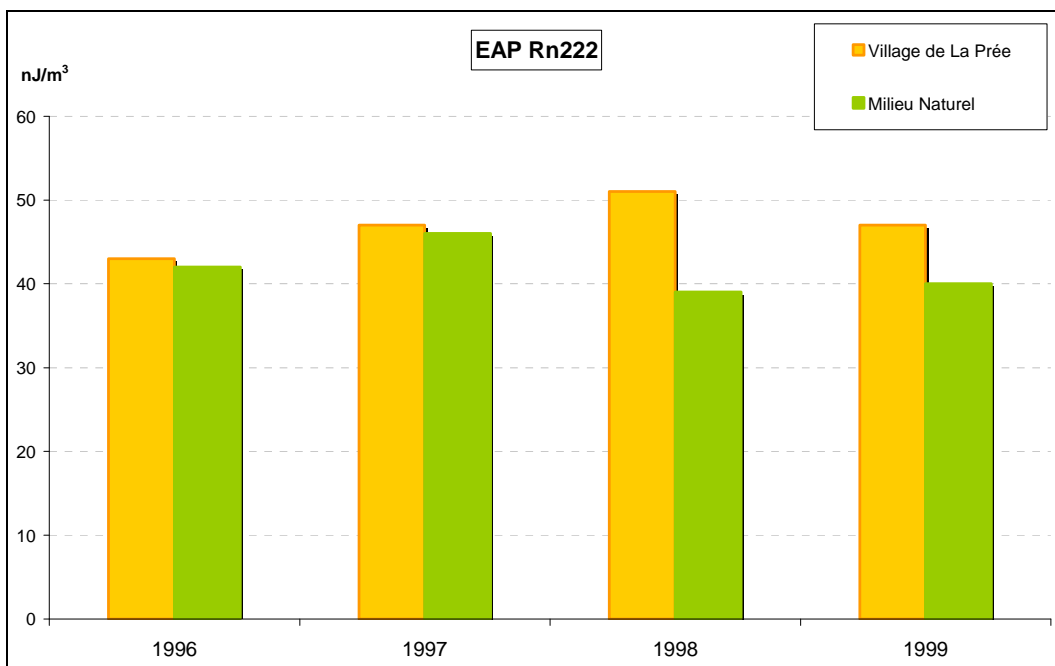
Les activités alpha volumiques des émetteurs à vie longue présents dans les poussières en suspension dans l'air sont inférieures aux limites de détection sur toutes les stations ( $< 1 \text{ mBq/m}^3$ ).

L'influence du vecteur air sur les populations est décrite au paragraphe 9.5.1.

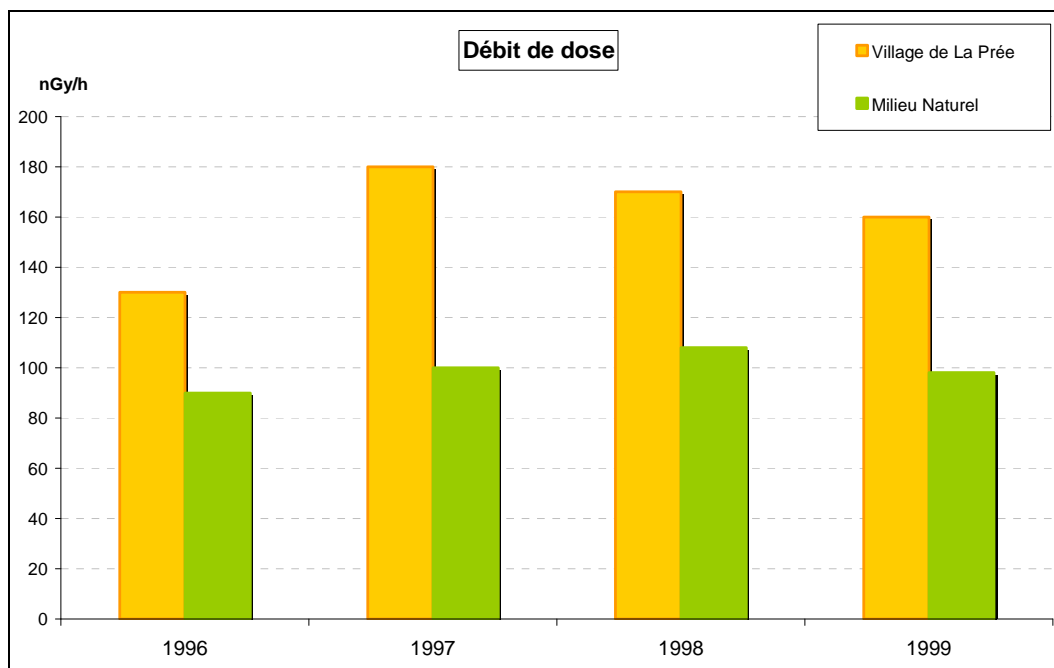
### 8.2.4.2 Site de la Prée et la Godardière (Figure 11)

Les sites de la Prée et la Godardière ont fait l'objet d'une surveillance commune du vecteur AIR de 1996 à 1999.

Les résultats figurent sur les histogrammes ci-après.



Les valeurs en énergie alpha-potentielle des descendants des radons 222 et 220 sont du même ordre de grandeur dans l'environnement proche des sites de la Prée et la Godardière, et dans le milieu naturel.



Le débit de dose est plus élevé d'un facteur 1,6 dans le village de la Prée par rapport à la référence milieu naturel.

Il est à noter que le village de la Prée, tous comme les sites situés à proximité, sont localisés dans un couloir de fracturation (cf. paragraphe 8.2.3), ce qui est cohérent avec un niveau de débit de dose plus élevé qu'au niveau de la station de référence de Bel-Air.

Par ailleurs, les activités alpha volumiques des émetteurs à vie longue présents dans les poussières en suspension dans l'air sont inférieures aux limites de détection sur toutes les stations ( $< 1 \text{ mBq/m}^3$ ).

L'influence du vecteur air sur les populations, incluant l'influence du débit de dose, est décrite au paragraphe 9.5.1.

## 8.3 IMPACT SUR LA CHAÎNE ALIMENTAIRE ET LES SOLS

### 8.3.1 Voies de contamination de la chaîne alimentaire

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

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

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

### 8.3.2 Contrôles de la chaîne alimentaire (Figure 12)

Seul le site de la Commanderie fait l'objet d'un suivi de la chaîne alimentaire ces dix dernières années.

Font l'objet d'analyses :

- L'eau de distribution
- Les terres (en tant que substrat de cultures de maïs et de pommes de terre),
- La volaille et la viande bovine,
- Les tomates,
- Les pommes de terre,
- Le maïs.

Les activités massiques dans les terres (en Bq/kg sur produits secs) dans la viande ou les végétaux (en Bq/kg sur produits frais) sont pour la plupart des analyses inférieures aux limites de détection (cf. tableau ci-dessous) :

Pourcentage de résultats de la surveillance de la chaîne alimentaire							
	Eau de distribution	Terres	Viande	Légume « fruits »	Légume « racines »	Céréales	Total
Inférieurs à la limite de détection	80 %	30 %	100 %	100 %	93 %	81 %	79 %
Supérieurs à la limite de détection	20 %	70 %	0 %	0 %	7 %	19 %	21 %

Ainsi, seules 21 % des valeurs obtenues dans le cadre de la surveillance de la chaîne alimentaire sont supérieures à la limite de détection.



## 9 ÉVALUATION DE LA DOSE EFFICACE AJOUTÉE

---

### 9.1 PRINCIPE DE L'ÉVALUATION 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  $\alpha$ ,  $\beta$  ou  $\gamma$ , transportent de l'énergie qu'ils cèdent à la matière avec laquelle ils rentrent en interaction. La quantité de rayonnements absorbée (ou dose absorbée) par la matière est alors exprimée en gray noté Gy.

L'énergie ainsi absorbée par un organisme vivant peut provoquer l'ionisation des molécules qui le composent et notamment celle de l'ADN qui est le support du patrimoine génétique d'un individu. L'irradiation peut alors conduire à deux types d'effets cliniques :

- des effets immédiats (ou déterministes) où l'absorption d'une forte dose énergétique due aux rayonnements ionisants peut entraîner des lésions immédiates, ou n'apparaissant que quelques semaines après l'exposition (doses absorbées supérieures à 0,25 Gray (noté Gy) pour une irradiation homogène de l'organisme).
- des effets à long terme (ou stochastiques ou aléatoires) où l'ionisation des molécules des cellules peut entraîner une modification de leur matériel génétique et l'apparition tardive de cancers. La quantification de ce risque est exprimé à partir de la dose efficace qui s'exprime en Sievert (noté Sv).

Seuls les risques stochastiques sont pris en compte s'agissant de l'impact radiologique des anciennes mines d'uranium. En effet, la quantité relativement faible de radioéléments présents dans l'environnement et le confinement des stockages de résidus de traitement limitent l'exposition à des valeurs de dose inférieures au seuil de déclenchement d'effets déterministes.

### 9.3 LA NOTION DE DOSE EFFICACE

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

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

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

avec  $H_T$  = dose équivalente reçue par le tissu T (en Sv)

$D_{T,R}$  = dose absorbée moyenne due au rayonnement R et reçue par le tissu T (en Gy)

$W_R$  = facteur de qualité pour le rayonnement R (en Sv/Gy).

Ainsi, pour les photons X et  $\Gamma$  et les électrons (rayonnements bêta et gamma), le facteur de qualité 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.

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

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

avec  $E$  = dose efficace corps entier (en Sv)

$H_T$  = dose équivalente reçue par le tissu T (en Sv)

$W_T$  = coefficient de pondération pour le tissu T (sans unité).

L'article R.1333-8 du Code de la santé publique précise que : « *La somme des doses efficaces reçues par toute personne n'appartenant pas aux catégories mentionnées à l'article R.1333-9, du fait des activités nucléaires, ne doit dépasser 1 mSv par an. Sans préjudice de la limite définie des doses efficaces, les limites de dose équivalente admissibles sont fixées, pour le socle cristallin, à 15 mSv par an et, pour la peau, 50 mSv par an en moyenne pour toute surface de 1cm<sup>2</sup> 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 MÉTHODE D'ÉVALUATION DE LA DOSE EFFICACE AJOUTÉE DANS L'ENVIRONNEMENT PROCHE DES SITES**

### **9.4.1 Voies d'exposition à considérer**

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

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

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

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

### **9.4.2 Détermination des groupes de références**

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 ou employée (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 scénarios 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'Énergie Alpha-Potentielle due aux descendants à vie courte du radon apporté par le site est supposée identique que l'on soit à l'intérieur ou l'extérieur des habitations (hypothèse simplificatrice qui s'affranchit des variations du facteur d'équilibre au cours de l'année). Le radon naturel issu du sous-sol ou des murs n'est évidemment pas pris en compte.

#### PASSAGE À LA DOSE EFFICACE AJOUTÉE

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

Mode d'exposition	Rayonnement ou Radioéléments	Adulte	Enfant 2-7 ans
Externe	Gamma	1 mSv/mGy	1 mSv/mGy
Inhalation	EAP Rn <sub>222</sub> inhalé	1,1 mSv/nJm <sup>-3</sup> .h	1,1 mSv/nJm <sup>-3</sup> .h
	EAP Rn <sub>220</sub> inhalé	0,39 mSv/nJm <sup>-3</sup> .h	0,39 mSv/nJm <sup>-3</sup> .h
	Poussières inhalées	sites miniers sites stockage résidus	1,4.10 <sup>-2</sup> mSv/Bq 1,9.10 <sup>-4</sup> mSv/Bq
Ingestion	U <sub>238</sub> ingéré*	9,79.10 <sup>-5</sup> mSv/Bq	1,83.10 <sup>-4</sup> mSv/Bq
	Ra <sub>226</sub> ingéré	2,8.10 <sup>-4</sup> mSv/Bq	6,2.10 <sup>-4</sup> mSv/Bq
	Pb <sub>210</sub> ingéré	6,9.10 <sup>-4</sup> mSv/Bq	2,2.10 <sup>-3</sup> mSv/Bq
	Po <sub>210</sub> ingéré	1,2.10 <sup>-3</sup> mSv/Bq	4,4.10 <sup>-3</sup> mSv/Bq
	Th <sub>230</sub> ingéré	2,1.10 <sup>-4</sup> mSv/Bq	3,1.10 <sup>-4</sup> 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'U<sub>238</sub>.



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

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

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

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

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

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

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

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

## 9.5 ÉVALUATION DE LA DOSE EFFICACE AJOUTÉE SUR LES SITES MINIERS

Le calcul précédemment décrit est applicable sur les sites disposant a minima de mesures de la qualité de l'air.

Sont concernés le site de la Commanderie, ainsi que les sites de La Prée et la Godardière.

Les résultats sont décrits par voie d'exposition dans les paragraphes suivants.

### 9.5.1 Site de la Commanderie

Des mesures sur le vecteur Air pour le site de la Commanderie ont été réalisées de janvier 1992 à juin 1993. Étant donné le nombre très faible de valeurs au dessus des limites de détection (21 %), l'exposition par ingestion ne sera pas prise en compte.

La dose efficace annuelle ajoutée figure dans les paragraphes suivants.

SCÉNARIO 1 : Enfant de 2 à 7 ans résidant sous influence du site

6 800 h à l'intérieur des habitations + 860 h à l'extérieur

SCÉNARIO 1 : ENFANT				
Groupe de référence	Date	Exposition externe	Exposition par inhalation	Total des expositions
Village du Temple	Janvier 1992 à juin 1993	0,04 mSv/an	0 mSv/an	0,04 mSv/an

SCÉNARIO 2: Adulte résidant sous influence du site

7 300 h à l'intérieur des habitations + 1360 h à l'extérieur

SCÉNARIO 2 : ADULTE « RETRAITÉ »				
Groupe de référence	Date	Exposition externe	Exposition par inhalation	Total des expositions
Village du Temple	Janvier 1992 à juin 1993	0,05 mSv/an	0 mSv/an	0,05 mSv/an

SCÉNARIO 3: Adulte résidant hors influence du site et séjournant en bordure ou sur le site

400 h à l'extérieur des habitations et sur le site

SCÉNARIO 2 : ADULTE « EMPLOYÉ »				
Groupe de référence	Date	Exposition externe	Exposition par inhalation	Total des expositions
Village du Temple	Janvier 1992 à juin 1993	0,06 mSv/an	0 mSv/an	0,06 mSv/an

**L'ensemble des doses efficaces annuelles ajoutées pour le vecteur Air respecte la limite réglementaire de 1 mSv/an.** La valeur calculée maximale est de 0,06 mSv/an, pour un employé travaillant 400 h sur le site de la Commanderie.

## 9.5.2 Sites de la Prée et la Godardière

Des mesures sur le vecteur Air pour les sites de la Prée et la Godardière ont été réalisées 1996 à 1999.

En l'absence de mesures sur les sites, le scénario « Employé », qui correspond à une personne venant travailler sur le site pendant 400 h par an, n'a pas été calculé.

La dose efficace annuelle ajoutée au niveau du village de la Prée figure dans les paragraphes suivants.

SCÉNARIO 1 : Enfant de 2 à 7 ans résidant sous influence du site

6 800 h à l'intérieur des habitations + 860 h à l'extérieur

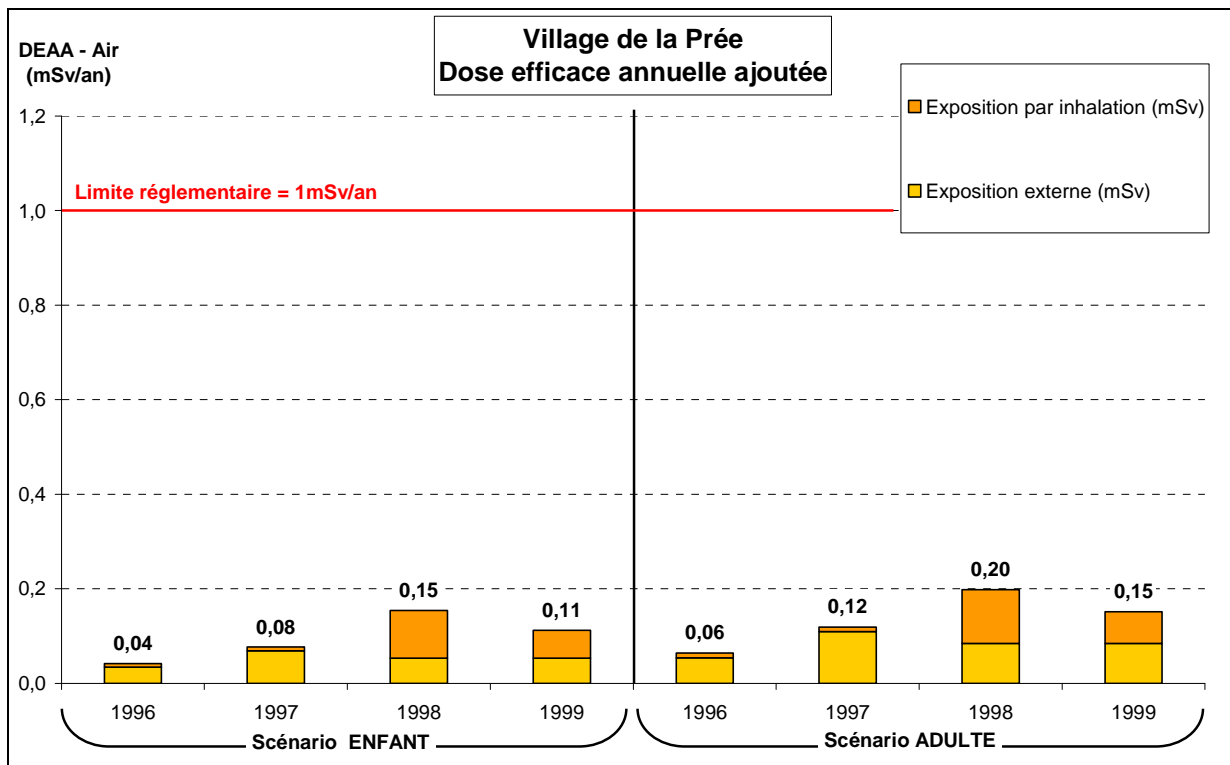
SCÉNARIO 1 : ENFANT				
Groupe de référence	Date	Exposition externe	Exposition par inhalation	Total des expositions
Village de la Prée	1996	0,03	0,01	0,04
	1997	0,07	0,01	0,08
	1998	0,05	0,10	0,15
	1999	0,05	0,06	0,11

SCÉNARIO 2: Adulte résidant sous influence du site

7 300 h à l'intérieur des habitations + 1360 h à l'extérieur

SCÉNARIO 2 : ADULTE « RETRAITÉ »				
Groupe de référence	Date	Exposition externe	Exposition par inhalation	Total des expositions
Village de la Prée	1996	0,05	0,01	0,06
	1997	0,11	0,01	0,12
	1998	0,08	0,11	0,20
	1999	0,08	0,07	0,15

Sur l'histogramme suivant figurent les doses efficaces ajoutées détaillées dans les tableaux précédents, par rapport à la limite réglementaire.



**L'ensemble des doses efficaces annuelles ajoutées pour le vecteur Air respecte la limite réglementaire de 1 mSv/an.** La valeur calculée maximale est de 0,20 mSv/an, pour un adulte dit « retraité » vivant dans le village de la Prée.

## 10 MESURES PRISES POUR RÉDUIRE LES IMPACTS

---

### 10.1 RÉDUCTION DES IMPACTS SUR LE VECTEUR AIR

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

- les résidus de traitement du minerai,
- les stériles miniers qu'ils soient stockés sur les sites mêmes ou réutilisés dans le domaine public.

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

Les doses efficaces, présentées dans le présent bilan et basées sur la surveillance du vecteur Air, sont toutes inférieures à 0,20 mSv/an, tout site et tout scénario confondus.

#### LES RÉSIDUS DE TRAITEMENT STATIQUE

Dans le département des Deux-Sèvres, seul le site de la Commanderie est concerné par un stockage de résidus de traitement statique du minerai (cf. paragraphe 6.5).

Une couverture d'une dizaine de centimètres de calcaire puis de 0,7 à 1 m de stériles miniers a été mise en place. La présence d'une lame d'eau de plusieurs dizaines de mètres permet de diminuer l'impact radiologique du stockage de résidus de traitement statique sur le vecteur Air (rayonnement  $\gamma$  et radon).

#### LES STÉRILES MINIERS

L'ensemble des sites miniers vendéens sont concernés par une verse à stériles, à l'exception des sites de la Goriandière.

Ces verses ont été remodelées. Celle du Poitou – la Gabrielle a été recouverte de terre végétale afin de limiter l'impact radiologique sur le vecteur Air, et en particulier sur le débit de dose.

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 non répertoriée des stériles miniers après 1984, date de mise en place du registre de cession, s'est faite sans autorisation formelle de COGEMA (puis AREVA) et n'a relevé que d'initiatives personnelles de la part de particuliers ou de collectivités.

## 10.2 RÉDUCTION 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 par précipité d'oxydes de fer (ou d'aluminium), après ajout de chloro-sulfate complexe de fer (ou de sulfates d'alumine) ;
- utilisation éventuelle de flocculants pour faciliter la décantation dans un ou plusieurs bassins.

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

### LES REJETS

Après réaménagement, la qualité des eaux avec des valeurs de rejets inférieures aux exigences réglementaires, a permis de s'affranchir de tout traitement physico-chimiques sur l'ensemble des sites miniers uranifères de Vendée, à l'exception du site de la Prée (problématique pH et aluminium). Les mesures réalisées dans le cadre de la surveillance réglementaire, à l'initiative d'AREVA et dans le cadre du présent bilan environnemental permettent de valider cette décision avec des valeurs maximales de rejet enregistrées sur le site de la Commanderie :

- de 26 µg/l en U soluble et 0,17 Bq/l en Ra226 soluble pour les eaux prélevées pour l'irrigation,
- de 233 µg/l en U soluble et 1,20 Bq/l en Ra226 soluble pour l'émergence en pied de vers, mais dont le facteur de dilution est supérieur à 5 (débit très faible et intermittent).

La mine à ciel ouvert de la Prée a fait l'objet d'un remblayage intégral en 1990. En janvier 1998, des morts de poissons ont été constatées dans l'étang de la Coussaie, en aval du site. Même si aucun prélèvement n'a été réalisé lors de cet événement (prélèvement plusieurs jours après l'incident), des échantillons, prélevés dans le ruisseau des Nouettes en février puis novembre 1998 ont montré la présence, parmi d'autres métaux, d'aluminium en quantité significative et variable :

Date	Al mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Fe mg/l	Zn mg/l	Co mg/l
Février 1998	16,8	5,5	0,36	0,12	0,17	< 0,15
Novembre 1998	3,1	2,9	0,11	0,42	0,05	0,05

Même si cet incident n'a pu être lié directement au site, les concentrations significatives en aluminium ont conduit à la mise en place d'une station de traitement.

La présence excessive d'aluminium, associée à une faible valeur de pH, est liée à la présence de sulfures dispersés en petites quantités dans les gneiss du secteur qui constituent l'encaissant de cette minéralisation.

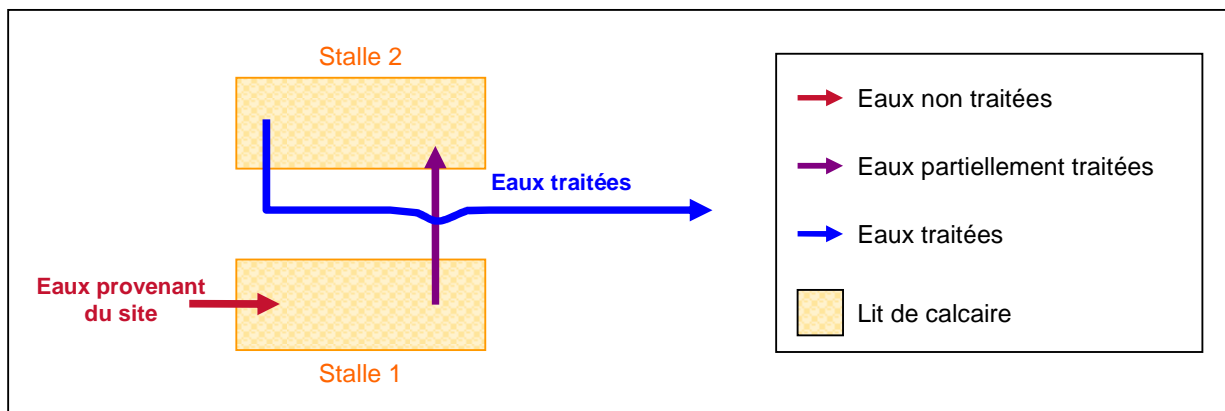
L'oxydation de ces sulfures des roches de remblayage de la MCO dans la zone de battement du niveau piézométrique serait à l'origine d'une baisse de pH, provoquant la mise en solution de l'aluminium présent dans les minéraux majeurs de l'encaissant, formés d'alumino-silicates (feldspaths, micas).

Ainsi, en 1999, trois solutions de traitement ont été étudiées et ont fait l'objet d'essais en laboratoire. Les avantages et inconvénients de ces traitements sont synthétisés dans le tableau suivant.

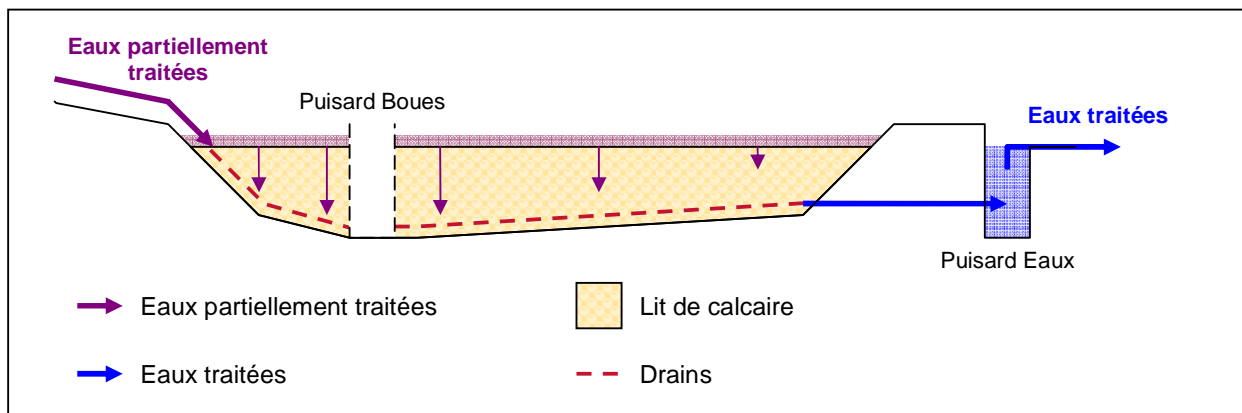
Traitement	Avantages	Inconvénients
Traitement à la soude	Efficacité du traitement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Installation et gestion d'une station de traitement sensible avec rétention (soude), surveillance et alarme à distance</li> <li>• Risque de pollution par excès de pH en cas de problème de traitement (déversement accidentel excessif de soude)</li> <li>• Génération de boues</li> </ul>
Traitement à la chaux	Efficacité du traitement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Installation et gestion d'une station de traitement</li> <li>• Génération d'une grande quantité de boues de traitement</li> </ul>
Traitement par drain calcaire (lagunage statique carbonaté)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucun risque de pollution accidentel</li> <li>• Faible production de boues</li> <li>• Surveillance limitée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risque de colmatage du drain</li> <li>• Nécessité d'un nettoyage périodique</li> </ul>

Suite à cette comparaison, et après essais de faisabilité en laboratoire, un système de traitement passif par drain calcaire a été mis en place en 2000 sur le site.

Le principe de cette station de traitement est présenté sur la figure suivante.



Les eaux du ruisseau traversant le site sont dirigées via un fossé vers un puisard puis un premier drain calcaire, Les eaux traitées sont récupérées dans un puisard puis dirigées vers une seconde stalle pour un second traitement dont le principe est décrit dans le schéma suivant.



Les eaux en sortie dirigées vers le milieu naturel.

Le rendement annuel moyen du traitement sur les dix dernières années figure dans le tableau suivant.

Année	Rendement annuel			
	pH	MES mg/L	Al mg/L	Fer mg/L
2001	21 %	76 %	91 %	> 99,4 %
2002	23 %	66 %	96 %	> 99,4 %
2003	25 %	83 %	94 %	> 99,8 %
2004	25 %	82 %	98 %	> 99,7 %
2005	23 %	85 %	99 %	> 99,6 %
2006	21 %	> 50 %	99 %	> 99,8 %
2007	29 %	> 33 %	99 %	> 99,8 %
2008	22 %	86 %	> 99 %	> 99,6 %
2009	26 %	87 %	> 99 %	> 98,9 %
2010	24 %	85 %	97 %	96,0 %
2011	24 %	> 78 %	96 %	98,8 %
<b>Moyenne</b>	<b>22 %</b>	<b>&gt; 74 %</b>	<b>&gt; 97 %</b>	<b>&gt; 99,1 %</b>
<b>Minimum</b>	<b>21 %</b>	<b>&gt; 33 %</b>	<b>91 %</b>	<b>96,0 %</b>
<b>Maximum</b>	<b>29 %</b>	<b>87 %</b>	<b>&gt; 99 %</b>	<b>&gt; 99,8 %</b>

Ce traitement statique sur drain calcaire permet donc de réduire significativement les concentrations, en particulier en aluminium, et d'augmenter le pH.

Les eaux en sortie de traitement respectent les limites fixées par arrêté préfectoral.



## **LES MINES À CIEL OUVERT EN EAU**

Les eaux des mines à ciel ouvert présentent un léger marquage en uranium et/ou en radium 226 solubles, lié entre autres au faible renouvellement des eaux des plans d'eau.

La mise en place de calcaire dans les résidus de traitement statique et en couverture de ce même stockage sur le site de la Commanderie permet de garantir un pH des eaux dans le même ordre de grandeur que dans le milieu naturel.

Une étude sur l'efficacité du confinement des résidus de traitement et des matériaux de démolition stockés au fond de la MCI sera réalisée en 2013, afin de répondre à une des demandes spécifiques de l'arrêté préfectoral N°10 DRCTAJ/1-636 du 6 août 2010.

Cette étude consistera en :

- une quantification et une caractérisation physique et chimique des sables de l'ancienne mine d'or de la Bellière à Saint Pierre Montlimart (49) et de l'ancienne usine SIMO de l'Écarpière (44) utilisés pour le remblayage de travaux miniers souterrains,
- une étude sur l'efficacité du confinement des résidus de traitement et matériaux de démolition stockés au fond de la mine à ciel ouvert en eau.

Elle permettra d'évaluer :

- l'impact des résidus de traitement et des différents sables de remblayage sur l'eau d'irrigation ;
- l'impact du réservoir d'irrigation sur les eaux superficielles et souterraines de l'environnement proche du site de la Commanderie.

## **LES RUISSEAUX ET PLAN D'EAU EN AVAL DES SITES**

Les sites n'ont pas d'impact radiologique sur les cours d'eau en aval hydraulique, à l'exception :

- Du ruisseau en aval de la Prée, qui présente un marquage en uranium soluble (93 µg/l),
- Du ruisseau en aval immédiat de la MCO en eau de la Godardière, qui présente un léger marquage en radium 226 soluble (0,14 Bq/l).



# 11 CONCLUSIONS

---

## 11.1 CONCLUSIONS DE L'ANALYSE ENVIRONNEMENTALE ET PROPOSITIONS D'ACTIONS COMPLÉMENTAIRES A METTRE EN ŒUVRE

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

### DANS LE MILIEU AQUATIQUE

- Un léger marquage des eaux des mines à ciel ouvert :
  - en uranium et radium 226 solubles à la Commanderie (respectivement 45 µg/l et 0,16 Bq/l) et à la Godardière (41 µg/l et 0,11 Bq/l) ;
  - en uranium soluble dans les deux MCO du site du Poitou – la Gabrielle (< 56 µg/l et < 42 µg/l) ;

Ces légers marquages sont liés entre autres au faible renouvellement des eaux des plans d'eau ;

- Un marquage des eaux de l'émergence située en pied de versant sur le site de la Commanderie (233 µg/l en uranium soluble et 2,87 Bq/l en radium 226 solubles). Cependant, l'impact de ces eaux est très limité, du fait du caractère intermittent de cet écoulement ;
- L'absence d'impact radiologique sur les cours d'eau en aval hydraulique, à l'exception :
  - Du ruisseau en aval de la Prée, qui présente un marquage en uranium soluble (93 µg/l),
  - Du ruisseau en aval immédiat de la MCO en eau de la Godardière, qui présente un léger marquage en radium 226 soluble (0,14 Bq/l).

⇒ **Une amélioration de la connaissance du contexte hydrogéologique est proposée pour les sites :**

- **de la Commanderie :**

Un nouveau point amont du site, pour les eaux et les sédiments, sera recherché.

Depuis mars 2011, AREVA a ajouté deux points de contrôle des eaux superficielles au Plan de Surveillance initial. Ils sont situés en amont du point RUCDR A considéré comme l'amont du site de la Commanderie. Le suivi de ces deux nouveaux points de surveillance ainsi qu'une analyse des résultats par rapport au point RUCDR O sera présenté dans le Bilan Annuel de la Commanderie 2012.

- **de la Prée :**

Un prélèvement dans le ruisseau en amont du site sera réalisé pour analyses radiologiques.

## SUR LE VECTEUR AIR ET LE DÉBIT DE DOSE

- L'influence des sites sur le débit de dose dans l'environnement immédiat du site
- L'absence de dose efficace ajoutée annuelle liée au vecteur air supérieure à 0,2 mSv/an, quelque soit le site et le scénario.
- Le respect de la limite réglementaire fixée à 1 mSv/an.

⇒ **Aucune action corrective n'est prévue à ce jour**, sous réserve d'identification de stériles non compatibles avec l'usage des sols dans le domaine public.

Les seuils d'actions correctives sont en cours de validation par les administrations centrales.

## SUR LA SÉCURITÉ DU PUBLIQUE

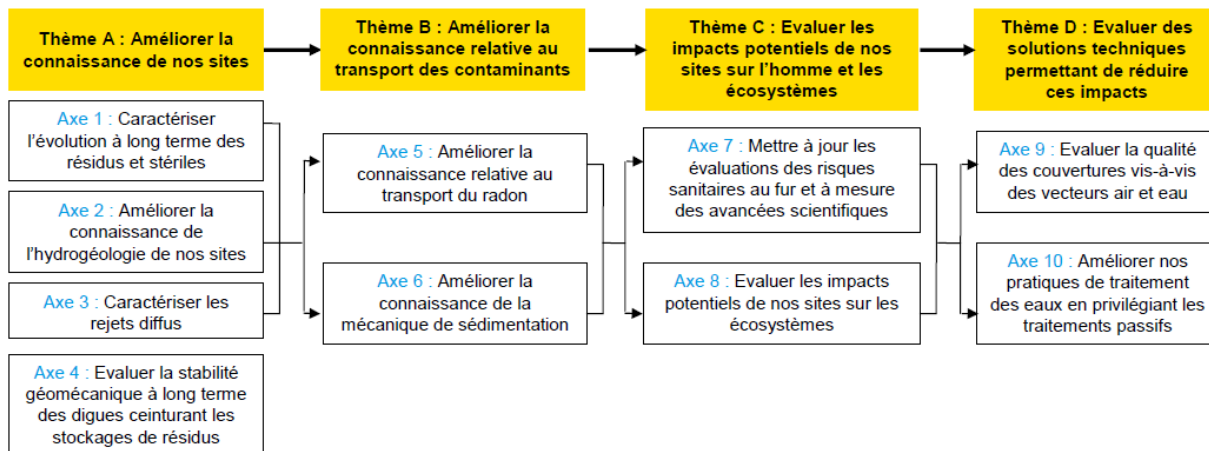
- L'absence d'aléa évalué comme fort
- La mise en place de mesures préventives ou de protection pour tous les aléas évalués comme moyens pour le site de la Commanderie :
  - Remblayage des ouvrages et chantiers
  - Mise en place de périmètres de sécurité
  - Interdiction de construction sur certaines parcelles.
- L'absence de risque, même faible, de phénomènes brutaux, type écoulement, glissement ou effondrement localisé, au niveau de bâtiments.

⇒ **Aucune action corrective n'est prévue.**

La surveillance visuelle des sites doit être maintenue.

## DANS LE CADRE DU PNGMDR :

L'amélioration de la connaissance des sites fait l'objet d'études à l'échelle nationale menées dans le cadre du PNGMDR. Elles sont énoncées dans la figure ci-après.



L'ensemble de ces études sont applicables dans le département de la Vendée.

## 11.2 GESTION DES STÉRILES MINIERS

La circulaire du 22 juillet 2009, cosignée entre l'ASN et le MEEDDM, portant sur la gestion des anciennes mines d'uranium, précise dans l'axe 3 « Gérer les stériles » qu'il est nécessaire de :

- réaliser un recensement des stériles miniers réutilisés dans le domaine public,
- recenser les usages du sol où ces stériles ont été valorisés en dehors du périmètre des anciennes mines d'uranium,
- et enfin, de vérifier la compatibilité des usages à l'aplomb et dans l'environnement immédiat des zones où des stériles ont été réutilisés.

Afin de répondre à cette demande, AREVA 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 Mallièvre (départements des Deux-Sèvres et du Maine-et-Loire). La Figure 13 présente la zone concernée par ce survol aérien.
- PHASE 2 : Vérification et identification au sol des anomalies relatives repérées par le survol aérien, puis vérification de la compatibilité des usages.

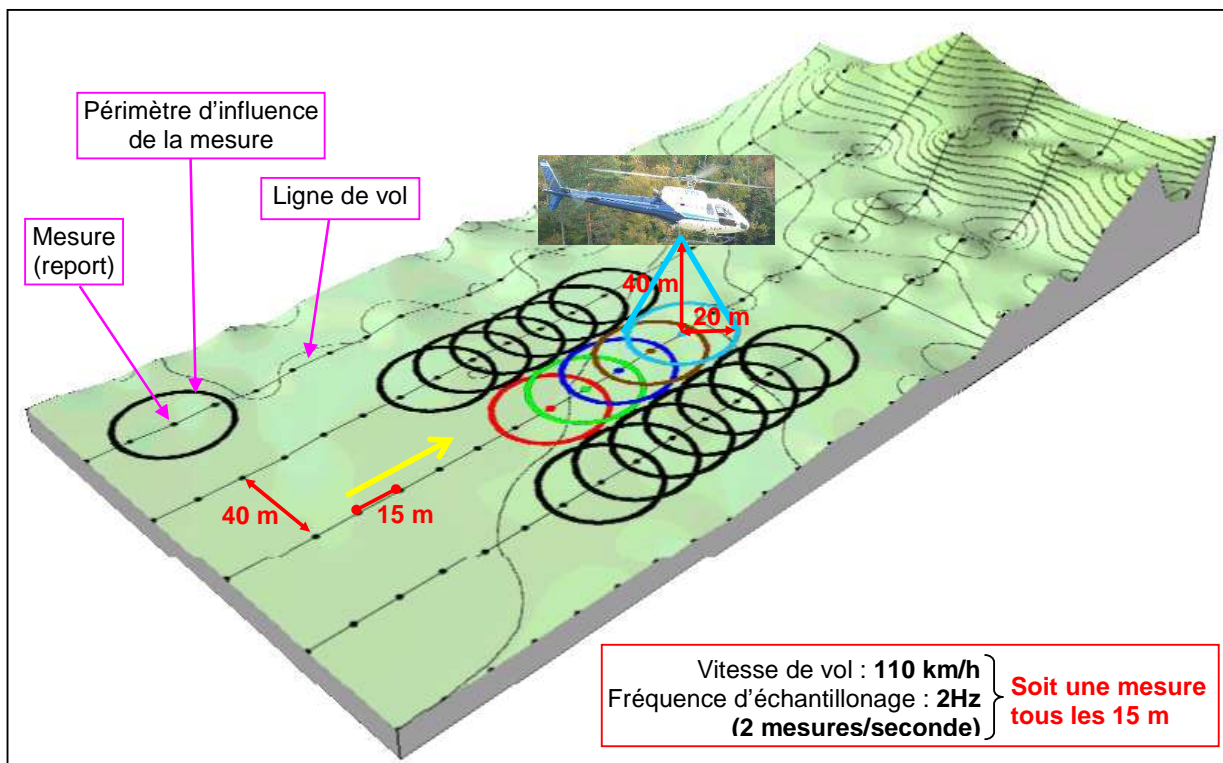
La méthode retenue est la réalisation d'un levé spectrométrique hélicoptéré de très haute résolution.

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 hélicoptéré 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,
- Échantillonnage : 2 Hz, soit 15 m entre deux mesures consécutives,
- Volume de cristal (NaI): 41.8 l (deux spectromètres),
- Espacement entre les lignes de vol : 40 m,
- Hauteur de vol : 40 m.

Le schéma suivant reprend ces caractéristiques :



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

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

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

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.**

**En Vendée, la phase 1 (reconnaissance par survol hélicoptère) a été réalisée en octobre et novembre 2010. A ce jour, les résultats sont en attente d'interprétation après reconnaissance au sol (phase 2). Une synthèse sera produite en juin 2013.**

## 11.3 INFORMATIONS 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.

Les sites de la Commanderie et de la Prée ont fait l'objet d'un tel affichage.

Ces panneaux 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 Mines transmet l'ensemble des mesures réglementaires réalisées sur ses sites.

Il est à noter que le site de la Commanderie est situé sur deux départements. Les deux panneaux ci-après reprennent les renseignements cités précédemment pour chacune des préfectures concernées.



Site de la Commanderie



Site de la Prée





## Références bibliographiques

- [1] G. CHAPOT, R. COUPRIE, J. DUMAS, P. LEBLANC et J-L. KEROUANTON, « L'uranium vendéen » - Cahier du patrimoine n°45
- [2] Notice et carte géologique au 1/50000<sup>e</sup> : Feuille : *Les Herbiers* (N°537)
- [3] Notice et carte géologique au 1/50000<sup>e</sup> : Feuille : *Cholet* (N°510)
- [4] Site Internet Wikipédia – article sur le département de la Vendée : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Vendée\\_\(département\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Vendée_(département))
- [5] Site Internet Wikipédia – article sur le département de la Vendée : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Géographie\\_de\\_la\\_Vendée](http://fr.wikipedia.org/wiki/Géographie_de_la_Vendée)
- [6] Site Internet de l'association Climat-Vendée : articles sur la climatologie : <http://climat-vendee.fr/index.php?module=climatologie&zone=climatVendee&PHPSESSID=23dcc96d1152c5ff9e063118d689fd14>
- [7] Site Internet de l'INSEE : Statistiques locales (Cartes interactives) : <http://www.statistiques-locales.insee.fr>
- [8] Site Internet Sandre (Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau) : <http://www.sandre.eaufrance.fr>
- [9] Bilan environnemental des sites miniers uranifères – Maine-et-Loire, AREVA Mines, juin 2012
- [10] Bilan environnemental des sites miniers uranifères –Loire-Atlantique, AREVA Mines, février 2012
- [11] Site Internet Hydro-Banque : <http://www.hydro.eaufrance.fr>
- [12] Site Internet Conseil général de la Vendée – Page relative à Observatoire Départemental de l'Eau : <http://observatoire-eau.vendee.fr/eaux-domestiques/eau-potable/ressources-en-eau.htm>
- [13] COGEMA, « Site de la Commanderie, Étude hydrogéologique », 1993

- [14] COGEMA, « Sites de La Prée, La Godardière / Dossier d'arrêt définitif des travaux miniers », mars 1999
- [15] Site Internet du MEDTL : Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs (PNGMDR) : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Le-plan-national-de-gestion-des.html>
- [16] 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](http://www.irsn.fr/FR/base_de_connaissances/Environnement/surveillance-environnement/sites-miniers-uranium/Pages/4-bdd.aspx)
- [17] Édouard Tincelin, « Les risques d'effondrement de la surface à l'aplomb des travaux miniers de la mine de la Commanderie », Septembre 1992
- [18] GEODERIS – BRGM, « rapport d'étude référence BRGM/RP-53948-FR des aléas « mouvement de terrain » » Septembre 2005
- [19] INERIS, « rapport d'étude référence DRS-06-67783/R01 des aléas « mouvement de terrain » », Avril 2006
- [20] GEODERIS, « rapport d'étude référence W2006/030DE-5POC2100 des aléas « mouvement de terrain » », Mai 2006
- [21] COGEMA, « Dossier d'arrêt définitif des travaux miniers / Site du Poitou – la Gabrielle », novembre 1995
- [22] BRGM, « Cartographie prédictive de l'aléa radon en Poitou-Charentes – Rapport final » (BRGM/RP-53324-FR), Novembre 2004

## Liste des figures, annexes et plans

### **FIGURES**

- Figure 1 : Relief de la Vendée
- Figure 2 : Climat de la Vendée
- Figure 3 : Production cumulée : minerai – Département de la Vendée
- Figure 4 : Sites miniers et bassins versants de la Vendée
- Figure 5 : Inventaire de cession de stériles miniers – Sites de la Vendée
- Figure 6 : Résultats d'analyses dans le milieu aquatique : Site de la Commanderie
- Figure 7 : Résultats d'analyses dans le milieu aquatique : Sites de la Goriandière, l'Édrillière et l'Émentruère
- Figure 8 : Résultats d'analyses dans le milieu aquatique : Sites de la Prée et la Godardière
- Figure 9 : Résultats d'analyses dans le milieu aquatique : Site du Poitou – la Gabrielle
- Figure 10 : Résultats d'analyses du vecteur AIR : Site de la Commanderie
- Figure 11 : Résultats d'analyses du vecteur AIR : Sites de la Prée et la Godardière
- Figure 12 : Résultats d'analyses de bioindicateurs terrestres : Site de la Commanderie
- Figure 13 : Zones concernées par le survol aérien de la Vendée

### **ANNEXES**

- 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 : Carte géologique départementale, cartes géologiques et structurales
- Annexe 6 : Arrêté préfectoral n°10-636 du 06 août 2010 relatif à la réalisation d'un bilan environnemental des sites de la Vendée

### **PLAN**

- Plan : Situation des sites miniers uranifères exploités en Vendée



# Glossaire

## **ACTIVITÉ**

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 DÉCHETS RADIOACTIFS)**

Etablissement public à caractère industriel et commercial (EPIC), placé sous tutelle des ministères de l'Écologie 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 ».

## **ARÈNE**

Produit de consistance sableuse, issu de l'altération d'une roche cristalline.

## **ASSAINISSEMENT RADIOLOGIQUE**

Pour une installation ou un site nucléaire, ensemble des opérations visant à éliminer ou réduire la radioactivité, notamment par décontamination ou évacuation de matériels, en permettant la récupération contrôlée des substances radioactives.

## **BASSIN VERSANT**

Entité géographique spatiale qui participe à l'alimentation d'un cours d'eau. Le bassin versant est délimité par des lignes de partage des eaux.

## **BECQUEREL**

Unité du système international de mesure de l'activité. Un becquerel est égal à une désintégration par seconde. Des multiples de cette unité sont fréquemment utilisés : le kilo becquerel (1kBq = 1000 Bq), le Méga becquerel (1MBq = 1 million de Bq), le Giga becquerel (1GBq = 1 milliard de Bq) et le Téra becquerel (1TBq = mille milliards de Bq). L'Ancienne unité était le Curie (Ci) qui équivaut à 37 GBq. Le curie correspondait à l'activité d'un gramme de radium 226.

## **CEA (COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE 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.

## **CHAÎNE RADIOACTIVE (OU DE DÉSINTÉGRATION) D'UN RADIONUCLÉIDE**

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 GÉNÉRALE DES MATIÈRES NUCLÉAIRES)**

Groupe industriel du secteur de l'énergie, qui a bénéficié du transfert de l'ensemble des installations qui relevait de l'ancienne Direction des Productions du CEA (décret n°75-1250 du 29 décembre 1975). COGEMA est intégré à AREVA depuis septembre 2001.

### **CONTAMINATION (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).

### **DÉBIT 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 ( $\mu$ G/h).

### **DÉCHETS**

*« 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).*

### **DÉCHETS RADIOACTIFS**

Substances radioactives pour lesquelles aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée.

### **DÉMANTÈLEMENT**

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.

### **DÉSINTÉGRATION**

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).

### **DOSIMÉTRIE**

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 SURETÉ NUCLÉAIRE)**

Etablissement public à caractère industriel et commercial créé en février 2002, regroupant les compétences de l'OPRI et de l'IPSN. Placé sous tutelle des ministères de : l'Industrie, la Défense, l'Environnement, la Recherche et la Santé.

**LIXIVIATION**

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.

**MARQUÉ (SITE)**

Site présentant des traces de radionucléides naturels ou artificiels, détectables sans qu'il y ait nécessairement d'action particulière envisagée.

**PÉRIODE 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.

**POLLUÉ (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 CYCLONÉS**

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 ».

## **RÉSIDUS 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.

## **SCÉNARIO**

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.

## **STÉRILES**

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 DÉCHETS RADIOACTIFS**

Le stockage de déchets radioactifs est l'opération consistant à placer ces substances dans une installation spécialement aménagée pour les conserver de façon potentiellement définitive dans le respect de la protection de la santé des personnes, de la sécurité et de l'environnement.

## **SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE**

Ensemble des mesures réalisées autour de l'installation afin de vérifier le respect des prescriptions réglementaires en matière de rejets et d'évaluer son impact sur l'environnement et les populations.

## **TENEUR DE COUPURE**

La teneur du minerai en uranium dépend essentiellement de données économiques, comme le coût du marché de l'uranium, le coût d'extraction du minerai. Cependant, le souci d'un Etat visant à obtenir de l'uranium de façon indépendante, peut le conduire à exploiter un minerai pauvre en uranium, indépendamment du coût qui en résultera.

## **URANIUM NATUREL**

Uranium dont la composition isotopique est celle de l'uranium tel qu'il se présente à l'état naturel c'est-à-dire sous la forme d'un mélange de trois isotopes dans des proportions massiques bien définies (uranium 238 : 99,28% ; uranium 235 : 0,71% ; uranium 234 : 0,0054%).



## Sigles et abréviations

ANDRA	Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs
ARS	Agence Régionale pour la Santé (anciennement DDASS)
CEA	Commissariat à l'Énergie Atomique
COGEMA	Compagnie Générale des MATières nucléaires
DIAM	Direction Internationale de l'Après-Mines
DDASS	Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales (actuellement ARS)
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
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
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
RGIE	Règlement Général des Industries Extractives
SIMO	Société Industrielle des Minerais de l'Ouest
SPP2 et SPP $\gamma$	Scintillomètre Portatif de Prospection
TB	Travers-banc
TMS	Travaux Miniers Souterrains
TRPC	Travaux de Reconnaissance par Petit Chantier