



*Faire avancer la sûreté nucléaire*

# Contrôles de second niveau effectués sur les anciens sites miniers d'uranium de Vendée

RT/PRP-DGE/2015-00017

Pôle radioprotection, environnement, déchets  
et crise

Service d'expertise des déchets radioactifs et de la radioactivité naturelle

# SOMMAIRE

<b>1 CONTEXTE ET OBJECTIFS DES CONTROLES DE SECOND NIVEAU .....</b>	<b>5</b>
<b>2 METHODE .....</b>	<b>6</b>
<b>3 MATERIEL ET TECHNIQUES DE MESURES.....</b>	<b>7</b>
<b>4 ENSEIGNEMENTS TIRES DE L'ANALYSE DOCUMENTAIRE (ETAPE 1) .....</b>	<b>8</b>
4.1 INFORMATIONS GENERALES SUR LES SITES.....	8
4.2 ELEMENTS RETENUS POUR LA SELECTION DES SITES A VISITER .....	12
<b>5 ENSEIGNEMENTS TIRES DES VISITES DE TERRAIN (ETAPE 2) .....</b>	<b>13</b>
5.1 SITUATION ACTUELLE DES SITES ET IMPACT DE CEUX-CI SUR LES EAUX, SEDIMENTS ET SOLS EN CHAMP PROCHE .....	14
5.1.1 Site dans le bassin versant de la rivière La Moine : site de Poitou - La Gabrielle .....	14
5.1.2 Sites dans le bassin versant de la rivière La Grande Maine .....	18
5.2 IMPACT DES ANCIENS SITES MINIERS DE VENDEE SUR LA RIVIERE LA GRANDE MAINE ET LE RUISSEAU DE LA POISOTIERE EN CHAMP ELOIGNE DES SITES .....	35
<b>6 CONCLUSION .....</b>	<b>37</b>
<b>REFERENCES.....</b>	<b>39</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>40</b>

## Liste des figures

Figure 1 : Cartes de localisation des anciens sites miniers de Vendée issues de la base de données MIMAUSA [3] (Fonds de carte Géoportail IGN © [4]) .....	9
Figure 2 : Réseau hydrographique de surface principal (rivières la Moine, la Grande Maine et la Sèvre Nantaise) drainant les sites de Vendée (Fonds de carte Géoportail IGN © [4] et [3]) .....	10
Figure 3 : Surfaces (en hectare) des anciens sites miniers d'uranium de Vendée (d'après le BE [2]).....	11
Figure 4 : Usages actuels du site de Poitou - La Gabrielle (avec situation des travaux miniers sur fonds cadastral issue du BE d'AREVA Mines [2]).....	14
Figure 5 : Vue partielle du système de pompage de l'eau de la MCO NW vers la MCO SE .....	15
Figure 6 : Terrassement récent effectué en bordure de la MCO SE.....	15
Figure 7 : Topographie et réseau hydrographique de surface dans l'environnement du site de Poitou - La Gabrielle, et localisation des points de prélèvements d'eau réalisés par l'IRSN au niveau de ce site (Fonds de carte Topographic map [16]) .....	17
Figure 8 : Usages actuels du site de La Goriandière (avec situation des travaux miniers sur fonds cadastral issue du BE d'AREVA Mines [2]) .....	19
Figure 9 : Bassin en béton et blocs de stériles observés sur le site de La Goriandière.....	19
Figure 10 : Usages actuels du site de L'Édrillère (avec situation des travaux miniers sur fonds cadastral issue du BE d'AREVA Mines [2]) .....	21
Figure 11 : Ruisseau longeant le site de L'Édrillère .....	21
Figure 12 : Usages actuels du site de L'Émentruère (avec situation des travaux miniers sur fonds cadastral issue du BE d'AREVA Mines [2]).....	23
Figure 13 : Écoulement d'eau observé par l'IRSN au niveau du site de L'Émentruère .....	23
Figure 14 : Usages actuels du site de La Prée (avec situation des travaux miniers sur fonds cadastral issue du BE d'AREVA Mines [2]) .....	25
Figure 15 : Vues de la station de traitement sur drains calcaires des eaux du site de La Prée .....	26
Figure 16 : Vues partielles de l'alvéole d'entreposage de déchets et de l'ancienne MCO comblée du site de La Prée .....	27
Figure 17 : Ruisseau récepteur des eaux traitées du site de La Prée, à l'aval du point de rejet.....	27
Figure 19 : Ecoulements constituant la surverse de la MCO du site de La Godardière .....	31
Figure 20 : Prairie entourant la MCO en eau du site de La Godardière.....	32
Figure 21 : Lignes de prélèvement de la station de pompage de l'eau de la MCO du site de La Godardière .....	32
Figure 22 : 3 <sup>ème</sup> ligne de prélèvement de l'eau de la MCO du site de La Godardière .....	33
Figure 23 : Tas de blocs de stériles observé à proximité de l'entrée de la MCO du site de La Godardière .....	33
Figure 24 : Localisation des anciens sites miniers de Vendée dans le bassin versant de La Grande Maine et le sous-bassin du ruisseau de La Poisotière, et positionnement des points de prélèvement d'eau et de sédiment en champ éloigné des sites .....	36

## **Liste des tableaux**

Tableau 1 : Nature des travaux d'exploitation minière et tonnages d'uranium et de stériles produits (d'après le BE [2]).....	11
Tableau 2 : Résultats des mesures <i>in situ</i> de pH et des analyses chimiques (aluminium, fer et sulfates) effectuées par l'IRSN sur la fraction totale des échantillons d'eau prélevés à l'entrée et à la sortie du traitement par drains calcaires des eaux du site de La Prée .....	28

## **Liste des annexes**

Annexe 1 : Programme prévisionnel des contrôles de second niveau sur les anciens sites miniers de Vendée.....	41
Annexe 2 : Résultats des mesures physico-chimiques et des analyses radiologiques effectuées sur des échantillons hors influence minière - Caractérisation du bruit de fond local.....	47
Annexe 3 : Synthèse des résultats des mesures physico-chimiques et des analyses radiologiques effectuées sur des échantillons sous influence potentielle des anciens sites miniers de Vendée .....	52

# **1 CONTEXTE ET OBJECTIFS DES CONTROLES DE SECOND NIVEAU**

Depuis plusieurs années, le Ministère du Développement Durable a engagé, en lien avec les Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL), l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN), l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) et AREVA Mines, une série d'initiatives destinées à vérifier les conditions de remise en état des anciens sites miniers d'uranium. Au nombre de ces initiatives figure notamment la mise en place du programme MIMAUSA<sup>1</sup> dont l'objectif est de constituer, de tenir à jour et de rendre publique une source d'information complète sur la localisation, l'historique et la situation administrative des sites concernés. En juillet 2009, le Ministère du Développement Durable et l'ASN ont défini un plan d'actions composé de quatre axes pour la gestion des anciennes mines [1] :

- (1) contrôler les anciens sites miniers d'uranium ;
- (2) améliorer la connaissance de leur impact environnemental et sanitaire et leur surveillance ;
- (3) gérer les stériles (mieux connaître leurs utilisations et réduire les impacts si nécessaire) ;
- (4) renforcer l'information et la concertation.

Ce plan d'actions prévoit notamment la réalisation par AREVA Mines, pour chaque département concerné, de bilans environnementaux (BE) des anciens sites miniers d'uranium dont il est responsable.

Dans le cadre du programme MIMAUSA et en lien avec le plan d'actions, le Ministère du Développement Durable a demandé à l'IRSN de réaliser des contrôles dits de second niveau dont les objectifs sont de :

- conforter la fiabilité du contenu de la base de données MIMAUSA en confrontant les informations qui y figurent avec la réalité de terrain ;
- vérifier sur le terrain les résultats et les informations des BE produits par AREVA Mines (mesures sur certains des points contrôlés par AREVA Mines et sur des points complémentaires) ;
- faire connaître le programme MIMAUSA en établissant des contacts avec les acteurs locaux.

Conformément aux choix retenus par le comité de pilotage du programme MIMAUSA en 2010, les contrôles de second niveau n'ont pas vocation à couvrir de manière exhaustive tous les sites, mais reposent sur une démarche de vérification ciblée sur les sites les moins bien connus ou sur lesquels une visite de terrain apparaît utile pour vérifier certains aspects (anomalies, aménagements...). Selon cette logique, les sites de stockage de résidus, qui font généralement l'objet d'un suivi plus étroit de la part des DREAL, ne sont ainsi pas couverts de façon prioritaire.

En pratique, les missions de second niveau consistent à effectuer des constats visuels et à réaliser des mesures du débit de dose gamma sur les sites sélectionnés et à leurs abords, ainsi que des prélèvements et des analyses en laboratoire sur des échantillons d'eaux de surface et de sols/sédiments potentiellement impactés par l'exploitation minière. Les contrôles n'ont pas vocation à dupliquer de manière systématique les mesures effectuées par AREVA Mines, ni à s'y substituer.

---

<sup>1</sup> MIMAUSA : Mémoire et Impact des Mines d'urAniUm : Synthèse et Archives. Ce programme, dont la mise en œuvre a été confiée à l'IRSN, est mené depuis 2003. Son comité de pilotage associe la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) du Ministère du Développement Durable, l'IRSN, AREVA, l'ASN ainsi que les DREAL Auvergne et Limousin et le BRGM.

Le présent document décrit la méthode mise en œuvre (chapitre 2) ainsi que le matériel et les techniques de mesures utilisées (chapitre 3), fournit des informations générales sur les sites (chapitre 4) puis rapporte les principales observations faites au cours des contrôles de second niveau réalisés dans le département de la Vendée du 13 au 15 mai 2014, ainsi que les enseignements tirés par l'IRSN en matière d'impact et de besoins éventuels de caractérisations complémentaires (chapitre 5).

## **2 MÉTHODE**

Les contrôles de second niveau pour un département donné comprennent deux étapes essentielles. **La première étape consiste en une analyse des documents existants concernant les anciens sites miniers d'uranium du département considéré et en une interprétation des données et des informations disponibles.** Le but de cette étape est de sélectionner les sites pour lesquels des investigations de terrain apparaissent plus particulièrement nécessaires et d'établir le programme prévisionnel des contrôles. **La seconde étape comprend la visite des sites sélectionnés et l'interprétation des résultats des analyses effectuées et des observations de terrain.**

### **Etape 1 : analyse des données disponibles**

Pour le département de la Vendée, les sources de données utilisées sont essentiellement le bilan environnemental (BE) d'AREVA Mines de mars 2013 et ses annexes (cartes IGN, cadastres, fiches de site et photographies des sites) [2], les informations recensées dans la base de données MIMAUSA (mise à jour d'août 2013) [3] et le Géoportail [4]. Divers autres documents relatifs au suivi administratif et réglementaire des sites et de leur environnement ont également été exploités.

La mise à jour de la base de données MIMAUSA, effectuée depuis 2007 pour tous les départements français sur la base des informations fournies dans les bilans environnementaux d'AREVA Mines dont celui de Vendée [2], et mise en ligne en 2013, a permis d'intégrer les nouvelles connaissances concernant les sites de Vendée. La visite de terrain réalisée par l'IRSN en mai 2014 n'a pas mis en évidence d'écart significatifs de la situation des sites par rapport à celles indiquées dans la base MIMAUSA dans sa version 2013.

Sur la base des connaissances réunies à l'issue de l'étape 1 (cf. § 4), **une sélection des sites à visiter** a été effectuée à partir des critères suivants :

- **Interrogations sur les usages actuels et/ou usages potentiellement sensibles** : zone de loisirs, pêche... ;
- **Existence d'anomalie(s) radioactive(s) et/ou interrogation sur le niveau de caractérisation du site à l'issue de la réalisation du BE par AREVA Mines** : anomalies radiologiques dans les eaux et les solides, anomalies radiamétriques, besoin de caractérisation d'écoulements sur le site (comme, par exemple, les écoulements de pied de verre), de l'environnement en amont et en aval... ;
- **Intrusion sur site avérée** : présence de traces d'intrusion (clôtures endommagées, traces de passage d'engins motorisés...) ;
- **Réutilisation connue, suspectée ou potentielle de matériaux issus des anciennes activités minières** : exploitation de verses, utilisation de stériles pour la réfection et l'aménagement de chemins... ;
- **Réaménagements récents sur site** : canalisations, chemins....

Sur la base des informations recueillies sur les sites et leur environnement à l'étape 1 (cf. § 4) et des critères de sélection des sites définis par l'IRSN en concertation avec les membres du COPIL MIMAUSA, le **plan prévisionnel d'échantillonnage et de mesure**, qui détaille le type d'échantillons et de mesures ainsi que leur localisation, a ensuite été établi par l'IRSN. Ce plan a été transmis à la DREAL Pays de la Loire et à l'ASN locale, pour discussion, avant la mission de terrain. Des adaptations du plan initialement prévu ont été faites suite à des échanges avec ces acteurs locaux ou au moment de la visite en raison de contraintes liées au terrain (inaccessibilité, absence d'eau...).

### **Etape 2 : visites de terrain**

Un des objectifs des visites de terrain est d'effectuer des contrôles visuels, des mesures radiamétriques (mesures de débit de dose) et des prélèvements d'eau, de sol (par exemple de terres agricoles irriguées avec des eaux de mine) et de sédiment (en particulier dans les plans d'eau situés en aval hydraulique des sites miniers), sur et aux alentours des sites considérés, selon le programme prévisionnel établi.

Le second objectif des visites est d'établir des contacts locaux et notamment des contacts avec les maires des communes concernées par les anciens sites miniers d'uranium, afin de les informer sur le programme MIMAUSA et de recueillir leurs éventuelles préoccupations relatives à la gestion et à l'impact de ces sites.

Les contrôles de second niveau dans le département de la Vendée ont fait l'objet d'une information préalable du Préfet par la MSNR. Par ailleurs, AREVA Mines et le COPIL MIMAUSA ont également été informés, avant la mission, du programme et des dates retenues pour les visites de terrain de l'IRSN.

## **3 MATERIEL ET TECHNIQUES DE MESURES**

La localisation des points de mesure et de prélèvement a été précisée au moyen d'un GPS avec une précision planimétrique de 5 à 10 mètres.

Les mesures radiamétriques (mesures des débits de dose) devaient être réalisées à l'aide d'une sonde gamma et X très bas flux de type 6150 AD-b (SAPHYMO) couplée à un radiamètre 6150 AD5, à environ 50 cm du sol de manière systématique et au contact à chaque fois que jugé pertinent. La gamme de mesure de cette sonde est comprise entre 5 nSv.h<sup>-1</sup> et 100 000 nSv.h<sup>-1</sup> avec une gamme d'énergie de 23 KeV à 7 MeV. En raison de l'indisponibilité de cet appareillage, le balayage radiamétrique destiné à localiser rapidement les zones ayant fait l'objet d'une exploitation ou potentiellement impactées par la réutilisation de matériaux radioactifs issus d'une ancienne mine n'a pu être réalisé lors de la mission du 13 au 15 mai 2014.

Les échantillons d'eaux prélevés ont fait l'objet de mesures *in situ* au moyen d'une sonde Horiba multi-paramètres U-54G. Les paramètres mesurés sont le pH (à l'aide d'une électrode en verre de pH), la température (à l'aide d'un capteur de température en platine), la conductivité (à partir de quatre électrodes CA) et la turbidité (par méthode LED et diffraction à 90°C pour une gamme de 0-1000 NTU). Des mesures d'alcalinité ont également été réalisées à l'aide du kit de test de modèle AL-AP, de marque HACH dont la gamme de validité se situe entre 5 et 400 mg CaCO<sub>3</sub>.L<sup>-1</sup>.

Les analyses des sulfates dans deux échantillons d'eaux (filtrées) ont été réalisées par un laboratoire de l'IRSN par chromatographie ionique (norme NF EN ISO 10304-1) ; celles du fer et de l'aluminium ont été réalisées par ICP-AES (norme NF M 60-805-2).

Les analyses en radium 226 des échantillons d'eaux (fractions dissoute, particulaire et totale) ont été effectuées par un laboratoire de l'IRSN par émanométrie du radon (norme NF M60-803). Il est à noter qu'une incertitude relativement importante est associée à l'analyse de la concentration en radium 226 sur la fraction particulaire ; cette incertitude est due au prélèvement et à la méthode de filtration de l'eau réalisée *in situ*. Les analyses en uranium pondéral des échantillons d'eaux (fractions dissoute, particulaire et totale) ont été réalisées par un laboratoire de l'IRSN par ICP-MS (norme ISO 17294-2).

Les échantillons de solides (sédiments et sols) ont été traités en laboratoire : ils ont été soumis à un séchage à l'étuve à 105 °C suivi d'un tamisage à 2 mm (norme NF M60-790-6). La totalité de chaque sous-échantillon de granulométrie inférieure à 2 mm a été broyée ; une aliquote a ensuite été placée en géométrie 60 mL pour analyse par spectrométrie gamma équipée d'un détecteur coaxial de type N Germanium.

## **4 ENSEIGNEMENTS TIRES DE L'ANALYSE DOCUMENTAIRE (ETAPE 1)**

### **4.1 INFORMATIONS GENERALES SUR LES SITES**

- **Nom et localisation des sites**

Les anciens sites miniers de Vendée sont au nombre de sept : Poitou - La Gabrielle, La Goriandière, L'Édrillère, L'Émentruère, La Prée, La Godardière et La Commanderie [2] [3]. Ils sont situés au Nord-Est du département de la Vendée (cf. Figure 1). L'un d'eux, le site de La Commanderie, se situe à la limite des départements de la Vendée et des Deux Sèvres.



Figure 1 : Cartes de localisation des anciens sites miniers de Vendée issues de la base de données MIMAUSA [3] (Fonds de carte Géoportail IGN © [4])

#### • Bassins versants associés aux sites

Les anciens sites miniers de Vendée sont répartis sur trois bassins versants (cf. Figure 2) :

- celui de la rivière la Moine (site de Poitou - La Gabrielle) ;
- celui de la rivière la Grande Maine (sites de La Goriandière, L'Édrillière, L'Émentruère, La Prée et La Godardière) ;
- celui de la rivière la Sèvre Nantaise (site de La Commanderie).

A l'aval de ces sites, il existe d'autres anciens sites miniers d'uranium localisés dans les départements du Maine et Loire et de la Loire Atlantique (notamment les sites de La Baconnière, l'Ecarrière, l'Anjougerie, le Rétail et le Chardon), situés dans les bassins versants de la Moine et de la Sèvre Nantaise (la Moine se jetant dans la Sèvre Nantaise à l'amont du site du Chardon) (cf. Figure 2).

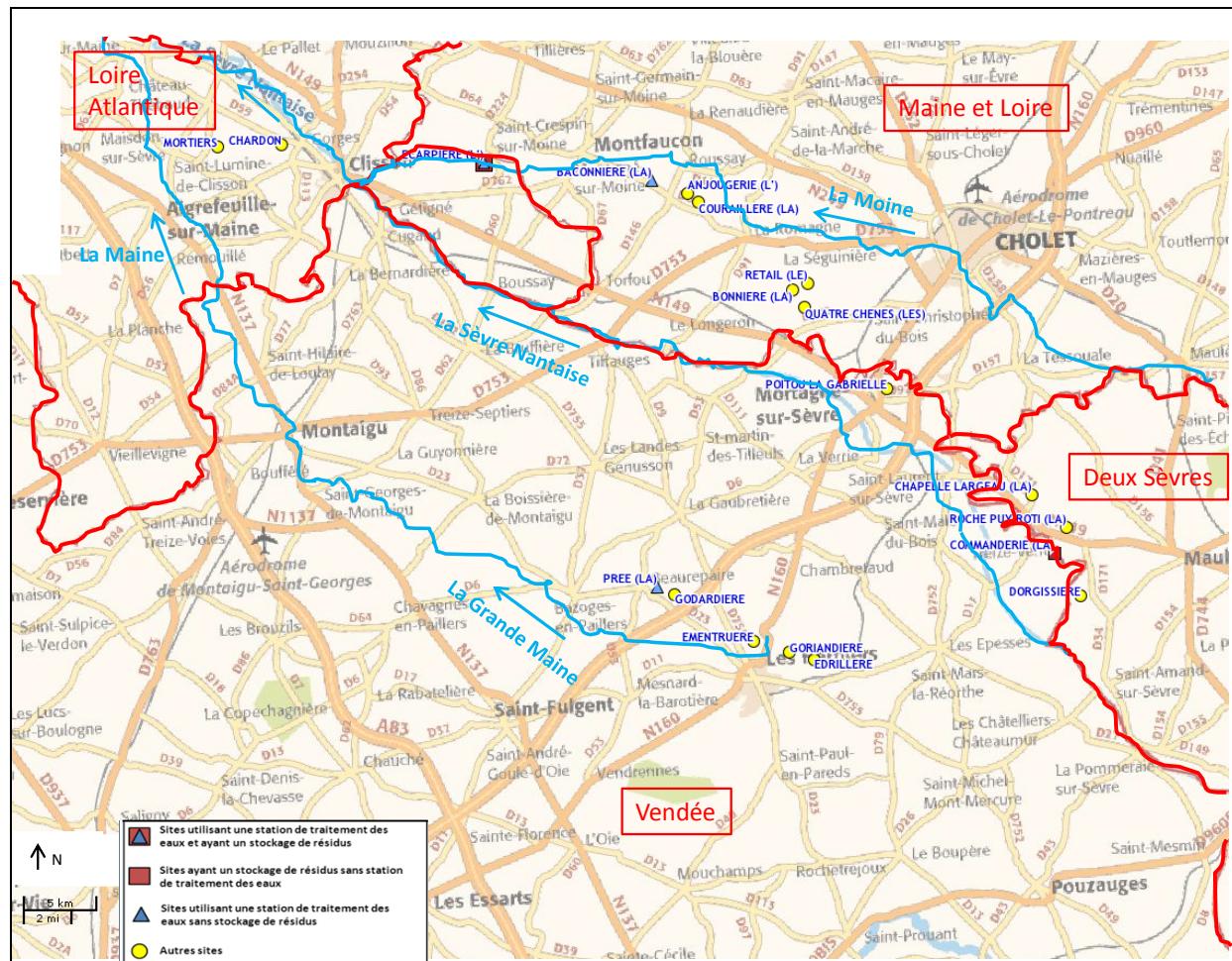


Figure 2 : Réseau hydrographique de surface principal (rivières la Moine, la Grande Maine et la Sèvre Nantaise) drainant les sites de Vendée (Fonds de carte Géoportail IGN © [4] et [3])

#### • Superficie des sites

Les anciens sites miniers de Vendée présentent des surfaces très variables (cf. Figure 3) :

- les sites de La Goriandière, L'Édrillère, L'Émentruère et La Godardière présentent des surfaces comprises entre 0,3 et 4 hectares ;
- les sites de Poitou - La Gabrielle, La Prée et La Commanderie présentent des surfaces supérieures à 10 hectares. La Commanderie possédant une surface de 60 hectares, cela en fait le plus grand site de Vendée.

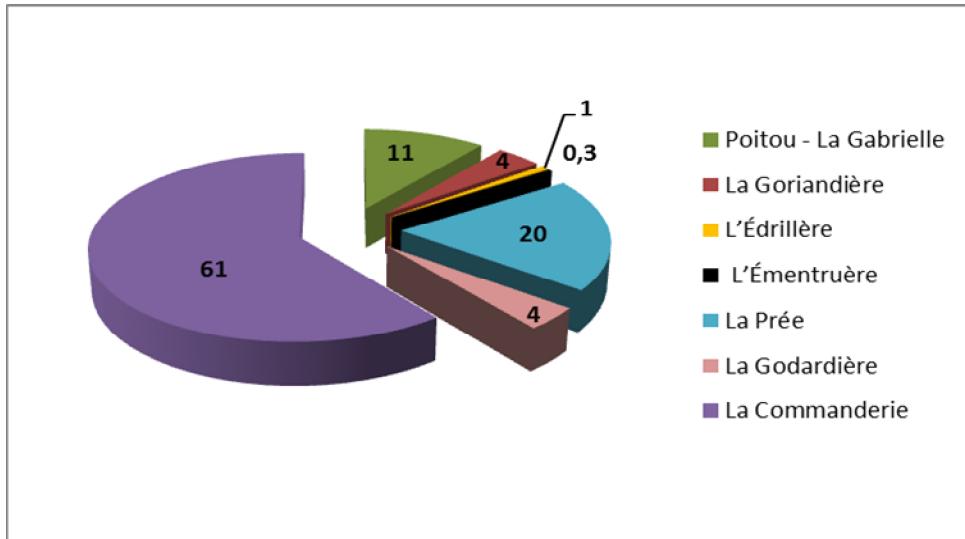


Figure 3 : Surfaces (en hectare) des anciens sites miniers d'uranium de Vendée (d'après le BE [2])

- Nature des travaux d'exploitation et productions associées**

Le Tableau 1 présente le type d'exploitation minière (travaux miniers souterrains (TMS), mine à ciel ouvert (MCO), travaux de reconnaissance par petits chantiers (TRPC)) ainsi que les tonnages d'uranium et de stériles produits sur les anciens sites miniers de Vendée. Ces sites ont vu l'extraction de 3,6 millions de tonnes de minerai d'uranium ; ils ont produit 4 240 tonnes d'uranium et environ 6,9 millions de tonnes de stériles (cf. Tableau 1) [2]. Les productions d'uranium et de stériles proviennent essentiellement du site de La Commanderie (cf. Tableau 1). L'ensemble des sites, mis à part celui de La Goriandièvre, présente une verse à stériles [2]. Les sites de Poitou - La Gabrielle, La Godardièvre et La Commanderie possèdent chacun une ou deux MCO actuellement en eau [2]. Les puits d'extraction et les montages liés aux activités minières ont été remblayés et obturés, et aucun affaissement à l'aplomb des travaux miniers n'a été signalé par AREVA Mines dans son BE [2]. Aucun élément contradictoire ou supplémentaire sur ces aspects n'a été mis en évidence par l'IRSN lors de sa visite de terrain ; ils ne sont donc pas abordés plus avant dans la suite du présent rapport.

Tableau 1 : Nature des travaux d'exploitation minière et tonnages d'uranium et de stériles produits (d'après le BE [2])

Site	Nature des travaux miniers	Quantité d'uranium produit (en t)	Quantité de stériles produits (en t)
Poitou - La Gabrielle	TMS + 2 MCO	48	610 731
La Goriandièvre	TRPC	0,5	np
L'Édrillière	TRPC	6	13 250
L'Émentruère	TRPC	/	np
La Prée	MCO	171	578 633
La Godardièvre	MCO	37	505 701
La Commanderie	TMS + 1 MCO	3 978	5 794 676

Avec : MCO = mine à ciel ouvert, TMS = travaux miniers souterrains, TRPC = travaux de reconnaissance par petits chantiers, np = non précisé.

- **Situations relatives au traitement des eaux**

Seul le site de La Prée dispose d'une station de traitement des eaux en fonctionnement [2]. Il s'agit d'un traitement passif sur drains calcaires, mis en place en 2000, lié à une problématique de pH faible (cf. ci-dessous).

- **Situations relatives à la surveillance des sites effectuée par AREVA Mines**

Les anciens sites miniers de Vendée, comme de tout autre département, peuvent faire l'objet :

- **d'une surveillance réglementaire** qui consiste en des contrôles périodiques de divers paramètres dans différents compartiments de l'environnement (eaux, sédiments, végétaux...) définis par arrêté préfectoral ou demande de la DREAL, ou en des contrôles plus ponctuels à la demande de la DREAL à l'issue notamment d'inspections. Sont concernés par cette surveillance réglementaire le site de La Commanderie compte tenu des enjeux environnementaux particuliers liés à la présence d'un stockage de résidus de traitement du minerai, et le site de La Prée suite à un incident survenu en 1998 (poissons morts dans un étang situé à l'aval proche du site) en lien avec des conditions de pH faible avec teneur élevée en aluminium dans les eaux (cf. § 5.1.2.4 du présent rapport) ;
- **d'une auto-surveillance à l'initiative d'AREVA Mines**, qui consiste généralement en des analyses des eaux des MCO. Sont concernés par l'auto-surveillance les sites de Poitou - La Gabrielle et de La Godardièvre.

Dans le cadre de la réalisation du bilan environnemental [2], AREVA Mines a procédé à des analyses supplémentaires et ponctuelles, en 2012, dans l'environnement proche des sites de Poitou - La Gabrielle, La Goriandièvre, L'Édrillère, L'Émentruère et La Godardièvre, afin de compléter les informations obtenues lors de la surveillance des sites mentionnée ci-dessus (surveillance réglementaire et auto-surveillance).

## 4.2 ELEMENTS RETENUS POUR LA SELECTION DES SITES A VISITER

Parmi les critères retenus pour établir le programme prévisionnel des contrôles, deux sont apparus comme déterminants lors de l'analyse des données disponibles :

- les usages, critère décisif dans tous les cas d'anciens sites où les eaux provenant des travaux miniers pourraient être réutilisées (cas des sites disposant de MCO en eau) ;
- le niveau de caractérisation des sites et de leur environnement à l'issue de la réalisation du BE [2] par AREVA Mines, même si les contrôles de second niveau n'ont pas vocation à compléter systématiquement les données de caractérisation des sites, ni à se substituer à AREVA Mines pour les actions qui lui incombent. Les données présentées par AREVA Mines dans son BE ne permettent effectivement pas toujours de disposer d'une connaissance exhaustive de la situation radiologique actuelle des sites et de leur environnement proche. C'est par exemple le cas des mesures effectuées par AREVA Mines dans les eaux, qui se limitent à la fraction dissoute et ne permettent donc pas d'estimer la radioactivité totale présente. C'est également le cas pour l'identification et la caractérisation éventuelle d'écoulements sur les sites tels que les écoulements de pied de verre.

Les éléments suivants sont également entrés en ligne de compte :

- l'absence de visite précédente. Il est toutefois à noter que, pour le site de La Commanderie, des prélèvements d'eau (et de sédiment) ont déjà été effectués dans son environnement proche lors des contrôles de second niveau réalisés en 2013 dans le département des Deux-Sèvres (cf. référence [14]) car il se trouve à cheval sur les deux départements. En outre, ce site qui comprend un stockage de résidus

fait l'objet d'un suivi plus étroit de la part de la DREAL ; conformément au choix retenu par le comité de pilotage du programme MIMAUSA, il n'est donc pas couvert de façon prioritaire par les contrôles de second niveau ;

- la proximité de certains sites par rapport à d'autres (trois sites se trouvent au niveau de la commune des Herbiers et deux sites au niveau de celle de Beaurepaire) permet d'envisager, d'un point de vue logistique, le contrôle de tous les sites miniers de Vendée lors de la mission de terrain. Cette proximité géographique offre par ailleurs la possibilité de réaliser des prélèvements en champ éloigné des sites, à l'aval total de plusieurs sites ;
- l'environnement des sites (par exemple, la présence de plans d'eau) permettant de compléter la caractérisation de l'environnement des sites hors influence de ceux-ci (eaux et sédiments).

Sur la base de l'ensemble des éléments mentionnés ci-dessus, le choix des sites à visiter dans le cadre des contrôles de second niveau en Vendée s'est porté sur les six sites de Poitou - La Gabrielle, La Goriandière, l'Édrillière, l'Émentruère, La Prée et La Godardière. Le programme prévisionnel de contrôle, découlant de l'identification des lacunes de connaissance et des échanges préalables avec la DREAL Pays de la Loire et l'ASN locale, ainsi que la localisation initialement prévue des points de prélèvement d'eau et de sédiment sont présentés en annexe 1.

## **5 ENSEIGNEMENTS TIRES DES VISITES DE TERRAIN (ETAPE 2)**

Le présent chapitre synthétise la situation de chaque site visité et les principales observations faites à l'occasion de la mission sur le terrain, notamment en termes d'état radiologique du site et de son environnement.

L'évaluation des situations s'appuie sur les observations visuelles (usage et accessibilité du site par exemple) ainsi que sur les résultats des mesures effectuées dans l'eau, les sédiments et les sols. Pour cette évaluation, des données caractéristiques de milieux comparables aux lieux de prélèvements mais situés hors champ d'influence de sites miniers d'uranium (bruit de fond) sont nécessaires. Les valeurs retenues pour caractériser le bruit de fond local sont indiquées ci-après.

### **Bruit de fond radiologique**

Les concentrations en uranium et les activités en radium 226 généralement mesurées pour des eaux de surface, dans des contextes géologiques similaires à ceux de la Vendée et non affectés par l'exploitation minière, sont respectivement de l'ordre de  $1 \mu\text{g.L}^{-1}$  et de quelques dizaines de  $\text{mBq.L}^{-1}$  [5] à [14].

Pour ce qui concerne les sédiments, l'ordre de grandeur des activités massiques considérées pour le bruit de fond naturel est celui proposé dans la tierce expertise IRSN du bilan décennal environnemental d'AREVA Mines pour ses sites de la Division Minière de la Crouzille en Haute-Vienne, à savoir  $500 \text{ Bq.kg}^{-1}$  sec pour chacun des radionucléides de la chaîne de l'uranium 238 [15]. Il est à noter que les concentrations en radionucléides des sédiments du milieu naturel, mesurées par l'IRSN dans le Limousin, la Bourgogne, le Poitou-Charentes, les Pays-de-la-Loire, le Midi-Pyrénées et le Languedoc-Roussillon dans le cadre des contrôles de second niveau [5] à [14], sont cohérentes avec ces gammes de valeurs.

Des prélèvements d'eau, de sédiment et de sol ont été effectués en amont des sites miniers durant la mission de terrain dans le département de la Vendée. Le bruit de fond local déduit des résultats d'analyse présentés en annexe 2 est cohérent avec les valeurs de référence retenues ci-avant.

Les résultats des mesures physico-chimiques *in situ* et des analyses radiologiques réalisées par l'IRSN sont synthétisés dans l'annexe 2 pour les points hors influence de sites miniers et dans l'annexe 3 pour les points sous influence potentielle.

## 5.1 SITUATION ACTUELLE DES SITES ET IMPACT DE CEUX-CI SUR LES EAUX, SEDIMENTS ET SOLS EN CHAMP PROCHE

### 5.1.1 SITE DANS LE BASSIN VERSANT DE LA RIVIERE LA MOINE : SITE DE POITOU - LA GABRIELLE

#### Observations concernant la situation et les usages actuels du site

Le site de Poitou - La Gabrielle se situe à l'Est de la commune de Mortagne-sur-Sèvre. Les deux MCO (NW et SE) du site sont en eau (cf. Figure 4). En dehors du chemin d'accès à la MCO SE, les terrains sont privés et ont une vocation agricole (champs cultivés et réserves d'eau pour l'irrigation (MCO NW et MCO SE)), industrielle (usine de méthanisation) ou n'ont pas d'usage défini (prairie recouvrant la verse à stériles remodelée) (cf. Figure 4). La MCO SE est équipée d'une station de pompage destinée à l'irrigation de cultures (essentiellement du maïs) (cf. Figure 4). En cas de niveau bas de l'eau dans la MCO SE, de l'eau de la MCO NW y est déversée suite à son pompage à l'aide d'une petite pompe et d'un tuyau visible sur la Figure 5. Les deux MCO présentent sur leur pourtour des haies naturelles d'arbustes (genêts, ronces...) ; seule la MCO NW est clôturée avec des fils barbelés.

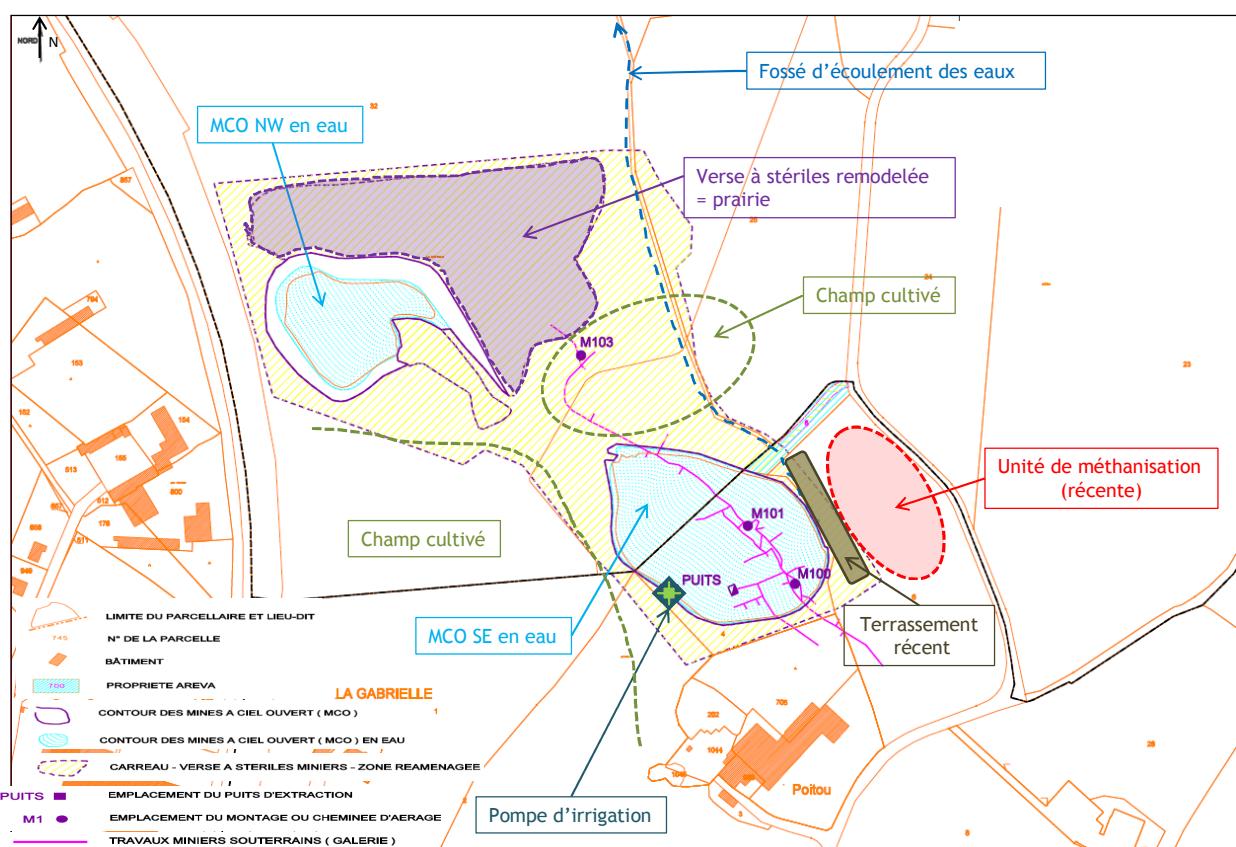


Figure 4 : Usages actuels du site de Poitou - La Gabrielle (avec situation des travaux miniers sur fonds cadastral issue du BE d'AREVA Mines [2])

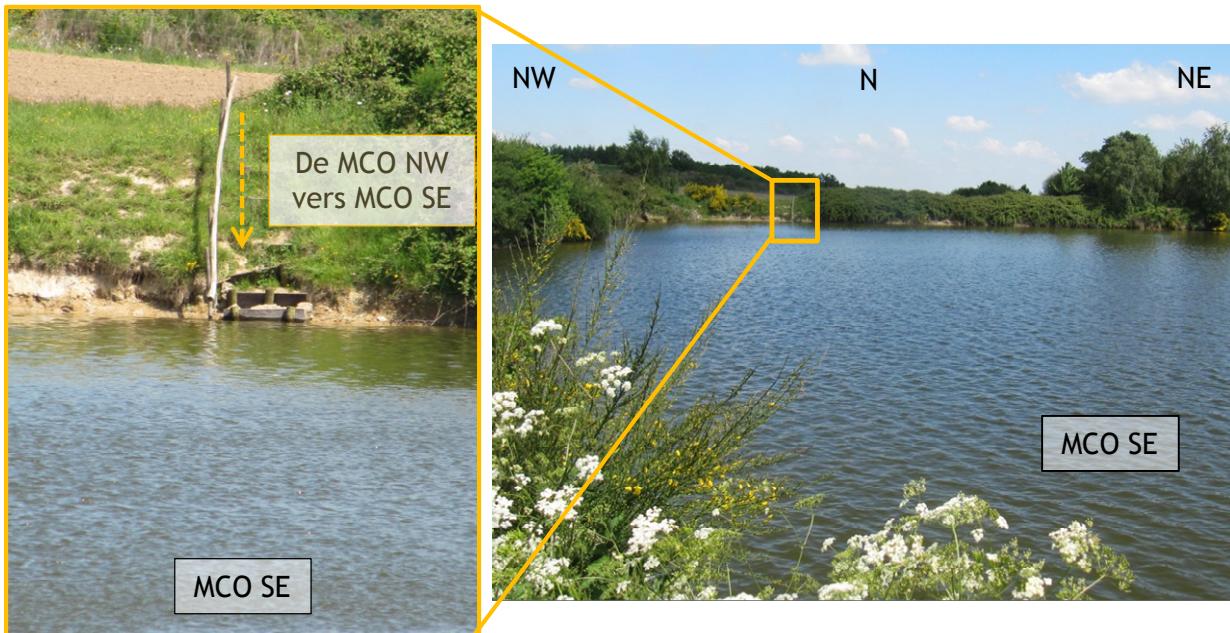


Figure 5 : Vue partielle du système de pompage de l'eau de la MCO NW vers la MCO SE

Lors de sa visite, l'IRSN n'a identifié aucune surverse des eaux de MCO. Un fossé d'écoulement des eaux, réalisé lors du réaménagement du site au début des années 1990, les oriente vers un ruisseau situé au Nord, qui se jette lui-même dans le ruisseau de La Planche. Ce dernier est un affluent du ruisseau La Sorinière, lui-même affluent du ruisseau de La Copechanière qui se jette dans la rivière La Moine. D'après le BE d'AREVA Mines [2], ce fossé peut servir éventuellement d'exutoire des eaux de surverse de la MCO SE en cas de fortes précipitations. Toutefois, lors de sa visite de terrain, l'IRSN a observé un terrassement récent *a priori* lié à l'installation d'une entité industrielle à proximité et semblant combler la partie amont du fossé d'écoulement des eaux (cf. Figure 4 et Figure 6). Seule une faible quantité d'eau stagnante a été observée dans ce fossé et par conséquent, aucun prélèvement n'y a été réalisé. Par ailleurs, lors de sa visite, l'IRSN n'a repéré aucun écoulement d'eaux de pied de verre.

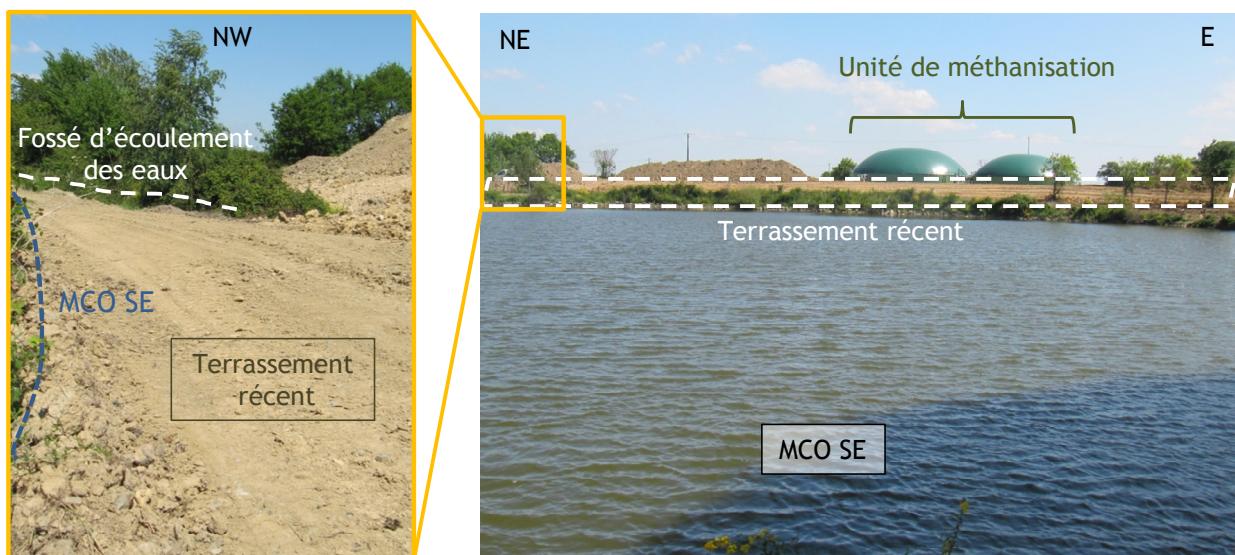


Figure 6 : Terrassement récent effectué en bordure de la MCO SE

## Observations concernant la situation radiologique

### Eaux

Entre 2001 et 2011, AREVA Mines a procédé à des analyses des eaux des deux MCO [2]. Les teneurs en uranium 238 et en radium 226 dans la fraction dissoute des échantillons étaient respectivement comprises dans les intervalles [ $38 - 90 \mu\text{g.L}^{-1}$ ] et [ $<20 - 230 \text{ mBq.L}^{-1}$ ] pour les eaux de la MCO NW et dans les intervalles [ $19 - 70 \mu\text{g.L}^{-1}$ ] et [ $20 - 120 \text{ mBq.L}^{-1}$ ] pour les eaux de la MCO SE. Aucune tendance de variation des teneurs dans le temps ne se dégage clairement. Lors de sa mission de terrain, l'IRSN a également prélevé des échantillons d'eau dans chacune des deux MCO. Les résultats d'analyse de la fraction totale de l'échantillon d'eau de la MCO NW indiquent une concentration en uranium égale à  $25 \pm 3 \mu\text{g.L}^{-1}$  et une activité en radium 226 égale à  $51 \pm 16 \text{ mBq.L}^{-1}$  (cf. Tableau 2 de l'annexe 3). Les résultats d'analyse de l'échantillon d'eau de la MCO SE montrent une concentration en uranium égale à  $12 \pm 1 \mu\text{g.L}^{-1}$  dans la fraction dissoute et égale à  $0,42 \pm 0,04 \mu\text{g.L}^{-1}$  dans la fraction particulaire et une activité en radium 226 égale à  $9 \pm 6 \text{ mBq.L}^{-1}$  dans la fraction dissoute et égale à  $22 \pm 5 \text{ mBq.L}^{-1}$  dans la fraction particulaire (cf. Tableau 2 de l'annexe 3). Les résultats de l'IRSN sont cohérents avec ceux rapportés par AREVA Mines dans son BE [2] pour la fraction dissoute.

Dans le cadre de la réalisation de son BE [2], AREVA Mines a réalisé un prélèvement d'eau dans le ruisseau situé au Nord de la MCO NW, en aval hydraulique et avant la confluence avec le fossé d'écoulement des eaux. Les teneurs en uranium et en radium 226 dans la fraction dissoute de l'échantillon étaient de  $1,6 \mu\text{g.L}^{-1}$  et  $50 \text{ mBq.L}^{-1}$  respectivement. Lors de sa mission de terrain, l'IRSN a également prélevé des échantillons d'eau dans ce ruisseau, l'un au plus près du site et avant la confluence avec le fossé d'écoulement des eaux (échantillon PLG\_RUI NW), l'autre après la confluence avec le fossé d'écoulement (échantillon PLG\_RUI AV) (cf. Figure 1 en annexe 1). Les résultats d'analyse de la fraction totale de ces échantillons indiquent une concentration en uranium égale à  $3,6 \pm 0,4 \mu\text{g.L}^{-1}$  et une activité en radium 226 égale à  $120 \pm 28 \text{ mBq.L}^{-1}$  pour l'échantillon prélevé avant la confluence avec le fossé d'écoulement et une concentration en uranium égale à  $7,9 \pm 0,8 \mu\text{g.L}^{-1}$  et une activité en radium 226 égale à  $10 \pm 8 \text{ mBq.L}^{-1}$  pour l'échantillon prélevé après la confluence avec le fossé d'écoulement (cf. Tableau 2 de l'annexe 3). Les teneurs en uranium et en radium 226 des eaux de ce ruisseau aux points de prélèvement de l'IRSN sont un peu plus élevées que celles généralement observées pour des eaux de surface hors influence minière (respectivement  $\sim 1 \mu\text{g.L}^{-1}$  et quelques dizaines de  $\text{mBq.L}^{-1}$ ).

L'IRSN note par ailleurs que la concentration totale en uranium ( $3,4 \pm 0,3 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) dans le ruisseau de La Planche à l'amont de la confluence avec ce ruisseau (échantillon PLG\_RUI AM) est également un peu plus élevée que celles généralement observées pour des eaux de surface hors influence minière. Ce niveau de concentration peut être lié à des particularités géologiques locales ou, au vu de la topographie de l'environnement du site de Poitou - La Gabrielle, à d'éventuels rejets diffus impactant les différents cours d'eau présents dans le quart Nord - Est autour du site (cf. Figure 7). La mesure réalisée par l'IRSN ne permet pas à elle seule de lever le doute sur une influence potentielle du site. Un prélèvement en amont hydraulique de ce point, dans une zone de topographie équivalente à celle du site, ainsi que dans les cours d'eau situés dans le quart Nord - Est autour du site, permettraient de statuer sur son incidence. Toutefois, ce type d'investigation complémentaire est d'importance secondaire compte tenu des caractéristiques des cours d'eau concernés et de leurs usages potentiels.

## Altitude

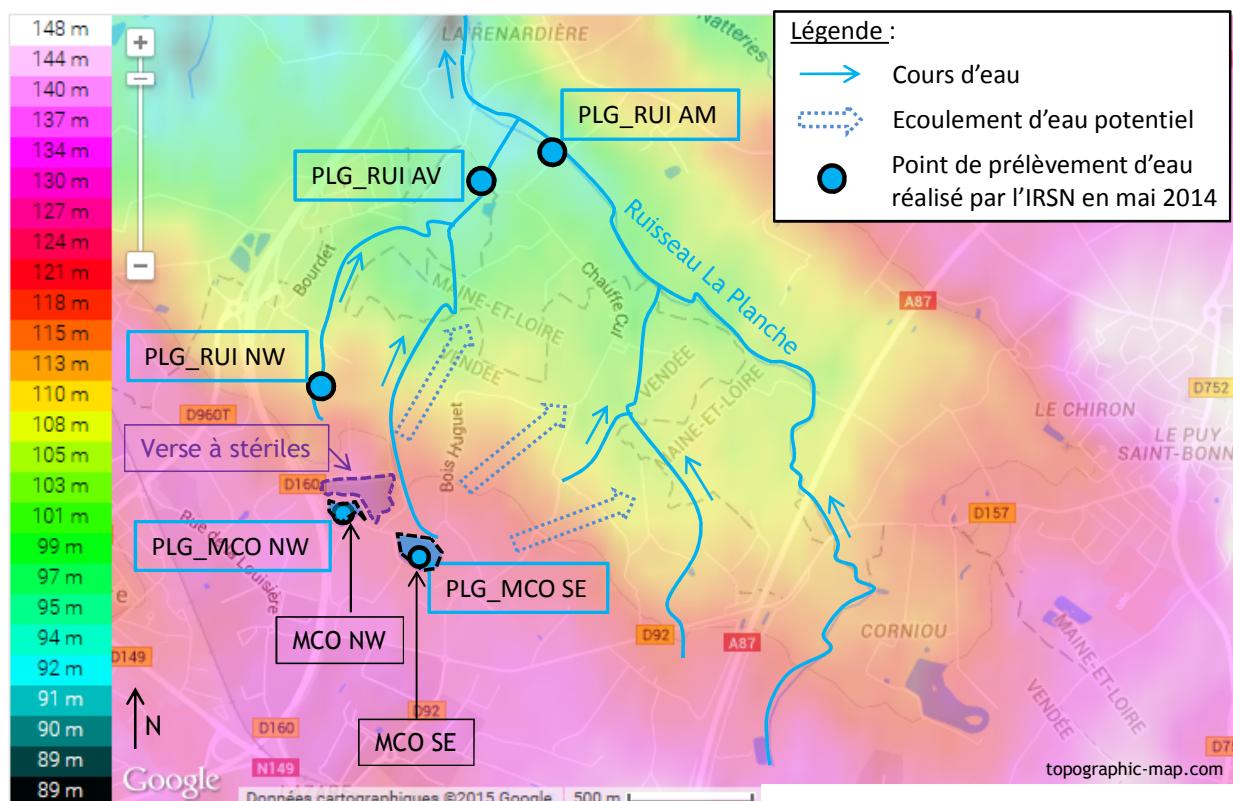


Figure 7 : Topographie et réseau hydrographique de surface dans l'environnement du site de Poitou - La Gabrielle, et localisation des points de prélèvements d'eau réalisés par l'IRSN au niveau de ce site (Fonds de carte Topographic map [16])

## Sédiments et sols

Lors de sa mission de terrain, l'IRSN n'a pas prélevé de sédiments potentiellement sous influence du site de Poitou -La Gabrielle. En effet, les plans d'eau situés en aval hydraulique du site se sont révélés ne pas être connectés au ruisseau récepteur des eaux du site. Quant au plan d'eau proche du site, repéré et prévu afin d'identifier s'il existe des écoulements diffus issus de la MCO NW, il n'était pas accessible (propriété privée fermée).

Lors de sa mission de terrain, l'IRSN a prélevé des terres agricoles irriguées avec l'eau de la MCO SE, situées au niveau de l'exploitation agricole de Poitou (coordonnées Lambert 93 : X = 401383.8 et Y = 6662067.1), ainsi qu'un sol non irrigué avec cette eau, situé à proximité immédiate de la MCO SE au Sud - Est (coordonnées Lambert 93 : X = 401437.4 et Y = 6662279.9). L'activité massique de  $^{238}\text{U}$  (assimilée à celle du  $^{234}\text{Pa}$  ou du  $^{234}\text{Th}$ ) est de  $55 \pm 24 \text{ Bq.}(\text{kg m.s.})^{-1}$  pour le sol irrigué avec l'eau de la MCO SE et de  $120 \pm 60 \text{ Bq.}(\text{kg m.s.})^{-1}$  pour le sol non irrigué avec cette eau (cf. Tableaux 3 des annexes 3 et 2 respectivement). L'activité massique du  $^{226}\text{Ra}$  (assimilée à celle du  $^{214}\text{Pb}$ ) est de  $80 \pm 8 \text{ Bq.}(\text{kg m.s.})^{-1}$  pour le sol irrigué avec l'eau de la MCO SE et de  $141 \pm 13 \text{ Bq.}(\text{kg m.s.})^{-1}$  pour le sol non irrigué avec cette eau (cf. Tableaux 3 des annexes 3 et 2 respectivement). Les teneurs dans le sol irrigué avec l'eau de la MCO SE sont du même ordre de grandeur que celles associées au sol non irrigué avec cette eau, et sont cohérentes avec celles d'un milieu naturel non influencé (pour rappel, de l'ordre de  $500 \text{ Bq.}(\text{kg m.s.})^{-1}$  pour chacun des radionucléides de la chaîne de l'uranium 238).

#### **Observations concernant les usages actuels et proposition d'investigations complémentaires**

Un marquage de relativement faible amplitude est observé dans les eaux du ruisseau situé au Nord de la MCO NW et avant la confluence avec le fossé d'écoulement des eaux du site, ainsi que dans le ruisseau de La Planche à l'amont de la confluence avec ce ruisseau. L'origine de ce marquage pourrait être liée à des particularités géologiques locales ou, au vu de la topographie de l'environnement du site, à une influence du site et notamment à des rejets diffus. La réalisation d'analyses d'eaux des cours d'eau situés dans la zone d'influence potentielle du site de Poitou - La Gabrielle (quart Nord - Est autour de celui-ci), ainsi qu'en un point « amont » situé dans le ruisseau de La Planche dans une portion de même niveau topographique que le site, permettrait de statuer sur l'influence du site. Ces investigations sont toutefois d'importance secondaire compte tenu des caractéristiques des cours d'eau concernés dans la possible zone d'influence et de leurs usages potentiels.

### ***5.1.2 SITES DANS LE BASSIN VERSANT DE LA RIVIERE LA GRANDE MAINE***

#### **5.1.2.1 Site de La Goriandière**

##### **Observations concernant la situation et les usages actuels du site**

Le site de La Goriandière se situe au Nord-Est de la commune des Herbiers. Il est propriété d'AREVA Mines et est clôturé au moyen de fils barbelés et d'un portail cadenassé vétustes ; un affichage y signale l'ancien site minier. Le site est constitué d'un bois dense avec des friches importantes (ronces...). Un bassin en béton d'environ 2 m x 2 m (vestige probable du site d'après AREVA Mines [2]) se situe à proximité de l'ancien puits et en bordure du champ adjacent (cf. Figure 8 et Figure 9). Lors de la visite de terrain de l'IRSN, ce bassin était rempli d'eau et aucun écoulement d'eau minière pouvant l'alimenter n'a été repéré ; il semble donc actuellement alimenté uniquement par les eaux pluviales. Par ailleurs, il n'est supposé aucun usage de cette eau vu la faible quantité présente dans le bassin et vu l'environnement de celui-ci (manque d'accessibilité, propriété d'AREVA Mines). Par ailleurs, l'IRSN a repéré quelques blocs de stériles visibles en bordure Nord-Ouest du site (cf. Figure 8 et Figure 9). L'environnement immédiat du site a une vocation agricole (champs cultivés) ou n'a pas d'usage défini (prairie le long de la rivière la Grande Maine, avec une zone marécageuse observée lors de la visite de terrain de l'IRSN) (cf. Figure 8).

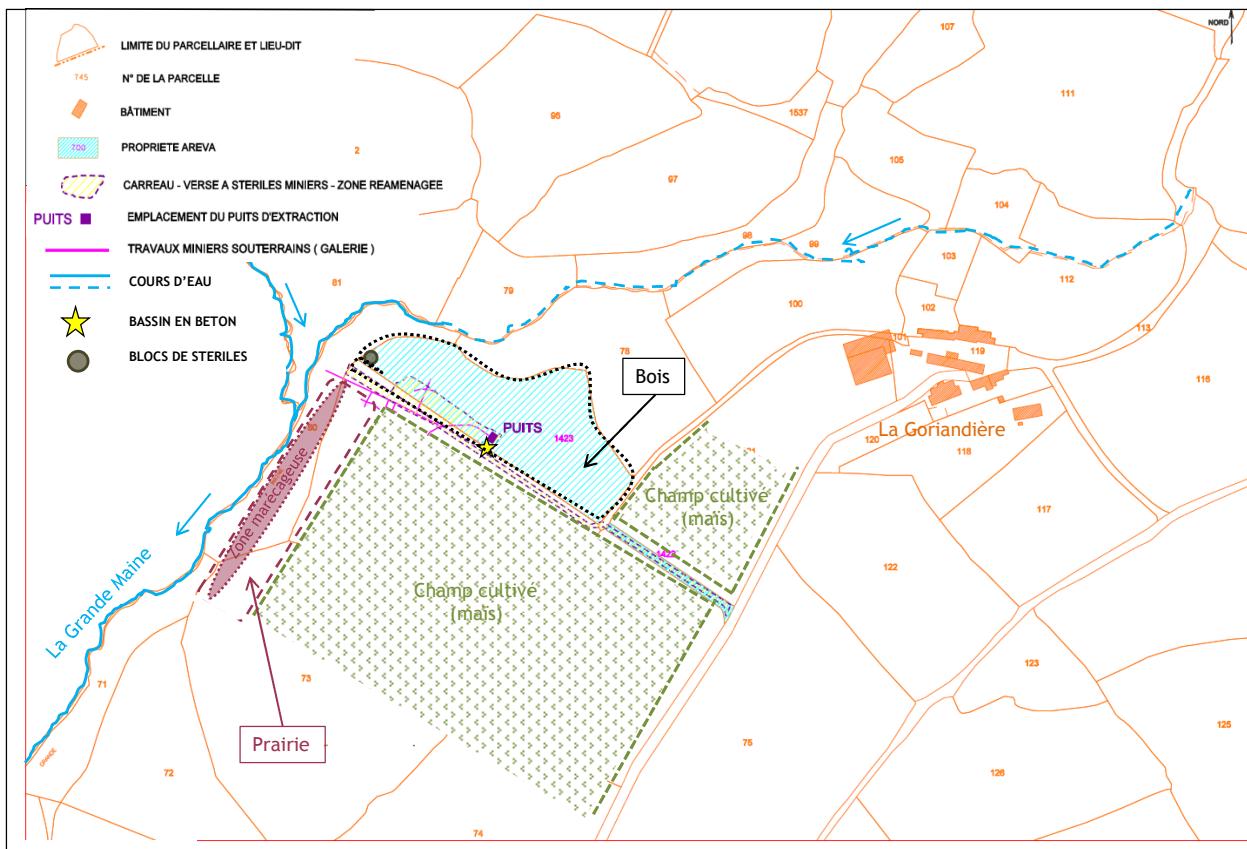


Figure 8 : Usages actuels du site de La Goriandière (avec situation des travaux miniers sur fonds cadastral issue du BE d'AREVA Mines [2])



Figure 9 : Bassin en béton et blocs de stériles observés sur le site de La Goriandière

#### Observations concernant la situation radiologique

##### Eaux

Dans le cadre de la réalisation de son BE [2], AREVA Mines a réalisé un prélèvement d'eau dans le bassin en béton présent sur le site. Les teneurs en uranium et en radium 226 dans la fraction dissoute de l'échantillon étaient de  $4,3 \mu\text{g.L}^{-1}$  et  $150 \text{ mBq.L}^{-1}$  respectivement. Lors de sa mission de terrain, l'IRSN a également prélevé un échantillon d'eau dans ce bassin. Les résultats d'analyse indiquent une concentration en uranium inférieure à  $1 \mu\text{g.L}^{-1}$  et une

activité en radium 226 égale à  $10 \pm 23 \text{ mBq.L}^{-1}$  dans la fraction dissoute de cet échantillon (cf. Tableau 2 de l'annexe 3). Les teneurs en uranium et en radium 226 de l'eau de ce bassin, prélevée par AREVA Mines, sont un peu plus élevées que celles mesurées par l'IRSN, qui sont comparables à celles généralement observées pour des eaux de surface hors influence minière (respectivement de l'ordre de  $1 \mu\text{g.L}^{-1}$  et quelques dizaines de  $\text{mBq.L}^{-1}$ ).

Dans le cadre de la réalisation de son BE [2], AREVA Mines a également réalisé des prélèvements d'eau dans la rivière La Grande Maine, à l'amont et à l'aval du site. Les teneurs en uranium et en radium 226 dans la fraction dissoute des échantillons étaient respectivement égales à  $5,9 \mu\text{g.L}^{-1}$  et  $40 \text{ mBq.L}^{-1}$  pour le point amont et  $<1 \mu\text{g.L}^{-1}$  et  $40 \text{ mBq.L}^{-1}$  pour le point aval. Lors de sa mission de terrain, l'IRSN a également prélevé des échantillons d'eau dans la rivière La Grande Maine, à l'aval du site et à l'amont plus éloigné que le point de prélèvement d'AREVA Mines, qui présentait un léger marquage en uranium. Les teneurs en uranium et en radium 226 dans la fraction totale de ces échantillons sont respectivement inférieure à  $1 \mu\text{g.L}^{-1}$  et égale à  $27 \pm 9 \text{ mBq.L}^{-1}$  pour le point amont et inférieures à  $1 \mu\text{g.L}^{-1}$  et  $12 \text{ mBq.L}^{-1}$  pour le point aval (cf. Tableaux 2 des annexes 2 et 3). En dehors du léger marquage en uranium observé par AREVA Mines en amont proche du site, les résultats de l'IRSN sont cohérents avec ceux rapportés par AREVA Mines dans son BE [2] pour la fraction dissoute et correspondent, en aval proche et en amont plus éloigné du site, aux teneurs dans les eaux de surface hors influence minière.

Des analyses de l'eau de la rivière La Grande Maine ont également été réalisées par l'IRSN sur des prélèvements effectués plus en aval (aval des deux sites de La Goriandière et de l'Édrillière, et aval des trois sites des Herbiers (La Goriandière, l'Édrillière et l'Émentruère)), qui ne montrent pas d'impact de l'ensemble des sites à l'aval éloigné (cf. § 5.2).

### Sédiments

Lors de sa mission de terrain, l'IRSN a prélevé des sédiments dans des plans d'eau situés à l'aval proche du site et à l'amont plus éloigné (en un point (coordonnées dans le Tableau 1 de l'annexe 2) de remplacement de celui prévu initialement (indiqué sur la Figure 2 de l'annexe 1) car l'accès y avait été refusé sur place). L'activité massique de  $^{238}\text{U}$  (assimilée à celle du  $^{234}\text{Pa}$  ou du  $^{234}\text{Th}$ ) est de  $200 \pm 90 \text{ Bq.(kg m.s.)}^{-1}$  pour le point amont et de  $230 \pm 100 \text{ Bq.(kg m.s.)}^{-1}$  pour le point aval (cf. Tableaux 3 des annexes 2 et 3 respectivement). L'activité massique du  $^{226}\text{Ra}$  (assimilée à celle du  $^{214}\text{Pb}$ ) est de  $499 \pm 44 \text{ Bq.(kg m.s.)}^{-1}$  pour le point amont et de  $321 \pm 29 \text{ Bq.(kg m.s.)}^{-1}$  pour le point aval (cf. Tableaux 3 des annexes 2 et 3 respectivement). Ces activités ne mettent pas en évidence de marquage lié au site.

### Observations concernant les usages actuels et proposition d'investigations complémentaires

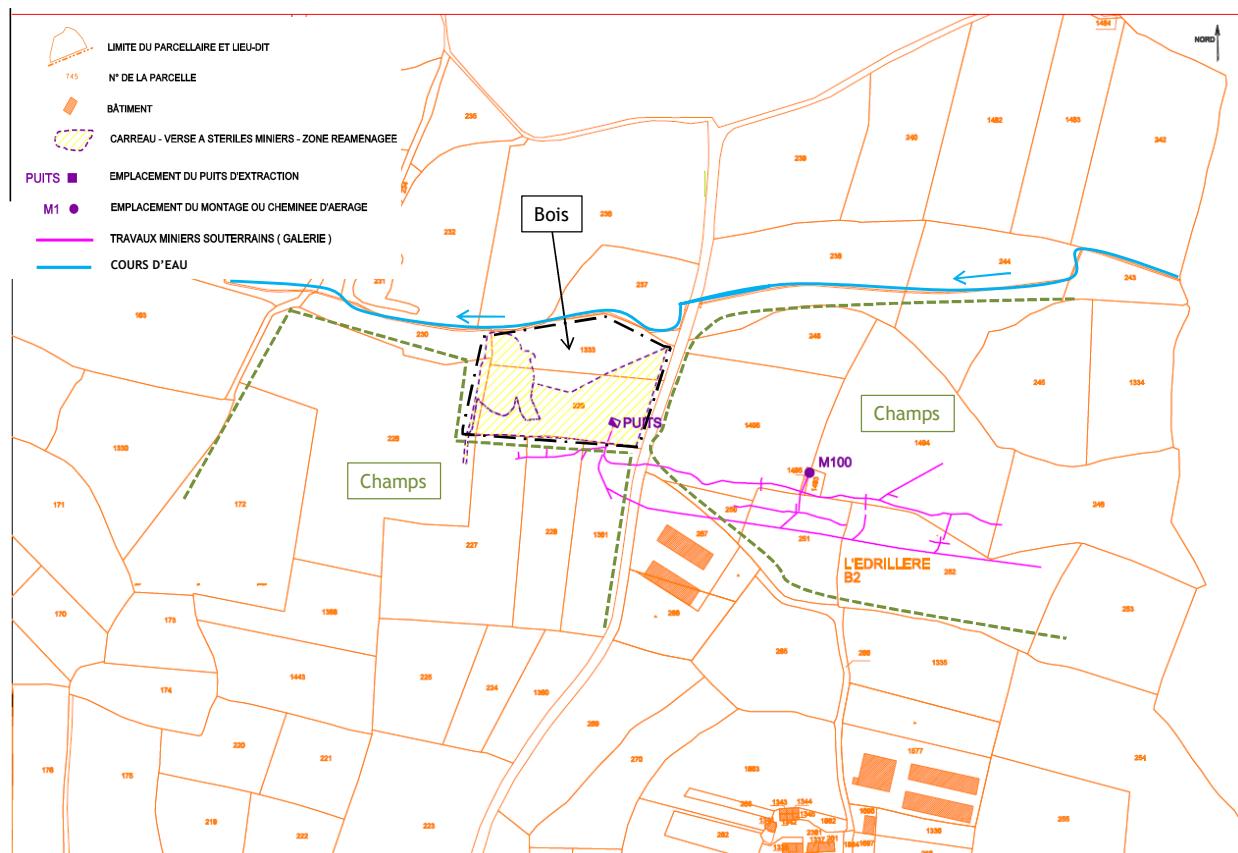
Les constats réalisés au cours des contrôles ne suscitent pas de commentaire particulier de la part de l'IRSN.

#### **5.1.2.2 Site de L'Édrillière**

##### Observations concernant la situation et les usages actuels du site

Le site de L'Édrillière se situe à l'Est-Nord-Est de la commune des Herbiers. Il est composé de terrains privés constitués d'un bois dense (avec friches), clôturé et fermé par un portail cadenassé sur lequel un affichage signale l'ancien site minier, et de parcelles agricoles (cultures) à l'aplomb des anciens travaux miniers souterrains (cf. Figure 10). D'après le BE d'AREVA Mines [2], une verve à stériles se situe dans la partie Ouest du site. Lors de

sa visite, l'IRSN n'a repéré aucun écoulement d'eaux de pied de verse. Un ruisseau longe le site au Nord (cf. Figure 10) puis se jette dans La Grande Maine à l'aval du site de La Goriandière.



## Observations concernant la situation radiologique

### Eaux

Dans le cadre de la réalisation de son BE [2], AREVA Mines a réalisé un prélèvement d'eau dans le ruisseau longeant le site, à l'aval hydraulique du site de L'Édrillère. Les teneurs en uranium et en radium 226 dans la fraction dissoute de l'échantillon étaient de  $8,2 \mu\text{g.L}^{-1}$  et  $50 \text{ mBq.L}^{-1}$  respectivement. Lors de sa mission de terrain, l'IRSN a également prélevé des échantillons d'eau dans ce ruisseau, l'un à l'amont et l'autre à l'aval du site (au même point qu'AREVA Mines). Les teneurs en uranium et en radium 226 dans la fraction totale de ces échantillons sont respectivement inférieure à  $1 \mu\text{g.L}^{-1}$  et égale à  $12 \pm 6 \text{ mBq.L}^{-1}$  pour le point amont et égales à  $12 \pm 1 \mu\text{g.L}^{-1}$  et  $30 \pm 9 \text{ mBq.L}^{-1}$  pour le point aval (cf. Tableaux 2 des annexes 2 et 3). Les résultats de l'IRSN sont cohérents avec ceux rapportés par AREVA Mines dans son BE [2] pour la fraction dissoute au point aval et montrent un léger marquage en uranium du ruisseau à l'aval proche de l'ancien site minier de L'Édrillère.

Des analyses de l'eau de la rivière La Grande Maine ont également été réalisées par l'IRSN sur des prélèvements effectués à l'aval éloigné du site (aval des deux sites de La Goriandière et de l'Édrillère, et aval des trois sites des Herbiers (La Goriandière, l'Édrillère et l'Émentruère)), qui ne montrent pas d'impact de l'ensemble des sites à l'aval éloigné (cf. § 5.2).

### Sédiments

Lors de sa mission de terrain, l'IRSN a prélevé des sédiments dans des plans d'eau situés à l'aval et à l'amont du site. L'activité massique de l' $^{238}\text{U}$  (assimilée à celle du  $^{234}\text{mPa}$  ou du  $^{234}\text{Th}$ ) est de  $220 \pm 90 \text{ Bq.(kg m.s.)}^{-1}$  pour le point amont et de  $330 \pm 100 \text{ Bq.(kg m.s.)}^{-1}$  pour le point aval (cf. Tableaux 3 des annexes 2 et 3 respectivement). L'activité massique du  $^{226}\text{Ra}$  (assimilée à celle du  $^{214}\text{Pb}$ ) est de  $373 \pm 33 \text{ Bq.(kg m.s.)}^{-1}$  pour le point amont et de  $318 \pm 28 \text{ Bq.(kg m.s.)}^{-1}$  pour le point aval (cf. Tableaux 3 des annexes 2 et 3 respectivement). Ces activités ne mettent pas en évidence de marquage lié au site.

## Observations concernant les usages actuels et proposition d'investigations complémentaires

Un léger marquage en uranium a été observé dans le ruisseau à l'aval proche du site de L'Édrillère. Toutefois, au vu des caractéristiques du ruisseau (faible débit notamment), les valeurs relevées dans les eaux de ce ruisseau ne suscitent pas de commentaire particulier de la part de l'IRSN.

### **5.1.2.3 Site de L'Émentruère**

#### Observations concernant la situation et les usages actuels du site

Le site de L'Émentruère se situe au Nord de la commune des Herbiers, sur des terrains privés. Le site et son environnement immédiat n'ont pas d'usage défini (prairie) ou ont une vocation agricole (cultures et élevage bovin) (cf. Figure 12). L'ancien site minier n'est signalé par aucun affichage et son pourtour n'est pas clôturé sur sa totalité. D'après le BE [2], l'ancien carreau de la mine a été réaménagé avec les stériles miniers et le faible écoulement d'eau repéré par AREVA Mines lors de sa visite de terrain en 2012, à 80 m en contre-bas du site, provient d'une source. Cet écoulement se jette ensuite dans la rivière La Grande Maine. Lors de sa visite de terrain, l'IRSN a noté l'existence de cet écoulement dont aucun usage n'a pu être établi à cette occasion (cf. Figure 13).

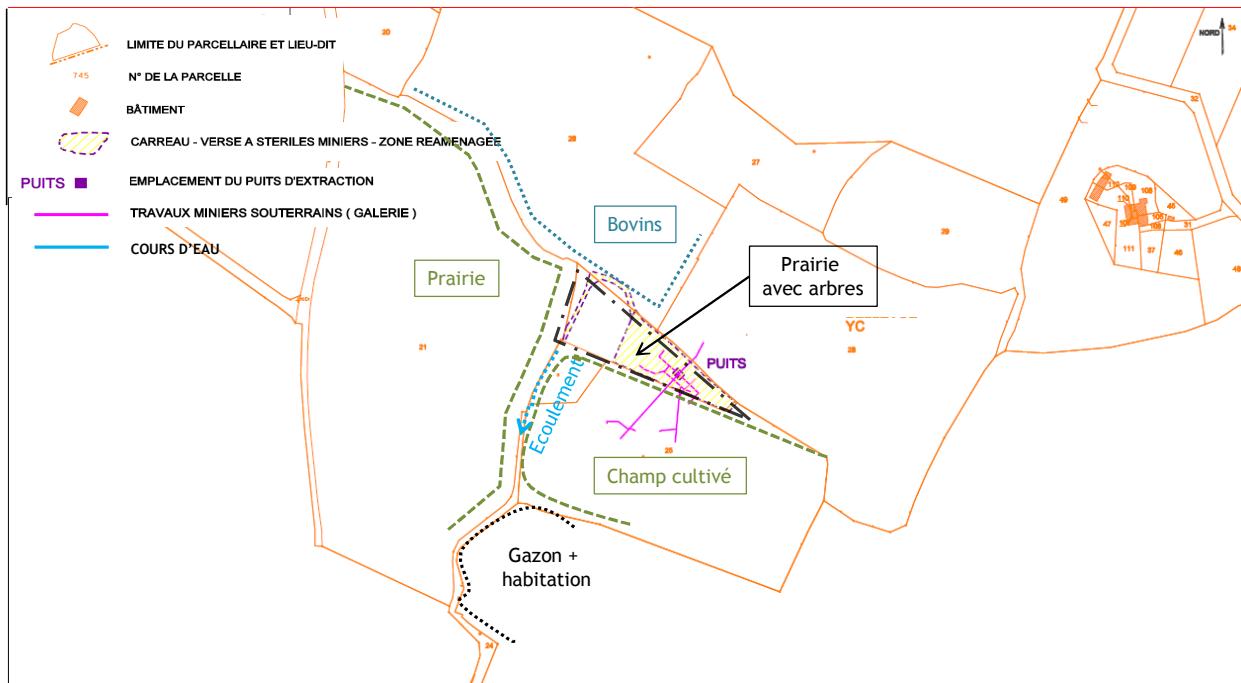


Figure 12 : Usages actuels du site de L'Émentruère (avec situation des travaux miniers sur fonds cadastral issue du BE d'AREVA Mines [2])



Figure 13 : Écoulement d'eau observé par l'IRSN au niveau du site de L'Émentruère

#### Observations concernant la situation radiologique

Dans le cadre de la réalisation de son BE [2], AREVA Mines a réalisé un prélèvement d'eau dans le ruisseau qu'elle a repéré et qui prend sa source à l'Ouest du site. Les teneurs en uranium et en radium 226 dans la fraction dissoute de l'échantillon étaient inférieure à  $1 \mu\text{g.L}^{-1}$  et égale à  $50 \text{ mBq.L}^{-1}$  respectivement. Ces valeurs sont de l'ordre de celles généralement observées pour des eaux de surface hors influence minière dans des contextes géologiques similaires. Au vu de ces résultats, de la faible activité minière passée et étant donné que les contrôles de second niveau n'ont pas vocation à dupliquer de manière systématique les mesures effectuées par AREVA

Mines, l'IRSN n'a procédé, à l'occasion de sa visite de terrain et conformément au programme prévisionnel (cf. annexe 1), à des analyses ni de l'eau du ruisseau susmentionné ni de sédiments dans l'environnement proche du site. Il est toutefois rappelé que l'IRSN a analysé de l'eau de la rivière La Grande Maine prélevée à l'aval des trois sites des Herbiers (La Goriandière, l'Édrillière et l'Émentruère)), qui ne montre pas d'impact de l'ensemble des sites à l'aval éloigné (cf. § 5.2).

#### **Observations concernant les usages actuels et proposition d'investigations complémentaires**

AREVA Mines indique dans son BE [2] des résultats compris dans l'intervalle [250 - 2 000] chocs par seconde au SPP<sub>γ</sub> pour l'ancien carreau minier (bruit de fond local mesuré par AREVA Mines de l'ordre de 80 à 100 chocs par seconde [2]). AREVA Mines ne précise toutefois pas l'étendue des valeurs élevées mesurées. L'IRSN estime que les surfaces concernées par de forts débits de dose devraient être identifiées dans le BE et qu'il convient d'évaluer le besoin d'assainissement de ces zones, selon une démarche homogène à l'échelle du territoire. L'Institut recommande que cette évaluation ainsi que les conclusions qui en découlent, par exemple en termes de décision d'engagement de travaux tels que l'enlèvement de matériaux, soient précisées dans le BE.

#### **5.1.2.4 Site de La Prée**

##### **Observations concernant la situation et les usages actuels du site**

Le site de La Prée se situe à l'Est de la commune de Beaurepaire. La majeure partie des terrains appartient à AREVA Mines et correspond à la station de traitement des eaux, à des prairies et à des champs ; l'autre partie est privée et comporte une verrière stériles et une déchetterie située à côté (cf. Figure 14). L'emprise du site est entourée par des haies de bocage et des clôtures en fils de fer pour les bovins présents sur les prairies ; le portail d'accès au site est cadenassé. La station de traitement des eaux est quant à elle grillagée sur son pourtour et possède également un portail d'accès fermé à clé. Un affichage signale l'ancien site minier sur les deux portails.

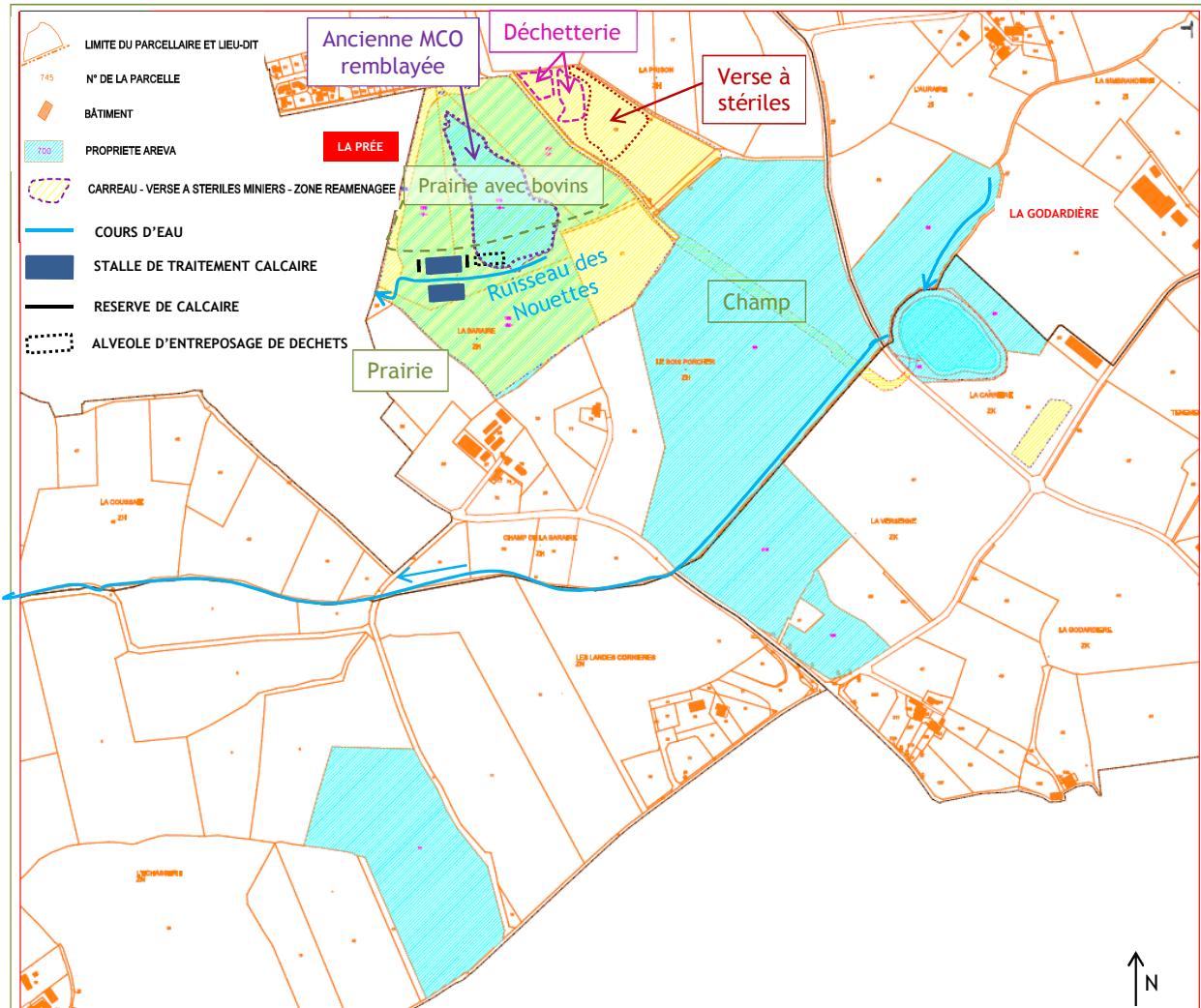


Figure 14 : Usages actuels du site de La Prée (avec situation des travaux miniers sur fonds cadastral issue du BE d'AREVA Mines [2])

L'installation, en 2000 sur l'ancien carreau minier, de la station de traitement des eaux du site fait suite à la mort en 1998 de nombreux poissons dans l'étang de la Coussaie situé à l'aval hydraulique du site, en lien avec une problématique de pH faible avec teneur élevée notamment en aluminium dans les eaux alimentant l'étang. Selon AREVA Mines, la présence excessive d'aluminium, associée à une faible valeur de pH, est liée à la présence de sulfures dispersés en petite quantité dans les gneiss du secteur qui constituent l'encaissant de cette minéralisation [2]. L'oxydation de ces sulfures des roches de remblayage de l'ancienne 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 (alumino-silicates (feldspaths, micas)) [2].

Le traitement des eaux du site est un traitement passif mettant en œuvre des drains calcaires (successivement dans deux stalles) (cf. Figure 15). Lors de la visite du site par l'IRSN, AREVA Mines a indiqué qu'environ tous les deux ans, le calcaire mis en œuvre est nettoyé, c'est-à-dire sorti des stalles, égoutté puis criblé, ce qui génère une poudre comme déchet. L'arrêté préfectoral n°00-DRCLE/4-38 du 25 janvier 2000 mentionne que « *les boues produites à l'occasion du nettoyage du dispositif de traitement des eaux feront l'objet d'une analyse permettant leur caractérisation. Au regard des résultats, leur affectation finale devra avoir fait l'objet de l'accord préalable de la DRIRE* ». A ce jour, l'IRSN n'a pas connaissance des résultats des analyses menées par AREVA Mines sur ce déchet. En 2011 - 2012, AREVA Mines a pris l'initiative de placer ce déchet dans une alvéole destinée à son

entreposage à proximité immédiate (à l'Est) des stalles de traitement des eaux. La partie de l'alvéole contenant le déchet a été revégétalisée (cf. Figure 16). Lors de la visite de terrain de l'IRSN, du calcaire « sale » se trouvait entreposé dans la partie non comblée de cette alvéole (cf. Figure 16), en attente de son criblage. Celui-ci, initialement prévu par AREVA Mines en 2014, n'avait toujours pas été réalisé lors de la visite de l'IRSN. AREVA Mines a indiqué à l'IRSN que l'échéance était décalée en 2016. Ces différents points ne sont pas abordés par AREVA Mines dans son BE or un éclairage sur les éléments relatifs à la caractérisation et au devenir des résidus issus du traitement sur drains calcaires serait opportun, en vue de leur intégration dans la base de données MIMAUSA.

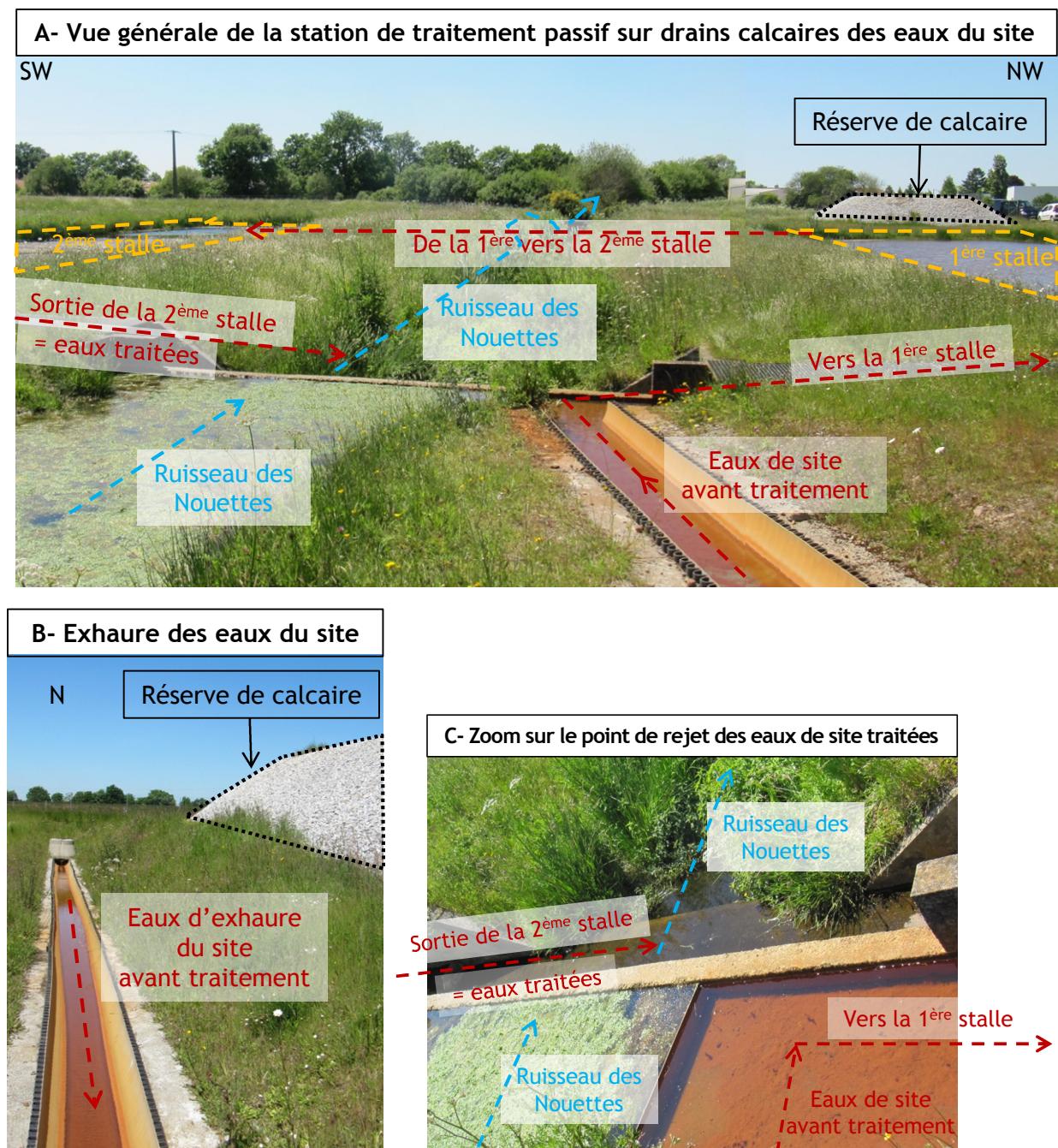


Figure 15 : Vues de la station de traitement sur drains calcaires des eaux du site de La Prée

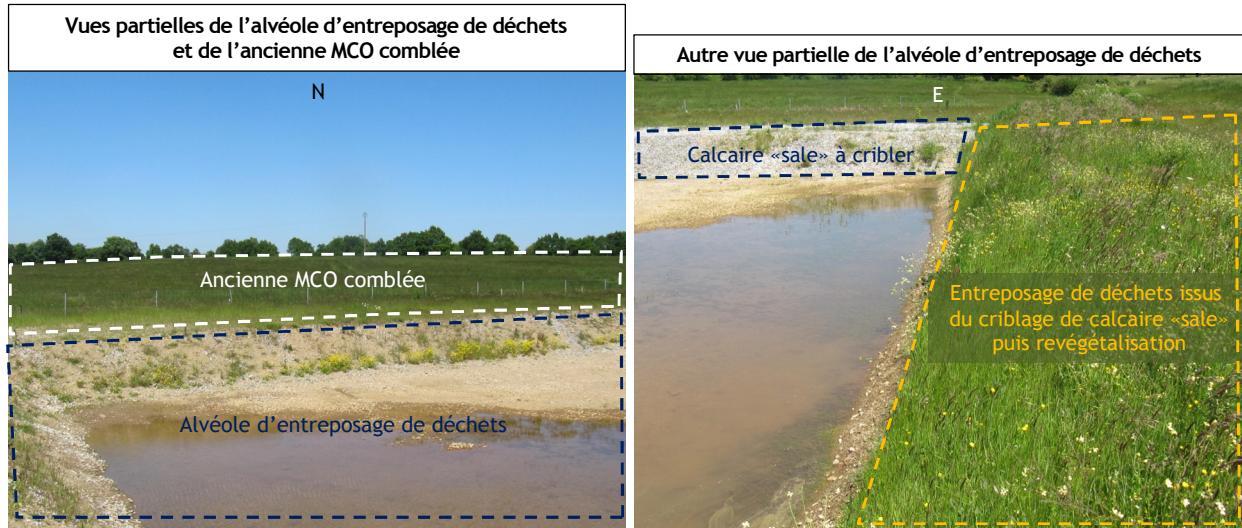


Figure 16 : Vues partielles de l'alvéole d'entreposage de déchets et de l'ancienne MCO comblée du site de La Prée

Le ruisseau des Nouettes s'écoule au Sud de l'ancienne MCO et est le récepteur des eaux de site une fois traitées (cf. vue C de la Figure 15 et Figure 17). Il alimente l'étang de La Coussaie dont la surverse aboutit au ruisseau de la Poisotière, ce dernier se jetant dans la Grande Maine.

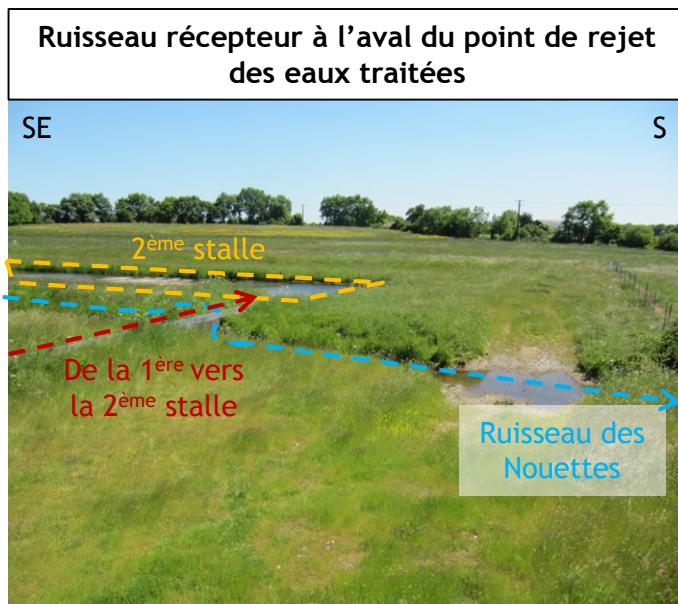


Figure 17 : Ruisseau récepteur des eaux traitées du site de La Prée, à l'aval du point de rejet

#### Observations concernant la situation radiologique

##### Eaux

L'arrêté préfectoral n°00-DRCLE/4-38 prescrit des contrôles de la qualité des eaux du site rejetées dans l'environnement à l'issue de leur traitement et fixe des limites à respecter en termes de gamme de pH ([5,5 - 8,5]), teneur en matières en suspension ( $<30 \text{ mg.L}^{-1}$ ), concentration en aluminium ( $<5 \text{ mg.L}^{-1}$ ) et concentration en fer ( $<5 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Dans ce cadre, AREVA Mines réalise des prélèvements d'eau à l'entrée et à la sortie du traitement par drains calcaires et y effectue notamment des mesures de pH ainsi que des analyses des concentrations en aluminium et fer. Comme attendu, le traitement des eaux conduit à une augmentation de leur pH (en moyenne de

5,8 à 7,1) et à une diminution des concentrations en aluminium et fer (en moyenne de 5,4 mg.L<sup>-1</sup> à <0,17 mg.L<sup>-1</sup> et de 14 mg.L<sup>-1</sup> à <0,12 mg.L<sup>-1</sup> respectivement), pour la période 2001 - 2011 pour laquelle les données étaient disponibles dans le cadre du BE [2].

Lors de sa mission de terrain, l'IRSN a également prélevé des échantillons d'eau à l'entrée et à la sortie du traitement par drains calcaires et y a réalisé notamment des mesures de pH ainsi que des analyses des teneurs en aluminium, fer, sulfates, uranium et radium 226 (cf. résultats dans le Tableau 2 ci-après et dans le Tableau 2 de l'annexe 3).

**Tableau 2 : Résultats des mesures *in situ* de pH et des analyses chimiques (aluminium, fer et sulfates) effectuées par l'IRSN sur la fraction totale des échantillons d'eau prélevés à l'entrée et à la sortie du traitement par drains calcaires des eaux du site de La Prée**

Nom de l'échantillon	Caractéristiques	pH	Concentration en aluminium [mg.L <sup>-1</sup> ]	Concentration en fer [mg.L <sup>-1</sup> ]	Concentration en sulfates [mg.L <sup>-1</sup> ]
PRE_FOS AM	Fossé d'écoulement des eaux du site de La Prée, en amont des drains calcaires	6,0	3,6 ± 0,18	20 ± 1	368 ± 37
PRE_FOS AV	Fossé d'écoulement des eaux du site de La Prée, en sortie des drains calcaires	7,6	0,035 ± 0,011	0,039 ± 0,012	351 ± 35

Les résultats obtenus par l'IRSN sont cohérents avec ceux indiqués par AREVA Mines et conduisent à des observations similaires en termes d'efficacité du traitement des eaux sur les valeurs du pH et les teneurs en aluminium et en fer. Les teneurs en sulfates mesurées sont représentatives d'eaux percolant à travers des roches riches en sulfures (pyrites) et ne sont pas sensibles au traitement passif sur drains calcaires.

Les résultats d'analyse radiologique de la fraction totale des échantillons prélevés par l'IRSN indiquent une concentration en uranium égale à 107 ± 11 µg.L<sup>-1</sup> et une activité en radium 226 égale à 120 ± 29 mBq.L<sup>-1</sup> pour l'échantillon prélevé à l'amont des drains calcaires et une concentration en uranium égale à 87 ± 9 µg.L<sup>-1</sup> et une activité en radium 226 égale à 15 ± 9 mBq.L<sup>-1</sup> pour l'échantillon prélevé à la sortie des drains calcaires. Les résultats de l'IRSN montrent un marquage en uranium des eaux issues du site (après leur traitement sur drains calcaires) ; la teneur en radium 226 des eaux à la sortie des drains calcaires est quant à elle comparable à celles généralement observées pour des eaux de surface hors influence minière (quelques dizaines de mBq.L<sup>-1</sup>).

Par ailleurs, il est observé une diminution significative de la teneur en radium entre l'entrée et la sortie des drains calcaires, contrairement à celle de l'uranium. L'IRSN rappelle que le traitement par drains calcaires a été mis en œuvre pour neutraliser le pH acide des eaux du site et réduire les teneurs en aluminium et fer dissous. La dissolution des calcaires (calcite CaCO<sub>3</sub>) induit la libération d'ions calcium Ca<sup>2+</sup> et d'hydrogénocarbonates HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> en solution, ce qui engendre une augmentation de pH entraînant la précipitation de fer et d'aluminium sous forme d'hydroxydes (Fe(OH)<sub>3</sub> et Al(OH)<sub>3</sub>). Ces sous-produits constituent des pièges efficaces pour les métaux, et en particulier l'uranium et le radium [17]. Néanmoins, ces mécanismes de piégeage sont très dépendants de la composition chimique des eaux et des conditions environnementales (pH, conditions oxydantes ou réductrices). Dans le cas du site de La Prée, les ions Ca<sup>2+</sup> et HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, présents en quantités importantes, peuvent facilement complexer l'uranium sous forme de Ca<sub>2</sub>(UO<sub>2</sub>)(CO<sub>3</sub>)<sup>2-</sup> [18]. Cette forme chimique d'uranium est plus stable que l'uranium fixé sur des phases minérales telles que les hydroxydes de fer ou d'aluminium. Cette complexation de

l'uranium dissout dans l'eau pourrait expliquer la présence d'uranium dans les eaux à la sortie des drains calcaires à des teneurs quasiment équivalentes aux teneurs en entrée de station. Contrairement au cas de l'uranium, la diminution des teneurs en radium 226 entre l'entrée et la sortie des drains calcaires pourrait être liée à son piégeage sur les hydroxydes de fer en lien avec l'augmentation du pH [19]. Cette augmentation du pH (de 6,0 à 7,6) lors du traitement par drains calcaires serait dans ce cas le principal paramètre contrôlant la rétention du radium 226 dans les drains.

AREVA Mines réalise annuellement des prélèvements d'eau dans le ruisseau des Nouettes, à l'aval hydraulique de la station de traitement par drains calcaires (cf. Figure 4 de l'annexe 1). Pour la période 2001 - 2011 pour laquelle les données étaient disponibles dans le cadre du BE [2], les teneurs en uranium et en radium 226 dans la fraction dissoute des échantillons étaient comprises respectivement dans les intervalles  $[52 - 175] \mu\text{g.L}^{-1}$  et  $[<20 - 440] \text{ mBq.L}^{-1}$ . La concentration en uranium tendait globalement à diminuer sur la période, tandis que l'activité du radium 226 fluctuait peu autour de  $<40 \text{ mBq.L}^{-1}$  en dehors de la teneur maximale ( $440 \text{ mBq.L}^{-1}$ ) mesurée une année. Lors de la mission de terrain de l'IRSN, aucun écoulement du ruisseau des Nouettes ne rejoignait les eaux de site traitées rejetées dans l'environnement. Par conséquent, l'IRSN n'a pas prélevé d'échantillon d'eau dans le ruisseau des Nouettes en plus de celui prélevé à la sortie des drains calcaires mentionné ci-dessus. Les résultats de l'IRSN pour ce dernier sont cohérents avec ceux rapportés par AREVA Mines dans son BE [2] pour la fraction dissoute au point aval de la station de traitement.

Des analyses d'eaux prélevées à l'aval des deux sites de Beaurepaire (La Prée et La Godardière), d'une part dans le ruisseau de la Poisotière, d'autre part dans la rivière La Grande Maine, ont également été réalisées par l'IRSN (cf. § 5.2 du présent rapport).

### Sédiments

AREVA Mines a réalisé des prélèvements de sédiment dans les ruisseaux des Nouettes et de La Poisotière, à l'aval hydraulique du site de La Prée (cf. Figure 4 de l'annexe 1), entre 1996 et 1999, c'est-à-dire avant la mise en service de la station de traitement des eaux du site par drains calcaires. Afin de caractériser radiologiquement les sédiments (potentiellement) sous influence du site après la mise en fonctionnement de la station de traitement des eaux, l'IRSN a prélevé, lors de sa mission de terrain, des sédiments dans des plans d'eau situés à l'aval du site ainsi qu'à l'amont des deux sites de Beaurepaire (La Prée et La Godardière). L'activité massique de l' $^{238}\text{U}$  (assimilée à celle du  $^{234}\text{Pa}$  ou du  $^{234}\text{Th}$ ) est de  $170 \pm 90 \text{ Bq.(kg m.s.)}^{-1}$  pour le point amont et de  $790 \pm 140 \text{ Bq.(kg m.s.)}^{-1}$  pour le point aval (cf. Tableaux 3 des annexes 2 et 3 respectivement). L'activité massique du  $^{226}\text{Ra}$  (assimilée à celle du  $^{214}\text{Pb}$ ) est de  $285 \pm 26 \text{ Bq.(kg m.s.)}^{-1}$  pour le point amont et de  $411 \pm 36 \text{ Bq.(kg m.s.)}^{-1}$  pour le point aval (cf. Tableaux 3 des annexes 2 et 3 respectivement). Ces résultats mettent en évidence une incidence du site sur la qualité radiologique des sédiments à l'aval notamment au vu de l'activité massique de l' $^{238}\text{U}$ . Cet impact avait été observé par AREVA Mines sur les sédiments des ruisseaux des Nouettes et de La Poisotière avant la mise en service de la station de traitement des eaux (activités massiques de l' $^{238}\text{U}$  et du  $^{226}\text{Ra}$  comprises respectivement dans les intervalles  $[408 - 2\,262] \text{ Bq.(kg m.s.)}^{-1}$  et  $[30 - 1\,180] \text{ Bq.(kg m.s.)}^{-1}$ .

#### **Observations concernant les usages actuels et proposition d'investigations complémentaires**

L'IRSN estime que la caractérisation du marquage observé dans les eaux du ruisseau des Nouettes à l'aval du site ainsi que des usages de ces eaux mériterait d'être approfondie, compte tenu des niveaux mesurés (concentrations en uranium de l'ordre de  $90 \mu\text{g.L}^{-1}$  à mettre en regard du bruit de fond de l'ordre de  $1 \mu\text{g.L}^{-1}$  et de la valeur guide de  $30 \mu\text{g.L}^{-1}$  recommandée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) pour les eaux de boisson) et de la proximité immédiate de zones pavillonnaires, afin d'apprecier la compatibilité entre les usages et les caractéristiques radiologiques de l'eau de ce ruisseau et le cas échéant de prévenir tout usage inapproprié de cette eau.

#### **5.1.2.5 La Godardière**

##### **Observations concernant la situation et les usages actuels du site**

Le site de La Godardière se situe à l'Est de la commune de Beaurepaire et du site de La Prée. Une partie des terrains est privée, l'autre (dont la MCO) appartient à AREVA Mines. La MCO est en eau (cf. Figure 18). Lors de sa visite, l'IRSN a repéré le ruisseau alimentant la MCO ainsi que l'écoulement constituant la surverse de cette dernière (cf. Figure 18 et Figure 19). Le ruisseau à l'aval de la MCO se jette dans le ruisseau de La Poisotière qui se jette lui-même dans la rivière La Grande Maine. La MCO est entourée d'une prairie de 5 m à 10 m de large, sur laquelle étaient présentes des chèvres lors de la visite de l'IRSN (cf. Figure 20). Des incertitudes persistent sur leur présence permanente dans cette zone. L'ensemble constitué de la MCO et de la prairie l'entourant est clôturé avec un grillage et le portail d'accès est fermé à clé. Aucun affichage lié à un risque quelconque ou à une interdiction d'accès n'a été vu par l'IRSN lors de sa visite de terrain.

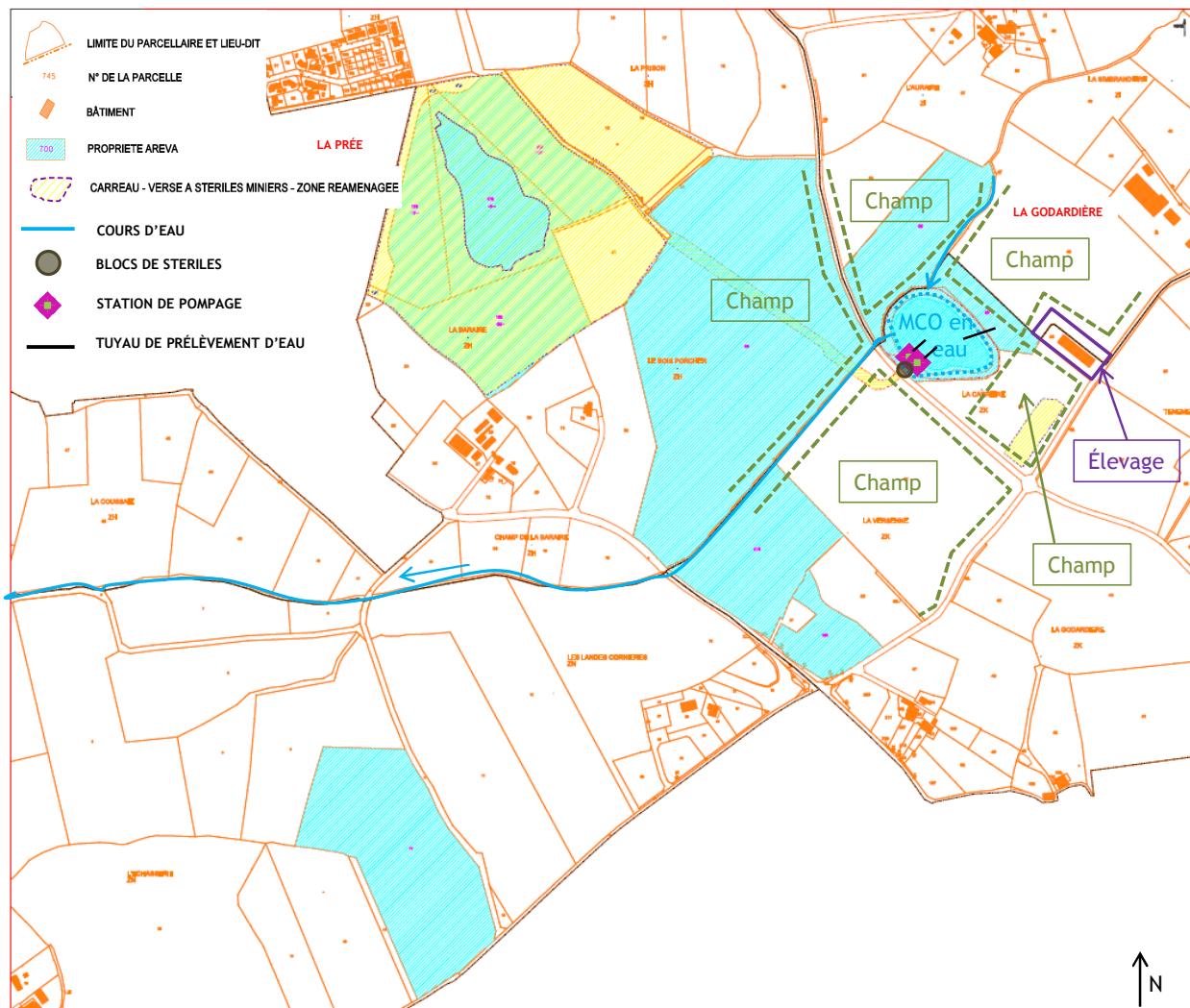


Figure 18 : Usages actuels du site de La Godardière (avec situation des travaux miniers des sites de La Prée et de La Godardière sur fonds cadastral, issue du BE d'AREVA Mines [2])

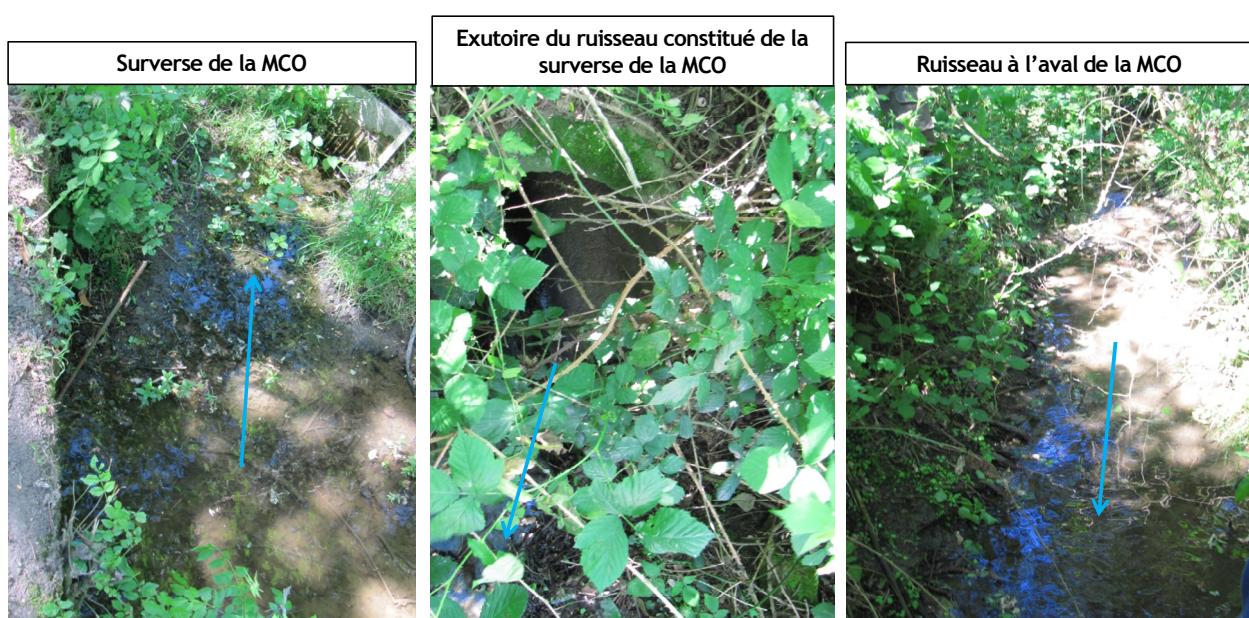


Figure 19 : Ecoulements constituant la surverse de la MCO du site de La Godardière



Figure 20 : Prairie entourant la MCO en eau du site de La Godardi  re

La MCO et les terrains environnant ont une vocation agricole (cultures, élevage et réserve d'eau pour l'irrigation et le nettoyage d'une exploitation d'élevage) ou n'ont pas d'usage clairement défini (prairie sur laquelle peuvent être présentes des chèvres autour de la MCO) (cf. Figure 18). La MCO est équipée d'une station de pompage destinée  l'irrigation de cultures (essentiellement du maïs) et comprenant deux lignes de prélèvement (cf. Figure 18 et Figure 21). Lors de sa visite de terrain, l'IRSN a noté la présence d'une troisième ligne de prélèvement d'eau, dans la partie Est-Nord-Est de la MCO (cf. Figure 18 et Figure 22). Ce prélèvement est destiné au lavage des locaux de l'exploitation d'élevage située  proximité (cf. Figure 18 et Figure 22).



Figure 21 : Lignes de prélèvement de la station de pompage de l'eau de la MCO du site de La Godardi  re

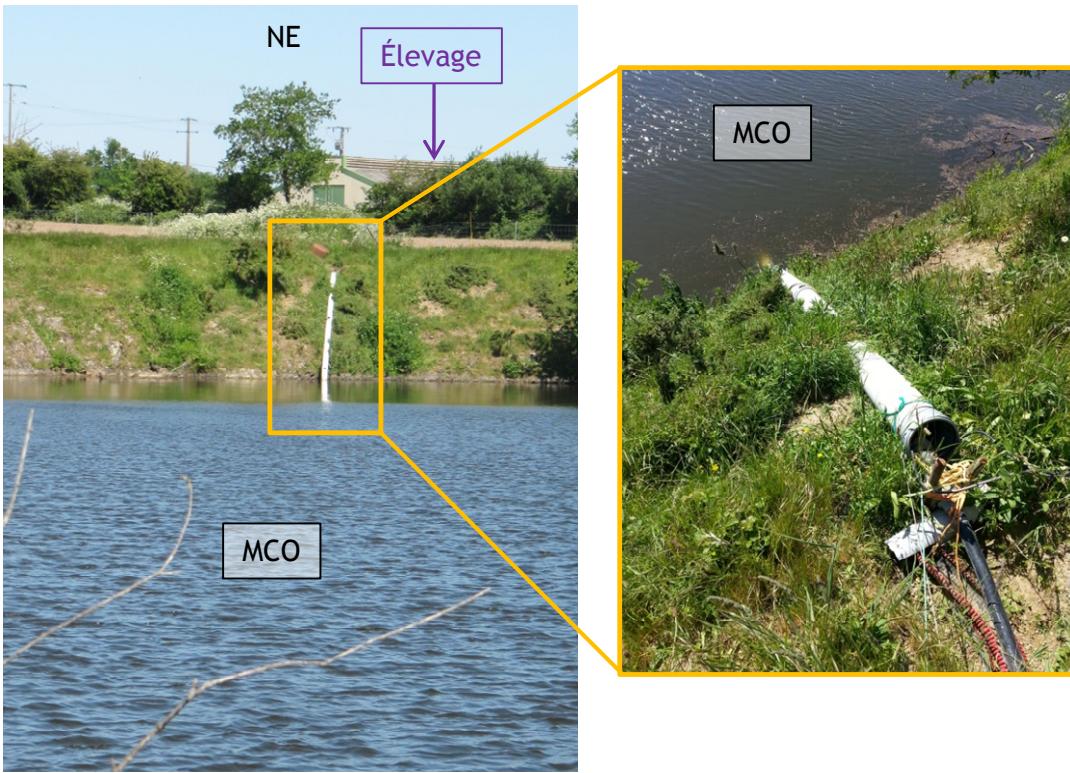


Figure 22 : 3<sup>ème</sup> ligne de prélèvement de l'eau de la MCO du site de La Godardière

Lors de sa visite de terrain, l'IRSN a repéré un tas de blocs de stériles envahis par des friches, à proximité de l'entrée de l'enceinte de la MCO, à l'extérieur de celle-ci (cf. Figure 18 et Figure 23). La présence de ces stériles n'est pas mentionnée dans le BE d'AREVA Mines. Ceux-ci ont toutefois été identifiés lors de la vérification au sol, effectuée en 2013 par AREVA Mines, au niveau des zones singulières (résultats de mesure supérieurs au bruit de fond naturel local) mises en évidence lors du survol aérien des lieux potentiels de réutilisation de stériles miniers, réalisé en 2010 par AREVA Mines.



**Figure 23 : Tas de blocs de stériles observé à proximité de l'entrée de la MCO du site de La Godardière**

## Observations concernant la situation radiologique

### Eaux

Entre 2001 et 2011, AREVA Mines a procédé à des analyses de l'eau de la MCO. Les teneurs en uranium 238 et en radium 226 dans la fraction dissoute des échantillons étaient respectivement comprises dans les intervalles [13 - 90 µg.L<sup>-1</sup>] et [50 - 200 mBq.L<sup>-1</sup>]. Aucune tendance de variation des teneurs dans le temps ne se dégage clairement. Lors de sa mission de terrain, l'IRSN a également prélevé un échantillon d'eau de la MCO. Les résultats d'analyse montent une concentration en uranium égale à  $8,9 \pm 0,9 \mu\text{g.L}^{-1}$  dans la fraction dissoute et égale à  $0,70 \pm 0,07 \mu\text{g.L}^{-1}$  dans la fraction particulaire et une activité en radium 226 égale à  $50 \pm 18 \text{ mBq.L}^{-1}$  dans la fraction dissoute et égale à  $30 \pm 8 \text{ mBq.L}^{-1}$  dans la fraction particulaire (cf. Tableau 2 de l'annexe 3). Les résultats de l'IRSN sont cohérents avec ceux rapportés par AREVA Mines dans son BE [2] pour la fraction dissoute.

Dans le cadre de la réalisation de son BE [2], AREVA Mines a réalisé un prélèvement d'eau dans le ruisseau alimenté à 100% par la surverse de la MCO. Les teneurs en uranium et en radium 226 dans la fraction dissoute de l'échantillon étaient de  $3 \mu\text{g.L}^{-1}$  et  $140 \text{ mBq.L}^{-1}$  respectivement. Lors de sa mission de terrain, l'IRSN a également prélevé un échantillon d'eau dans ce ruisseau à l'aval de la MCO. Les résultats d'analyse de la fraction totale de cet échantillon indiquent une concentration en uranium égale à  $5,6 \pm 0,6 \mu\text{g.L}^{-1}$ , ce qui est un peu plus élevé que celles généralement observées pour des eaux de surface hors influence minière ( $\sim 1 \mu\text{g.L}^{-1}$ ), et une activité en radium 226 égale à  $65 \pm 42 \text{ mBq.L}^{-1}$ , c'est-à-dire de l'ordre de grandeur de celles généralement observées pour des eaux de surface hors influence minière (de l'ordre de quelques dizaines de  $\text{mBq.L}^{-1}$ ). Les teneurs en uranium et en radium 226 dans ce ruisseau constitué de la surverse de la MCO sont légèrement inférieures à celles mesurées dans les eaux de la MCO, ce qui témoigne d'une diminution des teneurs en s'éloignant vers l'aval du site. De même, l'IRSN note que le pH particulièrement élevé au niveau de la MCO (10,3) diminue en s'éloignant vers l'aval (pH de 9,3 au niveau de la surverse de la MCO, de 8,2 au niveau du point de prélèvement dans le ruisseau à l'aval proche de la MCO et de 7,4 dans le ruisseau à l'aval plus éloigné de la MCO). L'IRSN ne possède pas d'éléments d'explication de ces valeurs élevées de pH.

Des analyses d'eaux prélevées à l'aval des deux sites de Beaurepaire (La Prée et La Godardiére), d'une part dans le ruisseau de la Poisotière, d'autre part dans la rivière La Grande Maine, ont également été réalisées par l'IRSN (cf. § 5.2).

### Sédiments et sols

Entre 1996 et 1999 c'est-à-dire avant la mise en service de la station de traitement des eaux du site de La Godardiére, AREVA Mines a réalisé des analyses de sédiments prélevés dans le ruisseau de La Poisotière à l'aval des deux sites de Beaurepaire (La Prée et La Godardiére) (cf. § 5.2). En l'absence de plan d'eau à l'aval hydraulique du site de La Godardiére, l'IRSN n'a pas prélevé, lors de sa mission de terrain, de sédiments (potentiellement) sous influence du site.

Par contre, lors de sa mission de terrain, l'IRSN a prélevé des terres agricoles irriguées avec l'eau de la MCO, situées à proximité immédiate de celle-ci au Nord - Ouest ( coordonnées Lambert 93 : X = 390240.3 et Y = 6653306.4), ainsi qu'un sol *a priori* non irrigué avec cette eau, situé au Sud - Ouest de la MCO ( coordonnées Lambert 93 : X = 390279.4 et Y = 6653202.2). L'activité massique de l'<sup>238</sup>U (assimilée à celle du <sup>234m</sup>Pa) est de  $360 \pm 100 \text{ Bq.(kg m.s.)}^{-1}$  pour le sol irrigué avec l'eau de la MCO et de  $630 \pm 120 \text{ Bq.(kg m.s.)}^{-1}$  pour le sol *a priori*

non irrigué avec cette eau (cf. Tableaux 3 des annexes 3 et 2 respectivement). L'activité massique du  $^{226}\text{Ra}$  (assimilée à celle du  $^{214}\text{Pb}$ ) est de  $508 \pm 45 \text{ Bq}(\text{kg m.s.})^{-1}$  pour le sol irrigué avec l'eau de la MCO et de  $770 \pm 70 \text{ Bq}(\text{kg m.s.})^{-1}$  pour le sol *a priori* non irrigué avec cette eau (cf. Tableaux 3 des annexes 3 et 2 respectivement). Des incertitudes subsistent sur l'absence réelle de pratique d'irrigation avec l'eau de la MCO du sol agricole dit « *a priori* non irrigué » avec cette eau : les niveaux d'activité massique mesurés dans cet échantillon tendraient à montrer une légère influence du site certainement due à une pratique d'irrigation avec l'eau de la MCO. Quant aux teneurs dans le sol irrigué avec l'eau de la MCO, elles sont supérieures à celles du sol agricole non irrigué par l'eau de la MCO SE du site de Poitou - La Gabrielle qui peut servir de référence.

#### **Observations concernant les usages actuels et proposition d'investigations complémentaires**

Sur la base de l'évaluation conduite par l'IRSN pour un autre site minier, les teneurs en uranium et en radium 226 observées dans les eaux de la MCO du site de La Godardière ne mettent pas en évidence d'incompatibilité entre les caractéristiques radiologiques de ces eaux et leur utilisation pour l'irrigation de cultures. L'IRSN encourage toutefois AREVA Mines à poursuivre son auto-surveillance de la qualité radiologique de ces eaux afin de vérifier que les teneurs en uranium et en radium 226 sont stabilisées (ou évoluent à la baisse). De plus, l'IRSN constate que le pH de ces eaux est particulièrement élevé et suggère qu'AREVA Mines fournit des éléments d'explication sur ce point. Par ailleurs, un léger marquage en uranium a été observé dans le ruisseau alimenté à 100% par la surverse de la MCO. Néanmoins, au vu des caractéristiques du ruisseau (faible débit notamment), les valeurs relevées dans les eaux de ce ruisseau ne suscitent pas de commentaire particulier de la part de l'IRSN. Concernant le tas de blocs de stériles situé à proximité de l'entrée de l'enceinte de la MCO, côté extérieur, l'IRSN considère qu'il conviendrait de le signaler dans le BE. Enfin, l'IRSN n'a pas observé d'affichage relatif à la présence d'une MCO et suggère que celui-ci soit (re)mis en place ou amélioré.

## **5.2 IMPACT DES ANCIENS SITES MINIERS DE VENDEE SUR LA RIVIERE LA GRANDE MAINE ET LE RUISSAU DE LA POISOTIERE EN CHAMP ELOIGNE DES SITES**

### **Eaux**

AREVA Mines n'a pas effectué d'analyse d'eaux prélevées en champ aval éloigné des anciens sites miniers de Vendée. Lors de sa mission de terrain, l'IRSN a réalisé des prélèvements d'eau :

- dans le ruisseau de la Poisotière (sous-bassin versant de la rivière La Grande Maine) à l'aval des deux sites de Beaurepaire (La Prée et La Godardière) (échantillon BRP\_RUI AV1, cf. Figure 6 de l'annexe 1) ;
- dans la rivière La Grande Maine à l'aval :
  - o des deux sites de Beaurepaire (La Prée et La Godardière) (échantillon BRP\_RUI AV2, cf. Figure 7 de l'annexe 1) ;
  - o des deux sites de La Goriandière et de l'Édrillière (échantillon HER\_RUI AV1, cf. Figure 5 de l'annexe 1) ;
  - o des trois sites des Herbiers (La Goriandière, l'Édrillière et l'Émentruère) (échantillon HER\_RUI AV2, cf. Figure 5 de l'annexe 1).

Une représentation simplifiée de la localisation des anciens sites miniers de Vendée dans le bassin versant de La Grande Maine et le sous-bassin du ruisseau de La Poisotière, ainsi que des points de prélèvement d'eau et de sédiment en champ éloigné des sites est fournie sur la Figure 24 ci-après.

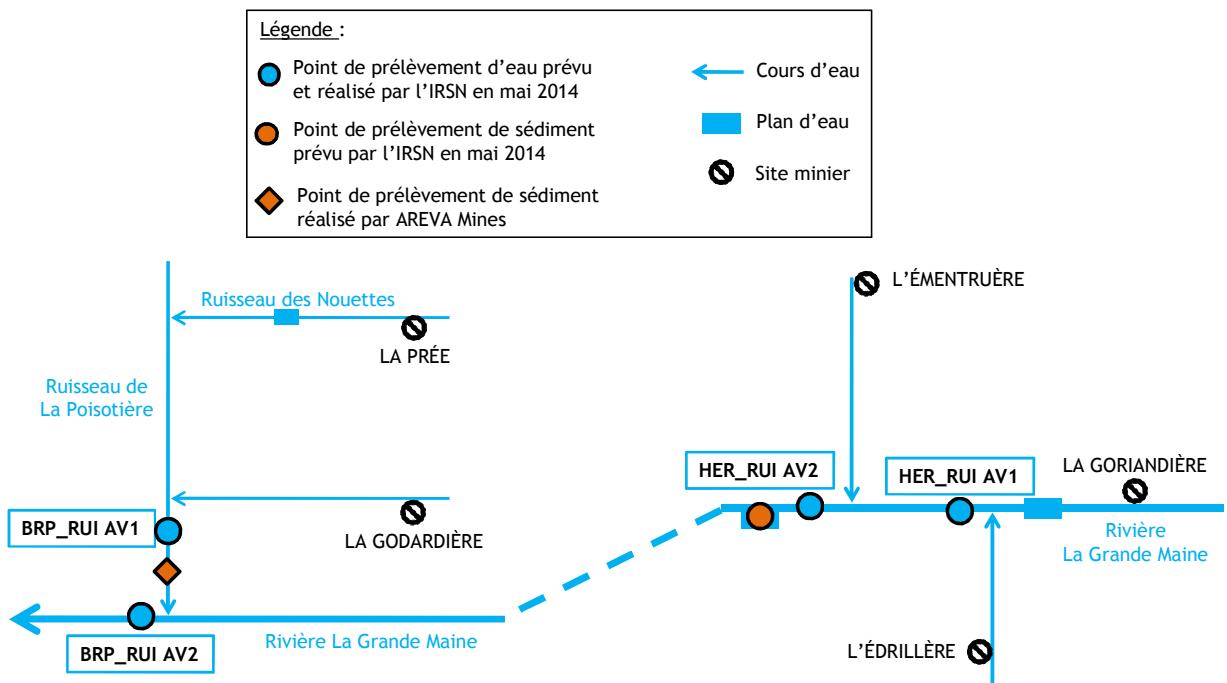


Figure 24 : Localisation des anciens sites miniers de Vendée dans le bassin versant de La Grande Maine et le sous-bassin du ruisseau de La Poisotière, et positionnement des points de prélèvement d'eau et de sédiment en champ éloigné des sites

Les teneurs en uranium et en radium 226 dans la fraction totale des échantillons prélevés à l'aval de deux ou trois sites des Herbiers sont respectivement inférieure à  $1 \mu\text{g.L}^{-1}$  et égale à  $21 \pm 9 \text{ mBq.L}^{-1}$  pour le point à l'aval des deux sites de La Goriandière et de l'Édrillière, et inférieures à  $1 \mu\text{g.L}^{-1}$  et  $13 \text{ mBq.L}^{-1}$  pour le point à l'aval des trois sites des Herbiers (La Goriandière, l'Édrillière et l'Émentruère) (cf. Tableau 2 de l'annexe 3). Ces teneurs sont comparables à celles généralement observées pour des eaux de surface hors influence minière et montrent que le marquage en uranium mis en évidence par l'IRSN dans le ruisseau à l'aval proche du site de L'Édrillière (cf. § 5.1.2.2) n'est plus notable en s'éloignant à l'aval du site.

Les teneurs en uranium et en radium 226 dans la fraction totale des échantillons prélevés à l'aval des sites de Beaurepaire sont respectivement égales à  $4,1 \pm 0,4 \mu\text{g.L}^{-1}$  et  $17 \pm 7 \text{ mBq.L}^{-1}$  pour le point de prélèvement dans le ruisseau de La Poisotière, et inférieure à  $1 \mu\text{g.L}^{-1}$  et égale à  $8 \pm 6 \text{ mBq.L}^{-1}$  pour le point de prélèvement dans la rivière La Grande Maine (cf. Tableau 2 de l'annexe 3). Les résultats obtenus pour la rivière La Grande Maine sont comparables aux teneurs généralement observées pour des eaux de surface hors influence minière. S'agissant du ruisseau de la Poisotière, la concentration en uranium est un peu plus élevée que celle représentative du milieu naturel non influencé ; au vu de cette concentration et de celle mesurée dans le ruisseau des Nouettes (de l'ordre de  $90 \mu\text{g.L}^{-1}$ ), l'IRSN estime, comme indiqué au chapitre 5.1.2.4, qu'AREVA Mines devrait réaliser un profil de concentration en uranium notamment dans le ruisseau des Nouettes *a minima* lors de sa traversée des zones habitées, et préciser les usages de ces eaux.

## Sédiments

Entre 1996 et 1999, AREVA Mines a analysé des sédiments prélevés dans le ruisseau de la Poisotière à l'aval des deux sites de Beaurepaire (La Prée et La Godardièvre) (cf. Figure 24). Les activités massiques de l'<sup>238</sup>U et du <sup>226</sup>Ra étaient comprises respectivement dans les intervalles [75 - 260] Bq.(kg m.s.)<sup>-1</sup> et [93 - 260] Bq.(kg m.s.)<sup>-1</sup>, ce qui correspond aux valeurs généralement observées dans le milieu naturel non influencé. Lors de sa mission de terrain, l'IRSN n'a pas effectué le prélèvement de sédiment prévu dans un plan d'eau à l'aval des trois sites des Herbiers (La Goriandière, l'Édrillère et l'Émentruère) (cf. Figure 24) car ce plan d'eau s'est révélé ne pas être connecté à la rivière La Grande Maine et aucun plan d'eau de remplacement situé à proximité n'a été identifié sur place.

## **6 CONCLUSION**

L'IRSN a réalisé, du 13 au 15 mai 2014, une mission de terrain sur la plupart des anciens sites miniers d'uranium recensés dans le département de la Vendée. Cette mission, qui s'inscrit dans le cadre du programme MIMAUSA, avait pour objectif la réalisation de contrôles de second niveau sur la base des informations fournies dans le bilan environnemental (BE) produit par AREVA Mines en mars 2013 [2].

Ces contrôles ont été réalisés sur les sites de Poitou - La Gabrielle, La Goriandière, L'Édrillère, l'Émentruère, La Prée et La Godardièvre, principalement en raison des usages connus ou potentiels (utilisation des eaux de MCO), du niveau de caractérisation par AREVA Mines des sites et de leur environnement (eaux, sédiments), ainsi que de l'absence de visite précédente par l'IRSN. Ils ont consisté à vérifier par échantillonnage que la situation radiologique des sites et de leur environnement est conforme à ce qui est présenté dans le BE [2] d'AREVA Mines et à recueillir des informations sur les modifications éventuelles survenues postérieurement à la réalisation du BE [2].

Les observations et résultats de ces contrôles de second niveau effectués par l'IRSN sur des anciens sites miniers de Vendée confirment globalement les informations contenues dans le BE [2] d'AREVA Mines. Afin de mieux rendre compte de certains enjeux en matière de radioprotection, des situations pour lesquelles le niveau de connaissance porté au BE mériterait d'être complété ont néanmoins été identifiées.

Ainsi, il conviendrait d'approfondir la caractérisation du marquage observé dans les eaux du ruisseau des Nouettes à l'aval du site de La Prée, compte tenu des concentrations élevées mesurées dans ces eaux (concentrations en uranium de l'ordre de 90 µg.L<sup>-1</sup>) et de la proximité immédiate de zones pavillonnaires, en tenant compte des usages avérés et potentiels. En outre, il serait opportun que l'IRSN dispose des éléments relatifs à la caractérisation et au devenir des déchets issus du traitement sur drains calcaires des eaux du site, en vue de leur intégration dans la base de données MIMAUSA.

Par ailleurs, AREVA Mines indique dans son BE, sans analyse spécifique ni précision sur l'extension des surfaces concernées, des niveaux d'irradiation jusqu'à vingt fois le bruit de fond naturel local au niveau de l'ancien carreau minier du site de L'Émentruère. En l'état actuel des usages constatés, le risque d'exposition prolongée des personnes est négligeable. Néanmoins, un changement d'usage nécessiterait que ce risque d'exposition soit réévalué et que le cas échéant des mesures de réduction de l'exposition soient engagées.

Enfin, les gammes de teneurs en uranium et en radium 226 mesurées dans les eaux de la mine à ciel ouvert (MCO) du site de La Godardi re (valeurs respectivement comprises dans les intervalles [13 - 90  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ] et [50 - 200  $\text{mBq.L}^{-1}$ ]) attestent de niveaux radiologiques élevés tout en présentant des fluctuations significatives. En première approche, au regard de l'évaluation conduite par l'IRSN pour un autre site minier, ces niveaux ne remettent pas nécessairement en cause l'utilisation de l'eau de la MCO pour l'irrigation de cultures. Il apparaît néanmoins pertinent qu'AREVA Mines poursuive son auto-surveillance de la qualité radiologique de ces eaux, afin de vérifier l'évolution des teneurs en uranium et en radium 226.

## Références

1. DGPR (2009). Circulaire DGPR/SRT/MSNR/SN/2009.132du 22 juillet 2009.
2. AREVA Mines (2013). Bilan environnemental. Sites miniers de Vendée.
3. IRSN (2013). Base MIMAUSA, Mise à jour d'août 2013. Accessible via : <http://mimausabdd.irsn.fr/>
4. Géoportail accessible via : [www.geoportail.gouv.fr](http://www.geoportail.gouv.fr)
5. IRSN (2009). Anciens sites miniers d'uranium d'Aveyron. Résultats de la campagne de contrôles radiologiques d'avril 2009. Rapport DEI/SARG/2009-010.
6. IRSN (2011). Contrôles de second niveau effectués sur les anciens sites miniers de Creuse. Rapport DEI/SARG/2011-07.
7. IRSN (2011). Contrôles de second niveau effectués sur les anciens sites miniers de Corrèze. Rapport DEI/SARG/2011-018.
8. IRSN (2012). Contrôles de second niveau effectués sur les anciens sites miniers du Nord de la Haute-Vienne. Rapport PRP-DGE/2012-010.
9. IRSN (2012). Contrôles de second niveau effectués sur les anciens sites miniers de la Nièvre. Rapport PRP-DGE/2012-008.
10. IRSN (2012). Contrôles de second niveau effectués sur les anciens sites miniers de la Saône et Loire. Rapport PRP-DGE/2012-016.
11. IRSN (2013). Contrôles de second niveau effectués sur les anciens sites miniers de la Lozère. Rapport PRP-DGE/2013-01.
12. IRSN (2014). Contrôles de second niveau effectués sur les anciens sites miniers d'uranium de l'Aveyron. Rapport PRP-DGE/2013-032.
13. IRSN (2014). Contrôles de second niveau effectués sur les anciens sites miniers d'uranium du Maine et Loire. Rapport PRP-DGE/2014-00024.
14. IRSN (2015). Contrôles de second niveau effectués sur les anciens sites miniers des Deux Sèvres. Rapport PRP-DGE/2015-00001.
15. IRSN (2007). Expertise globale du bilan décennal environnemental d'AREVA NC. 2ème partie : impact environnemental à l'échelle des bassins versants et évaluation de la surveillance. Rapport DEI/SARG/2007-042.
16. Topographic map accessible via : [topographic-map.com](http://topographic-map.com)
17. Mishra, S. P. Tiwary D. (1999). Ion exchangers in radioactive waste management. Part XI. Removal of barium and strontium ions from aqueous solutions by hydrous ferric oxide. Applied Radiation and Isotopes. 51, pp. 359 - 366.
18. Bernhard, G., Geipel, G., Brendler, V., Nitsche, H. (1996). Speciation of uranium in seepage waters from a mine tailing pile studied by time-resolved laser-induced fluorescence spectroscopy (TRLFS). Radiochimica Acta, 74, pp. 87 - 91.
19. Bassot, S., Mallet, C., Stammose, D. (2000). Experimental Study and Modeling of the Radium Sorption onto Goethite. Material Research Society Fall Meeting.

## **ANNEXES**

## **ANNEXE 1**

### **Programme prévisionnel des contrôles de second niveau sur les anciens sites miniers de Vendée**

# **1 PROGRAMME PREVISIONNEL**

Une synthèse du programme prévisionnel d'échantillonnage et de mesures par l'IRSN sur les anciens sites miniers de Vendée est présentée dans le tableau ci-dessous.

Sites de Vendée	Visites de contrôle - mai 2014
Poitou - La Gabrielle	<ul style="list-style-type: none"><li>- Demander l'usage des eaux de la MCO SE (produits irrigués).</li><li>- Contrôle des terres irriguées + d'un sol agricole hors influence.</li><li>- Contrôle de l'existence ou non d'une surverse des eaux de la MCO NW jusqu'au ruisseau situé à son Nord.</li><li>- Contrôle des eaux dans les 2 MCO NW et SE + dans le fossé d'écoulement de la MCO SE + dans le ruisseau situé au Nord de la MCO NW (avant confluence avec fossé d'écoulement de la MCO SE) +dans ruisseau à l'aval (après confluence du fossé d'écoulement de la MCO SE et du ruisseau situé au Nord de la MCO NW).</li><li>- Contrôle des eaux du ruisseau de La Planche à l'amont du site.</li><li>- Contrôles des sédiments à l'amont et à l'aval du site + dans un plan d'eau proche (pour voir s'il existe des écoulements diffus issus de MCO NW).</li><li>- Contrôle radiamétrique de la verse à stériles + voir s'il existe des eaux de pied de verse + le cas échéant contrôle de ces eaux.</li></ul>
La Goriandière	<ul style="list-style-type: none"><li>- Voir l'aspect extérieur du site (clôture, affichage...).</li><li>- Radiumétrie sur les 2 chemins.</li><li>- Demander/voir l'usage du bassin en béton.</li><li>- Contrôle des eaux du bassin en béton + dans la rivière La Grande Maine à l'aval du site + à l'amont du site dans le ruisseau / la Grande Maine longeant le site.</li><li>- Contrôle des sédiments à l'amont et à l'aval du site.</li><li>- Contrôle des eaux à l'aval total des 2 sites La Goriandière et l'Édrillère.</li><li>- Contrôles des eaux et des sédiments à l'aval total des 3 sites des Herbiers (La Goriandière, l'Édrillère, L'Émentruère).</li></ul>
L'Édrillère	<ul style="list-style-type: none"><li>- Voir l'aspect extérieur du site (clôture, affichage...) + l'usage de la parcelle du montage (à l'Est) et des parcelles à proximité de celle-ci (au-dessus des TMS).</li><li>- Radiumétrie sur la parcelle du montage (à l'Est) et à proximité de celle-ci.</li><li>- Contrôle de l'existence d'eaux de pied de verse et contrôle de ces eaux si existence avérée.</li><li>- Contrôle des eaux du ruisseau à l'aval et à l'amont du site.</li><li>- Contrôle des sédiments dans plan d'eau à l'aval et à l'amont du site.</li><li>- Contrôle des eaux à l'aval total des 2 sites La Goriandière et l'Édrillère.</li><li>- Contrôles des eaux et des sédiments à l'aval total des 3 sites des Herbiers (La Goriandière, l'Édrillère, L'Émentruère).</li></ul>
L'Émentruère	<ul style="list-style-type: none"><li>- Voir l'aspect extérieur (clôture, affichage...) + l'usage du site.</li><li>- Contrôle de l'existence de l'écoulement repéré par AREVA Mines en contre-bas du site + voir si d'autres existent comme des eaux de pied de verse (à mesurer éventuellement - à voir sur le terrain).</li><li>- Contrôle radiamétrique sur l'ancien carreau du site (verse).</li><li>- Contrôles des eaux et des sédiments à l'aval total des 3 sites des Herbiers (La Goriandière, l'Édrillère, L'Émentruère).</li></ul>

Sites de Vendée	Visites de contrôle - mai 2014
La Prée	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôle radiamétrique de l'ancienne aire de stockage du minerai + de la verste (vers la déchetterie).</li> <li>- Contrôle de l'existence d'eaux de pied de verste et contrôle de ces eaux si existence avérée.</li> <li>- Contrôle des eaux avant et après traitement sur drain calcaire + dans le ruisseau des Nouettes à l'aval du site.</li> <li>- Contrôles des eaux (1) du ruisseau de la Poisotière et (2) de la Grande Maine à l'amont et à l'aval total des 2 sites de Beaurepaire (La Prée et la Godardiére).</li> <li>- Contrôle des sédiments à l'amont des 2 sites de Beaurepaire (La Prée et la Godardiére) et à l'aval du site La Prée.</li> </ul>
La Godardiére	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Demander l'usage des eaux de la MCO (produits irrigués).</li> <li>- Contrôle des terres irriguées + d'un sol agricole hors influence.</li> <li>- Contrôle des eaux de la MCO + dans le ruisseau à l'aval du site.</li> <li>- Contrôles des eaux (1) de la Grande Maine et (2) du ruisseau de la Poisotière à l'amont et à l'aval total des 2 sites de Beaurepaire (La Prée et la Godardiére).</li> <li>- Contrôle radiamétrique de l'ancienne aire de stockage du minerai + chemin vers La Prée (et autres chemins publics ?).</li> </ul>

## 2 POINTS DE PRELEVEMENT PREVUS

Les points de prélèvement d'eau et de sédiment, prévus par l'IRSN pour sa mission de terrain de mai 2014, sont représentés sur les cartes de la Figure 1 à la Figure 7 pour les différents sites miniers. Les points de prélèvement d'eau et de sédiment réalisés par AREVA Mines y sont également indiqués le cas échéant.

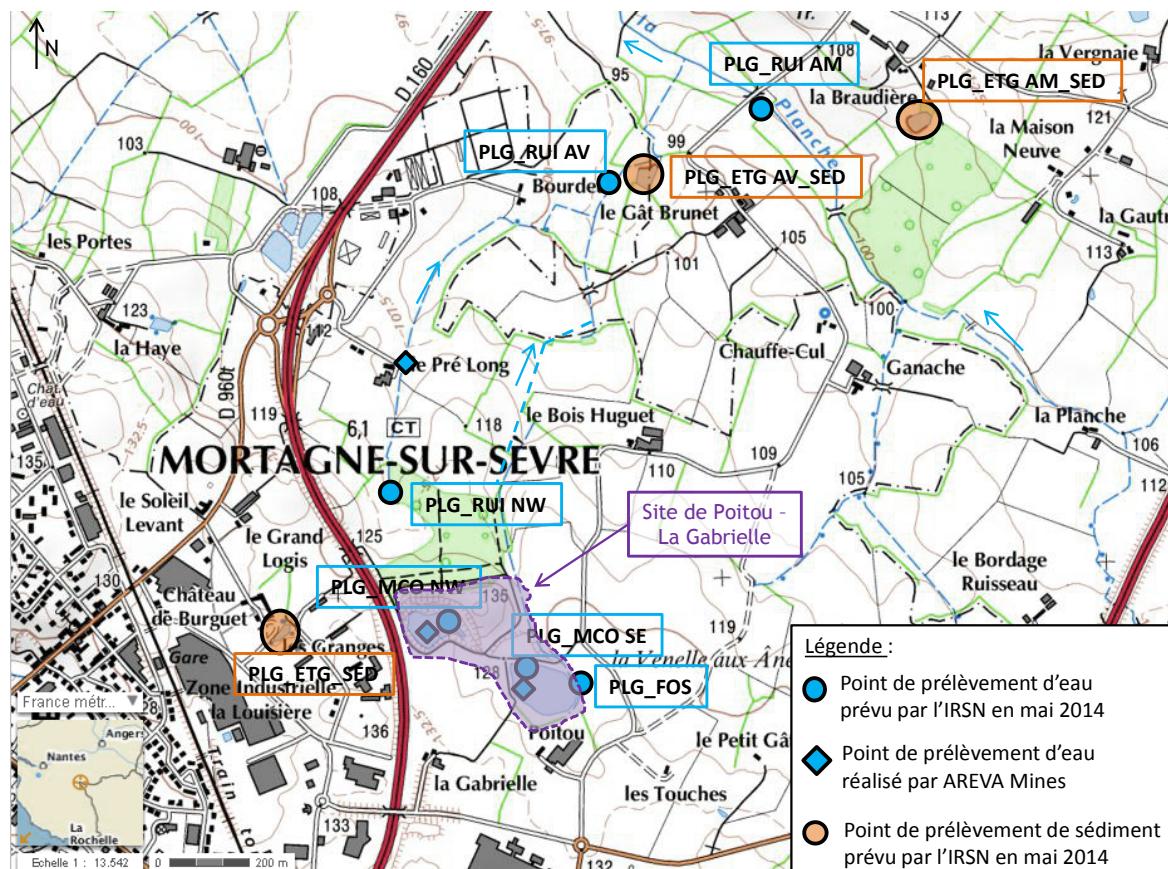


Figure 1 : Localisation des points de prélèvement d'eau et de sédiment prévus par l'IRSN pour le site de Poitou - La Gabrielle (Fonds de carte Géoportail IGN © [4])



Figure 2 : Localisation des points de prélèvement d'eau et de sédiment prévus par l'IRSN pour le site de La Goriandière (Fonds de carte Géoportail IGN © [4])

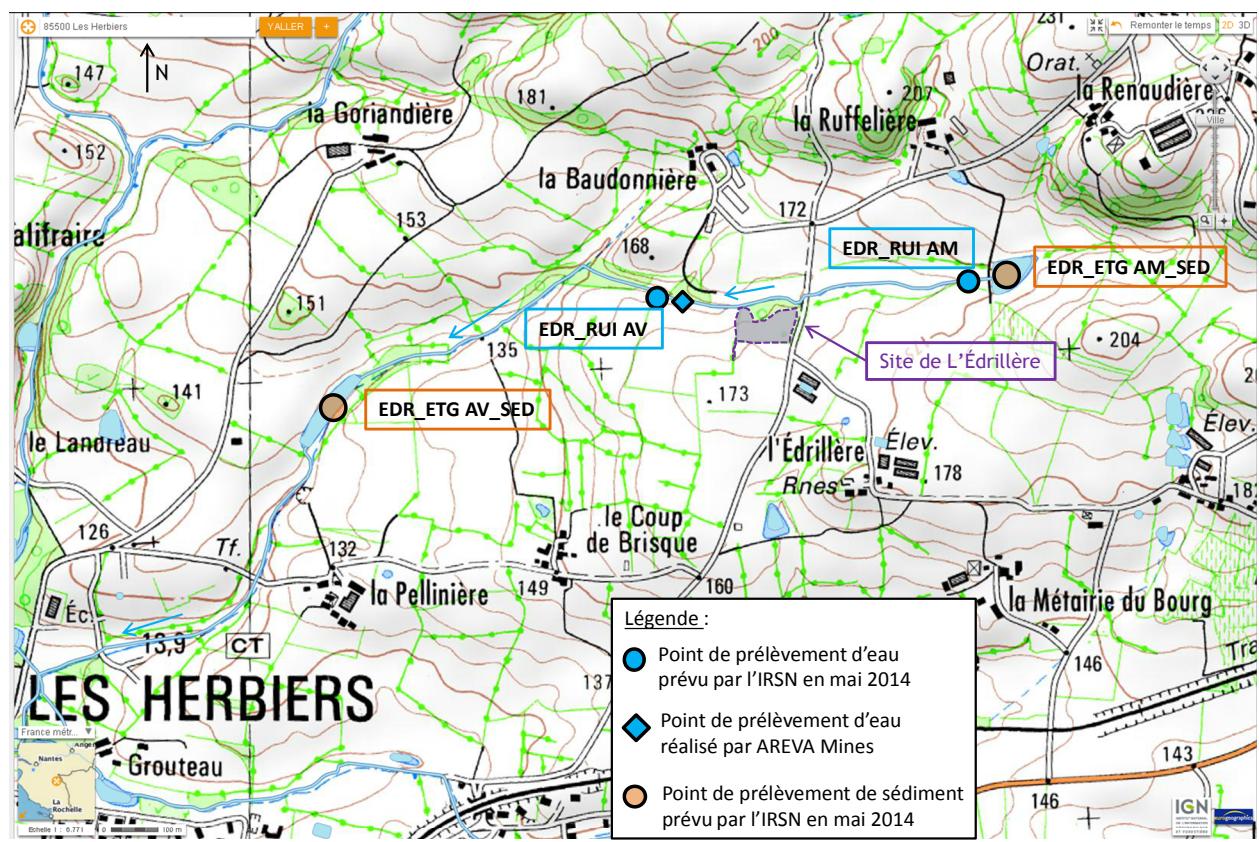


Figure 3 : Localisation des points de prélèvement d'eau et de sédiment prévus par l'IRSN pour le site de L'Édrillère (Fonds de carte Géoportail IGN © [4])

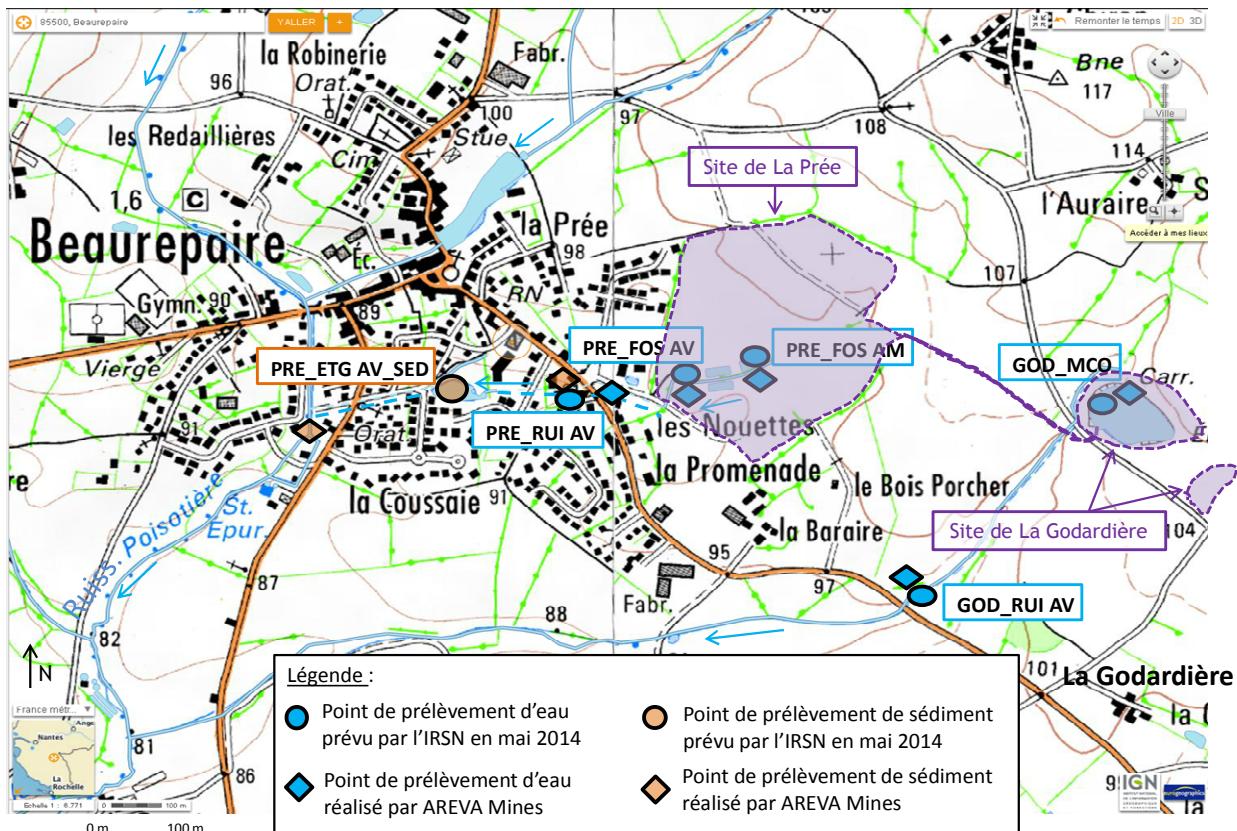


Figure 4 : Localisation des points de prélèvement d'eau et de sédiment prévus par l'IRSN pour les sites de La Prée et de La Godardière (Fonds de carte Géoportail IGN © [4])

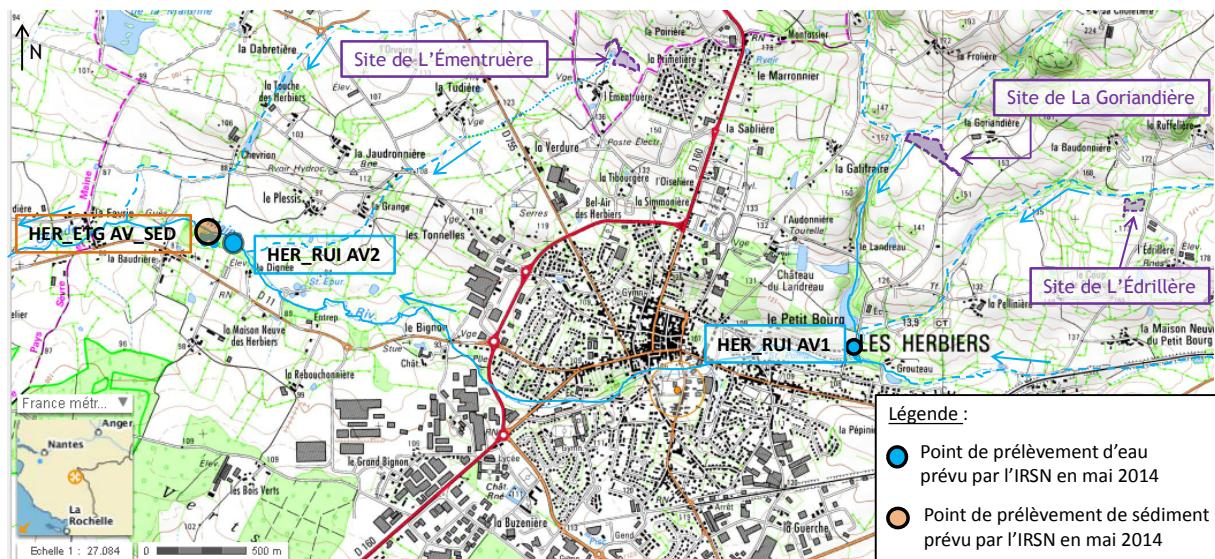


Figure 5 : Localisation des points de prélèvement d'eau et de sédiment prévus par l'IRSN à l'aval de deux ou des trois sites miniers des Herbiers (La Goriandière, L'Édrillière et L'Émentruère) (Fonds de carte Géoportail IGN © [4])

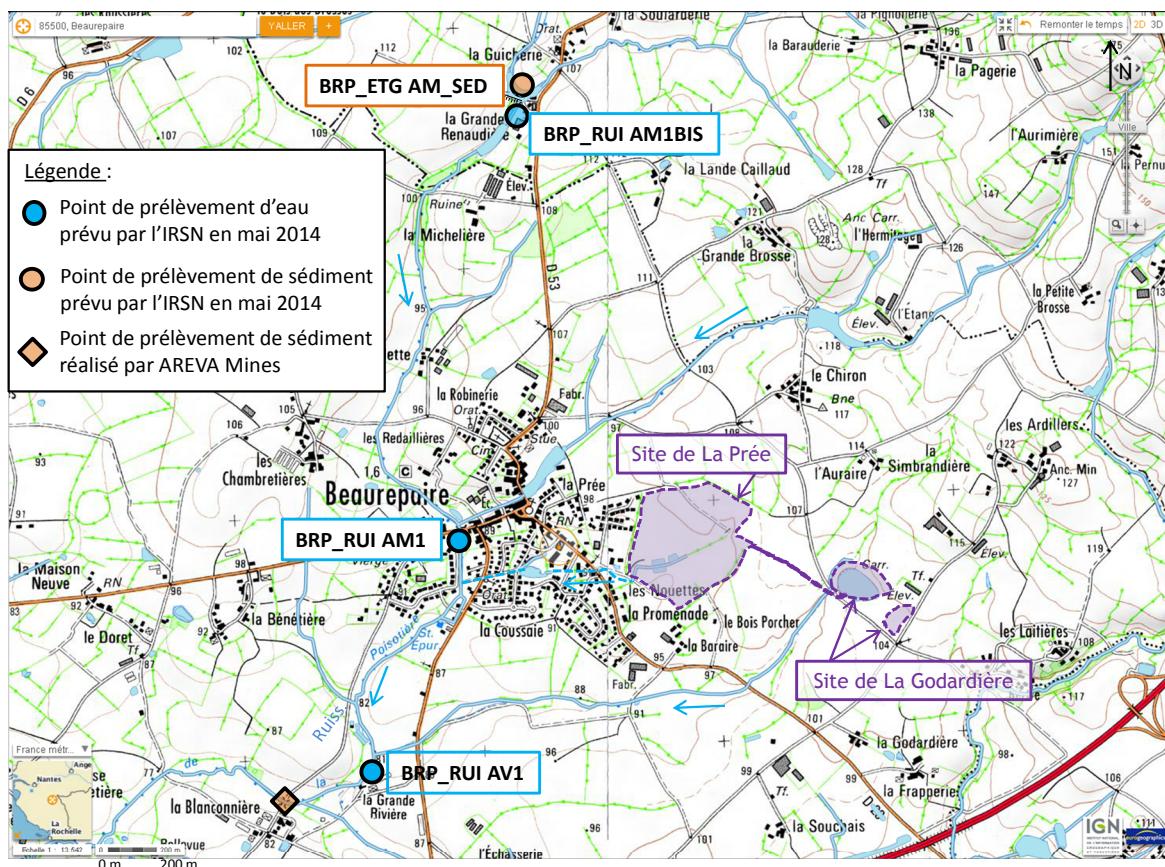


Figure 6 : Localisation des points de prélèvement d'eau et de sédiment prévus par l'IRSN à l'amont et à l'aval « proches » de l'ensemble des deux sites miniers de Beaurepaire (La Prée et La Godardière) (Fonds de carte Géoportail IGN © [4])

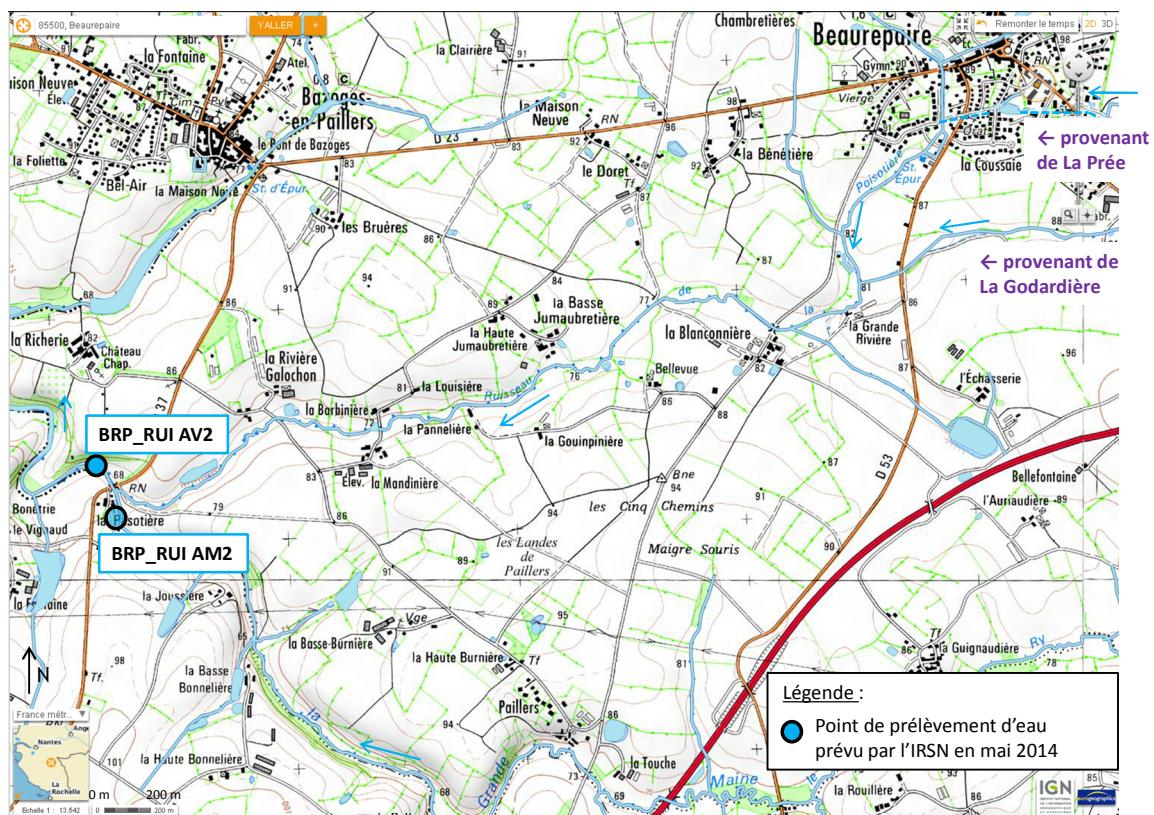


Figure 7 : Localisation des points de prélèvement d'eau prévus par l'IRSN à l'amont et à l'aval « éloignés » de l'ensemble des deux sites miniers de Beaurepaire (La Prée et La Godardière) (Fonds de carte Géoportail IGN © [4])

## **ANNEXE 2**

**Résultats des mesures physico-chimiques et des analyses radiologiques effectuées sur des échantillons hors influence minière**

-----

**Caractérisation du bruit de fond local**

Au cours des contrôles de second niveau réalisés du 13 au 15 mai 2014, six échantillons d'eau, quatre échantillons de sédiment et deux échantillons de sol ont été prélevés hors influence de sites miniers et dans un contexte géologique similaire aux sites étudiés. Ils permettent de caractériser le bruit de fond local et ainsi d'évaluer les valeurs obtenues pour des échantillons prélevés sur site ou en aval de sites étudiés. La localisation prévue des points de prélèvement de ces échantillons est représentée sur les cartes des Figure 1, Figure 2, Figure 3, Figure 6 et Figure 7 de l'annexe 1.

## **1 MESURES PHYSICO-CHIMIQUES *IN SITU***

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux, mesurées *in situ* aux points de prélèvement d'eau et de sédiment, sont présentées dans le Tableau 1. Les valeurs locales qui en sont déduites sont un pH neutre et des valeurs de conductivité généralement comprises entre 100 et 210  $\mu\text{S.cm}^{-1}$  (à noter une valeur haute à 329  $\mu\text{S.cm}^{-1}$  en un point).

**Tableau 1 : Résultats des mesures physico-chimiques *in situ*  
réalisées au niveau des points de prélèvement d'eau et de sédiment hors influence des sites miniers de Vendée**

Nom de l'échantillon	Caractéristiques	Coordonnée X [Lambert 93]	Coordonnée Y [Lambert 93]	Date de la mesure	pH	T [°C]	C [ $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ]	Alc [ $\text{mg.L}^{-1}$ ]	Turbidité [ppm]
PLG_RUI AM	Ruisseau La Planche, en amont du site de Poitou - La Gabrielle	401977.1	6663807.0	15/05/14	7,6	10,4	329	155	19
GOR_RUI AM	Ruisseau / la Grande Maine, en amont du site de La Goriandière	396727.7	6650801.7	14/05/14	6,4 (*1)	11,7 (*1)	104 (*1)	15	(15) (*1)
EDR_RUI AM	Ruisseau longeant le site de L'Édrillère, en amont du site	397567.2	6649771.4	14/05/14	nm (*2)	nm (*2)	nm (*2)	40	nm (*2)
BRP_RUI AM1	Ruisseau de La Poisotière, en amont proche des sites miniers de Beaurepaire (La Prée et La Godardière)	388725.7	6653601.2	13/05/14	7,2	12,6	162	50	17
BRP_RUI AM1BIS	Ruisseau de La Poisotière, en amont éloigné des sites miniers de Beaurepaire (La Prée et La Godardière)	389036.5	6655339.5	13/05/14	7,7	15,6	169	65	38
BRP_RUI AM2	Grande Maine, en amont de la confluence avec le ruisseau de La Poisotière, <i>i.e.</i> en amont des sites miniers de Beaurepaire (La Prée et La Godardière)	385020.7	6651904.9	13/05/14	7,2	13,7	208	70	7
PLG_ETG AM_SED	Plan d'eau hors influence du site de Poitou - La Gabrielle, à La Braudière	402396.7	6663747.6	15/05/14	8,6	16,8	214	95	83 (*3)
GOR_ETG AM_SED	Plan d'eau hors influence du site de La Goriandière, à La Charillière	395688.9	6651535.8	14/05/14	7,1	14,7	193	35	26
EDR_ETG AM-SED	Plan d'eau en amont du site de L'Édrillère, près de La Ruffelière	397580.2	6649770.8	14/05/15	7,3	17,6	154	35	32
BRP_ETG AM-SED	Plan d'eau en amont des sites miniers de Beaurepaire (La Prée et La Godardière), à La Grande Renaudière	389076.0	6655358.0	13/05/14	7,8	15,2	163	nm	45

Avec : T = température, C = conductivité, Alc = alcalinité, nm = non mesuré.

(\*1) : Mesuré dans un seau.

(\*2) : Non mesuré mais devrait être similaire au résultat de mesure de l'eau associée à l'échantillon EDR\_ETG AM-SED.

(\*3) : Mesure en profondeur.

Sur fond bleu : les points de prélèvement d'eau, sur fond marron : les points de prélèvement de sédiment.

## **2 ANALYSES RADIOLOGIQUES**

### **2.1 ANALYSES RADIOLOGIQUES DES EAUX**

Les résultats des analyses radiologiques (uranium et radium 226) sur la fraction totale des six échantillons d'eau sont présentés dans le Tableau 2. Le bruit de fond qui en est déduit pour les eaux de surface hors influence de sites miniers est une concentration en uranium inférieure ou de l'ordre de  $1 \mu\text{g.L}^{-1}$  et une activité en radium 226 de quelques  $\text{mBq.L}^{-1}$  à quelques dizaines de  $\text{mBq.L}^{-1}$ , en cohérence avec les valeurs de référence mentionnées au chapitre 5 du présent rapport.

**Tableau 2 : Résultats des analyses radiologiques (uranium et radium 226) effectuées par l'IRSN sur la fraction totale des eaux prélevées hors influence des sites miniers de Vendée**

Nom de l'échantillon	Caractéristiques	Concentration en uranium [ $\mu\text{g.L}^{-1}$ ]	Activité en $^{226}\text{Ra}$ [ $\text{mBq.L}^{-1}$ ]
PLG_RUI AM	Ruisseau La Planche, en amont du site de Poitou - La Gabrielle	$3,4 \pm 0,3$	<11
GOR_RUI AM	Ruisseau / la Grande Maine, en amont du site de La Goriandière	<1	$27 \pm 9$
EDR_RUI AM	Ruisseau longeant le site de L'Édrillère, en amont du site	<1	$12 \pm 6$
BRP_RUI AM1	Ruisseau de La Poisotière, en amont proche des sites miniers de Beaurepaire (La Prée et La Godardière)	<1	$16 \pm 8$
BRP_RUI AM1BIS	Ruisseau de La Poisotière, en amont éloigné des sites miniers de Beaurepaire (La Prée et La Godardière)	$1,2 \pm 0,1$	$21 \pm 11$
BRP_RUI AM2	Grande Maine, en amont de la confluence avec le ruisseau de La Poisotière, i.e. en amont des sites miniers de Beaurepaire (La Prée et La Godardière)	<1	<10

### **2.2 ANALYSES RADIOLOGIQUES DES SEDIMENTS ET DES SOLS**

Les résultats des analyses radiologiques (spectrométrie gamma) des quatre échantillons de sédiment et des deux échantillons de sol sont présentés dans le Tableau 3. L'activité massique de  $^{238}\text{U}$  peut être assimilée à celle du  $^{234}\text{Pa}$  (ou du  $^{234}\text{Th}$ ). Celle du  $^{226}\text{Ra}$  peut être assimilée à l'activité massique du  $^{214}\text{Pb}$  (ou du  $^{214}\text{Bi}$ ). Les activités massiques de  $^{238}\text{U}$  et du  $^{226}\text{Ra}$  dans les échantillons de sédiment sont comprises entre  $40 \pm 18 \text{ Bq.(kg m.s.)}^{-1}$  et  $220 \pm 90 \text{ Bq.(kg m.s.)}^{-1}$  pour  $^{238}\text{U}$  et entre  $66 \pm 7 \text{ Bq.(kg m.s.)}^{-1}$  et  $499 \pm 44 \text{ Bq.(kg m.s.)}^{-1}$  pour le  $^{226}\text{Ra}$ . Celles dans les échantillons de sol sont comprises entre  $120 \pm 60 \text{ Bq.(kg m.s.)}^{-1}$  et  $630 \pm 120 \text{ Bq.(kg m.s.)}^{-1}$  pour  $^{238}\text{U}$  et  $141 \pm 13 \text{ Bq.(kg m.s.)}^{-1}$  et  $770 \pm 70 \text{ Bq.(kg m.s.)}^{-1}$  pour le  $^{226}\text{Ra}$ . Des incertitudes subsistant sur l'absence réelle de pratique d'irrigation avec l'eau de la MCO du site de La Godardière du sol agricole correspondant à l'échantillon GOD\_SOL AM et vu les niveaux d'activité massique mesurées dans cet échantillon, les résultats correspondant ne sont pas retenus pour la définition du bruit de fond local. Celui-ci correspond à une activité massique d'une centaine à  $500 \text{ Bq.(kg m.s.)}^{-1}$  pour chacun des radionucléides de la chaîne de l'uranium 238 dans les sédiments et les sols hors influence de sites miniers.

Tableau 3 : Résultats des analyses, par spectrométrie gamma, réalisées par l'IRSN sur les sédiments et les sols prélevés hors influence des sites miniers de Vendée

Nom de l'échantillon	Caractéristiques	Activité [Bq.(kg m.s.) <sup>-1</sup> ]						
		<sup>234m</sup> Pa	<sup>214</sup> Pb	<sup>214</sup> Bi	<sup>210</sup> Pb	<sup>235</sup> U	<sup>40</sup> K	<sup>137</sup> Cs
PLG_ETG AM_SED	Sédiments du plan d'eau hors influence du site de Poitou - La Gabrielle, situé à La Braudière	<110 ( <sup>234</sup> Th : 40 ± 18)	66 ± 7	63 ± 7	67 ± 10	<10	630 ± 60	1,1 ± 0,4
GOR_ETG AM_SED	Sédiments du plan d'eau hors influence du site de La Goriandière, situé à La Charillère	<260 ( <sup>234</sup> Th : 200 ± 90)	499 ± 44	467 ± 42	385 ± 35	<22	980 ± 90	7,3 ± 1,2
EDR_ETG AM-SED	Sédiments du plan d'eau en amont du site de L'Édrillère, situé près de La Ruffelière	<220 ( <sup>234</sup> Th : 220 ± 90)	373 ± 33	343 ± 32	395 ± 38	<19	850 ± 80	8,8 ± 1,2
BRP_ETG AM-SED	Sédiments du plan d'eau en amont des sites miniers de Beaurepaire (La Prée et La Godardière), situé à La Grande Renaudière	<200 ( <sup>234</sup> Th : 170 ± 90)	285 ± 26	266 ± 20	261 ± 27	<17	920 ± 80	3,7 ± 0,8
PLG_SOL AM	Terres agricoles non irriguées avec l'eau de la MCO SE du site de Poitou - La Gabrielle	120 ± 60	141 ± 13	131 ± 13	143 ± 16	<11	880 ± 80	1,3 ± 0,4
GOD_SOL AM	Terres agricoles <i>a priori</i> non irriguées avec l'eau de la MCO du site de La Godardière	630 ± 120	770 ± 70	735 ± 65	640 ± 60	35 ± 10	1 120 ± 100	2,0 ± 0,6

Avec : m.s. = masse sèche.

## 2.3 CONCLUSION

Les teneurs mesurées dans les échantillons d'eau, de sédiment et de sol prélevés hors influence des sites miniers de Vendée sont cohérentes avec celles retenues pour le bruit de fond naturel [5] à [14].

## **ANNEXE 3**

**Synthèse des résultats des mesures physico-chimiques et des analyses radiologiques effectuées sur des échantillons sous influence potentielle des anciens sites miniers de Vendée**

## **1 MESURES PHYSICO-CHIMIQUES *IN SITU***

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux, mesurées *in situ* par l'IRSN aux points de prélèvement d'eau et de sédiment sous influence potentielle des anciens sites miniers de Vendée, sont présentées dans le Tableau 1 ; pour mémoire, celles relatives aux points de prélèvement situés hors influence de sites miniers sont indiquées en annexe 2 (Tableau 1).

## **2 ANALYSES RADIOLOGIQUES**

### **2.1 ANALYSES RADIOLOGIQUES DES EAUX**

Les résultats des analyses radiologiques (uranium et radium 226) sur les fractions totale, dissoute et particulaire des échantillons d'eau prélevés sous influence (potentielle) des anciens sites miniers de Vendée sont présentés dans le Tableau 2 ; pour mémoire, ceux relatifs aux échantillons d'eau prélevés hors influence des sites miniers de Vendée sont indiqués en annexe 2 (Tableau 2).

### **2.2 ANALYSES RADIOLOGIQUES DES SEDIMENTS ET DES SOLS**

Les résultats des analyses radiologiques (spectrométrie gamma) des échantillons de sédiment et de sol prélevés sous influence (potentielle) des anciens sites miniers de Vendée sont présentés dans le Tableau 3 ; pour mémoire, ceux relatifs aux échantillons de sédiment et de sol prélevés hors influence des sites miniers de Vendée sont indiqués en annexe 2 (Tableau 3).

**Tableau 1 : Résultats des mesures physico-chimiques *in situ*  
réalisées au niveau des points de prélèvement d'eau et de sédiment sous influence potentielle des sites miniers de Vendée**

Nom de l'échantillon	Caractéristiques	Coordonnée X [Lambert 93]	Coordonnée Y [Lambert 93]	Date de la mesure	pH	T [°C]	C [ $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ]	Alc [ $\text{mg.L}^{-1}$ ]	Turbidité [ppm]
PLG_MCO NW	Eau de la MCO NW du site de Poitou - La Gabrielle	401184.6	6662415.7	15/05/14	7,6	16,0	147	65	11
PLG_MCO SE	Eau de la MCO SE du site de Poitou - La Gabrielle	401342.2	6662216.1	15/05/14	7,8	15,7	153	85	30
PLG_RUI NW	Ruisseau situé au Nord de la MCO NW du site de Poitou - La Gabrielle, en aval du site et avant la confluence avec le fossé d'écoulement des eaux de la MCO SE	400980.0	6662923.0	15/05/14	7,3	12,6	216	40	15
PLG_RUI AV	Ruisseau situé au Nord de la MCO NW du site de Poitou - La Gabrielle, en aval du site après la confluence avec le fossé d'écoulement des eaux de la MCO SE	401702.2	6663653.3	15/05/14	7,6	11,7	311	130	25
GOR_BAS	Eaux du bassin en béton sur le site de La Goriandière	395893.1	6650041.9	14/05/14	6,9	12,7	290	165	105 (*1)
GOR_RUI AV	Grande Maine, en aval du site de La Goriandière	396310.8	6648960.5	14/05/14	7,3	14,1	107	25	138
HER_RUI AV1	Grande Maine, en aval des 2 sites de La Goriandière et de L'Édrillère, près du Petit Bourg	395505.2	6648978.9	13/05/14	7,4	14,1	108	30	57
HER_RUI AV2	Grande Maine, en aval des 3 sites des Herbiers (La Goriandière, L'Édrillère et L'Émentruère), près de la Baudrière	392040.6	6649642.1	13/05/14	7,1	15,2	303	90	9
EDR_RUI AV	Ruisseau longeant le site de L'Édrillère, en aval du site	396881.3	6649781.5	14/05/14	6,9	15,6	158	40	21

Nom de l'échantillon	Caractéristiques	Coordonnée X [Lambert 93]	Coordonnée Y [Lambert 93]	Date de la mesure	pH	T [°C]	C [ $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ]	Alc [ $\text{mg.L}^{-1}$ ]	Turbidité [ppm]
PRE_FOS AM	Fossé d'écoulement des eaux du site de La Prée, en amont des drains calcaires	389556.7	6653438.0	15/05/14	6,0	15,8	577	45	0
PRE_FOS AV	Fossé d'écoulement des eaux du site de La Prée, en sortie des drains calcaires	389547.6	6653404.4	15/05/14	7,6	14,9	646	125	0
BRP_RUI AV1	Ruisseau de La Poisotière, en aval des sites miniers de Beaurepaire (La Prée et La Godardièvre), à La Grande Rivière	388298.8	6652578.0	13/05/14	7,0	13,2	200	65	30
BRP_RUI AV2	Grande Maine, en aval des sites miniers de Beaurepaire (La Prée et La Godardièvre), à La Pesotière	385000.9	6651984.9	13/05/14	7,2	13,8	205	75	5
GOD_MCO	Eau de la MCO du site de La Godardièvre	390296.3	6653233.9	15/05/14	10,3	19,7	154	40	30
GOD_RUI AV	Ruisseau en aval du site de La Godardièvre	389904.9	6652874.7	15/05/14	8,2	15,0	159	45	10
GOR_ETG AV_SED	Plan d'eau en aval du site de La Goriandière, au Nord du Landreau	395482.1	6649737.3	14/05/14	6,7	14,4	103	20	nm
EDR_ETG AV-SED	Plan d'eau en aval du site de L'Édrillière, au Nord de La Pellinière	396097.4	6649514.2	14/05/14	7,4	15,0	145	40	61
PRE-ETG AV_SED	Plan d'eau en aval du site de La Prée, à La Coussaie	389020.6	6653414.7	16/05/14	7,9	14,9	235	15	22 <sup>(*)</sup>

Avec : T = température, C = conductivité, Alc = alcalinité, nm = non mesuré.

<sup>(\*)</sup> : Mesure peu fiable (en raison des conditions de mesure (dans un seau)).

<sup>(\*)</sup> : Mesure en profondeur.

Sur fond bleu : les points de prélèvement d'eau, sur fond marron : les points de prélèvement de sédiment.

Tableau 2 : Résultats des analyses radiologiques (uranium et radium 226) effectuées par l'IRSN sur les fractions totale, dissoute et particulaire des échantillons d'eau prélevés sous influence potentielle des anciens sites miniers de Vendée

Nom de l'échantillon	Caractéristiques	Concentration en uranium [ $\mu\text{g.L}^{-1}$ ]			Activité en $^{226}\text{Ra}$ [ $\text{mBq.L}^{-1}$ ]		
		Fraction dissoute	Fraction particulaire	Fraction totale	Fraction dissoute	Fraction particulaire	Fraction totale
PLG_MCO NW	Eau de la MCO NW du site de Poitou - La Gabrielle	nm	nm	25 ± 3	nm	nm	51 ± 16
PLG_MCO SE	Eau de la MCO SE du site de Poitou - La Gabrielle	12 ± 1	0,42 ± 0,04	nm	9 ± 6	22 ± 5	nm
PLG_RUI NW	Ruisseau situé au Nord de la MCO NW du site de Poitou - La Gabrielle, en aval du site et avant la confluence avec le fossé d'écoulement des eaux de la MCO SE	nm	nm	3,6 ± 0,4	nm	nm	120 ± 28
PLG_RUI AV	Ruisseau situé au Nord de la MCO NW du site de Poitou - La Gabrielle, en aval du site après la confluence avec le fossé d'écoulement des eaux de la MCO SE	nm	nm	7,9 ± 0,8	nm	nm	10 ± 8
GOR_BAS	Eaux du bassin en béton sur le site de La Goriandière	<1	nm	nm	10 ± 23	nm	nm
GOR_RUI AV	Grande Maine, en aval du site de La Goriandière	nm	nm	<1	nm	nm	<12
HER_RUI AV1	Grande Maine, en aval des 2 sites de La Goriandière et de L'Édrillère, près du Petit Bourg	nm	nm	<1	nm	nm	21 ± 9
HER_RUI AV2	Grande Maine, en aval des 3 sites des Herbiers (La Goriandière, L'Édrillère et L'Émentruère), près de la Baudrière	nm	nm	<1	nm	nm	<13
EDR_RUI AV	Ruisseau longeant le site de L'Édrillère, en aval du site	nm	nm	12 ± 1	nm	nm	30 ± 9
PRE_FOS AM	Fossé d'écoulement des eaux du site de La Prée, en amont des drains calcaires	nm	nm	107 ± 11	nm	nm	120 ± 29
PRE_FOS AV	Fossé d'écoulement des eaux du site de La Prée, en sortie des drains calcaires	nm	nm	87 ± 9	nm	nm	15 ± 9

Nom de l'échantillon	Caractéristiques	Concentration en uranium [ $\mu\text{g.L}^{-1}$ ]			Activité en $^{226}\text{Ra}$ [ $\text{mBq.L}^{-1}$ ]		
		Fraction dissoute	Fraction particulaire	Fraction totale	Fraction dissoute	Fraction particulaire	Fraction totale
BRP_RUI AV1	Ruisseau de La Poisotière, en aval des sites miniers de Beaurepaire (La Prée et La Godardière), à La Grande Rivière	nm	nm	$4,1 \pm 0,4$	nm	nm	$17 \pm 7$
BRP_RUI AV2	Grande Maine, en aval des sites miniers de Beaurepaire (La Prée et La Godardière), à La Pesotière	nm	nm	<1	nm	nm	$8,0 \pm 6,0$
GOD_MCO	Eau de la MCO du site de La Godardière	$8,9 \pm 0,9$	$0,70 \pm 0,07$	nm	$50 \pm 18$	$30 \pm 8$	nm
GOD_RUI AV	Ruisseau en aval du site de La Godardière	nm	nm	$5,6 \pm 0,6$	nm	nm	$65 \pm 42$

Avec : nm = non mesuré.

Tableau 3 : Résultats des analyses radiologiques (spectrométrie gamma) réalisées par l'IRSN sur les sédiments et les sols prélevés sous influence potentielle des anciens sites miniers de Vendée

Nom de l'échantillon	Caractéristiques	Activité [ $\text{Bq.(kg m.s.)}^{-1}$ ]						
		$^{234}\text{Pa}$	$^{214}\text{Pb}$	$^{214}\text{Bi}$	$^{210}\text{Pb}$	$^{235}\text{U}$	$^{40}\text{K}$	$^{137}\text{Cs}$
GOR_ETG AV_SED	Plan d'eau en aval du site de La Goriandière, au Nord du Landreau	$230 \pm 100$	$321 \pm 29$	$307 \pm 28$	$317 \pm 32$	<18	$960 \pm 80$	$5,4 \pm 1,0$
EDR_ETG AV-SED	Plan d'eau en aval du site de L'Édrillière, au Nord de La Pellinière	$330 \pm 100$	$318 \pm 28$	$299 \pm 27$	$265 \pm 27$	$17 \pm 7$	$950 \pm 90$	$3,4 \pm 0,7$
PRE-ETG AV_SED	Plan d'eau en aval du site de La Prée, à La Coussaire	$790 \pm 140$	$411 \pm 36$	$383 \pm 35$	$581 \pm 48$	$37 \pm 8$	$830 \pm 70$	$4,1 \pm 0,9$
PLG_SOL IRR	Terres agricoles irriguées avec l'eau de la MCO SE du site de Poitou - La Gabrielle	<130 ( $^{234}\text{Th} : 55 \pm 24$ )	$80 \pm 8$	$70 \pm 8$	$76 \pm 11$	<11	$1070 \pm 90$	$5,7 \pm 0,8$
GOD_SOL IRR	Terres agricoles irriguées avec l'eau de la MCO du site de La Godardière	$360 \pm 100$	$508 \pm 45$	$475 \pm 42$	$427 \pm 40$	$21 \pm 9$	$880 \pm 80$	$5,1 \pm 0,8$

Avec : m.s. = masse sèche.