

**IRSN**INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE*Faire avancer la sûreté nucléaire*

# Contrôles de second niveau effectués sur les anciens sites miniers d'uranium du Maine et Loire

RT/PRP-DGE/2014-00024

Pôle radioprotection, environnement, déchets  
et crise

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

# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>CONTEXTE ET OBJECTIFS DES CONTROLES DE SECOND NIVEAU</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>METHODE</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>MATERIEL ET TECHNIQUES DE MESURES</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>ENSEIGNEMENTS TIRES DE L'ANALYSE DOCUMENTAIRE (ETAPE 1)</b>	<b>13</b>
4.1	GENERALITES SUR LES ANCIENS SITES MINIERES DU MAINE ET LOIRE	13
4.2	NATURE DES TRAVAUX D'EXPLOITATION ET PRODUCTIONS ASSOCIEES	16
4.3	SITUATIONS RELATIVES AU TRAITEMENT DES EAUX	19
4.4	SITUATIONS RELATIVES A LA PERIODICITE DE LA SURVEILLANCE DES SITES EFFECTUEE PAR AREVA MINES	19
4.5	ELEMENTS RETENUS POUR LA SELECTION DES SITES A VISITER	20
<b>5</b>	<b>ENSEIGNEMENTS TIRES DES VISITES DE TERRAIN (ETAPE 2)</b>	<b>22</b>
5.1	SITUATION ACTUELLE DES SITES ET LEUR IMPACT SUR LES EAUX, SOLS ET SEDIMENTS EN CHAMP PROCHE	23
5.1.1	Sites sur le bassin versant du ruisseau de la Bégaudière	23
5.1.2	Site sur le bassin versant du ruisseau de l'Ergulière : l'Anjouerie	27
5.1.3	Site sur le bassin versant du ruisseau de la Baconnière : La Baconnière	29
5.2	IMPACT DES ANCIENS SITES MINIERES DU MAINE ET LOIRE SUR LA RIVIERE LA MOINE EN CHAMP ELOIGNE DES SITES	32
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONS</b>	<b>34</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>36</b>
<b>8</b>	<b>ANNEXE</b>	<b>36</b>



## Liste des figures

Figure 1 : Carte de localisation des anciens sites miniers du Maine et Loire extraite de l'Inventaire National des Sites Miniers d'Uranium réalisé en 2007 dans le cadre du programme MIMAUSA [6] (Fond de carte Géoportail IGN © [4]) .....	13
Figure 2 : Répartition des anciens sites miniers uranifères du Maine et Loire dans le bassin versant de la Moine (fonds de carte scan 1/25000 IGN ©, hydrographie BD Carthage®) .....	14
Figure 3 : Surface (hectare) des anciens sites miniers d'uranium du Maine et Loire (d'après BE AREVA Mines [2]).....	16
Figure 4 : Tonnage de minerai d'uranium extrait sur les anciens sites miniers d'uranium du Maine et Loire (d'après BE AREVA Mines [2]).....	17
Figure 5 : Tonnage d'uranium métal extrait sur les anciens sites miniers d'uranium du Maine et Loire (d'après BE AREVA Mines [2]).....	17
Figure 6 : Tonnage de stériles produits sur les anciens sites miniers d'uranium du Maine et Loire (d'après BE AREVA Mines [2]).....	17
Figure 7 : Schéma de localisation des différents prélèvements d'eau, de sédiment et de sol effectués par l'IRSN et AREVA Mines sur le site le Rétail (d'après le BE Maine et Loire [2]) .....	24
Figure 8 : Localisation des lieux des prélèvements d'eau et de sédiment effectués par l'IRSN et AREVA Mines dans le bassin versant du ruisseau de la Bégaudière, en violet l'emprise des sites (fond de carte Géoportail IGN © [4], localisation des points réalisés par AREVA Mines d'après le BE [2]) .....	25
Figure 9 : Situation des trois Mines à Ciel Ouvert du site de l'Anjouerie (fond de carte Géoportail IGN © [4]) .....	27
Figure 10 : Schéma de localisation des différents prélèvements d'eau effectués par l'IRSN et AREVA Mines sur et autour du site de l'Anjouerie (d'après le BE Maine et Loire [2]) .....	28
Figure 11 : Situation des six Mines à Ciel Ouvert et de la verse à stériles du site de la Baconnière (fond de carte Géoportail IGN © [4]) .....	29
Figure 12 : Schéma de localisation des différents prélèvements d'eau et de sédiment effectués par l'IRSN et AREVA Mines sur et autour du site de la Baconnière (d'après le BE Maine et Loire [2]) .....	30
Figure 13 : Schéma de localisation des différents prélèvements d'eau et de sédiment effectués par l'IRSN et AREVA Mines dans la rivière la Moine en champ proche pour le site de l'Ecarpière et en champ éloigné des anciens sites miniers du Maine et Loire (d'après le BE Maine et Loire [2]) .....	33
Figure 14 : Localisation des points de prélèvements de sédiment et d'eau réalisés par l'IRSN en amont du site minier La Roche Pied Rôti (Deux Sèvres) en violet l'emprise du site (sur fond Géoportail IGN © [4]). .....	42
Figure 15 : Localisation des points de prélèvement d'eau et de sédiment réalisés par l'IRSN en amont des sites miniers du Maine et Loire, en violet l'emprise des sites (sur fonds Géoportail IGN © [4]) .....	43
Figure 16 : Photographies des points de prélèvements, A- Etang des Robinières (échantillon 49_BNN_ETG_SED_A1), B- Etang de la Faverie (échantillons 49_BNN_ETG_SED_A2 et 49_BNN_ETG_A2), C- Etang en amont du site de La Roche Pied Rôti (échantillon 79_RPR_ETG_SED_A), D- La Moine avant la confluence avec le ruisseau de la Bégaudière (échantillon 49_MOINE_A) et E- Ruisseau récepteur de la surverse de la MCO de La Roche Pied Rôti en amont du site (échantillon 79_RPR_RU_A) .....	44
Figure 17 : Vue aérienne du site le Rétail, en jaune l'emprise du site (sur fonds Géoportail IGN © [4])	48

Figure 18 : Situation des travaux miniers sur fonds cadastraux sur le site le Rétail (source Areva Mines [2]) .....	50
Figure 19 : Réseau hydrographique de surface à proximité de l'ancien site minier le Rétail (contour en rouge) ; autres sites proches du Rétail indiqués en contour orange ; les flèches bleues indiquent le sens des écoulements connus (sur fonds Géoportail IGN © [4]). .....	51
Figure 20 : Photographies du site le Rétail (sur fonds Géoportail IGN © [4]) .....	53
Figure 21 : Usages et photographies du site le Rétail [2] (sur fonds Géoportail IGN © [4]) .....	53
Figure 22 : Localisation et résultats des mesures radiométriques réalisées par l'IRSN sur le site le Rétail (sur fond Géoportail IGN © [4]) .....	54
Figure 23 : Localisation des points de prélèvements d'eau et de sédiment effectués par l'IRSN et AREVA Mines sur site le Rétail et en champ proche [2] (sur fond Géoportail IGN © [4]) .....	56
Figure 24 : Photographies des points de prélèvements d'eau IRSN, A- MCO du site Le Rétail (Echantillon 49_RTL_MCO), B-Ruisseau de la Bégaudière en aval du site le Rétail (Echantillon 49_RTL_RU_B). .....	57
Figure 25 : Photographies des points de prélèvements de sédiments IRSN, A- Etang situé au Nord du site Le Rétail (Echantillon 49_RTL_ETGN_SED), B- Etang situé au Nord-Est du site le Rétail (Echantillon 49_RTL_ETGNE_SED) .....	58
Figure 26 : Localisation de l'échantillon de terre potager 49_RTL_PO prélevé par l'IRSN sur le site le Rétail (sur fond Géoportail IGN © [4]) .....	59
Figure 27 : Vue aérienne du site de l'Anjouerie, en jaune l'emprise du site (sur fond Géoportail IGN © [4]) .....	63
Figure 28 : Situation des travaux miniers sur fonds cadastraux sur le site de l'Anjouerie (source Areva Mines [2])......	65
Figure 29 : Réseau hydrographique de surface à proximité de l'ancien site minier de l'Anjouerie (contour en rouge) ; les flèches bleues indiquent le sens des écoulements connus (sur fond Géoportail IGN © [4]) .....	66
Figure 30 : Photographie de l'entrée du centre de plongée sur le site de l'Anjouerie Ouest.....	67
Figure 31 : Usages du site de l'Anjouerie [2] (sur fond Géoportail IGN © [4]) .....	68
Figure 32 : Localisation et résultats des mesures radiométriques réalisées par l'IRSN sur le site de l'Anjouerie (sur fond Géoportail IGN © [4]) .....	69
Figure 33 : Localisation des points de prélèvements d'eau et de sédiment effectués par l'IRSN et AREVA Mines sur site de l'Anjouerie et en champs proche [2] (sur fond Géoportail IGN © [4]) .....	70
Figure 34 : Photographies des points de prélèvements, A-Ruisseau récupérant les eaux de ruissellement du parking, B- Ruisseau de l'Ergulière, C-Mine à Ciel Ouvert de l'Anjouerie Ouest, D- Mine à Ciel Ouvert de La Couraillère .....	72
Figure 35 : Vue aérienne du site de la Baconnière, en jaune l'emprise du site (sur fonds Géoportail IGN ©[4]) .....	75
Figure 36 : Situation des travaux miniers sur fonds cadastraux sur le site de la Baconnière (source Areva Mines [2])......	77
Figure 37 : Localisation géographique et administrative du site de la Baconnière (contour en rouge) ; limite des communes en orangé (sur fonds Géoportail IGN © [4])......	78

Figure 38 : Réseau hydrographique de surface à proximité de l’ancien site minier de la Baconnière (contour en rouge) ; les flèches bleues indiquent le sens des écoulements connus (sur fonds Géoportail IGN © [4]) .....	79
Figure 39 : Photographies des travaux de mise en sécurité de la MCO la Bastille ; A- Portail d’accès au site de la Baconnière, B-Clôture du périmètre de sécurité au Nord du site, C- Panneau signalant un risque de noyade au niveau de la MCO la Bastille, D- Périmètre de sécurité entre la MCO et la verse à stérile (sur fonds Géoportail IGN © [4]) .....	81
Figure 40 : Photographies de la MCO, de la zone réaménagée en 2013 à l’Est de la MCO, de l’ancien carreau minier et des anciens bassins de décantation du site de la Baconnière (sur fonds Géoportail IGN © [4]). .....	82
Figure 41 : Photographies et usages des terrains privés situés sur et autour du site de la Baconnière [2] (sur fonds Géoportail IGN © [4]). .....	83
Figure 42 : Localisation et résultats des mesures radiométriques réalisées par l’IRSN sur et autour du site de la Baconnière (sur fonds Géoportail IGN © [4]) .....	85
Figure 43 : Localisation des points de prélèvements d’eau et de sédiment effectués par l’IRSN et AREVA Mines sur le site de la Baconnière et en champ proche [2] (sur fonds Géoportail IGN © [4]) .....	86
Figure 44 : Localisation des points de prélèvements d’eau et de sédiment réalisés par ALGADE, dans le cadre d’un projet de réaménagement, sur site de la Baconnière et en champ proche [17] (sur fonds Géoportail IGN © [4]) .....	88
Figure 45 : Photographies des points de prélèvements ; A- la MCO la Bastille, B- l’ancien bassin de décantation Nord, C- la mare située à l’Est de la verse la Bastille.....	90
Figure 46 : Mare située en pied des fosses n° 1 et 2 et potentiellement alimentée par des écoulements provenant des fosses 1 à 4 .....	90
Figure 47 : Photographies des points de prélèvements situés en amont de la confluence ruisseau de la Poblère/ruisseau de la Baconnière ; l’échantillon 49_BCN_RUPOB, à gauche, dans le ruisseau de la Poblère, l’échantillon 49_BCN_BCN, à droite, dans le ruisseau de la Baconnière. ....	91
Figure 48 : Situation des travaux miniers sur fonds cadastraux sur le site de l’Ecarpière [2]. ....	95
Figure 49 : Photographies du site de stockage, du périmètre de sécurité et des panneaux de signalisation du site de l’Ecarpière, localisation du lieu de la photographie sur la carte (fond de carte Géoportail, [4]). .....	96
Figure 50 : Organisation du réseau de surveillance du vecteur eau pour le site de l’Ecarpière source AREVA Mines [2]. ....	97
Figure 51 : Localisation et photographie du lieu des prélèvements d’eau et de sédiment effectués par l’IRSN et AREVA Mines dans la rivière la Moine en aval du site de l’Ecarpière, en violet l’emprise du site (fond de carte Géoportail IGN © [4], localisation des points réalisés par AREVA Mines d’après le BE [2]) .....	98
Figure 52 : Localisation et photographies des lieux des prélèvements d’eau et de sédiment effectués par l’IRSN et AREVA Mines dans la rivière la Moine en amont et en aval immédiat du rejet du site de l’Ecarpière (fond de carte Géoportail IGN © [4], localisation des points réalisés par AREVA Mines d’après le BE [2]) .....	98

Figure 53 : Photographies A - de la rivière La Moine au lieu-dit Gaudu où se situe le rejet du site de l'Ecarpière, B- du point 49_MOINE_ECA_REJET localisé dans la rivière La Moine à l'aplomb du rejet du site de l'Ecarpière, C- zoom sur la canalisation permettant le rejet des eaux dans La Moine. ....	99
Figure 54 : Localisation des prélèvements d'eau effectués par l'IRSN dans la rivière la Moine en amont et en aval de la confluence du ruisseau de la Bégaudière avec La Moine, en violet l'emprise des sites des Quatre Chênes, de la Bonnière et du Rétail (fond de carte Géoportail, IGN © [4]) .....	103
Figure 55 : Photographie du lieu de prélèvement du point 49_MOINE_BG_B situé en aval de la confluence du ruisseau de la Bégaudière avec La Moine. ....	104
Figure 56 : Localisation et photographie du lieu du prélèvement d'eau effectué par l'IRSN dans la rivière la Moine en aval de la confluence ruisseau de l'Ergulière avec La Moine, en violet l'emprise du site de la Baconnière (fond de carte Géoportail, IGN © [4]).....	104
Figure 57 : Localisation des prélèvements d'eau et de sédiment effectués par l'IRSN et AREVA Mines dans la rivière la Moine à la confluence du ruisseau de la Baconnière avec La Moine, en violet l'emprise du site de la Baconnière (fond de carte Géoportail IGN © [4], localisation des points réalisés par AREVA Mines d'après le BE [2]) .....	105
Figure 58 : Photographies des lieux de prélèvements des points 49_MOINE_BCN et 49_BCN_BR situés en aval de la confluence du ruisseau de la Baconnière avec la Moine.....	105
Figure 59 : Localisation et photographie du lieu de prélèvement d'eau (49_MOINE_B) effectué par l'IRSN dans la rivière la Moine en aval de l'ensemble des sites du Maine et Loire, en violet l'emprise du site de l'Ecarpière (fond de carte Géoportail, IGN © [4]).....	106

## **Liste des tableaux**

Tableau 1 : Caractéristiques générales (Noms des sites, situation géographique, période d'exploitation et surface du site) fournis dans le BE du Maine et Loire d'AREVA Mines [2]. Comparaison avec les données de la base MIMAUSA (mise à jour de 2007, [3]). ....	15
Tableau 2: Nature des travaux d'exploitation minière, nombre de Mines à Ciel Ouvert en eau présentes sur site et productions associées (teneur du minerai et tonnage du minerai d'uranium, de l'uranium métal et des stériles produits) fournis dans le BE d'AREVA Mines [2]. Comparaison avec les données de la base MIMAUSA (mise à jour de 2007, [3]). ....	18
Tableau 3 : Nature de la surveillance des différents compartiments sur/et autour des sites du Maine et Loire d'après le BE d'AREVA Mines [2]. ....	20
Tableau 4 : Récapitulatif des MCO et bassins en eau sur les sites de la Baconnière, l'Anjouerie, le Rétail et la Bonnière et usages de ces derniers (d'après le BE d'AREVA Mines [2]). ....	21
Tableau 5 : Résultats des mesures physico-chimiques et des analyses radiologiques (uranium 238 dissous, uranium total, radium 226 dissous et radium 226 total) effectuées par AREVA Mines et l'IRSN en champ proche des sites de la Bonnière, des Quatre-Chênes et du Rétail [2] .....	26
Tableau 6 : Résultats de l'analyse par spectrométrie gamma des sédiments prélevés, par l'IRSN, dans le bassin versant du ruisseau de la Bégaudière, aux points 49_QCN_ETG_SED_B et 49_BNN_RUB_SED .....	26

Tableau 7 : Synthèse des résultats de mesures <i>in situ</i> réalisées au niveau des points de prélèvements d'eau et de sédiment hors influence minière dans les départements du Maine et Loire et des Deux Sèvres .....	45
Tableau 8 : Résultats des analyses radiologiques (uranium et radium 226), effectuées par l'IRSN, sur la fraction totale des eaux prélevées hors influence minière dans les départements du Maine et Loire et des Deux Sèvres .....	45
Tableau 9 : Résultats de l'analyse par spectrométrie gamma des sédiments prélevés, par l'IRSN, hors influence minière aux points 49_BNN_ETG_SED_A1 et 49_BNN_ETG_SED_A2 .....	45
Tableau 10 : Résultats des mesures radiométriques effectuées par AREVA Mines en 2011 sur le site le Rétail [2] .....	54
Tableau 11 : Résultats des mesures physico-chimiques et des analyses radiologiques (uranium 238 dissous et radium 226 dissous) effectuées par AREVA Mines sur les échantillons BNN BEA, RTL ETGN, RTL BEB, RTL ETGNE, RTL ETGS et RTL O [2] .....	55
Tableau 12 : Résultats des mesures de pH et de conductivité et des analyses radiologiques (Uranium et Radium 226), effectuées par l'IRSN, sur les fractions totales des eaux prélevées en champ proche et dans la MCO du site le Rétail (fraction totale, dissoute et particulaire) .....	57
Tableau 13 : Résultats de l'analyse par spectrométrie gamma des sédiments prélevés, par l'IRSN, en environnement proche du site le Rétail aux points 49_RTL_ETGN_SED et 49_RTL_ETGNE_SED .....	59
Tableau 14 : Résultats de l'analyse par spectrométrie gamma de la terre de potager prélevée, par l'IRSN, sur le site le Rétail au point 49_RTL_PO .....	60
Tableau 15 : Résultats des mesures radiométriques effectuées par AREVA Mines en 2011 sur le site de l'Anjouerie [2] .....	69
Tableau 16 : Résultats des mesures physico-chimiques et des analyses radiologiques (uranium 238 dissous, radium 226 dissous et particulaire) effectuées par AREVA Mines sur les échantillons ANJ OUEST, ANJ ESTO, ANJ ERG, ANJ RUE, ANJ DA [2] .....	71
Tableau 17 : Résultats des mesures de pH et de conductivité et des analyses radiologiques (uranium et radium 226), effectuées par l'IRSN, sur les fractions totales des eaux prélevées en champ poche et dans les MCO du site de l'Anjouerie .....	72
Tableau 18 : Résultats de l'analyse par spectrométrie gamma des sédiments prélevés, par l'IRSN, en environnement proche du site de l'Anjouerie au point 49_ANJ_RUE_SED .....	73
Tableau 19 : Résultats des mesures radiométriques effectuées par AREVA Mines en 2011 sur le site de la Baconnière [2].....	84
Tableau 20 : Résultats des mesures physico-chimiques et des analyses radiologiques (uranium 238 dissous, radium 226 dissous et particulaire) effectuées par AREVA Mines sur les échantillons BCN O, BCN 3, BBS MARE, RU BBS, RU BCN, RU POB [2] .....	87
Tableau 21 : Résultats des analyses d'uranium et de radium 226 réalisées par ALGADE, dans le cadre d'un projet de réaménagement, sur la fraction dissoute et particulaire des eaux réalisées en juillet-septembre 2009 [17] .....	89
Tableau 22 : Résultats des mesures pH et conductivité et des analyses radiologiques (uranium et radium 226), effectuées par l'IRSN, sur les fractions totales des eaux prélevées en champ proche et sur site de la Baconnière. ....	91

Tableau 23 : Résultat de la mesure de sulfate dans les eaux de la MCO réalisée par l'IRSN (Echantillon 49_BCN_MCO) .....	91
Tableau 24 : Résultats de l'analyse des sédiments prélevés, par AREVA Mines, en environnement proche du site de la Baconnière aux points RU BCN, RU POB et BCN BAC SD [2].....	92
Tableau 25 : Résultats de l'analyse des sédiments prélevés, par l'IRSN, en environnement proche du site de la Baconnière aux points 49_BCN_MARE_SED et 49_BCN_MARE_RAB_SED. ....	93
Tableau 26 : Résultats (moyenne 2007-2010) des mesures physico-chimiques et des analyses radiologiques effectuées par AREVA Mines sur les échantillons d'eau prélevés dans La Moine en champ proche du site de l'Ecarpière [2] .....	100
Tableau 27 : Résultats des mesures physico-chimiques et des analyses radiologiques sur la fraction totale effectuées par l'IRSN sur les échantillons d'eau prélevés dans La Moine en champ proche du site de l'Ecarpière .....	100
Tableau 28 : Résultats des mesures physico-chimiques et des analyses radiologiques effectuées par l'ASN en juillet 2010 sur les échantillons d'eau prélevés dans La Moine en champs proche du site de l'Ecarpière [5].....	100
Tableau 29 : Résultats de l'analyse des sédiments prélevés par AREVA Mines dans la rivière La Moine en champs proche du site de l'Ecarpière [2]. ....	101
Tableau 30 : Résultats de l'analyse des sédiments prélevés, par l'IRSN, en aval du site de l'Ecarpière au point 49_MOINE_ECA_SED_B. ....	101
Tableau 31 : Résultats de l'analyse des sédiments prélevés par l'ASN en juillet 2010 dans la rivière La Moine en champs proche du site de l'Ecarpière [5]. ....	101
Tableau 32 : Résultats des mesures physico-chimiques et des analyses radiologiques sur la fraction totale effectuées par l'IRSN sur les échantillons d'eau prélevés dans La Moine en champ éloigné ....	107
Tableau 33 : Résultats des mesures physico-chimiques et des analyses radiologiques effectuées par AREVA Mines sur les échantillons d'eau prélevés dans La Moine [2] .....	107

### **Liste des Annexes :**

Annexe 1: Synthèse des résultats de mesures <i>in situ</i> réalisées au niveau des points de prélèvement...	37
Annexe 2: Résultats des mesures pH et de conductivité et des analyses radiologiques (uranium et radium 226), effectuées par l'IRSN sur des échantillons hors influence minière et dans un contexte géologique similaire (prélevés dans le Maine et Loire et les Deux Sèvres). Caractérisation du bruit de fond local .....	41
Annexe 3: Fiche d'observations de terrain, de mesures radiométriques et d'analyses des prélèvements effectués sur les anciens sites miniers du Maine et Loire : Site le Rétail. ....	47
Annexe 4 : Fiche d'observations de terrain, de mesures radiométriques et d'analyses des prélèvements effectués sur les anciens sites miniers du Maine et Loire : Site de l'Anjouerie.....	61
Annexe 5 : Fiche d'observations de terrain, de mesures radiométriques et d'analyses des prélèvements effectués sur les anciens sites miniers du Maine et Loire : Site de la Baconnière .....	74
Annexe 6 : Observations faites aux abords du site de l'Ecarpière .....	94
Annexe 7 : Présentation des résultats des analyses d'eau effectués sur La Moine .....	102

# 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 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.

Le présent document rapporte les principales observations faites au cours des contrôles de second niveau réalisés dans le département du Maine et Loire du 23 au 27 septembre 2013, ainsi que les enseignements tirés par l'IRSN en

---

<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.

matière d'impact et de besoins éventuels de caractérisations complémentaires (Chapitre 5). Des fiches descriptives de la situation de chaque site visité et les résultats des mesures réalisées dans le cadre de la mission, sont fournies dans les annexes 1 à 7.

## **2 METHODE**

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. **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.**

Les sources de données sont essentiellement le Bilan Environnemental (BE) d'AREVA Mines de 2012 et ses annexes (cartes IGN, cadastres, fiches de site et photographies des sites) [2], les informations recensées dans l'inventaire MIMAUSA de 2007 [3] et le Géoportail [4]. Divers autres documents relatifs au suivi administratif et réglementaire des sites et de leur environnement ont également été exploités. Le rapport des contrôles inopinés effectués par l'ASN en 2009 et 2010 sur le site de l'Ecarpière a aussi été exploité [5]. **Cette première étape a permis une mise à niveau des connaissances recensées dans la base de données MIMAUSA sur les sites considérés dans le BE Maine et Loire et la mise à jour de données et d'informations de la version 2007 de cette base de données.**

Sur la base des connaissances acquises à l'étape 1, **une sélection des sites à visiter** a été effectuée à partir des critères suivant :

- **existence d'informations mentionnées dans la base MIMAUSA (version 2007) et absentes du BE** (et inversement) ou **informations contradictoires** entre ces deux sources ;
- **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 (sols ou sédiments), anomalies radiométriques, besoin de caractérisation d'écoulements sur le site (comme par exemple les écoulements de pied de vers), 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 vers, utilisation de stériles pour la réfection et l'aménagement de chemins... ;
- **réaménagements récents sur site** : canalisations, chemins...



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

Un des objectifs des visites de terrain est d'effectuer des contrôles visuels, des mesures radiométriques (mesures de débit de dose) et des prélèvements d'eau, dans certains cas de sols (par exemple au niveau d'anomalies radiométriques significatives) et de sédiments (en particulier dans les plans d'eau situés en aval hydraulique des sites miniers), sur les sites considérés et aux alentours de ceux-ci. Le plan prévisionnel d'échantillonnage, qui détaille le type de mesures et leur localisation, est établi par l'IRSN sur la base des informations recueillies sur les sites et leur environnement à l'étape 1 et des critères de sélection des sites. Ce plan est présenté à la DREAL et à l'ASN locale, pour discussion, avant la mission de terrain. Des adaptations du plan d'échantillonnage peuvent être faites suite à la discussion avec ces acteurs locaux ou en raison de contraintes liées au terrain (accessibilité, conditions météorologiques etc.) au moment de la visite.

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.

Une réunion entre l'IRSN et la DREAL Pays de Loire, à laquelle a participé également l'ASN Nantes et la DREAL Poitou Charente, a été organisée en amont de la mission de terrain afin d'échanger sur le programme prévisionnel des contrôles et sur la connaissance actuelle des anciens sites miniers. L'ASN de la division de Bordeaux n'était pas disponible pour la réunion mais a été tenu informée de la mission. Par ailleurs, AREVA Mines et le COPIL MIMAUSA ont également été informés, avant la mission, des dates retenues pour les visites de terrain de l'IRSN.

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

La localisation des points de mesures et de prélèvements a été réalisée au moyen d'un GPS avec une précision planimétrique de 5 à 10 mètres.

Les mesures radiométriques (mesures des débits de dose) ont été 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. Ce balayage radiométrique a généralement permis de localiser rapidement les zones ayant fait l'objet d'une exploitation ou potentiellement impactées par la réutilisation de matériaux radioactifs issus de l'ancienne mine.

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 température (à l'aide d'un capteur de température de platine), de conductivité (à partir de quatre électrodes) et de 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 en radium 226 des échantillons d'eaux, sur la fraction dissoute, particulière 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 particulière ; 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, sur la fraction totale, dissoute et particulaire, ont été réalisées par un laboratoire de l'IRSN par ICP-MS (Norme ISO 17294-2, 2003).

Les échantillons de solides (sédiments, sols) ont subi au laboratoire un séchage à l'étuve à 105°C suivi d'un tamisage à 2 mm (Norme NF M60-790-6). La totalité de l'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 GENERALITES SUR LES ANCIENS SITES MINIERIS DU MAINE ET LOIRE

Le BE du Maine et Loire d'AREVA Mines répertorie six anciens sites miniers [2] (Figure 1) :

- les Quatre Chênes ;
- la Bonnière ;
- le Rétail ;
- l'Anjouerie ;
- la Baconnière ;
- l'Ecarpière.

Ces sites sont situés au Sud-Ouest du département du Maine et Loire. Le site de l'Ecarpière se situe à la limite des départements du Maine et Loire et de la Loire-Atlantique. Ils sont, tous les six, répartis sur le bassin versant de la Moine (Figure 2). Dans la version 2007 de la base MIMAUSA, un site supplémentaire est inventorié : il s'agit d'une Mine à Ciel Ouvert (MCO) dite la Couraillère, considérée par AREVA Mines comme partie intégrante du site de l'Anjouerie dans le BE Maine et Loire [2].

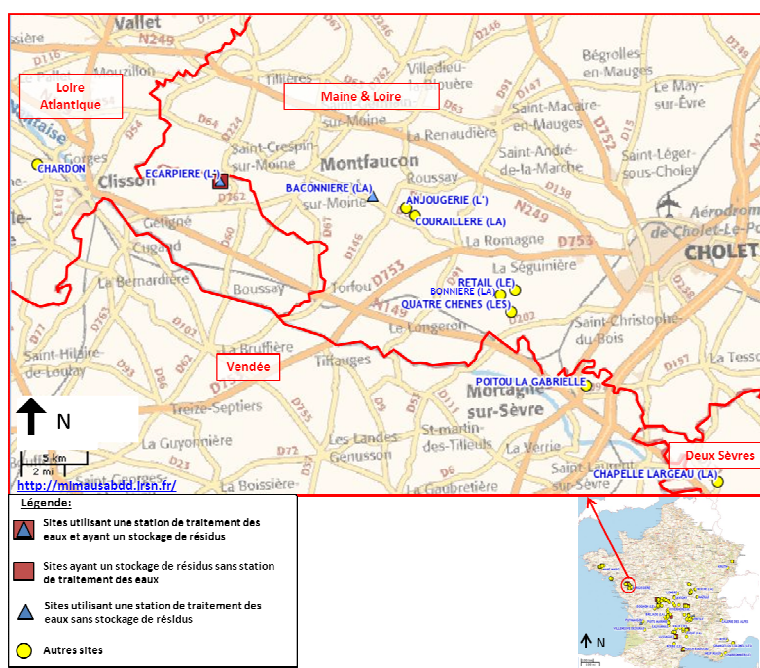


Figure 1 : Carte de localisation des anciens sites miniers du Maine et Loire extraite de l'Inventaire National des Sites Miniers d'Uranium réalisé en 2007 dans le cadre du programme MIMAUSA [6] (Fond de carte Géoportail IGN © [4])

D'autres différences apparaissent entre le BE Maine et Loire et la base MIMAUSA 2007 au niveau du nom, de la situation géographique et de la période d'exploitation des sites (Tableau 1). Ces différences (case colorée du tableau) ont été prises en compte dans la mise à jour d'Août 2013 de la base MIMAUSA [6].

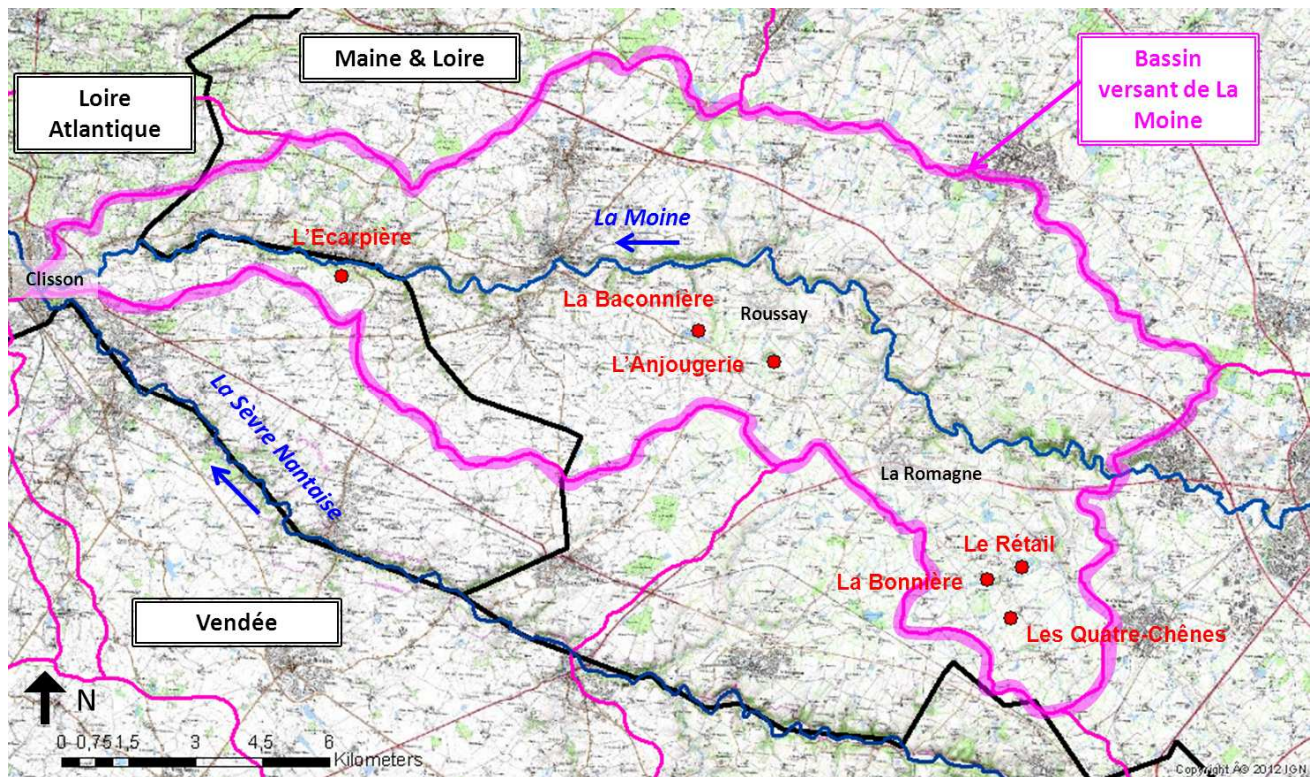


Figure 2 : Répartition des anciens sites miniers uranifères du Maine et Loire dans le bassin versant de la Moine (fonds de carte scan 1/25000 IGN ©, hydrographie BD Carthage®)

Tableau 1 : Caractéristiques générales (Noms des sites, situation géographique, période d'exploitation et surface du site) fournis dans le BE du Maine et Loire d'AREVA Mines [2]. Comparaison avec les données de la base MIMAUSA (mise à jour de 2007, [3]).

Nom du site		Situation géographique : Commune		Période d'exploitation		Surface du site	
BE (2012)	MIMAUSA 2007	BE (2012)	MIMAUSA 2007	BE (2012)	MIMAUSA 2007	BE (2012)	MIMAUSA 2007
L'Ecarpière	L'Ecarpière <u>Autres noms:</u> La Moine, Braudière, le Tail	Saint Crespin sur Moine et Gétigné	Saint Crespin sur Moine et Gétigné	<u>Usine:</u> 1956-1991 <u>Mines:</u> 12/1952-02/1990	1955-1990	240 ha	Non renseigné
La Baconnière	La Baconnière <u>Autres noms:</u> La Basse Boissière, Bastille, Roussay	Roussay, Torfou et Montfaucon-Montigné	Roussay, Torfou	1976-1988	1977-1988	63ha 40 a	Non renseigné
L'Anjouerie	L'Anjouerie <u>Autres noms pour l'Anjouerie:</u> Anjouerie-Ouest, Anjouerie Centre La Couraillère => un site à part dans MIMAUSA 2007	Roussay	Roussay	1974-1983	L'Anjouerie : 1974-1982 La Couraillère : 1982-1983	20 ha 29 a	Non renseigné
Le Rétail	Le Retail	La Romagne	La Romagne	1978-1983	1978-1983	3 ha 77 a	Non renseigné
La Bonnière	La Bonnière <u>Autres noms:</u> La Grande Bonnière	La Romagne	La Romagne	04/1979-01/1980	1979-1980	4 ha 60 a	Non renseigné
Les Quatre-Chênes	Les Quatre-Chênes	Saint-Christophe-du-Bois	Saint-Christophe-du-Bois	Aout 1980	1980	40a	Non renseigné

Les anciens sites miniers du Maine et Loire présentent des surfaces très variables (Figure 3) :

- les sites des Quatre Chênes, le Rétail et de la Bonnière présentent une surface inférieure à cinq hectares ;
  - les sites de l'Ecarpière, la Baconnière et de l'Anjouerie présentent une surface supérieure à 20 hectares.
- L'Ecarpière avec ses 240 hectares est le plus grand site du Maine et Loire.

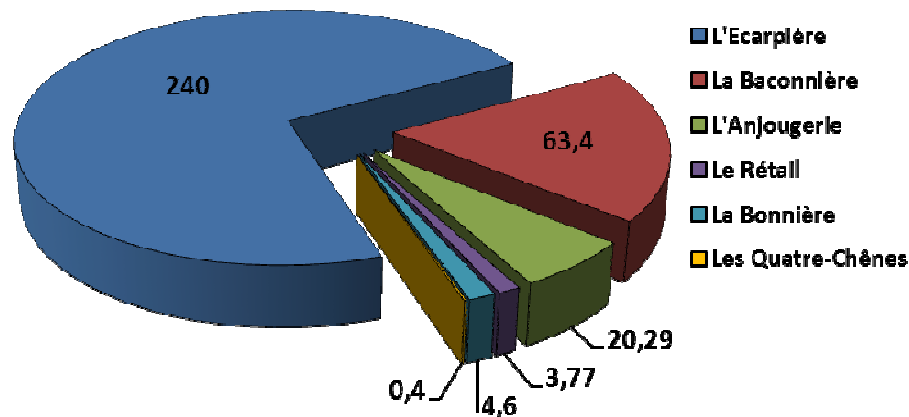


Figure 3 : Surface (hectare) des anciens sites miniers d'uranium du Maine et Loire (d'après BE AREVA Mines [2])

Une usine de traitement dynamique du minerai était implantée sur le site de l'Ecarpière de 1956 à 1991. Cette usine a été démantelée à partir de 1991 et les produits du démantèlement sont actuellement stockés, avec les boues provenant du traitement des eaux du site et les résidus de traitement du minerai (traitement dynamique et statique), sur le site de l'Ecarpière [2]. Ce stockage est une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

## 4.2 NATURE DES TRAVAUX D'EXPLOITATION ET PRODUCTIONS ASSOCIEES

Le Tableau 2 présente les informations contenues dans le BE d'AREVA Mines de 2012 [2] concernant la nature des travaux d'exploitation des sites du Maine et Loire. Seul le site des Quatre Chênes n'a pas été exploité par Mine à Ciel Ouvert (MCO) ; il a été exploité uniquement par des Travaux de Reconnaissance par Petits Chantiers (TRPC). Les cinq autres sites possèdent tous une à quatre MCO dont certaines ont été remblayées et d'autres ré-ennoyées et forment des plans d'eau. Les sites de l'Ecarpière, la Baconnière et le Rétail ont aussi été exploités par des Travaux Miniers Souterrains (TMS).

Le Tableau 2 présente la quantité de minerai d'uranium, d'uranium métal et de stériles produits sur ces six sites ainsi que la teneur du minerai en uranium. Les anciens sites miniers du Maine et Loire ont produit 5 985 722 tonnes de minerai, 4 963 tonnes d'uranium et environ 17,5 millions de tonnes de stériles [2] (Figure 4, Figure 5, Figure 6, Tableau 2). La production d'uranium provient, en grande partie, du site de l'Ecarpière (82%) et de la Baconnière (11%) (Figure 5, Tableau 2). L'essentiel des stériles provient des sites de la Baconnière (48%), l'Ecarpière (38%) et



l'Anjouerie (11%) (Figure 6, Tableau 2). L'ensemble des sites, à l'exception de celui des Quatre Chênes, dispose d'une verse à stériles [2].

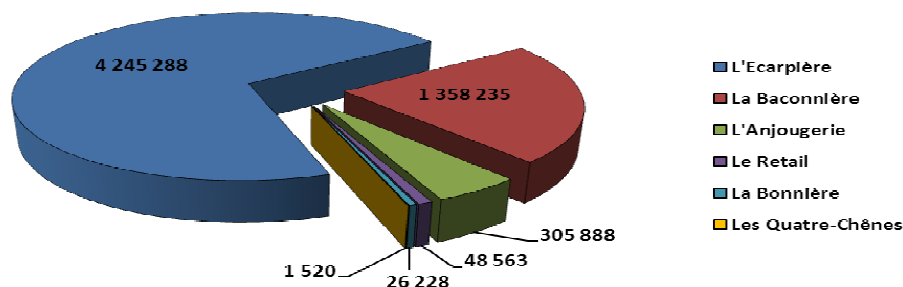


Figure 4 : Tonnage de minerai d'uranium extrait sur les anciens sites miniers d'uranium du Maine et Loire (d'après BE AREVA Mines [2])

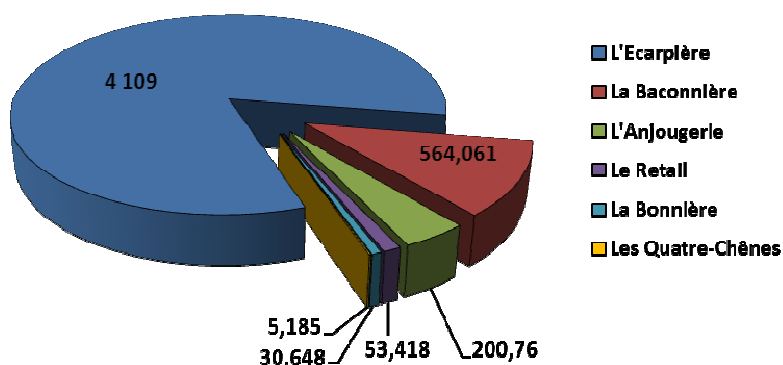


Figure 5 : Tonnage d'uranium métal extrait sur les anciens sites miniers d'uranium du Maine et Loire (d'après BE AREVA Mines [2])

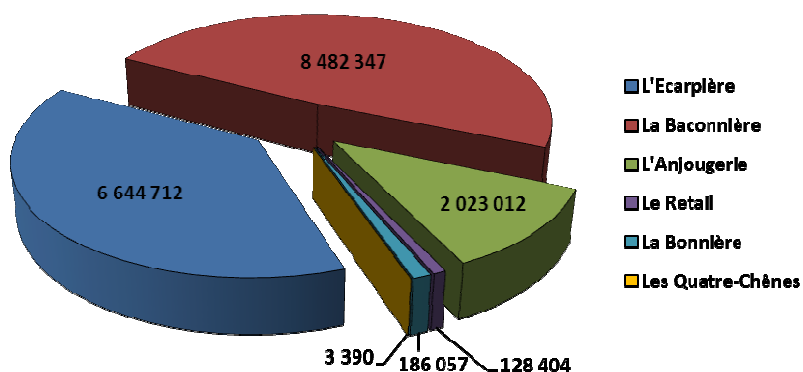


Figure 6 : Tonnage de stériles produits sur les anciens sites miniers d'uranium du Maine et Loire (d'après BE AREVA Mines [2])

L'ensemble des informations obtenues par l'analyse du BE a été comparé aux informations mentionnées dans la base de données MIMAUSA (mise à jour de 2007 [3]). Quelques écarts et lacunes, notamment sur les teneurs, les quantités de stériles et de minerai produits, ont été constatés (Tableau 2, cellules colorées). Ces écarts et lacunes ont été rectifiés dans la mise à jour d'août 2013 de la base MIMAUSA [6].

Tableau 2: Nature des travaux d'exploitation minière, nombre de Mines à Ciel Ouvert en eau présentes sur site et productions associées (teneur du minerai et tonnage du minerai d'uranium, de l'uranium métal et des stériles produits) fournis dans le BE d'AREVA Mines [2]. Comparaison avec les données de la base MIMAUSA (mise à jour de 2007, [3]).

Site	Nature des travaux		MCO en eau		Tonnage minerai d'uranium extrait [tonne]		Teneur [% U]		Tonnage d'uranium métal extrait [tonne]		Stériles produits [tonne]	
	BE (2012)	MIMAUSA 2007	BE (2012)	MIMAUSA 2007	BE (2012)	MIMAUSA 2007	BE (2012)	MIMAUSA 2007	BE (2012)	MIMAUSA 2007	BE (2012)	MIMAUSA 2007
L'Ecarpière	TMS + 4 MCO	TMS + 4 MCO	1 MCO	1 MCO	4 245 288	Non renseigné	0,97	Non renseigné	4 109	4 112	6 644 712	Non renseigné
La Baconnière	TMS + 4 MCO	TMS + 4 MCO	1 MCO	1 MCO	1 358 235	Non renseigné	0,41	Non renseigné	564,061	565	8 482 347	Non renseigné
L'Anjouerie	3 MCO	2 MCO La Couraillère (1 MCO)	2 MCO	2 MCO	305 888	Non renseigné	0,66	Non renseigné	200,76	159 La Couraillère (41 t)	2 023 012	Non renseigné
Le Rétail	TMS + 1 MCO + tranchée de reconnaissance	TMS + 1 MCO	1 MCO	1 MCO	48 563	Non renseigné	1,1	Non renseigné	53,418	53	128 404	Non renseigné
La Bonnière	1 MCO	1 MCO + TMS	1 MCO	Non renseigné	26 228	Non renseigné	1,17	Non renseigné	30,648	31	186 057	Non renseigné
Les Quatre-Chênes	TRPC (tranchées)	MCO	Sans objet	Non renseigné	1 520	Non renseigné	3,41	Non renseigné	5,185	5,2	3 390	Non renseigné

Avec :

MCO : Mine à Ciel Ouvert

TMS : Travaux Miniers Souterrains

TRPC : Travaux de Reconnaissance par Petits Chantiers

### Principaux enseignements tirés de l'analyse du BE pour ce qui concerne l'exploitation des sites

L'analyse du BE a permis de préciser et de mettre à jour certaines informations de la base MIMAUSA concernant :

- les caractéristiques générales des sites, comme par exemple leur surface, les périodes d'exploitation ou encore leur situation géographique et administrative (propriétés des terrains, numéros des parcelles etc.) ;
- la nature des travaux : une exploitation par travaux miniers souterrains est indiquée dans MIMAUSA pour le site de la Bonnière alors que le BE n'en mentionne pas. Par ailleurs MIMAUSA indique l'exploitation d'une MCO pour le site des Quatre Chênes alors qu'il s'agit de Travaux de Reconnaissance par Petits Chantiers ;
- le tonnage de stériles, de minerai, d'uranium produits et la teneur en uranium du minerai : le bilan d'AREVA Mines a permis de fournir certains chiffres non renseignés dans la base de données MIMAUSA et d'apporter des précisions sur la répartition des tonnages pour les différents types d'exploitation (MCO ou TMS) en un site donné.

## 4.3 SITUATIONS RELATIVES AU TRAITEMENT DES EAUX

Les sites de la Baconnière et de l'Ecarpière possèdent chacun une station de traitement des eaux [2]. Pour le site de la Baconnière, il s'agit d'une station de neutralisation du pH, à l'aide de fleur de chaux (hydroxyde de calcium), qui permet d'ajuster le pH des eaux de la MCO afin de respecter les normes qualitatives de rejet définies dans les arrêtés préfectoraux. La station de traitement des eaux du site de l'Ecarpière traite les eaux d'essorage du stockage de résidus et les eaux des TMS. En plus d'une neutralisation du pH (à l'aide d'une solution de soude à 24%), le radium 226 est insolubilisé par ajout de chlorure de baryum en présence d'ions sulfate (naturellement présents).

Ces informations sont cohérentes avec celles recensées dans l'inventaire MIMAUSA de 2007 [3].

## 4.4 SITUATIONS RELATIVES A LA PERIODICITE DE LA SURVEILLANCE DES SITES EFFECTUEE PAR AREVA MINES

Les anciens sites miniers peuvent être soumis à deux types de surveillance (Tableau 3) :

- **la surveillance réglementaire définie par Arrêté Préfectoral** : elle implique des contrôles journaliers/mensuels/semestriels des différents compartiments de l'environnement (eaux, sédiments, végétaux etc.). Cette surveillance, réalisée par AREVA Mines, concerne les sites de l'Ecarpière (site de stockage de résidus de traitement du minerai) et de la Baconnière;
- **l'auto surveillance d'AREVA Mines** : elle implique en général des analyses de l'eau des MCO. Cette surveillance concerne les sites de la Baconnière, de l'Anjouerie, du Rétail et de la Bonnière.



Dans le cadre de la réalisation du BE [2], AREVA Mines a procédé à des analyses supplémentaires, en 2011, dans l'environnement proche des sites afin de compléter les informations obtenues lors de la surveillance des sites (Tableau 3).

**Tableau 3 : Nature de la surveillance des différents compartiments sur/et autour des sites du Maine et Loire d'après le BE d'AREVA Mines [2].**

Site	Surveillance réglementaire soumise à Arrêté Préfectoral	Auto surveillance d'AREVA Mines	Analyses supplémentaires dans le cadre du BE
L'Ecarpière	- Eaux : eaux de surface, rejet, MCO, puits fermiers et piézomètres (32 points); - Sédiments (4 points) ; - Végétaux aquatiques (4 points) ; - Air (19 points) ; - Chaîne alimentaire (9 points).	/	/
La Baconnière	- Eaux : eaux de surfaces (3 points), MCO, rejet, eaux de puits (5 points); - Sédiments (2 points).	- Eaux : eaux de surface (2 points), eaux de puits (1 point) ; - Sédiments (1 point) - Végétaux aquatiques (3 points)	Sédiments (1 point)
L'Anjouerie	/	Eaux : MCO Anjouerie Ouest (fréquence semestrielle), MCO Couraillère (fréquence annuelle)	Eaux de surface (3 points)
Le Rétail	/	Eaux MCO (fréquence annuelle)	Eaux de surface (4 points)
La Bonnière	/	Eaux MCO (fréquence annuelle)	Eaux de surface (2 points)
Les Quatre-Chênes	/	/	Eaux de surface (1 point)

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

Les données, présentées par AREVA Mines dans son Bilan, apparaissent dans certains cas insuffisantes pour avoir une connaissance précise de la situation radiologique actuelle du site et de son environnement proche. C'est, par exemple, le cas des mesures faites par AREVA Mines dans les eaux qui se limitent à la fraction dissoute et ne permettent donc pas d'estimer la radioactivité totale présente. Les lacunes de connaissance identifiées ont été prises en compte pour établir le programme des contrôles de second niveau. Ces contrôles n'ayant toutefois pas vocation à compléter systématiquement les données de caractérisation des sites, ni à se substituer aux actions qui incombent à AREVA Mines, le programme d'investigation de l'IRSN s'est focalisé sur quelques questions jugées prioritaires (cf. critères définis au chapitre 2), à savoir : **l'usage, les niveaux radiométriques (exposition externe) et/ou radiologiques (radioactivité des eaux, des solides) ou une combinaison des deux.**

Pour rappel, les sites de stockage de résidus, qui font l'objet d'un suivi plus étroit de la part de la DREAL Pays de Loire, ne sont pas retenus pour les contrôles de second niveau. Cela a été le cas pour celui de l'Ecarpière dans le cadre de la présente mission. Seuls des prélèvements dans la Moine, cours d'eau recevant l'ensemble des écoulements identifiés ou potentiels des sites du Maine et Loire, ont été effectués au droit du site.

Le critère d'usage a notamment conduit à retenir le cas d'anciens sites pour lesquels les eaux en relation avec les travaux miniers font l'objet d'un usage particulier ou seraient susceptibles d'être exploitées dans le futur compte tenu de la localisation et des caractéristiques des sites. Les sites concernés sont ceux disposant d'une MCO ou d'un bassin en eau (Tableau 4) :

- les sites de la Baconnière, l'Anjouerie, la Bonnière et le Rétail possèdent tous les quatre une MCO en eau mais seules les trois dernières ont un usage ;
- le site de la Baconnière présente des anciens bassins de décantation en eau sans usage connu mais situés hors périmètre clôturé donc libre d'accès.

**Tableau 4 : Récapitulatif des MCO et bassins en eau sur les sites de la Baconnière, l'Anjouerie, le Rétail et la Bonnière et usages de ces derniers (d'après le BE d'AREVA Mines [2]).**

Site	MCO en eau	Bassin(s) en eau	Usage(s)
La Baconnière	Oui	Oui	Pas d'usage connu, MCO clôturée propriété AREVA Mines
L'Anjouerie	Oui	Non	- Centre de plongée - Alimentation du bétail - Pêche de loisir
Le Rétail	Oui	Non	- Alimentation du bétail - Irrigation d'un potager
La Bonnière	Oui	Non	Pêche de loisir occasionnelle

Des concentrations en uranium et/ou des activités en radium 226 dans les eaux, supérieures aux valeurs généralement observées dans l'environnement en contexte géologique similaire ( $^{238}\text{U}$ -1  $\mu\text{g.L}^{-1}$  et  $^{226}\text{Ra}$ -quelques dizaines de  $\text{mBq.L}^{-1}$ ), ont été relevées par AREVA Mines en aval de plusieurs sites [2] :

- le Rétail : une concentration de 4,1  $\mu\text{g.L}^{-1}$  en uranium 238 dans le ruisseau de la Bégaudière ;
- l'Anjouerie : des concentrations en uranium 238 égales à 12  $\mu\text{g.L}^{-1}$  et 9,9  $\mu\text{g.L}^{-1}$  au niveau du ruisseau de Douet Aubert et du ruisseau recueillant les eaux de ruissellement de la MCO Anjouerie Ouest respectivement ;
- la Baconnière : une concentration de 122  $\mu\text{g.L}^{-1}$  en uranium 238 et une activité en radium 226 de 130  $\text{mBq.L}^{-1}$  au niveau du rejet de la station de traitement des eaux, des concentrations en uranium 238 égales à 226  $\mu\text{g.L}^{-1}$ , 95  $\mu\text{g.L}^{-1}$ , 35  $\mu\text{g.L}^{-1}$  et 23  $\mu\text{g.L}^{-1}$  au niveau d'une mare située au pied des anciennes MCO remblayées, du ruisseau de la Boissière, du ruisseau de la Baconnière et du ruisseau de la Poblère respectivement.

Le site de la Baconnière a fait l'objet d'une attention particulière car, en plus d'observer des concentrations dans les eaux de surface supérieures aux valeurs généralement observées dans l'environnement en contexte géologique similaire, il présente un rejet d'eau dans l'environnement soumis à une surveillance par Arrêté Préfectoral.

En complément et comme indiqué précédemment, la rivière La Moine, potentiellement sous influence de l'ensemble des anciens sites miniers du Maine et Loire, a fait l'objet de contrôles en amont et en aval des sites. La

Moine a été échantillonnée après chaque confluence avec les cours d'eau récepteur des écoulements potentiels de chaque site (confluences ruisseau de la Bégaudière/La Moine, ruisseau de l'Ergulière/La Moine et ruisseau de la Baconnière/La Moine).

Sur la base de ces observations, trois sites sur les six existants ont été sélectionnés pour une visite de terrain dans le cadre des contrôles de second niveau de l'IRSN : le Rétail, l'Anjouerie et la Baconnière.

Les sites les Quatre Chênes et de la Bonnière n'ont pas été estimés prioritaires compte tenu notamment de leur usage, cependant des mesures en environnement proche de ces deux sites ont été effectuées pour compléter ou vérifier les informations présentées dans le BE.

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

Les résultats des contrôles de second niveau sont détaillés, pour chaque site visité, dans les annexes 3 à 5. Celles-ci fournissent également un descriptif de la nature des travaux réalisés sur les sites, que ce soit au cours de l'exploitation ou pendant le réaménagement, et précisent la localisation géographique des sites et des principaux ouvrages miniers ainsi que le réseau hydrographique de surface correspondant. Les paragraphes suivants reprennent, de manière succincte, la situation des sites visités et les principales observations faites lors de la mission sur le terrain. Ils mentionnent les écarts mis en évidence par rapport au contenu du BE et s'attachent à décrire la situation radiologique observée de chaque site et de son environnement.

L'évaluation des situations s'appuie sur les observations visuelles (usage et accessibilité du site par exemple) mais également sur des résultats de mesures effectuées dans l'eau, les sédiments et les sols. Pour cette évaluation, des données caractéristiques de milieux comparables aux lieux de prélèvements et de mesure, 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 dans l'encadré ci-après.

### **Bruit de fond radiologique**

Les débits de dose mesurés à environ 50 cm du sol, dans l'environnement naturel des sites du Maine et Loire visités, sont compris entre 140 et 160 nSv.h<sup>-1</sup>.

Les concentrations en uranium et les activités en radium 226 généralement mesurées pour des eaux de surface, dans des contextes géologiques similaires à ceux du Maine et Loire et non affectés par l'exploitation minière, sont respectivement de l'ordre de 1 µg.L<sup>-1</sup> et de quelques dizaines de mBq.L<sup>-1</sup> [7 à 12].

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 Bq.kg<sup>-1</sup> sec pour chacun des radionucléides de la chaîne de l'uranium 238 [13]. Il est à noter que les concentrations en radioéléments des sédiments du milieu naturel mesurées par l'IRSN dans le Limousin, la Bourgogne, l'Aveyron et l'Auvergne, dans le cadre des contrôles de second niveau [8 à 12] et [14 à 15], sont cohérentes avec ces gammes de valeurs.

Des prélèvements d'eau et de sédiments ont été effectués en amont des sites miniers durant la mission de terrain sur les départements du Maine et Loire et des Deux Sèvres. Les résultats, présentés en Annexe 2, sont cohérents avec les valeurs retenues de bruit de fond [8 à 15].

## 5.1 SITUATION ACTUELLE DES SITES ET LEUR IMPACT SUR LES EAUX, SOLS ET SEDIMENTS EN CHAMP PROCHE

### 5.1.1 SITES SUR LE BASSIN VERSANT DU RUISSEAU DE LA BEGAUDIERE

Les sites de la Bonnière, le Rétail et les Quatre Chênes se situent sur le bassin versant du ruisseau de la Bégaudière et sont directement ou indirectement drainés par celui-ci. Les sites de la Bonnière et des Quatre-Chênes n'ont pas fait l'objet de visite lors du contrôle de second niveau, cependant des échantillons d'eau et de sédiment ont été prélevés en environnement proche afin de compléter les informations données dans le BE Maine et Loire pour ces sites.

#### 5.1.1.1 Contrôle sur le site le Rétail

*Pour plus de détail, voir Annexe 3.*

##### Descriptif du site et des usages

Le site le Rétail se situe sur des terrains privés clôturés sur la commune de La Romagne. Le minerai a été exploité par Mine à Ciel Ouvert, actuellement en eau et par Travaux Miniers Souterrains qui ont été remblayés. Une verse est présente dans la partie Sud du site : cette dernière a été réaménagée et les parcelles concernées servent actuellement de pâturage pour les bovins. L'eau de la MCO sert à la fois à l'abreuvement des bovins et à l'irrigation d'un potager cultivé par le propriétaire du terrain sur le site. Une ancienne carrière exploitée dans la verse à stériles et dont l'exploitation a cessé il y a une dizaine d'année se trouve également au Sud du site. Les installations de surface ont été démantelées hormis une cabane, laissée en place, à la demande du propriétaire. Les terrains sont drainés par le ruisseau de la Bégaudière qui s'écoule au Sud du site (Figure 7).

##### Observations concernant la situation radiométrique et radiologique

Les débits de dose mesurés par l'IRSN sur le site le Rétail varient de un à trois fois le bruit de fond naturel autour de la MCO, sur le potager et dans l'ancienne carrière exploitée dans la verse à stériles. La verse à stériles présente des mesures supérieures (jusqu'à cinq fois le bruit de fond) avec des valeurs comprises entre 650 et 900 nSv/h sur une zone située au Sud de l'entrée de la MCO.

L'analyse des eaux de la MCO par l'IRSN révèle que ces eaux sont marquées en uranium (U fraction totale =  $260,7 \pm 26,1 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) et en radium 226 ( $^{226}\text{Ra}$  fraction totale =  $140 \pm 30 \text{ mBq.L}^{-1}$ ). L'uranium et le radium 226 sont essentiellement portés par la phase dissoute. Ces valeurs sont cohérentes avec celles obtenues par AREVA Mines. L'analyse du sol du potager révèle un marquage de la terre par le radium 226 (trois à quatre fois le bruit de fond, Annexe 2) ainsi qu'un déséquilibre en faveur du radium 226 ( $^{238}\text{U} = 170 \pm 70 \text{ Bq. (kg m.s.}^{-2})^{-1}$ ,  $^{226}\text{Ra} = 780 \pm 70 \text{ Bq. (kg m.s.}^{-1})^{-1}$ ).

Les activités massiques, mesurées par l'IRSN, sur des sédiments de deux étangs susceptibles de subir l'influence des écoulements provenant du site, l'un localisé au Nord (Echantillon 49\_RTL\_ETGN\_SED, Figure 7) et l'autre au

---

<sup>2</sup> m.s. = masse sèche

Nord-Est (Echantillon 49\_RTL\_ETGNE\_SED, Figure 7), sont du même ordre de grandeur que celles représentatives du bruit de fond local (Annexe 2). Les analyses des eaux de ces deux étangs, réalisées par AREVA Mines (Echantillon RTL ETGN et RTL ETGNE, Figure 7), ne mettent pas en évidence de marquage des eaux (valeurs non vérifiées par l'IRSN).

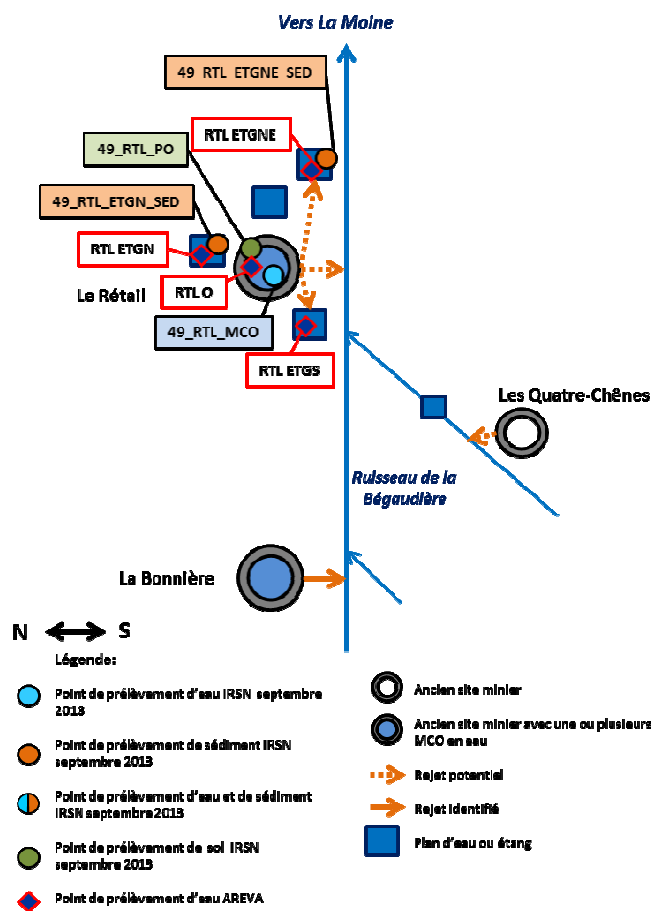


Figure 7 : Schéma de localisation des différents prélèvements d'eau, de sédiment et de sol effectués par l'IRSN et AREVA Mines sur le site le Rétail (d'après le BE Maine et Loire [2])

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

Les contrôles de second niveau ont permis de :

- constater l'usage de l'eau de la MCO pour l'abreuvement du bétail. Compte tenu de cet usage et de la valeur significative en uranium dans l'eau, l'incidence de la contamination des denrées agricoles produites sur le site (viandes, lait) devrait être évaluée;
- confirmer qu'une partie du site a été aménagée en potager. Ce dernier est arrosé avec l'eau de la MCO. Compte tenu de cet usage, il serait utile de disposer de données sur les niveaux radiologiques dans les légumes cultivés sur ce site afin d'évaluer l'incidence en terme d'impact sur les consommateurs de ces légumes.

L'étang situé au Nord du site le Rétail (Point 49\_RTL\_ETGN\_SED, Figure 7) est un étang municipal où la pêche de loisir est pratiquée. Après discussion avec des acteurs locaux lors de l'échantillonnage des sédiments dans cet étang, il s'avère qu'il a été envisagé, d'utiliser l'eau de la MCO le Rétail pour le remplir. L'IRSN considère que le remplissage de l'étang avec l'eau de la MCO après vidange n'est pas souhaitable compte tenu des niveaux de contamination mesurés dans l'eau de la MCO et des usages actuels de cet étang.

### 5.1.1.2 Impact des sites La Bonnière, le Rétail et les Quatre Chênes à l'échelle du bassin versant de la Bégaudière

Le ruisseau de la Bégaudière a été échantillonné par AREVA Mines, en 2011, aux points (Figure 8) :

- BNN BEA, correspondant à l'amont des sites de la Bonnière et le Rétail ;
- BNN BEB, correspondant à l'aval du site de la Bonnière mais à l'amont du site le Rétail et de la confluence avec le ruisseau collecteur des écoulements potentiels des Quatre-Chênes ;
- RTL BEB, situé à l'aval des trois sites.

Un prélèvement d'eau a été réalisé, en 2011, par AREVA Mines en aval du site des Quatre Chênes (Point QCN RU, Figure 8) [2]. L'IRSN a procédé à des prélèvements d'eau et de sédiments dans le ruisseau de la Bégaudière en aval direct du site de la Bonnière (Echantillons 49\_BNN\_RU\_B et 49\_BNN\_RUB\_SED, Figure 8) et en aval total des trois sites (Echantillon 49\_RTL\_RU\_B, Figure 8). En complément, un échantillon de sédiments a été prélevé en aval du site des Quatre Chênes (Echantillon 49\_QCN\_ETG\_SED\_B, Figure 8).

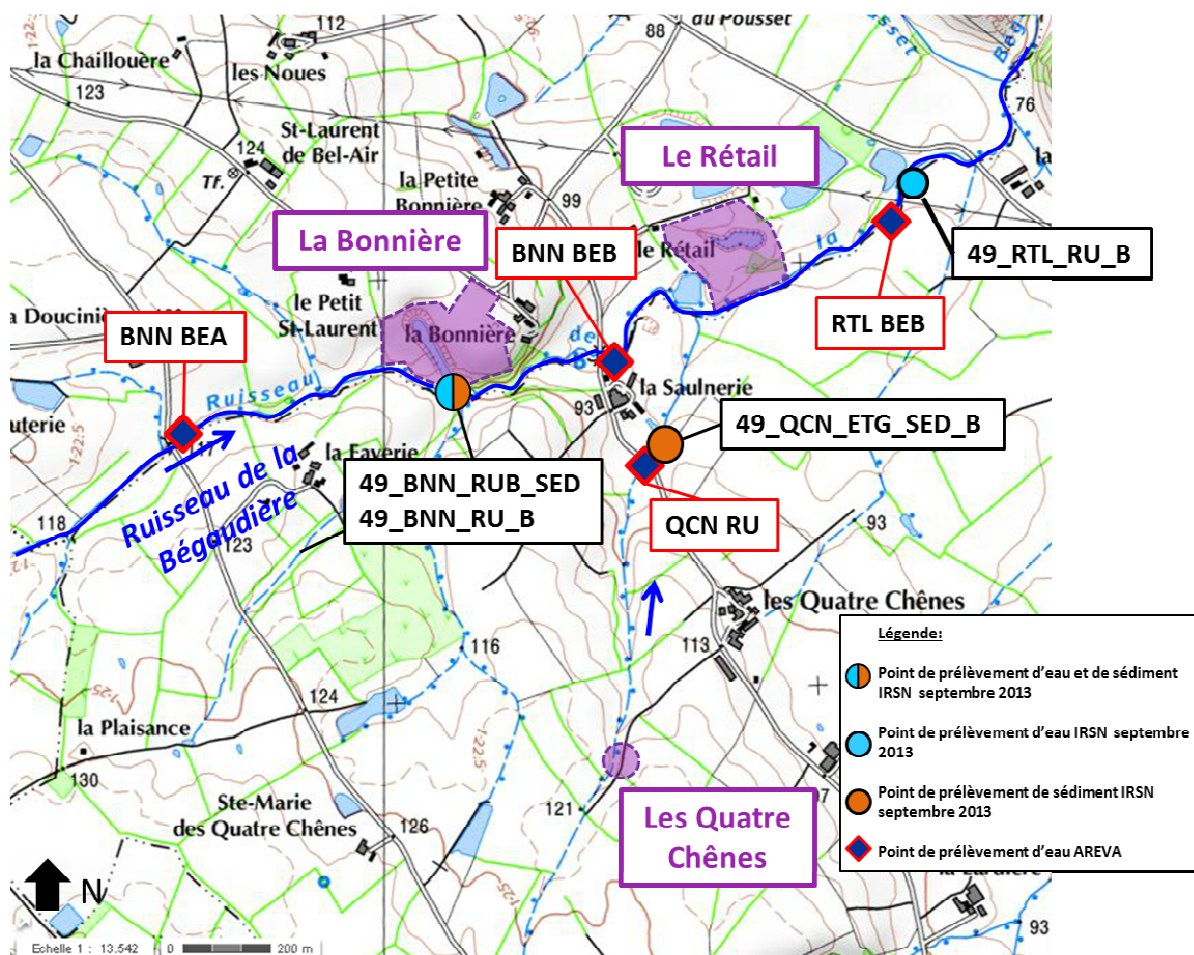


Figure 8 : Localisation des lieux des prélèvements d'eau et de sédiment effectués par l'IRSN et AREVA Mines dans le bassin versant du ruisseau de la Bégaudière, en violet l'emprise des sites (fond de carte Géoportail IGN © [4], localisation des points réalisés par AREVA Mines d'après le BE [2])

#### Analyses des eaux prélevées dans le bassin versant du ruisseau de la Bégaudière

Les résultats des analyses physico-chimiques et radiologiques sur les échantillons d'eau effectués par AREVA Mines et l'IRSN sont présentées ci-dessous (Tableau 5).

Tableau 5 : Résultats des mesures physico-chimiques et des analyses radiologiques (uranium 238 dissous, uranium total, radium 226 dissous et radium 226 total) effectuées par AREVA Mines et l'IRSN en champ proche des sites de la Bonnière, des Quatre-Chênes et du Rétail [2]

Nom du point	Commentaires	pH	Conductivité [ $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ]	$^{238}\text{U}$ dissous [ $\mu\text{g.L}^{-1}$ ]	U (fraction totale) [ $\mu\text{g.L}^{-1}$ ]	$^{226}\text{Ra}$ dissous [ $\text{mBq.L}^{-1}$ ]	$^{226}\text{Ra}$ (fraction totale) [ $\text{mBq.L}^{-1}$ ]
BNN BEA	Point AREVA Mines, Amont total des trois sites (La Bonnière, Les Quatre Chênes et le Rétail)	7	306	1,8		20	
BNN BEB	Point AREVA Mines, Aval La Bonnière	7,1	296	1,6		30	
RTL BEB	Point AREVA Mines, Aval total des trois sites (La Bonnière, Les Quatre Chênes et le Rétail)	7,4	416	4,1		70	
QCN RU	Point AREVA Mines, Aval du site des Quatre Chênes	6,8	240	< 1		40	
49_BNN_RU_B	Point IRSN, Au droit La Bonnière	6,6	166		3,7 ± 0,4		54 ± 17
49_RTL_RU_B	Point IRSN, Aval total des trois sites (La Bonnière, Les Quatre Chênes et le Rétail)	7,4	311		15,5 ± 1,5		<14

Les valeurs d'AREVA Mines pour l'uranium 238 et le radium 226 le long du ruisseau de la Bégaudière indiquent un marquage progressif des eaux de ce ruisseau de l'amont vers l'aval, notamment après le site le Rétail ( Figure 8, Tableau 5), ce qui pourrait indiquer une influence plus importante du site le Rétail sur le ruisseau. Les mesures IRSN révèlent un marquage plus prononcé, notamment en uranium, des eaux avec des valeurs plus élevées au point 49\_RTL\_RU\_B (Tableau 5). Ces différences entre les valeurs IRSN et AREVA Mines ne sont, à ce stade, pas expliquées.

#### Analyses des sédiments prélevés dans le bassin versant du ruisseau de la Bégaudière

Les résultats de l'analyse de la composition radiologique par spectrométrie gamma des sédiments prélevés par l'IRSN dans le bassin versant du ruisseau de la Bégaudière sont présentés au Tableau 6.

Tableau 6 : Résultats de l'analyse par spectrométrie gamma des sédiments prélevés, par l'IRSN, dans le bassin versant du ruisseau de la Bégaudière, aux points 49\_QCN\_ETG\_SED\_B et 49\_BNN\_RUB\_SED

Echantillon	Activité en [ $\text{Bq.}(\text{kg m.s.})^{-1}$ ]						
	$^{234\text{m}}\text{Pa}$	$^{214}\text{Pb}$	$^{214}\text{Bi}$	$^{210}\text{Pb}$	$^{235}\text{U}$	$^{40}\text{K}$	$^{137}\text{Cs}$
49_QCN_ETG_SED_B	120 ± 80	166 ± 15	150 ± 12	810 ± 80	<15	600 ± 60	< 1,5
49_BNN_RUB_SED	190 ± 100	154 ± 14	156 ± 16	135 ± 17	< 15	1380 ± 110	2,3 ± 0,9

L'activité massique de  $^{238}\text{U}$  peut être assimilée à celle de  $^{234\text{m}}\text{Pa}$  et celle du  $^{226}\text{Ra}$  peut être assimilée à l'activité massique de  $^{214}\text{Pb}$ . Les activités massiques de l' $^{238}\text{U}$  et  $^{226}\text{Ra}$  des échantillons 49\_QCN\_ETG\_SEB\_B et 49\_BNN\_RUB\_SED sont du même ordre de grandeur que celles des échantillons prélevés en amont des sites (Annexe 2, Tableau 6) et traduisent l'absence d'incidence du site de la Bonnière et des Quatre Chênes, respectivement, sur la qualité des sédiments situés en aval direct.

Le point 49\_RTL\_RU\_B devait faire l'objet d'un prélèvement de sédiments mais des contraintes de terrain n'ont pas permis sa réalisation.

### 5.1.2 SITE SUR LE BASSIN VERSANT DU RUISSEAU DE L'ERGULIERE : L'ANJOUGERIE

*Pour plus de détail, voir Annexe 4.*

Le bassin versant du ruisseau de l'Ergulière contient un seul site : le site de l'Anjougerie. Il est recensé sur la commune de Roussay et il a été visité par l'IRSN dans le cadre du contrôle de second niveau.

#### Descriptif du site et des usages

Les travaux miniers de ce site ont consisté en l'exploitation de trois Mines à Ciel Ouvert (Figure 9) :

- la MCO Ouest ;
- la MCO Centre ;
- la MCO La Couraillère.



Figure 9 : Situation des trois Mines à Ciel Ouvert du site de l'Anjougerie (fond de carte Géoportail IGN © [4])

La MCO Centre a été remblayée et les terrains situés à l'aplomb sont utilisés comme pâturage pour les bovins. Les deux autres MCO sont en eau et ont différents usages :

- la MCO Ouest a été reconvertie en centre de plongée ;
- la MCO La Couraillère est utilisée pour l'abreuvement des bovins et la pêche de loisir.

L'ensemble du site de l'Anjougerie se situe sur des terrains privés. Une verse à stériles se situe à l'Ouest du centre



de plongée. L'ensemble du site est drainé par trois ruisseaux (Figure 10) :

- la partie Est (la MCO La Couraillère) par le ruisseau de l'Ergulière ;
- la partie Ouest (verse à stériles) par le ruisseau de Douet Aubert ;
- les eaux de ruissellement de la partie centrale (parking du centre de plongée etc.) sont récupérées par un petit ru.

Ces deux derniers ruisseaux se jettent dans le ruisseau de l'Ergulière, une centaine de mètres en aval du site (Figure 10).

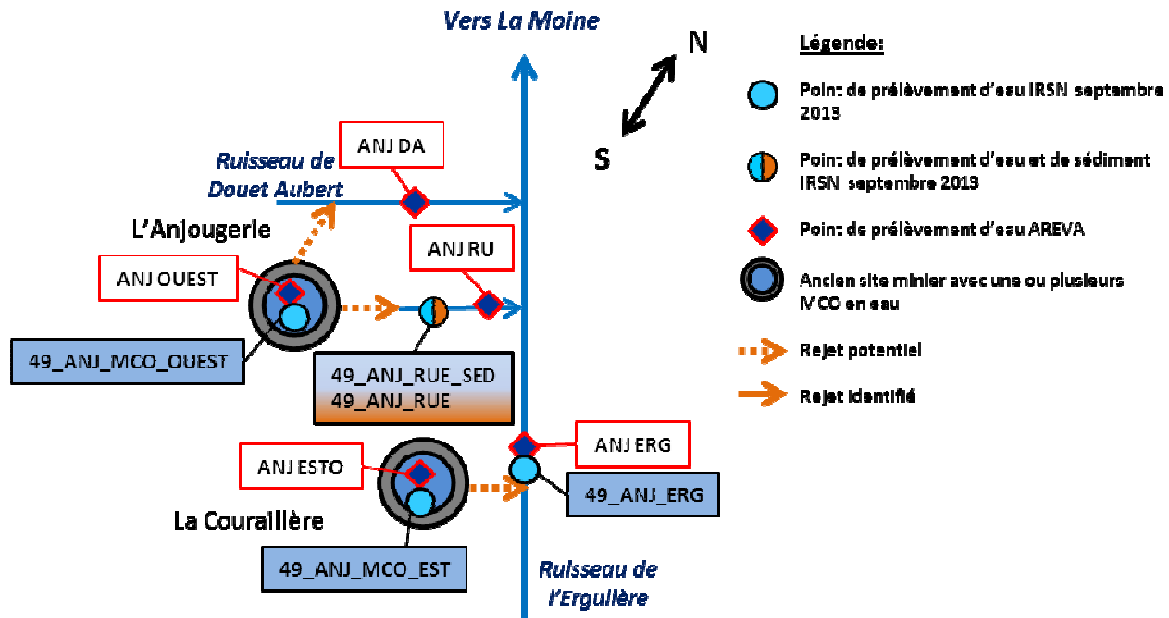


Figure 10 : Schéma de localisation des différents prélèvements d'eau effectués par l'IRSN et AREVA Mines sur et autour du site de l'Anjouerie (d'après le BE Maine et Loire [2])

### Observations concernant la situation radiométrique et radiologique

Les débits de dose mesurés par l'IRSN sur le site de l'Anjouerie sont égaux à une à deux fois le bruit de fond naturel.

Les analyses réalisées par l'IRSN dans les eaux des MCO Anjouerie Ouest et La Couraillère confirment les résultats présentés par AREVA Mines dans son BE soit  $75,5 \pm 7,6 \mu\text{g.L}^{-1}$  et  $63,8 \pm 6,4 \mu\text{g.L}^{-1}$  respectivement (données AREVA Mines,  $67,5 \mu\text{g.L}^{-1}$  pour l'Anjouerie Ouest et  $78 \mu\text{g.L}^{-1}$  pour La Couraillère, [2]). Les prélèvements effectués au niveau du ruisseau récupérant les eaux de ruissellement du parking (Echantillons 49\_ANJ\_RUE et 49\_ANJ\_RUE\_SED, Figure 10) confirment les données AREVA Mines sur l'eau (Echantillon ANJ RU) avec un marquage en uranium (valeur IRSN  $32,7 \pm 3,3 \mu\text{g.L}^{-1}$ , valeur AREVA Mines  $9,9 \mu\text{g.L}^{-1}$ ). Les résultats d'analyses sur les sédiments de ce ruisseau indiquent des activités supérieures à celles observées dans le milieu naturel hors influence minière pour l'uranium 238. L'activité du sédiment est environ de 5 fois supérieures à celles caractérisant le bruit de fond naturel dans la région ( $^{238}\text{U}=1590 \pm 170 \text{ Bq.}(\text{kg m. s.})^{-1}$ , voir Annexe 2 et Annexe 4). Lors du contrôle de second niveau, le ruisseau de Douet Aubert était à sec, aucun prélèvement d'eau n'a donc pu être réalisé. Des mesures ont été réalisées dans le ruisseau de l'Ergulière en aval du site, les valeurs trouvées sont du même ordre de grandeur que celles généralement mesurées dans les eaux de surface hors influence minière et dans un contexte géologique similaire.

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

Au vu de l'usage actuel et des caractéristiques du ruisseau recueillant les eaux de ruissellement du parking et de la configuration des lieux (accès réduit), les valeurs relevées dans les eaux et les sédiments de ce ruisseau ne suscitent pas de commentaire particulier de la part de l'IRSN.

S'agissant de la MCO La Couraillère, compte tenu de l'usage des eaux pour l'abreuvement du bétail et de la valeur significative en uranium dans l'eau, l'IRSN estime que la voie d'exposition, associées à une contamination de denrées agricoles produites sur le site (lait, viande) devrait être évaluée. Pour rappel, la MCO Anjougerie Ouest fait l'objet de servitudes conventionnelles régissant ces usages et n'appelle donc pas de commentaire particulier de la part de l'IRSN.

## 5.1.3 SITE SUR LE BASSIN VERSANT DU RUISSEAU DE LA BACONNIERE : LA BACONNIERE

Pour plus de détail, voir Annexe 5.

### Descriptif du site et des usages

Le site de la Baconnière se situe sur des terrains appartenant à AREVA Mines et à des propriétaires privés [2]. Les travaux miniers ont consisté en Travaux Miniers Souterrains et l'exploitation de six Mines à Ciel Ouvert [2] (Figure 11). Quatre des six MCO ont été remblayées (celles situées sur les terrains privés) et ont retrouvé leur vocation agricole (champs et pâturages). Les MCO 5 et 6 forment un seul bassin en eau (~1 800 000 m<sup>3</sup>). Elles sont entourées d'un périmètre clôturé ; dans ce périmètre se trouve une station de traitement qui assure la neutralisation des eaux avant rejet (conformément à l'Arrêté Préfectoral du 30/11/2006 (Tableau 3)). Le site présente une verse à stériles (dite de la Bastille) qui se situe sur les terrains appartenant à AREVA Mines à l'Est du site (Figure 11).

L'ensemble des terrains appartenant à AREVA Mines n'a pas actuellement d'usage particulier. Un chemin de randonnée (chemin dit « des 100 coups ») longe le site au Nord (Figure 11).

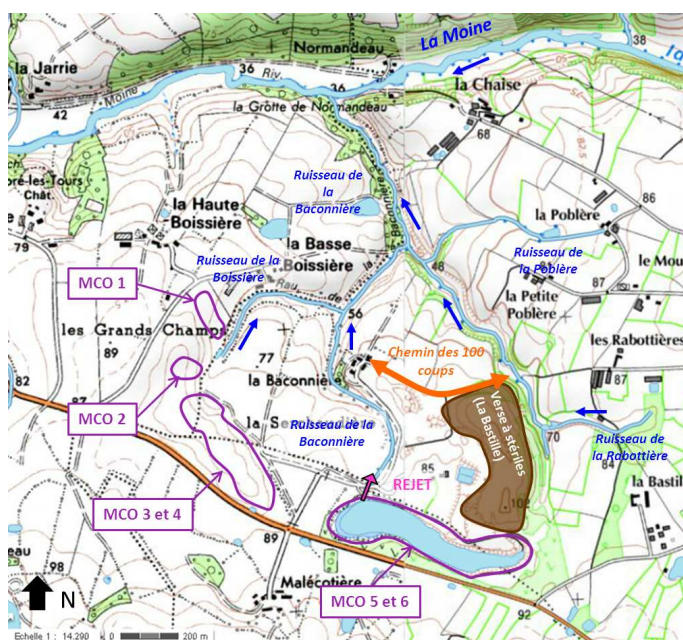


Figure 11 : Situation des six Mines à Ciel Ouvert et de la verse à stériles du site de la Baconnière (fond de carte Géoportail IGN © [4])

Le site est drainé par quatre ruisseaux (Figure 11, Figure 12):

- la partie Ouest (fosses remblayées) par le ruisseau de Boissière ;
- la partie Est (verse) par le ruisseau de la Poblère et le ruisseau de la Rabottière ;
- la partie centrale par le ruisseau de la Baconnière, ruisseau récepteur du rejet du site. Les eaux de ce dernier, avant la confluence avec le ruisseau de la Boissière, sont majoritairement constituées par les eaux du rejet du site.

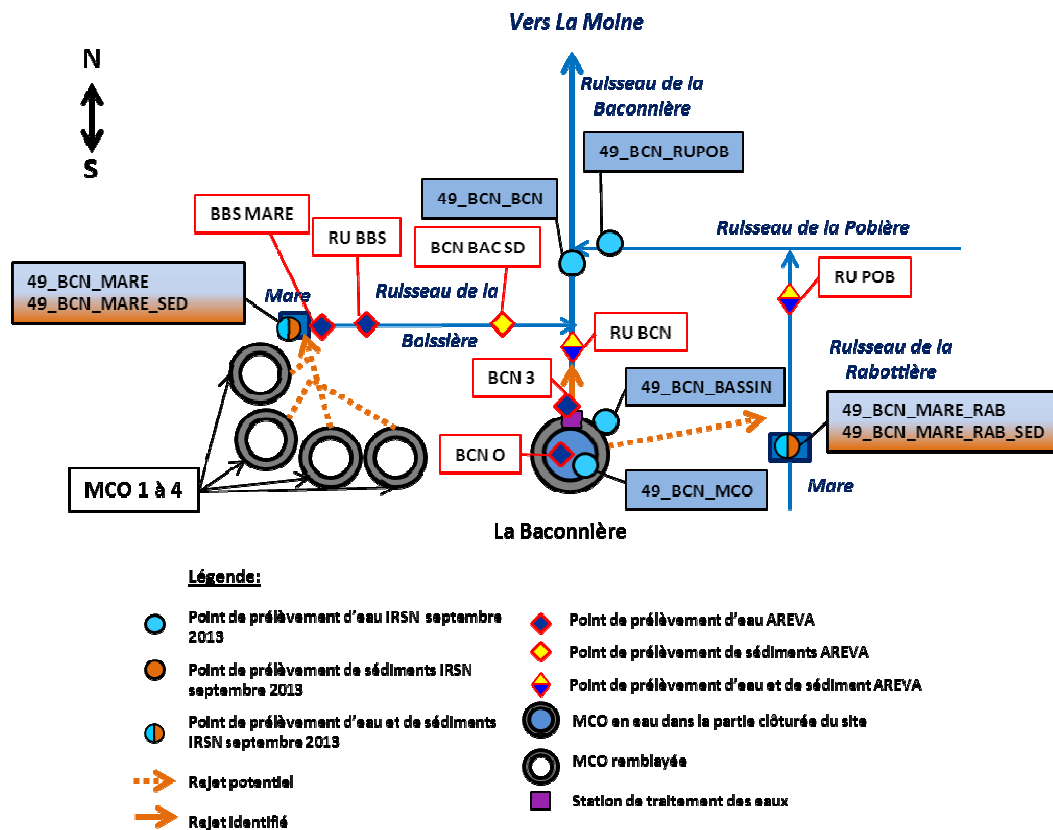


Figure 12 : Schéma de localisation des différents prélèvements d'eau et de sédiment effectués par l'IRSN et AREVA Mines sur et autour du site de la Baconnière (d'après le BE Maine et Loire [2])

### Observations concernant la situation radiométrique et radiologique

Les débits de dose mesurés par l'IRSN sur le site de la Baconnière sont compris entre deux et six fois le bruit de fond naturel au niveau du réaménagement de la digue Est de la MCO actuellement en eau. Cette partie est clôturée et interdite d'accès.

Sur les parties non clôturées, les débits de dose sont équivalents au bruit de fond hormis sur le chemin des 100 coups où des mesures comprises entre 200 et 650 nSv/h ont été relevées soit de un à quatre fois le bruit de fond.

### Le site :

Les eaux de la MCO présentent un marquage en uranium et en radium 226 ( $U = 102,3 \pm 10,2 \mu\text{g.L}^{-1}$  et  $^{226}\text{Ra} = 130 \pm 30 \text{ mBq.L}^{-1}$ ). Après traitement pour neutralisation (pH compris entre 6,5 et 8,5, selon l'arrêté préfectoral, [16]) les eaux de la MCO sont rejetées dans le ruisseau de la Baconnière. L'échantillon d'eau prélevé dans un des bassins de décantation (Echantillon 49\_BCN\_BASSIN, Figure 12) présente des valeurs de l'ordre de celles que l'on trouve dans les eaux de surface hors influence minière ( $U = 1,8 \pm 0,2 \mu\text{g.L}^{-1}$  et  $^{226}\text{Ra} = 13 \pm 11 \text{ mBq.L}^{-1}$ ).

### Les ruisseaux en aval du site :

Le marquage en uranium des eaux des ruisseaux de la Poblère, de la Baconnière et de la Boissière relevé par AREVA Mines dans son BE est confirmé par les mesures réalisées par l'IRSN dans le ruisseau de la Baconnière (Echantillon 49\_BCN\_BCN,  $U = 6,4 \pm 0,6 \mu\text{g.L}^{-1}$ ; Figure 12) et dans le ruisseau de la Poblère (Echantillon 49\_BCN\_RUPOB,  $U = 17,3 \pm 1,7 \mu\text{g.L}^{-1}$ , Figure 12). Ces données sont aussi en accord avec les mesures réalisées par ALGADE, à la demande d'AREVA Mines, en 2009 dans le cadre d'une étude sur la gestion future des eaux de mines (Annexe 5, [17]). Lors de la visite sur site, AREVA Mines a indiqué qu'aucun rejet n'avait été effectué dans le ruisseau de la Baconnière depuis juin 2013. En l'absence de rejet, il a donc pas été possible d'effectuer un prélèvement en ce point lors du contrôle de second niveau et la valeur obtenue au niveau du ruisseau de la Baconnière est donc représentatif du ruisseau de la Boissière qui alimente le ruisseau de la Baconnière en amont du point de prélèvement.

### Les mares en aval du site :

Deux mares ont été échantillonnées (Figure 12) :

- la mare localisée en aval des deux plus anciennes MCO remblayées. Cette dernière est susceptible de récupérer les eaux d'écoulement provenant des quatre MCO remblayées (Echantillons IRSN : 49\_BCN\_MARE et 49\_BCN\_MARE\_SED, Echantillon AREVA : BBS MARE) ;
- la mare située à l'Est de la verse à stériles de la Bastille, alimentée par le ruisseau de la Rabottière (Echantillons IRSN : 49\_BCN\_MARE\_RAB et 49\_BCN\_MARE\_RAB\_SED) et susceptible de récupérer les eaux de drainage de la verse.

Les analyses effectuées par l'IRSN révèlent un fort marquage en uranium des eaux au niveau des deux mares ( $U = 387,7 \pm 38,7 \mu\text{g.L}^{-1}$  pour 49\_BCN\_MARE et  $U = 148,1 \pm 14,8 \mu\text{g.L}^{-1}$  pour 49\_BCN\_MARE\_RAB) et des sédiments ( $^{238}\text{U} = 4160 \pm 360 \text{ Bq. (kg m.s.)}^{-1}$  pour 49\_BCN\_MARE\_SED et  $^{238}\text{U} = 4080 \pm 370 \text{ Bq. (kg m.s.)}^{-1}$  pour 49\_BCN\_MARE\_RAB\_SED). La mare localisée en aval des MCO remblayées présente un léger marquage en radium 226 des eaux ( $^{226}\text{Ra} = 130 \pm 30 \text{ mBq.L}^{-1}$ ). AREVA Mines n'a échantillonné que la mare en aval des MCO remblayées. Les valeurs relevées sont cohérentes avec celles de l'IRSN (Annexe 5, [2, 17]).

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

Compte tenu de l'usage (lieu de passage et faible fréquentation) du chemin des 100 coups, les débits de dose relevés lors du contrôle de second niveau n'appellent pas de remarque particulière.

M. le Maire de Roussay a indiqué que les pâturages situés à l'Est de la verse de la Bastille étaient fréquemment inondés en hiver. Le marquage observé des eaux et des sédiments de la mare située dans ces pâturages est vraisemblablement dû au drainage de la verse à stériles. A cet effet, l'IRSN rappelle la recommandation de compléter le dispositif de surveillance du site de la Baconnière par l'ajout d'un point de référence, en amont hydraulique de la verse, et un point au droit de la verse, à l'Est de celle-ci, en amont hydraulique du point de surveillance RU POB, qu'il a remis dans son avis sur la gestion à long terme des eaux sur et au voisinage de La Baconnière [18]. De plus, l'IRSN suggère de compléter ce dispositif par des analyses complémentaires de terres situées dans les pâturages aux pieds de la verse de la Bastille.

Compte tenu des concentrations en uranium des eaux et des sédiments des deux mares investiguées et de leurs usages pour l'abreuvement du bétail, l'IRSN estime que les voies d'exposition, associées à une contamination des denrées agricoles produites sur le site (lait, viande), devraient faire l'objet d'une évaluation et être couvertes par

le dispositif de surveillance du site, que ce soit à travers des prélèvements réguliers ou des campagnes de mesures ponctuelles.

## 5.2 IMPACT DES ANCIENS SITES MINIERES DU MAINE ET LOIRE SUR LA RIVIERE LA MOINE EN CHAMP ELOIGNE DES SITES

Les anciens sites miniers du Maine et Loire peuvent potentiellement avoir une incidence sur La Moine via les ruisseaux de la Bégauldière, l'Ergulière et de la Baconnière qui en sont des affluents (Annexe 3 à Annexe 5). De plus, La Moine est le cours d'eau récepteur des rejets du site de l'Ecarpière (Annexe 6).

Pour évaluer l'impact des anciens sites miniers du Maine et Loire sur La Moine, des prélèvements d'eau et de sédiments ont été réalisés, notamment aux confluences entre les ruisseaux récepteurs des écoulements ponctuels et/ou identifiés et La Moine (Figure 13). La Moine, autour du site de l'Ecarpière, a fait l'objet d'un échantillonnage plus important du fait de la présence d'un rejet direct dans cette rivière. La localisation précise de l'ensemble des prélèvements ainsi que les résultats des analyses chimiques et radiologiques sont présentés dans les Annexes 1, 2, 6 et 7. Un échantillon d'eau a également été prélevé dans La Moine en aval total des sites (Annexe 7, Figure 13).

Les résultats d'analyses de l'eau de La Moine prélevée en aval des confluences et en aval total des sites présentent des concentrations en uranium et des activités en radium 226 du même ordre de grandeur que celles du point 49\_MOINE\_A ( $U < 1 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  et  $^{226}\text{Ra} < 13 \text{ mBq}\cdot\text{L}^{-1}$ ) prélevé dans La Moine avant la confluence avec le ruisseau de la Bégauldière (Figure 13, Annexe 2, Annexe 7) en amont de tous les sites. Il n'y a donc pas d'impact observé des travaux miniers du Maine et Loire sur la rivière La Moine.

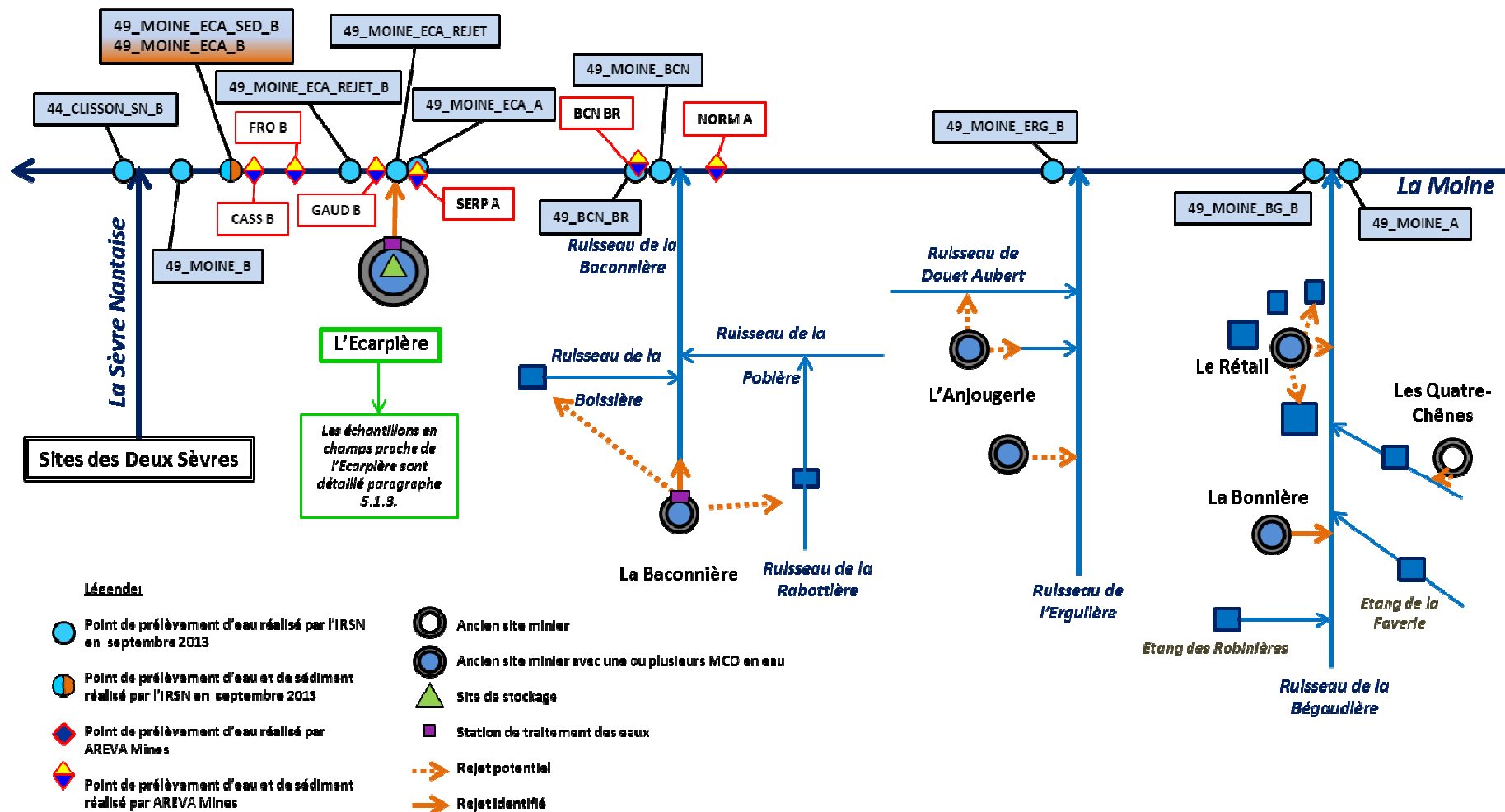


Figure 13 : Schéma de localisation des différents prélèvements d'eau et de sédiment effectués par l'IRSN et AREVA Mines dans la rivière la Moine en champ proche pour le site de l'Ecarpière et en champ éloigné des anciens sites miniers du Maine et Loire (d'après le BE Maine et Loire [2])

## 6 CONCLUSIONS

L'IRSN a réalisé, du 23 au 27 septembre 2013, une mission de terrain sur une partie des anciens sites miniers d'uranium recensés dans le département du Maine et Loire. 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 2012 [2].

Ces contrôles se sont focalisés sur les sites le Rétail, l'Anjouerie et la Baconnière en raison des niveaux radiométriques et/ou radiologiques (eaux, sédiments) mesurés sur ces sites et dans leurs environnements, ainsi que des usages connus. Ils ont consisté à confronter les informations du BE avec celles de la base de données MIMAUSA pour en améliorer son contenu, à vérifier par échantillonnage que la situation radiologique des sites et de leur environnement est conforme à ce qui est présenté dans le BE et à recueillir des informations sur les modifications éventuelles survenues postérieurement à la réalisation du BE.

Les observations et résultats de ces contrôles de second niveau effectués par l'IRSN sur des anciens sites miniers du Maine et Loire conduisent globalement à confirmer les informations contenues dans le BE d'AREVA Mines. Dans quelques cas, ils ont permis d'apporter des compléments et des précisions qui ont été intégrées dans la base de données MIMAUSA (mise à jour Août 2013, [6]). C'est notamment le cas pour les caractéristiques générales des sites (notamment les surfaces des sites), les quantités de stériles, de minerai et d'uranium produits et la teneur moyenne en uranium du minerai et ainsi que, pour quelques sites (le Rétail, la Bonnière et les Quatre Chênes), la nature des travaux.

Pour certains sites, les contrôles effectués par l'IRSN conduisent à proposer la réalisation d'investigations complémentaires afin de vérifier la compatibilité entre l'usage de certaines eaux et leur concentration en uranium et en radium 226 :

- sur le site **le Rétail**, l'eau de la MCO présente une concentration en uranium d'environ  $260 \mu\text{g.L}^{-1}$  et une activité en radium 226 d'environ  $140 \text{mBq.L}^{-1}$  et est utilisée pour l'abreuvement du bétail et l'arrosage d'un potager. L'analyse du sol du potager a révélé un marquage du sol en radium 226 équivalent à trois à quatre fois le bruit de fond. Au vu des usages du site (potager, pâturage et lieu d'abreuvement pour les bovins), **l'IRSN estime que l'incidence en termes de contamination des denrées (légumes du potagers, viandes, lait) devrait être évaluée.** En outre, l'IRSN souhaite attirer l'attention sur l'utilisation potentielle de l'eau de la MCO de ce site par la municipalité de La Romagne : il a été envisagé d'utiliser l'eau de cette MCO pour remplir un étang municipal, où la pêche de loisir est pratiquée, après sa vidange. **L'IRSN considère que le remplissage de l'étang avec l'eau de la MCO n'est pas souhaitable** compte tenu des niveaux de contamination mesurés dans l'eau de la MCO et des usages actuels de cet étang ;
- Le site de **la Baconnière** contient des mares situées en bordure Ouest et Est du site présentant des concentrations en uranium d'environ  $388 \mu\text{g.L}^{-1}$  et  $148 \mu\text{g.L}^{-1}$  respectivement. Ce marquage pourrait être le résultat des écoulements provenant, d'une part, des MCO remblayées pour la mare située à l'Ouest et, d'autre part, des écoulements de pieds de verse pour la mare située à l'Est du site. A cet égard, l'IRSN rappelle la recommandation de compléter le dispositif de surveillance du site de la Baconnière par l'ajout d'un point de référence, en amont hydraulique de la verse, et un point au droit de la verse, à l'Est de

celle-ci, en amont hydraulique du point de surveillance RU POB, effectuée dans l'avis sur la gestion à long terme des eaux sur et au voisinage de La Baconnière qu'il a remis en 2013 [18]. Ces mares sont situées dans des pâturages et sont utilisées en tant que points d'eau pour l'abreuvement du bétail. Au vu de cet usage, l'IRSN considère que les voies d'exposition, associées à une contamination de denrées agricoles produites sur le site (lait, viande), devraient faire l'objet d'une évaluation et être couvertes par le dispositif de surveillance du site. A cet égard l'IRSN suggère de compléter ce dispositif par des analyses complémentaires de terres dans les pâturages situés aux pieds de la versée de la Bastille et d'évaluer les possibilités de transfert de l'uranium et de ses descendants vers les produits agricoles.

- Sur le site de l'Anjouerie, l'eau de la MCO La Couraillère présente une concentration en uranium d'environ  $64 \mu\text{g.L}^{-1}$  et est utilisée pour l'abreuvement du bétail. Au vu de cet usage, l'IRSN estime que l'incidence associée à une contamination des denrées agricoles produites sur le site (viandes, lait) devrait être évaluée.



## **7 BIBLIOGRAPHIE**

1. Circulaire DGPR/SRT/MSNR/SN/2009.132 ; 22 Juillet 2009.
2. AREVA Mines (2012). BILAN ENVIRONNEMENTAL. Sites miniers uranifères du Maine et Loire.
3. IRSN (2007). Inventaire national des sites miniers d'uranium, Version 2, Septembre 2007.
4. Site du Géoportail : [www.geoportail.gouv.fr](http://www.geoportail.gouv.fr)
5. IRSN (2011). Sites d'uranium de l'Ecarpière et de La Commanderie - analyse des résultats des inspections des 20 novembre 2009, 30 juin 2010 et 1er juillet 2010. Avis IRSN n° 2011-0424.
6. IRSN (2013). Base MIMAUSA, mise à jour Aout 2013, <http://mimausabdd.irsn.fr/>
7. IRSN (2009). Programme MIMAUSA volet 2 « études complémentaires » Rapport de la mission pilote de novembre 2008 sur les anciens sites de Lozère. Rapport DEI/SARG/2009-04.
8. IRSN (2011). Contrôles de second niveau effectués sur les anciens sites miniers de Creuse. Rapport DEI/SARG/2011-07.
9. IRSN (2011). Contrôles de second niveau effectués sur les anciens sites miniers de Corrèze. Rapport IRSN/DEI/SARG/2011-018.
10. IRSN (2012). Contrôles de second niveau effectués sur les anciens sites miniers du Nord de la Haute-Vienne. Rapport PRP-DGE/2012-010.
11. IRSN (2012). Contrôles de second niveau effectués sur les anciens sites miniers de la Nièvre. Rapport PRP-DGE/2012-008.
12. IRSN (2012). Contrôles de second niveau effectués sur les anciens sites miniers de la Saône-et-Loire. Rapport PRP-DGE/2012-016.
13. 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.
14. IRSN (2014). Contrôles de second niveau effectués sur les anciens sites miniers de l'Allier, du Puy de Dôme et de la Haute Loire en région Auvergne. Rapport PRP-DGE/2013-00022.
15. IRSN(2014). Contrôles de second niveau effectués sur les anciens sites miniers d'uranium de l'Aveyron. Rapport PRP-DGE/2013-00032.
16. Arrêté préfectoral D3-2006 n° 702 du 30 novembre 2006.
17. Géoarmor environnement et AREVA NC (2009). Site de La Baconnière : Etude des incidences liées à la qualité des eaux de l'ancienne mine à ciel ouvert. MT/5047.
18. IRSN (2013). Gestion à long terme des eaux sur et au voisinage de l'ancien site miner La Baconnière (49). Avis/IRSN n° 2013-00078

## **8 ANNEXE**

**Annexe 1: Synthèse des résultats de mesures *in situ* réalisées au  
niveau des points de prélèvement**

Nom de l'échantillon	Caractéristiques	Site	X [Lambert 93]	Y [Lambert 93]	Date du prélèvement	Radiométrie [nSv/h]	pH	T [°C]	C [µS/cm]	Alc [mg/L]	Turbidité [ppm]
49_QCN_ETG_SED_B	Sédiments de l'étang en aval du site des Quatre Chênes	Les Quatre Chênes	397509	6667150	25/09/2013	nm	6,92	19,48	103	55	688
49_BNN_ETG_SED_A1	Sédiments de l'étang en amont des sites de La Bonnière & Le Rétail (amont ruisseau de la Bégaucière)	La Bonnière-Le Rétail	395577,2	6667173,3	25/09/2013	150	7,11	15,63	143	65	150
49_BNN_ETG_SED_A2	Sédiments de l'étang de la Favorio en amont des sites de La Bonnière & Le Rétail	La Bonnière Le Rétail	396763,4	6667079,2	25/09/2013	160	7,15	19,04	94	35	28,1
49_RTL_ETGNE_SED	Sédiments de l'étang au Nord du site Le Rétail	Le Rétail	397723	6667815	25/09/2013	nm	6,74	17,58	132	45	33,2
49_RTL_ETGNE_SED	Sédiments de l'étang au Nord Est du site Le Rétail	Le Rétail	398070	6667818,3	25/09/2013	nm	8	19,61	236	140	62
49_BNN_ETG_AZ	Eau de l'étang de la Faveria	La Bonnière-Le Rétail	396763,4	6667079,2	25/09/2013	160	7,15	19,04	94	35	28,1
49_BNN_RU_B	Ruisseau de la Bégaucière, Aval site La Bonnière, Amont site Le Rétail, Amont confluence avec Ru	La Bonnière-Le Rétail	397095,7	6667323	25/09/2013	180	6,57	15,05	166	60	137
49_BNN_RUB_SED	Sédiment Ruisseau de la Bégaucière, Aval site La Bonnière, Amont site Le Rétail, Amont confluence avec Ru	La Bonnière-Le Rétail	397095,7	6667323	25/09/2013	180	6,57	15,05	166	60	137
49_RTL_MCO	Fau de la MCO du site Le Rétail	Le Rétail	397668	6667653	25/09/2013	400	7,45	19	28,6	120	5,7
49_RTL_PO	Sol potager sur site Le Rétail	Le Rétail	397738	6667679	25/09/2013	400					

Avec: T = température, C = Conductivité, Alc = Alcalinité, nm = non mesuré

En bleu: les prélèvements d'eau, en marron : les prélèvements de sédiment, en orange : les prélèvements de sol

Norm de l'échantillon	Caractéristiques	Site	X [Lambert 93]	Y [Lambert 93]	Date du prélèvement	Radiométrie [nSv/h]	pH	T [°C]	C [µS/cm]	Alc [mg/L]	Turbidité [ppm]
49_ANJ_MCO_OUEST	Eau de la MCO Anjouerie Ouest	L'Anjouerie	392156	6672425	26/09/2013	nm	7,28	20,21	610	10	0
49_ANJ_MCO_EST	Eau de la MCO Anjouerie La Couraillère	L'Anjouerie	392784,7	6672115	26/09/2013	250	7,08	14,72	179	65	0
49_ANJ_RUE_SED	Sédiments dans le ru récupérant les eaux de ruissellement du site l'Anjouerie	L'Anjouerie	392298	6672563	26/09/2013	180	6,57	17	309	35	41
49_ANJ_RUE	Eau du ru récupérant les eaux de ruissellement du site l'Anjouerie	L'Anjouerie	392298	6672563	26/09/2013	180	6,57	17	309	35	41
49_ANJ_ERG	Eau au point Areva ANJERG, Ruisseau de l'Erguillère, Aval site l'Anjouerie	L'Anjouerie	392991,7	6672239	26/09/2013	nm	6,85	16,57	201	50	10,9
49_BCN_MCO	Eau de la MCO du site de la Baconnière	La Baconnière	390739	6672819	26/09/2013	950	7,25	19,13	1390	25	0
49_BCN_MARE	Eau de la mare située à l'amont du ruisseau de la Boissière	La Baconnière	389697	6673568	26/09/2013	200	6,95	21,52	1180	35	nm
49_BCN_MARE_SED	Sédiments de la mare située à l'amont du ruisseau de la Boissière	La Baconnière	389697	6673568	26/09/2013	200	6,95	21,52	1180	35	nm
49_BCN_BASSIN	Eau du Bassin de décantation du site La Baconnière	La Baconnière	390551,7	6673114,4	26/09/2013	nm	7,55	19,45	85	25	13,4
49_BCN_RUPOB	Ruisseau de la Pôbière en amont de la confluence avec le ruisseau de la Baconnière	La Baconnière	390392	6673899	26/09/2013	nm	7,01	17,44	496	80	0
49_BCN_MARE_RAB_SED	Sédiment de la mare à l'aplomb de la verse à stériles du site ce la Baconnière	La Baconnière	390821,2	6673248	26/09/2013	200	5,58	17,48	871	15	33,4
49_BCN_MARE_RAB	Eau de la mare à l'aplomb de la verse à stériles du site de la Baconnière	La Baconnière	390821,2	6673248	26/09/2013	200	5,58	17,48	871	15	33,4
49_BCN_BCN	Ruisseau de la Baconnière en amont de la confluence avec Ruisseau de la Pôbière	La Baconnière	390375	6673905	26/09/2013	150	6,7	15,94	769	30	0

Avec: T = température, C = Conductivité, Alc = Alcalinité, nm = non mesuré  
En bleu: les prélèvements d'eau, en marron : les prélèvements de sédiment

Nom de l'échantillon	Caractéristiques	Site	X [Lambert 93]	Y [Lambert 93]	Date du prélèvement	Radiométrie [nSv/h]	pH	T [°C]	C [µS/cm]	Aic [mg/L]	Turbidité [ppm]
49_MOINE_ECA_A	La Moine en amont du site de l'Ecarpière, Point Areva SERPA	L'Ecarpière	382768,1	6674531,2	25/09/2013	150	7,26	17,53	210	85	18,7
49_MOINE_ECA_REJET	La Moine, au rejet du site de l'Ecarpière	L'Ecarpière	382641,9	6674557,8	25/09/2013	447	7,37	18,22	247	75	46,3
49_MOINE_ECA_REJET_B	La Moine en aval du rejet du site de l'Ecarpière	L'Ecarpière	382570	6674597	25/09/2013	nm	7,42	17,64	212	80	14,6
49_MOINE_ECA_SED_B	La Moine en aval du site de l'Ecarpière	L'Ecarpière	379030	6674888,9	27/09/2013	nm	7,16	17,83	216	80	15,1
49_MOINE_ECA_B	La Moine en aval du site de l'Ecarpière	L'Ecarpière	379030	6674888,9	27/09/2013	nm	7,16	17,83	216	80	15,1
44_CLISSON_SN_B	La Sèvre Nantaise en aval de la confluence avec La Moine	Environnement éloigné	375137	6674748	25/09/2013	nm	7,42	18,78	193	80	2,3
49_MOINE_A	La Moine en amont total des sites du Maine et Loire	Environnement éloigné	397390	6670451	26/09/2013	nm	7,36	18,27	202	70	39,7
49_MOINE_BG_B	La Moine en aval de la confluence avec le ruisseau de la Bégaudière	Environnement éloigné	397336,6	6670458,7	26/09/2013	nm	7,38	18,26	202	85	35,4
49_MOINE_ERG_B	La Moine en aval de la confluence avec le ruisseau de l'Erguilère	Environnement éloigné	392384	6674090,9	26/09/13	nm	7,35	17,88	232	85	19,1
49_MOINE_BCN	La Moine en aval de la confluence avec le ruisseau de la Baconnière	Environnement éloigné	390123	6674455	26/09/2013	nm	7,01	18,41	233	80	16
49_BCN_BR	La Moine en aval de la confluence avec le ruisseau de la Baconnière, Point Areva BCNBR	Environnement éloigné	390063,5	6674452,3	26/09/2013	nm	7,14	18,4	213	85	18,9
49_MOINE_B	La Moine en aval total des sites du Maine et Loire, avant Clisson	Environnement éloigné	375762	6674072	25/09/2013	nm	7,44	18,91	270	70	6

Avec: T = température, C = Conductivité, Aic = Alcalinité, nm = non mesuré  
En bleu: les prélèvements d'eau, en marron : les prélèvements de sédiment

**Annexe 2: Résultats des mesures pH et de conductivité et des analyses radiologiques (uranium et radium 226), effectuées par l'IRSN sur des échantillons hors influence minière et dans un contexte géologique similaire (prélevés dans le Maine et Loire et les Deux Sèvres).  
Caractérisation du bruit de fond local**

Au cours du contrôle de second niveau, réalisé entre le 23 et le 27 septembre 2013, trois échantillons de sédiments et deux échantillons d'eaux ont été prélevés en amont des sites miniers du Maine et Loire et des Deux Sèvres. Un échantillon d'eau a été prélevé en amont du site la Roche Pied Rôti (site Deux Sèvres), en mai 2014, lors de la mission MIMAUSA en Vendée. Ces échantillons ont été prélevés hors influence minière et dans un contexte géologique similaire aux sites étudiés. Ils permettent de caractériser le bruit de fond local et ainsi de comparer les valeurs obtenues dans des échantillons prélevés sur sites ou en aval de sites étudiés.

## 1. LOCALISATION DES ECHANTILLONS

Les échantillons prélevés et analysés par l'IRSN sont (Figure 14, Figure 15, Figure 16) :

➤ **Les sédiments :**

- les échantillons 49\_BNN\_ETG\_SED\_A1 et 49\_BNN\_ETG\_SED\_A2 ont été prélevés en amont de sites miniers du Maine et Loire (le Rétail, la Bonnière et les Quatre-Chênes) dans l'étang des Robinières et l'étang de la Faverie respectivement ;
- l'échantillon 79\_RPR\_ETG\_SED\_A a été prélevé dans un étang en amont du site la Roche Pied Rôti.

➤ **Les eaux :**

- l'échantillon 49\_BNN\_ETG\_A2 a été prélevé en amont de sites miniers du Maine et Loire (le Rétail, la Bonnière et les Quatre-Chênes) dans l'étang de la Faverie ;
- l'échantillon 49\_MOINE\_A a été prélevé dans la Moine en amont de l'ensemble des sites du Maine et Loire, avant la confluence avec le ruisseau de la Bégaudière ;
- l'échantillon 79\_RPR\_RU\_A. a été prélevé dans le ruisseau en amont du site la Roche Pied Rôti (Site des Deux Sèvres)

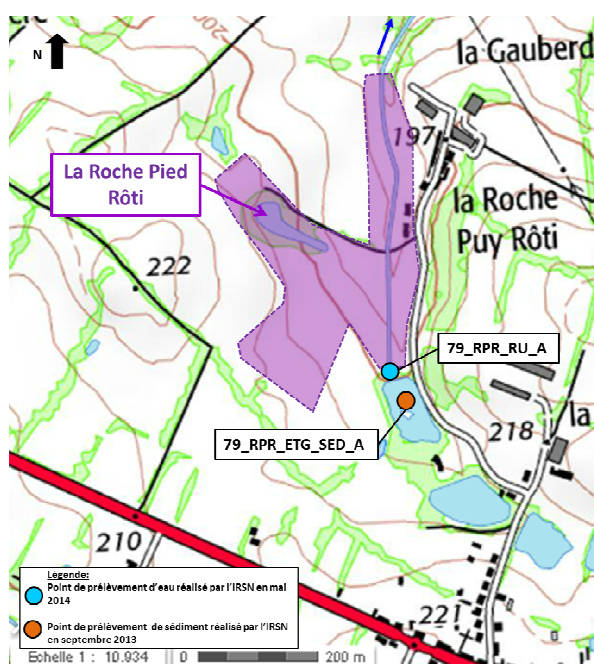


Figure 14 : Localisation des points de prélèvements de sédiment et d'eau réalisés par l'IRSN en amont du site minier La Roche Pied Rôti (Deux Sèvres) en violet l'emprise du site (sur fond Géoportail IGN © [4]).

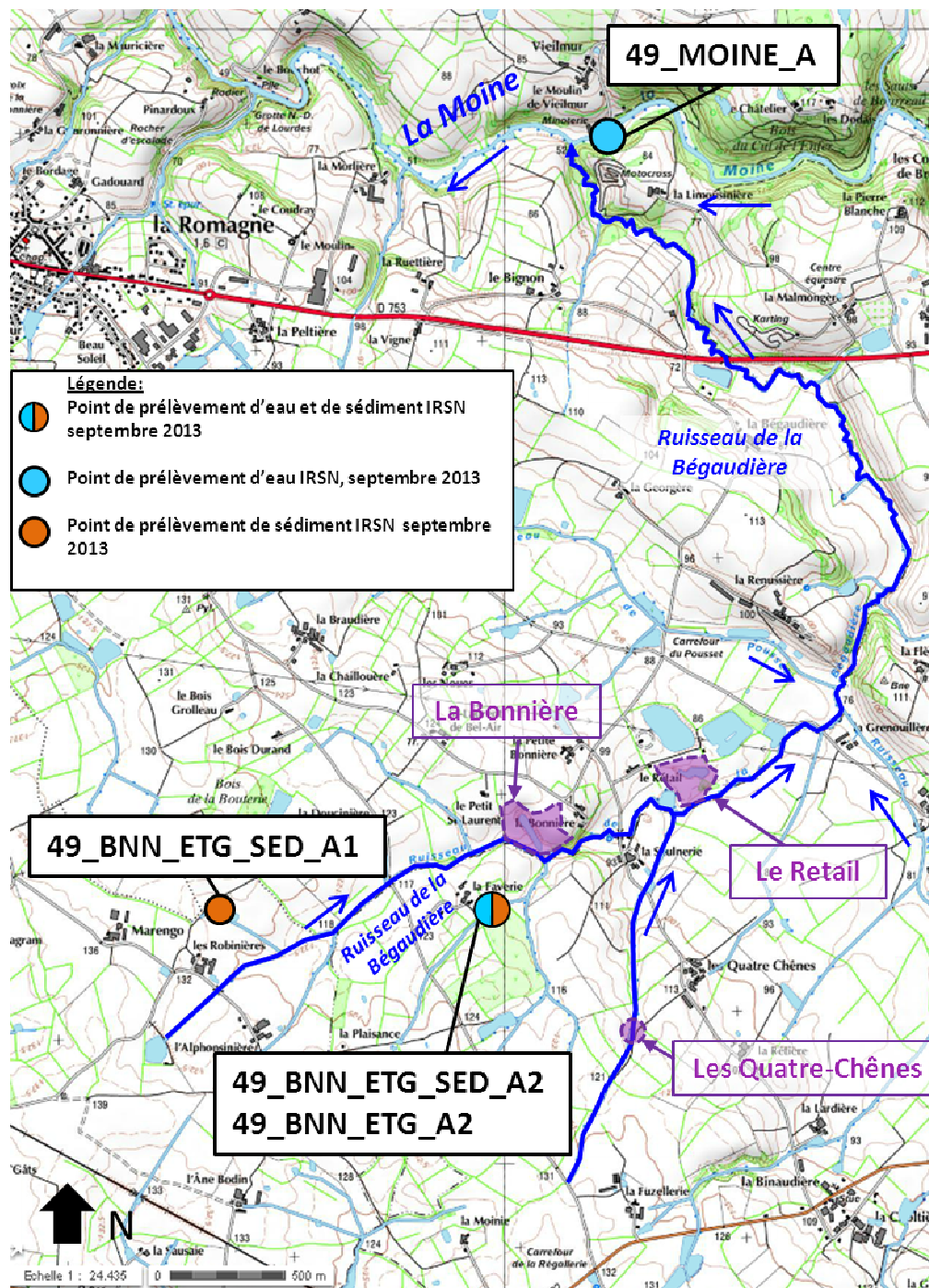


Figure 15 : Localisation des points de prélèvement d'eau et de sédiment réalisés par l'IRSN en amont des sites miniers du Maine et Loire, en violet l'emprise des sites (sur fonds Géoportail IGN © [4])



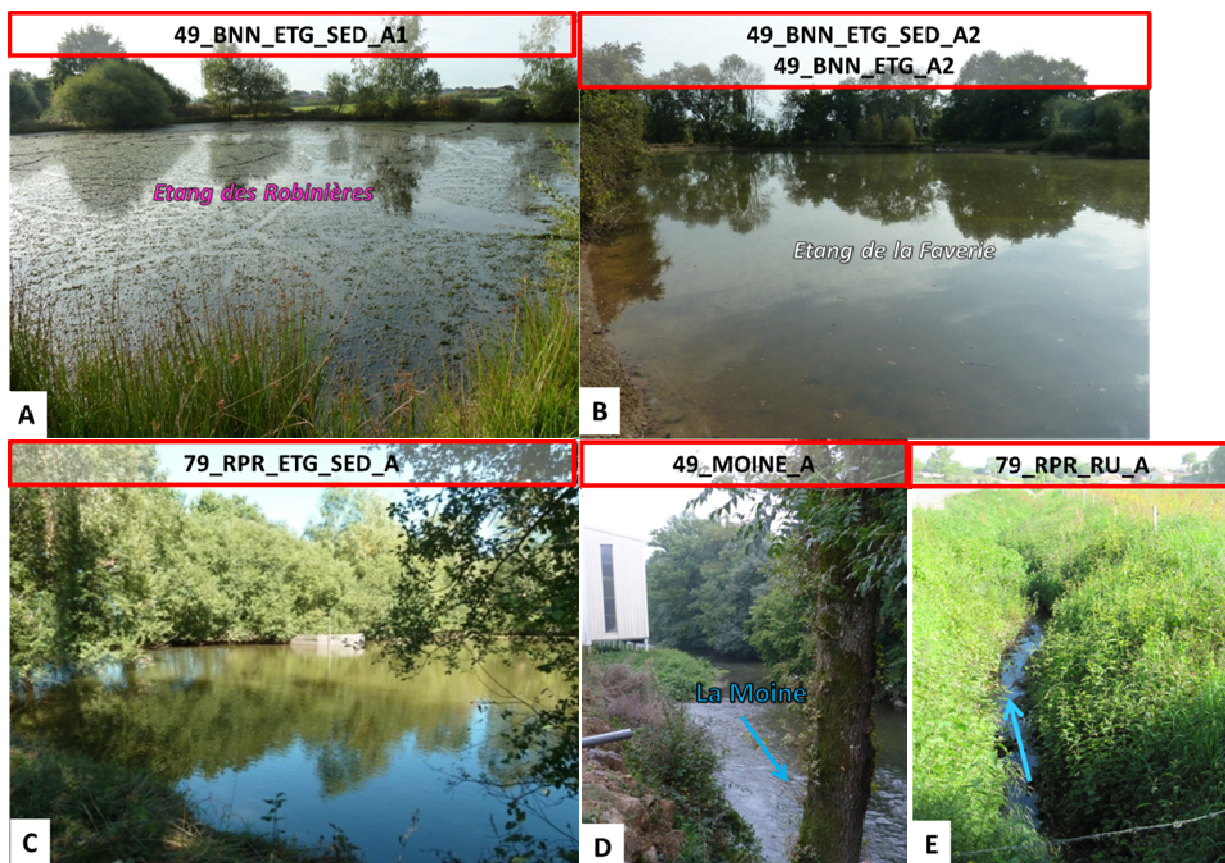


Figure 16 : Photographies des points de prélèvements, A- Etang des Robinières (échantillon 49\_BNN\_ETG\_SED\_A1), B- Etang de la Faverie (échantillons 49\_BNN\_ETG\_SED\_A2 et 49\_BNN\_ETG\_A2), C- Etang en amont du site de La Roche Pied Rôti (échantillon 79\_RPR\_ETG\_SED\_A), D- La Moine avant la confluence avec le ruisseau de la Bégaudière (échantillon 49\_MOINE\_A) et E- Ruisseau récepteur de la surverse de la MCO de La Roche Pied Rôti en amont du site (échantillon 79\_RPR\_RU\_A)

## 2. DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES ET RADIOLOGIQUES DES ECHANTILLONS

Les caractéristiques physico-chimiques des échantillons d'eau et des sédiments des étangs, sont présentées au Tableau 7. Les résultats des analyses radiologiques (uranium et radium 226) sur la fraction totale des deux échantillons d'eau sont présentés au Tableau 8.

Tableau 7 : Synthèse des résultats de mesures *in situ* réalisées au niveau des points de prélèvements d'eau et de sédiment hors influence minière dans les départements du Maine et Loire et des Deux Sèvres

Nom de l'échantillon	Caractéristiques	X [Lambert 93]	Y [Lambert 93]	Date du prélèvement	Radimétrie [nSv/h]	pH	T [°C]	C [µS/cm]	Alc [mg/L]	Turbidité [ppm]
49_BNN_ETG_SED_A1	Sédiments de l'étang des Robinières	395577,2	6667173,3	25/09/2013	150	7,1	15,63	143	65	150
49_BNN_ETG_SED_A2	Sédiments de l'étang de la Faverie	396763,4	6667079,2	25/09/2013	160	7,2	19,04	94	35	28
79_RPR_ETG_SED_A	Sédiments de l'étang situé en amont du site de la Roche Pied Rotti	409588	6655146	23/09/13	nm	7,1	18,0	164	75	31
49_MOINE_A	La Moine en amont total des sites du Maine et Loire	397390	6670451	26/09/2013	nm	7,40	18,27	202	70	40
49_BNN_ETG_A2	Eau de l'étang de la Faverie	396763,4	6667079,2	25/09/2013	160	7,2	19,04	94	35	28
79_RPR_RU_A	Eu du ru récepteur de la surverse, en amont de la MCO de la Roche Pied Rotti	409600	6655203	16/05/2014	Nm	7,3	14,3	145	65	35

Avec : T = température, C = Conductivité, Alc = Alcalinité, nm = non mesuré  
 En bleu : les prélèvements d'eau, en marron : les prélèvements de sédiment

Tableau 8 : Résultats des analyses radiologiques (uranium et radium 226), effectuées par l'IRSN, sur la fraction totale des eaux prélevées hors influence minière dans les départements du Maine et Loire et des Deux Sèvres

Nom de l'échantillon	Concentration en uranium [µg.L <sup>-1</sup> ]	Activité en <sup>226</sup> Ra [mBq.L <sup>-1</sup> ]
49_MOINE_A	<1	<13
49_BNN_ETG_A2	<1	<17
79_RPR_RU_A	1,7 ± 0,17	<17

En conclusion, les valeurs de référence dans l'eau sont pour l'uranium U < 1µg.L<sup>-1</sup>, pour le radium 226 quelques milibecquerel par litre, un pH neutre et des valeurs de conductivité comprises entre 100 et 200 µS.cm<sup>-1</sup>.

Les résultats de l'analyse de la composition radiologique par spectrométrie gamma des sédiments 49\_BNN\_ETG\_SED\_A1, 49\_BNN\_ETG\_SED\_A2 et 79\_RPR\_ETG\_SED\_A sont présentés au Tableau 9.

Tableau 9 : Résultats de l'analyse par spectrométrie gamma des sédiments prélevés, par l'IRSN, hors influence minière aux points 49\_BNN\_ETG\_SED\_A1 et 49\_BNN\_ETG\_SED\_A2

Echantillon	Activité en [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
49_BNN_ETG_SED_A1	<800 ( <sup>234</sup> Th : 300 ± 130)	404 ± 38	414 ± 49	1040 ± 110	< 50	810 ± 100	< 7
49_BNN_ETG_SED_A2	270 ± 90	213 ± 19	203 ± 18	255 ± 27	< 14	900 ± 80	1,4 ± 0,7
49_RPR_ETG_SED_A	140 ± 60	128 ± 12	127 ± 12	131 ± 15	< 10	940 ± 80	< 1

L'activité massique de <sup>238</sup>U peut être assimilée à celle de <sup>234m</sup>Pa. Celle du <sup>226</sup>Ra peut être assimilée à l'activité massique de <sup>214</sup>Pb.

Les activités massiques de l' $^{238}\text{U}$  et  $^{226}\text{Ra}$  des ces échantillons sont comprises entre  $140 \pm 60$  et  $300 \pm 130$  Bq.kg m.s.<sup>-1</sup> pour l' $^{238}\text{U}$  et  $128 \pm 12$  et  $414 \pm 49$  Bq.kg m.s.<sup>-1</sup> pour l' $^{226}\text{Ra}$ .

Les valeurs mesurées dans ces échantillons d'eaux et de sédiments sont cohérentes avec celles retenues pour le bruit de fond naturel [8 à 15]. En conclusion, les valeurs de référence pour l'uranium 238 et le radium 226 dans les sédiments sont de l'ordre de 500 Bq.kg m.s.<sup>-1</sup>.

**Annexe 3: Fiche d'observations de terrain, de mesures radiométriques  
et d'analyses des prélèvements effectués sur les anciens sites miniers  
du Maine et Loire : Site le Rétail**

## Site le Rétail

Région	Pays de Loire	Autres sites sur la commune	La Bonnière
Département	Maine et Loire (49)		
Commune	La Romagne		
Cadastre	<u>Propriété non AREVA Mines</u> : Commune de la Romagne, section B03, parcelles 425, 426, 427, 429, 758, 761, 1088 et 1089 (Figure 18).		
Propriété	Privée		
Surface du site	3 ha 77 a		

Source principale : AREVA Mines [2]

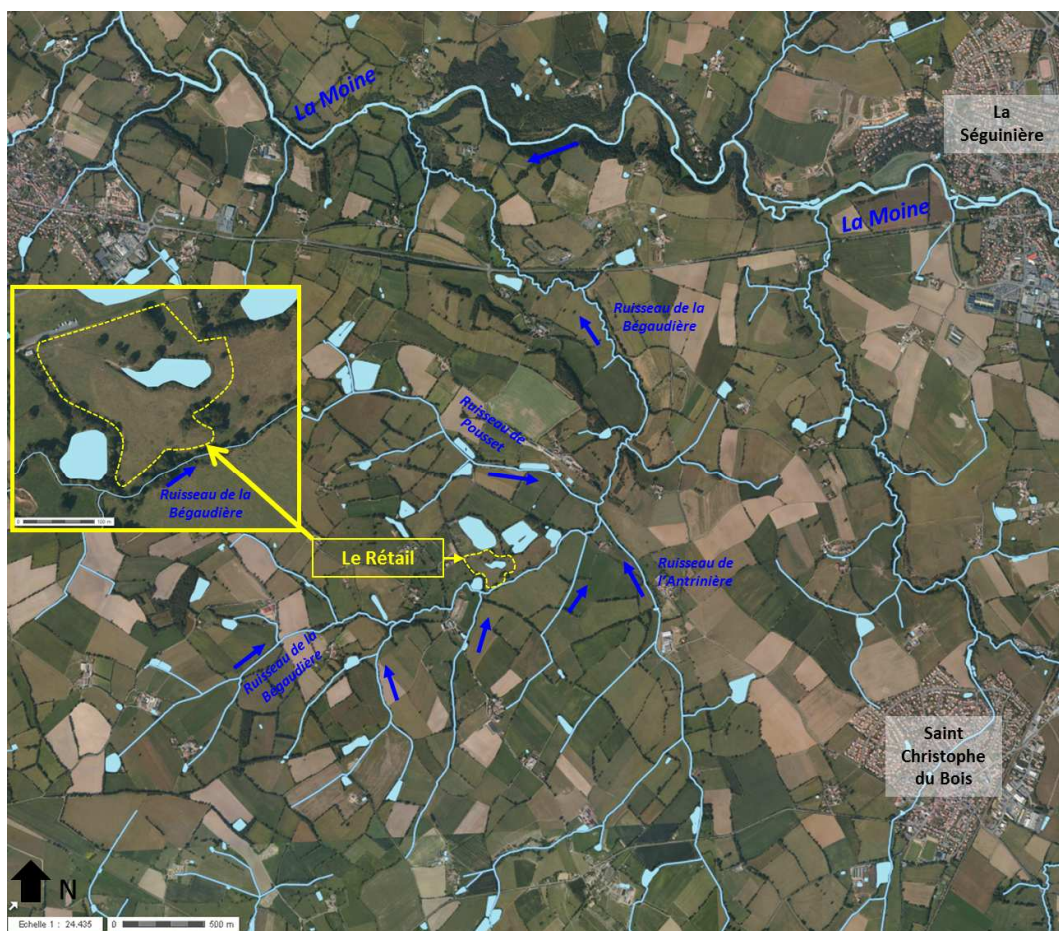


Figure 17 : Vue aérienne du site le Rétail, en jaune l'emprise du site (sur fonds Géoportail IGN © [4])

# 1. NATURE DES TRAVAUX MINIERS ET REAMENAGEMENTS

Type de travaux	<p><b><u>Mine à Ciel Ouvert (MCO)</u></b> : les travaux miniers comprenaient l'exploitation d'une fosse de 23 m de profondeur exploitée par tranches de cinq mètres et par gradins de 15 mètres.</p> <p><b><u>Travaux Miniers Souterrains (TMS)</u></b> : ils comprenaient une descenderie et un montage localisé au fond de la MCO. Les galeries sont réparties sur trois niveaux (N-25, N-50 et N-100).</p> <p><b><u>Tranchée de reconnaissance</u></b> : elle se situait à l'entrée du site.</p>
Période d'exploitation	1978 à 1983
Production d'uranium [T]	53,418
Lieu de traitement du minerai	Usine de l'Ecarpière
Réaménagements réalisés	<p><b><u>-MCO</u></b> : elle a été partiellement remblayée par des stériles et la partie non remblayée est actuellement en eau.</p> <p><b><u>-TMS</u></b> : l'entrée de la descenderie a été condamnée par un bouchon de stériles miniers sur une dizaine de mètres de longueur. Le montage a été obturé par un bouchon de béton à sa base, remblayé avec du sable et une plaque en acier a été posée en tête. Les TMS ont été exploités par tranches montantes remblayées avec des stériles et des sables cyclonnés (9 000 tonnes) provenant du site de l'Ecarpière.</p> <p><b><u>-Secteur « verses à stériles »</u></b> : elle a été remodelée et recouverte de terre végétale.</p> <p><b><u>-Installation de surface</u></b> : elles ont été démantelées, à l'exception d'une ancienne cabane à la demande du propriétaire. Les anciens bassins de décantation des eaux d'exhaure ont été remblayés par des stériles. Des stériles et de la terre végétale ont été étalés sur le carreau minier. En 1993 l'ancienne aire de stockage du minerai a été décapée sur 1 100 m<sup>2</sup> environ, puis des stériles ont été mis en place, l'ensemble ayant été recouvert de terre végétale. Les déblais ont été envoyés sur le site de la Baconnière.</p> <p><b><u>-La tranchée de reconnaissance</u></b> a été remblayée avec des stériles. (Figure 18)</p>
Fin des réaménagements	1993
Servitudes	/
Autres	L'eau de la MCO est utilisée par le propriétaire pour l'abreuvement du bétail et l'arrosage de son potager qui se trouve sur le site.

Source principale : AREVA Mines [2]





Figure 18 : Situation des travaux miniers sur fonds cadastraux sur le site le Rétail (source Areva Mines [2])

## 2. LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DU SITE ET RESEAU HYDROGRAPHIQUE DE SURFACE

Le site le Rétail est localisé à 3,7 km au Sud-Est de la Romagne (Figure 19). Il est drainé par le ruisseau de la Bégaudière qui coule au Sud du site et se jette dans la Moine (Figure 19).

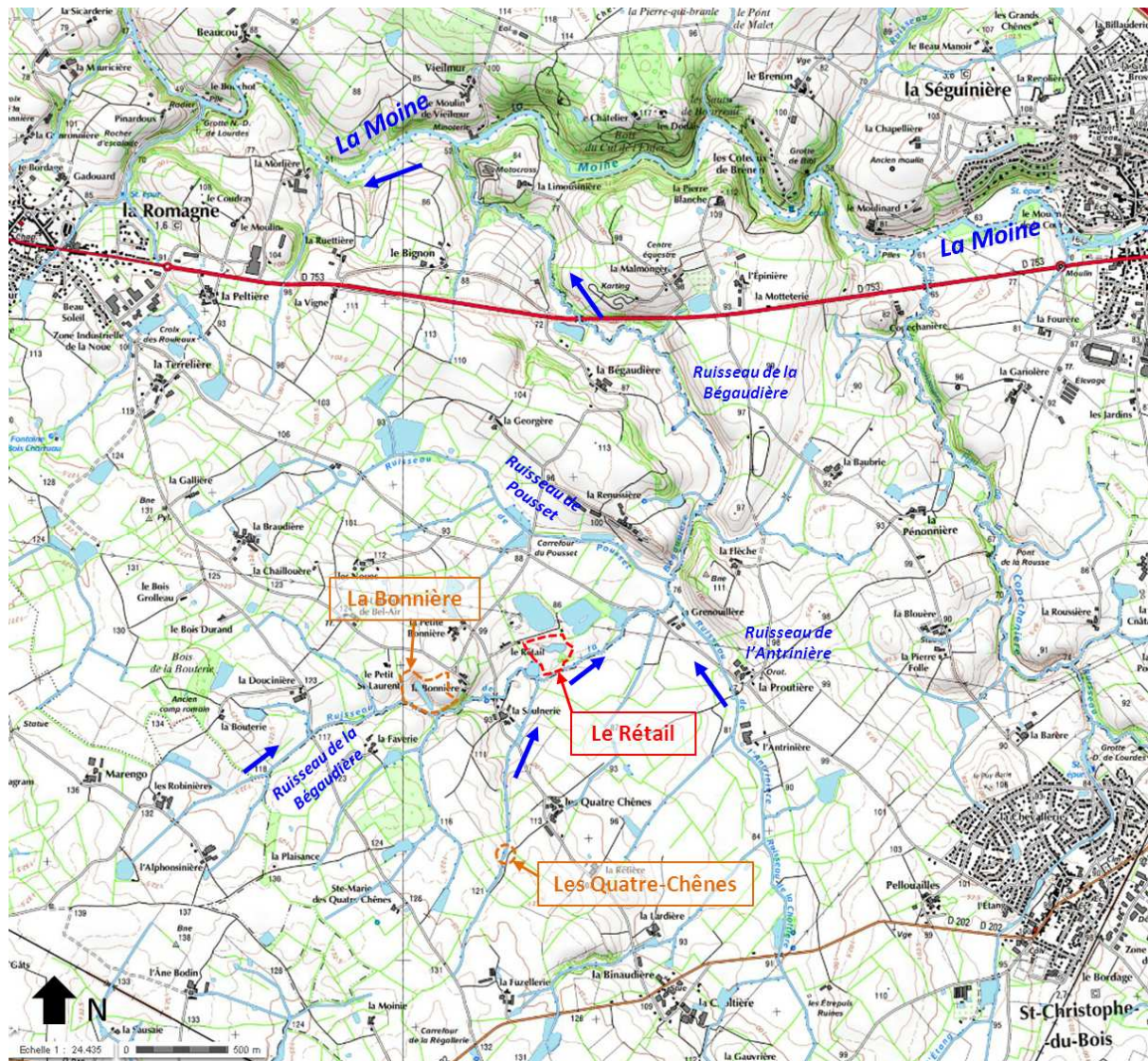


Figure 19 : Réseau hydrographique de surface à proximité de l'ancien site minier le Rétail (contour en rouge) ; autres sites proches du Rétail indiqués en contour orange ; les flèches bleues indiquent le sens des écoulements connus (sur fonds Géoportail IGN © [4]).



### 3. OBSERVATIONS DE TERRAIN

<b>Date de la visite et contexte</b>	
25 septembre 2013 dans le cadre des contrôles de second niveau du programme MIMAUSA	
<b>Objectifs de la visite</b>	
<u>Sur site</u> : Effectuer des mesures radiométriques, préciser l'usage et l'accès au site, prélever un échantillon d'eau dans la MCO et de terre dans le potager	
<u>Champ proche</u> : Prélever des échantillons d'eau et de sédiment	
<b>Personnes présentes</b>	
/	
<b>Ouvrages visibles ou localisés</b>	<b>Coordonnées GPS (Lambert 93)</b>
Mine à Ciel Ouvert	X = 397729 ; Y = 6667652
Cabane (ancien bureau)	X = 397670 ; Y = 6667672

#### 3.1. Observations de la situation et des usages actuels du site

L'ensemble des terrains se situe sur des parcelles privées qui sont clôturées (Figure 18). Les terrains sont actuellement divisés en deux zones :

- la verse à stériles qui est utilisée en tant que pâturage pour les bovins (Figure 20, Figure 21) ;
- l'ancien carreau minier qui est inaccessible pour les bovins et dont une partie est utilisée comme potager (Figure 20, Figure 21) ;
- la MCO en eau est entourée de végétation (Figure 20, Figure 21), elle est accessible librement aux bovins pour leur alimentation. Elle est également utilisée pour arroser le potager. L'ancienne aire de stockage du minerai est en herbe et les dalles de béton porteuses des anciens bureaux sont visibles (Figure 20).

Une ancienne carrière exploitée dans la verse à stériles se situe au Sud-Ouest du site : elle est recouverte de ronces et de buissons (Figure 20). L'usage de ces stériles, par le propriétaire, reste indéterminé.

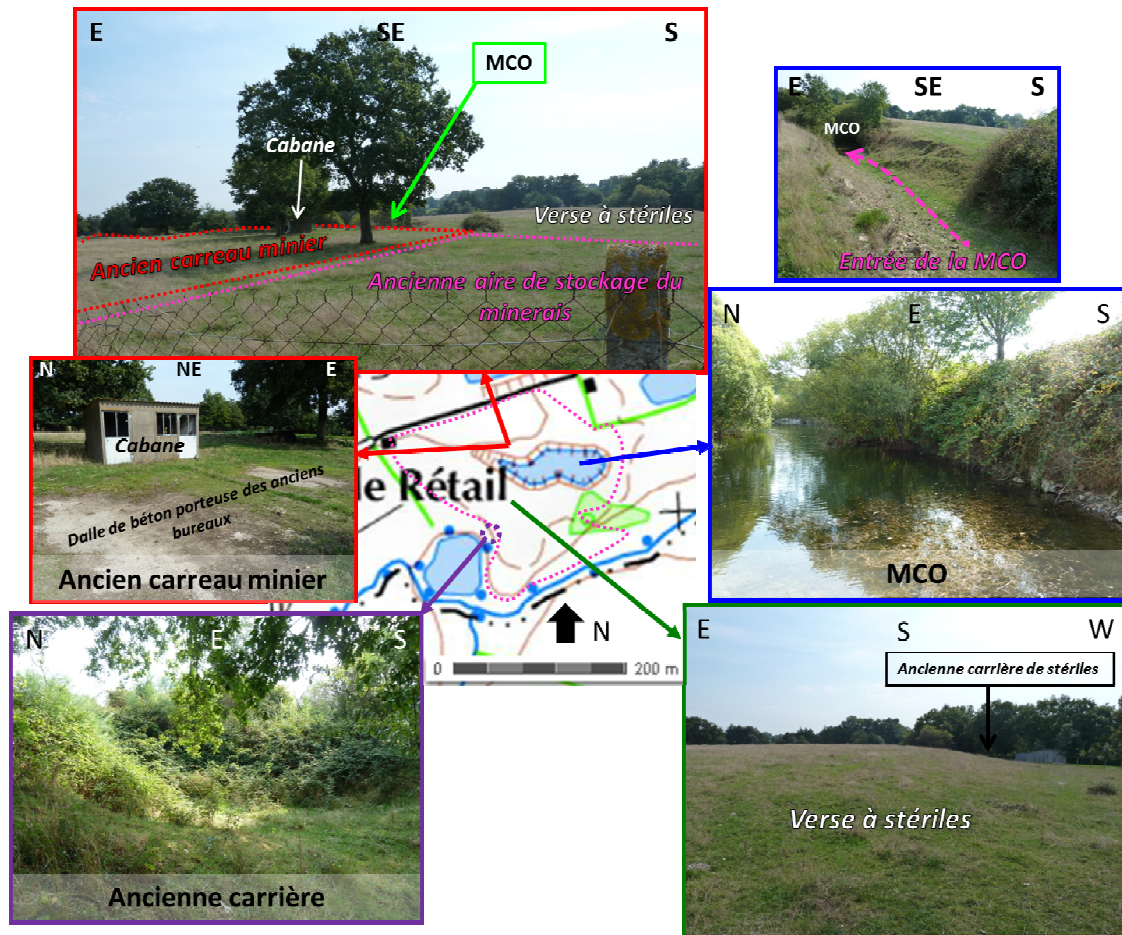


Figure 20 : Photographies du site le Rétail (sur fonds Géoportail IGN © [4])

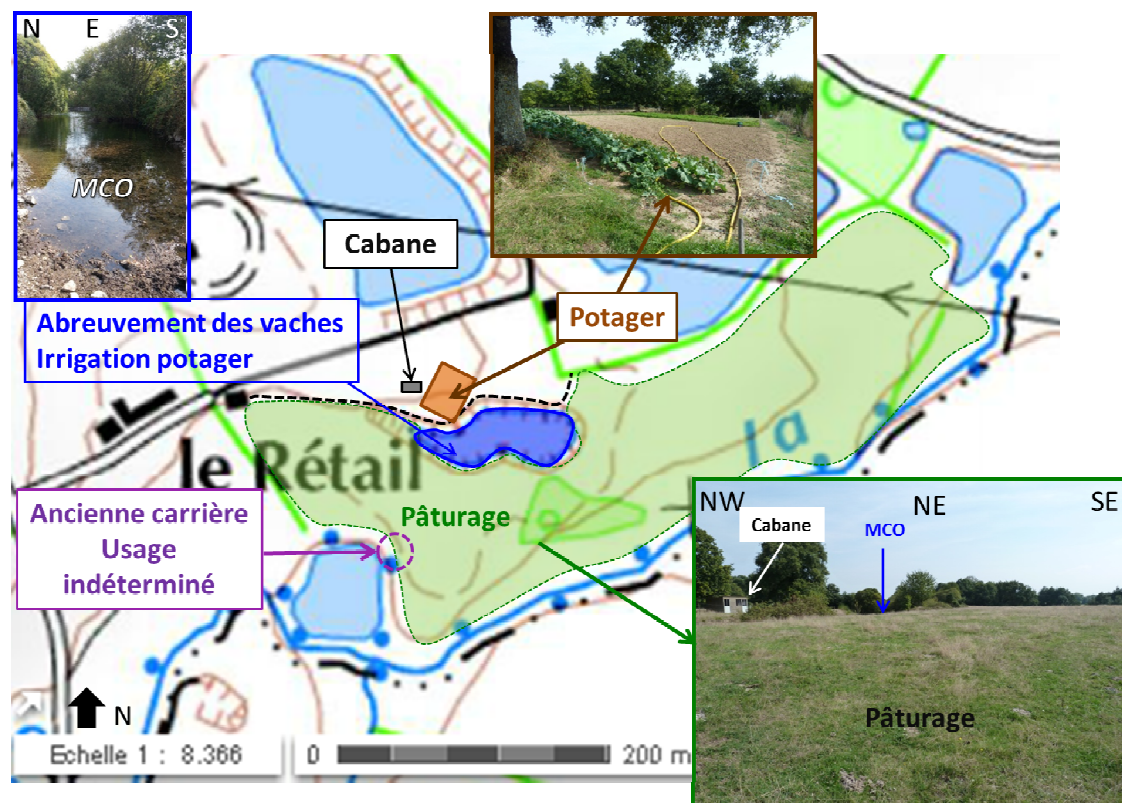


Figure 21 : Usages et photographies du site le Rétail [2] (sur fonds Géoportail IGN © [4])

## 3.2. Observations concernant la situation radiologique

### 3.2.1. Mesures radiométriques de surface

#### Données AREVA Mines

Des mesures radiométriques ont été réalisées par AREVA Mines en 2011 sur le site le Rétail au niveau de l'ancienne aire de stockage du minerai, la verse à stériles, la MCO et l'ancienne carrière (Tableau 10) [2]. Les valeurs mesurées sont de l'ordre d'une à trois fois le bruit de fond naturel.

Tableau 10 : Résultats des mesures radiométriques effectuées par AREVA Mines en 2011 sur le site le Rétail [2]

Secteur	Débits d'équivalent de dose gamme [en nSv/h]
Milieu naturel	160
Aire de stockage du minerai	200-340
Verse à stériles	280-390
Autour de la MCO	260-350
Valeurs ponctuelles à l'entrée de la MCO	420-450
Ancienne carrière	400

#### Contrôles IRSN

Des mesures de débits de dose ont été effectuées par l'IRSN dans le cadre des contrôles de second niveau, à environ 50 cm au-dessus du sol, au niveau de l'entrée de la MCO, de l'ancienne carrière de stériles, du potager et de la verse à stériles (Figure 22).

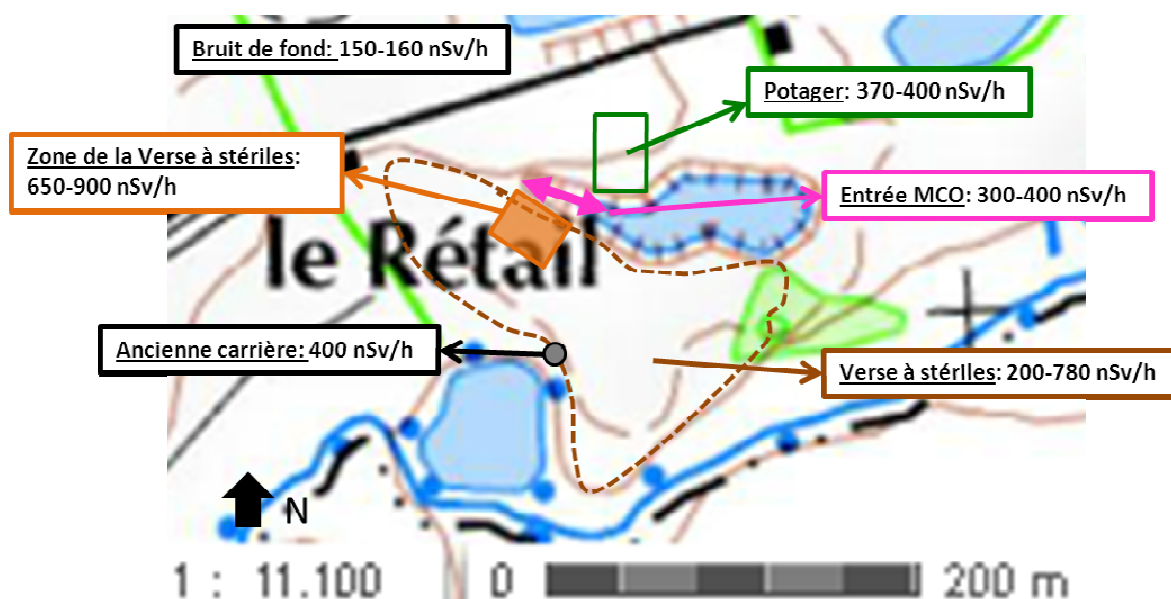


Figure 22 : Localisation et résultats des mesures radiométriques réalisées par l'IRSN sur le site le Rétail (sur fond Géoportail IGN © [4])

Les mesures révèlent des valeurs allant d'une à trois fois le bruit de fond naturel pour la MCO, le potager et l'ancienne carrière à stériles (Figure 22). Ces mesures sont cohérentes avec celles d'AREVA Mines (Tableau 10). La verse à stériles présente une radiamétrie allant de une à cinq fois le bruit de fond naturel. Pour une zone située au Sud de l'entrée de la MCO (Figure 22), les valeurs sont supérieures à celles mesurées par AREVA Mines dans son BE.

### 3.2.2. Analyses des eaux sous influence potentielle du site

#### Données AREVA Mines

Au cours de la campagne de mesure de 2011, AREVA Mines a procédé à différents prélèvements d'eau dans l'environnement du site [2] :

- dans le ruisseau de la Bégaudière en amont des sites miniers de la Bonnière, des Quatre-Chênes et le Rétail (Echantillon BNN BEA) ;
- dans le ruisseau de la Bégaudière en aval des sites miniers de la Bonnière, des Quatre-Chênes et le Rétail (Echantillon RTL BEB) ;
- dans trois étangs situés autour du site Le Rétail (Echantillons RTL ETGN, RTL ETGNE, RTL ETGS).

L'eau de la MCO est prélevée annuellement depuis 2000 (Echantillon RTL O, Figure 23). Les résultats des analyses physico-chimiques et radiologiques ( $^{238}\text{U}$  et  $^{226}\text{Ra}$  sur la fraction soluble) sur ces échantillons sont présentées ci-dessous (Tableau 11). Pour la MCO le Rétail, les valeurs présentées dans le Tableau 11 correspondent à des moyennes sur la période 2000-2010.

**Tableau 11 : Résultats des mesures physico-chimiques et des analyses radiologiques (uranium 238 dissous et radium 226 dissous) effectuées par AREVA Mines sur les échantillons BNN BEA, RTL ETGN, RTL BEB, RTL ETGNE, RTL ETGS et RTL O [2]**

Nom du point	Commentaires	pH	Conductivité [ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ]	$^{238}\text{U}$ dissous [ $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ]	$^{226}\text{Ra}$ dissous [ $\text{mBq}\cdot\text{L}^{-1}$ ]
BNN BEA	Ruisseau de la Bégaudière en amont des trois sites	7,0	306	1,8	20
RTL ETGN	Etang situé à 150 m au Nord, en amont hydraulique du site le Rétail	7,1	164	1,1	<20
RTL BEB	Ruisseau de la Bégaudière en aval du site	7,4	416	4,1	70
RTL ETGNE	Etang situé au Nord-Est du site	8,1	349	2,5	30
RTL ETGS	Etang situé au Sud du site	7,1	193	1,9	80
RTL O	MCO le Rétail, moyenne 2000-2010	7,9	/	252	80



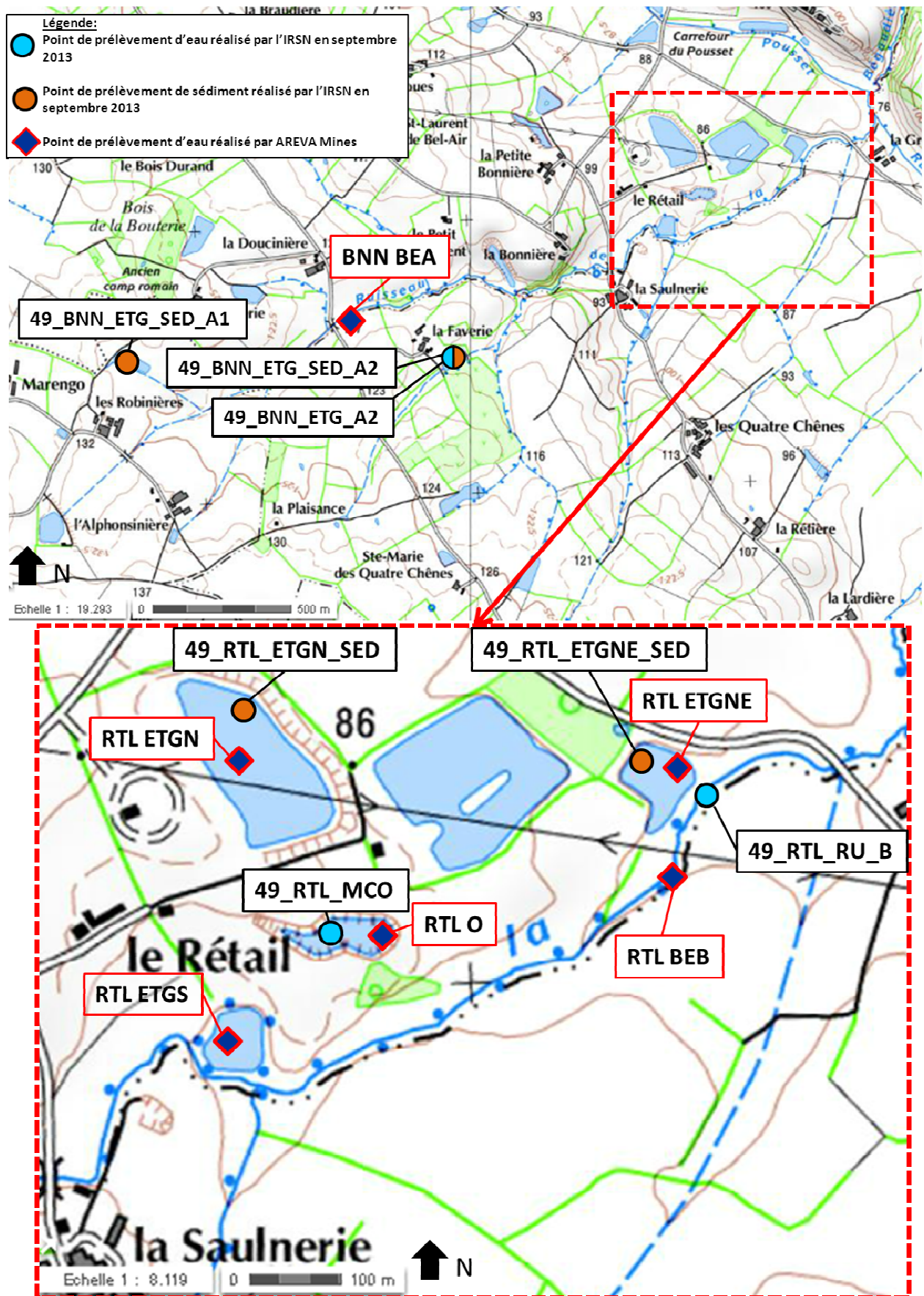


Figure 23 : Localisation des points de prélèvements d'eau et de sédiment effectués par l'IRSN et AREVA Mines sur site le Rétail et en champ proche [2] (sur fond Géoportail IGN © [4])

Le ruisseau de la Bégaudière en amont des trois sites (Echantillon BNN BEA) et les trois étangs qui se situent au Nord (Echantillon RTL ETGN), au Nord-Est (Echantillon RTL ETGNE) et au Sud (Echantillon RTL ETGS) présentent, pour l'année 2011, des teneurs moyennes en uranium 238 et des activités moyennes en radium 226, du même ordre de grandeur que celles généralement mesurées dans des eaux de surface hors influence minière et dans un contexte géologique similaire (Tableau 11, Annexe 2).

La MCO présente des teneurs moyennes (moyenne 2000-2010) élevées en uranium 238 dans la fraction soluble soit  $252 \mu\text{g.L}^{-1}$  (Tableau 11). L'activité moyenne en radium 226 dans la fraction soluble est de  $80 \text{mBq.L}^{-1}$ .

### Contrôles IRSN

Deux prélèvements d'eau ont été effectués par l'IRSN (Figure 23, Figure 24) :

- un prélèvement sur site dans la MCO (Echantillon 49\_RTL\_MCO) ;
- un prélèvement dans le ruisseau de la Bégaudière en aval du site au point 49\_RTL\_RU\_B.

Des analyses physico-chimiques *in situ* et radiologiques sur la fraction totale de ces deux échantillons ont été réalisées (Tableau 12). Par ailleurs des analyses radiologiques sur la fraction dissoute et particulaire de l'eau de la MCO ont aussi été réalisés.



Figure 24 : Photographies des points de prélèvements d'eau IRSN, A- MCO du site Le Rétail (Echantillon 49\_RTL\_MCO), B-Ruisseau de la Bégaudière en aval du site le Rétail (Echantillon 49\_RTL\_RU\_B).

Tableau 12 : Résultats des mesures de pH et de conductivité et des analyses radiologiques (Uranium et Radium 226), effectuées par l'IRSN, sur les fractions totales des eaux prélevées en champ proche et dans la MCO du site le Rétail (fraction totale, dissoute et particulaire)

Nom de l'échantillon	pH	Conductivité [ $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ]	$U_{\text{total}}$ [ $\mu\text{g.L}^{-1}$ ]	$^{226}\text{Ra}_{\text{total}}$ [ $\text{mBq.L}^{-1}$ ]
49_RTL_MCO	7,5	286	$260,7 \pm 26,1$	$140 \pm 30$
49_RTL_RU_B	7,4	311	$15,5 \pm 1,5$	<14

Nom de l'échantillon	pH	Conductivité [ $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ]	U [ $\mu\text{g.L}^{-1}$ ]		$^{226}\text{Ra}$ [ $\text{mBq.L}^{-1}$ ]	
			Dissous	Particulaire	Dissous	Particulaire
49_RTL_MCO	7,5	286	$258,9 \pm 25,9$	$0,23 \pm 0,02$	$88 \pm 38$	$9,9 \pm 2,6$



Les résultats IRSN sur l'eau de la MCO montrent que l'uranium se trouve essentiellement dans la fraction dissoute (Tableau 12). Les valeurs obtenues pour la fraction dissoute sont en accord avec les résultats rapportés par AREVA Mines (Echantillon RTL O, Tableau 11), de l'ordre de  $260 \mu\text{g.L}^{-1}$ . Cette valeur est très supérieure à celles du milieu naturel. L'échantillon 49\_RTL\_RU\_B, prélevé dans le ruisseau de la Bégaudière en aval du site, présente une activité en radium 226 du même ordre que celle que l'on trouve dans des eaux hors influence minière (Annexe 2). La concentration en uranium dans cet échantillon est, quant à elle, supérieure (soit  $15,5 \pm 1,5 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) à celle trouvée dans les eaux hors influence minière (Annexe 2). La concentration en uranium est supérieure à celle rapportée, pour la fraction dissoute, par AREVA Mines qui est de  $4,1 \mu\text{g.L}^{-1}$  au point RTL BEB localisé en amont du point de prélèvement IRSN (Tableau 11). Les valeurs mesurées dans le ruisseau de la Bégaudière en aval du site témoignent de l'incidence du site le Rétail sur ce ruisseau.

### 3.2.3. Analyses des sédiments dans les rivières potentiellement sous influence du site

#### Données AREVA Mines

Au cours de la campagne de mesure de 2011, AREVA Mines n'a pas procédé à des prélèvements de sédiments dans l'environnement du site.

#### Contrôles IRSN

Deux prélèvements de sédiment ont été effectués dans l'environnement du site par l'IRSN au niveau des deux étangs situés autour du site le Rétail aux points 49\_RTL\_ETGN\_SED et 49\_RTL\_ETGNE\_SED (Figure 23, Figure 25).

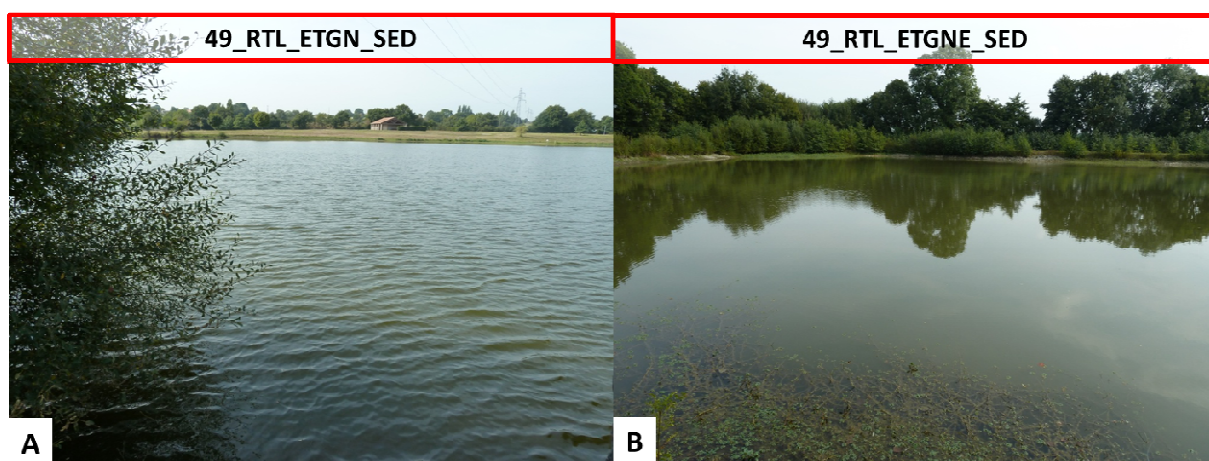


Figure 25 : Photographies des points de prélèvements de sédiments IRSN, A- Etang situé au Nord du site Le Rétail (Echantillon 49\_RTL\_ETGN\_SED), B- Etang situé au Nord-Est du site le Rétail (Echantillon 49\_RTL\_ETGNE\_SED)

Les résultats de l'analyse de la composition radiologique des sédiments sont présentés au Tableau 13.

L'activité massique de  $^{238}\text{U}$  peut être assimilée à celle de  $^{234\text{m}}\text{Pa}$  soit  $< 90 \text{ Bq.kg Bq. (kg m.s.)}^{-1}$  pour l'échantillon 49\_RTL\_ETGNE\_SED et  $80 \pm 70 \text{ Bq. (kg m.s.)}^{-1}$  pour l'échantillon 49\_RTL\_ETGN\_SED.

Celle du  $^{226}\text{Ra}$  peut être assimilée à l'activité massique de  $^{214}\text{Pb}$  soit  $25,4 \pm 2,5 \text{ Bq. (kg m.s.)}^{-1}$  pour l'échantillon 49\_RTL\_ETGNE\_SED et  $123 \pm 12 \text{ Bq.kg Bq. (kg m.s.)}^{-1}$  pour l'échantillon 49\_RTL\_ETGN\_SED. Les activités massiques de l' $^{238}\text{U}$  et  $^{226}\text{Ra}$  des deux échantillons sont cohérentes avec les données obtenues en amont des sites (Annexe 2) caractéristiques du milieu naturel hors influence minière. Elles traduisent l'absence d'incidence du site sur les sédiments des étangs situés au Nord et au Nord-Est du site du site le Rétail.

Tableau 13 : Résultats de l'analyse par spectrométrie gamma des sédiments prélevés, par l'IRSN, en environnement proche du site le Rétail aux points 49\_RTL\_ETGN\_SED et 49\_RTL\_ETGNE\_SED

Echantillon	Activité en $[\text{Bq. (kg m.s.)}^{-1}]$						
	$^{234\text{m}}\text{Pa}$	$^{214}\text{Pb}$	$^{214}\text{Bi}$	$^{210}\text{Pb}$	$^{235}\text{U}$	$^{40}\text{K}$	$^{137}\text{Cs}$
49_RTL_ETGNE_SED	< 90	$25,4 \pm 2,5$	$23,4 \pm 3,8$	$40 \pm 8$	< 8	$287 \pm 25$	< 0,8
49_RTL_ETGN_SED	$80 \pm 70$	$123 \pm 12$	$111 \pm 9$	$162 \pm 19$	< 14	$740 \pm 70$	$2,4 \pm 0,8$

Avec m.s. = masse sèche

### 3.2.4. Analyses de sol potentiellement sous influence du site

Un prélèvement de sol du potager a été effectué, par l'IRSN, au cours de la visite du site (Figure 26).



Figure 26 : Localisation de l'échantillon de terre potager 49\_RTL\_PO prélevé par l'IRSN sur le site le Rétail (sur fond Géoportail IGN © [4])

Les résultats de l'analyse de la composition radiologique du sol sont présentés au Tableau 14.



Tableau 14 : Résultats de l'analyse par spectrométrie gamma de la terre de potager prélevée, par l'IRSN, sur le site le Rétail au point 49\_RTL\_PO

Echantillon	Activité en [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
49_RTL_PO	170 ± 70	780 ± 70	720 ± 60	720 ± 60	< 15	720 ± 60	4,9 ± 0,7

Avec m.s. = masse sèche

L'activité massique de <sup>238</sup>U peut être assimilée à celle de <sup>234m</sup>Pa soit 170 ± 70 Bq.(kg m.s.)<sup>-1</sup>. Celle du <sup>226</sup>Ra peut être assimilée à l'activité massique de <sup>214</sup>Pb soit 780 ± 70 Bq.(kg m.s.)<sup>-1</sup>. Les résultats montrent un déséquilibre entre l'<sup>238</sup>U et <sup>226</sup>Ra en faveur du <sup>226</sup>Ra (rapport <sup>226</sup>Ra/<sup>238</sup>U= 4,6).

**Annexe 4 : Fiche d'observations de terrain, de mesures  
radiométriques et d'analyses des prélèvements effectués sur les  
anciens sites miniers du Maine et Loire : Site de l'Anjouerie**

## Site de l'Anjouerie

<b>Région</b>	Pays de Loire	<b>Autres sites sur la commune</b>	La Baconnière
<b>Département</b>	Maine et Loire (49)		
<b>Commune</b>	Roussay		
<b>Cadastre</b>	<b>Propriété non Areva Mines</b> : Commune de Roussay, section B05, parcelles 460, 465, 466, 467, 469, 470, 568, 614, 617, 618, 620, 633, 634, 665, 666, 692, 869, 872, 878, 912, 973, 979, 980, 981, 983, 984, 986, 987, 988, 992, 996, 998, 994, 1000, 1002, 1214, 1215, 1219, 1234, 1357 et 1359 (Figure 28)		
<b>Propriété</b>	Privée		
<b>Surface du site</b>	20 ha 29 a		

Source principale : AREVA Mines [2]

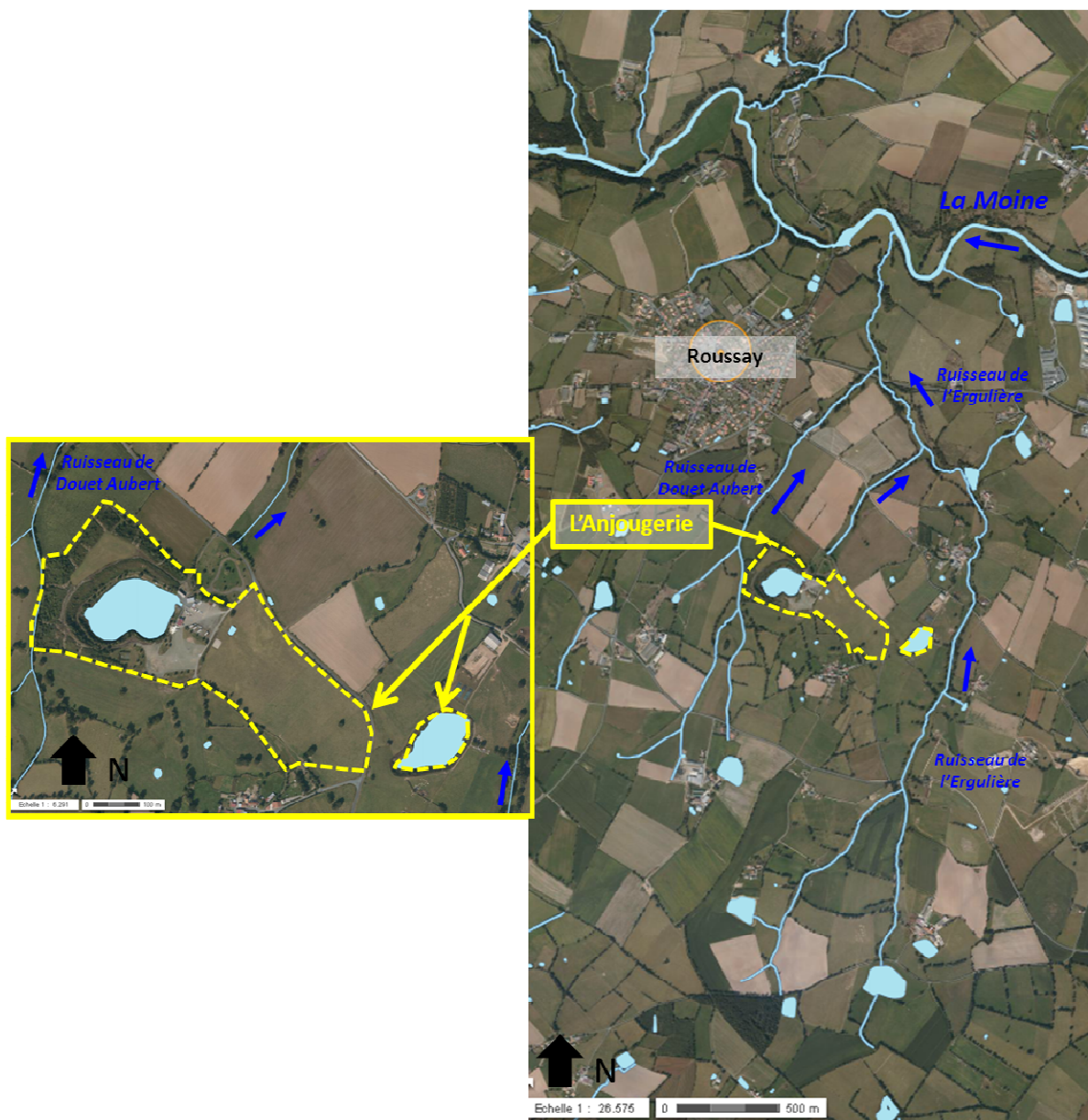


Figure 27 : Vue aérienne du site de l'Anjouerie, en jaune l'emprise du site (sur fond Géoportail IGN © [4])

# 1. NATURE DES TRAVAUX MINIERS ET REAMENAGEMENTS

Type de travaux	<p><b>Mine à Ciel Ouvert (MCO) :</b> les travaux miniers comprenaient l'exploitation de trois fosses exploitées par tranches ou sous gradins de trois mètres et par gradins de 15 mètres.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>La MCO Anjouerie Ouest</i> (40 m de profondeur) ;</li> <li>➤ <i>La MCO Anjouerie Centre</i> (47 m de profondeur) ;</li> <li>➤ <i>La MCO Couraillère</i> (42 m de profondeur).</li> </ul>
Période d'exploitation	1974 à 1983
Production d'uranium [T]	200,76
Lieu de traitement du minerai	Usine de l'Ecarpière
Réaménagements réalisés	<p>(Figure 28)</p> <p><b>- L'Anjouerie Ouest :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ La MCO a été partiellement remblayée (partie NW) avec des stériles (30 000 m<sup>3</sup>). La partie non remblayée (2 ha) est actuellement en eau et est utilisée par un centre de plongée. Les propriétaires injectent de l'air comprimé afin d'augmenter la visibilité des plongeurs. La MCO est clôturée.</li> <li>○ Les installations de surfaces ont été démantelées. Les bassins de décantation de traitement des eaux rejetées pendant l'exploitation ont été nettoyés, curés et comblés. Les 1323 tonnes de boues issues de ce nettoyage ont été stockées sur le site de l'Ecarpière. Les aires de stockage du minerai et la piste d'accès ont été décapées. La dalle en béton sur laquelle était aménagée un poste de contrôle radiologique (scintillomètre) a été détruite. Un parking et des espaces verts ont été aménagés sur l'ancien carreau minier et en 1992 un fossé de récupération des eaux de ruissellement du parking a été installé. Ce dernier peut servir de surverse éventuelle pour la MCO en cas de forte pluie. Ces eaux s'écoulent ensuite dans le ruisseau qui se situe à 150 m environ au NE de la MCO Anjouerie Ouest.</li> <li>○ La verse à stériles est recouverte de végétation.</li> </ul> <p><b>- MCO Anjouerie Centre :</b> la MCO a été entièrement remblayée avec des stériles de la MCO la Couraillère (269000 m<sup>3</sup>) puis recouverte de terre végétale (34 221 tonnes).</p> <p><b>- La Couraillère :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ La MCO constitue une réserve d'eau pour l'alimentation en eau du bétail. Les têtes de parement ont été purgées en septembre 1990. La MCO est clôturée et entourée de buissons.</li> <li>○ La verse à stériles a été utilisée pour combler la fosse de la MCO Anjouerie Centre.</li> <li>○ Le carreau et la piste ont été décapés en septembre 1990.</li> </ul>
Fin des réaménagements	1992

Servitudes	<p>Servitudes conventionnelles (inscrites au POS de la commune de Roussay)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b><u>A l'intérieur du périmètre de l'Anjouerie Ouest interdiction :</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de constructions de bâtiments et aménagements en matériaux lourds ou d'ouvrages incorporés au sol sur les zones remblayées et les anciennes versées à stériles ;</li> <li>- de travaux de voirie par terrassement ;</li> <li>- de fouilles de toute nature ;</li> <li>- de forages et sondages ;</li> <li>- de tout pompage d'eau ;</li> <li>- le site est exclusivement réservé à la plongée subaquatique.</li> </ul> </li> <li>➤ <b><u>A l'intérieur du périmètre de l'Anjouerie Centre interdiction :</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de constructions de bâtiments et de fouilles sur les zones remblayées ;</li> <li>- de forages, de sondages et de tout pompage d'eau.</li> </ul> </li> </ul>
Autres	<p>Des stériles miniers ont été cédés entre 1984 et 1988 pour être utilisés dans les communes environnantes.</p> <p>Les propriétaires du centre de plongée résident dans des mobil homes aménagés sur le site.</p>

Source principale : AREVA Mines [2]

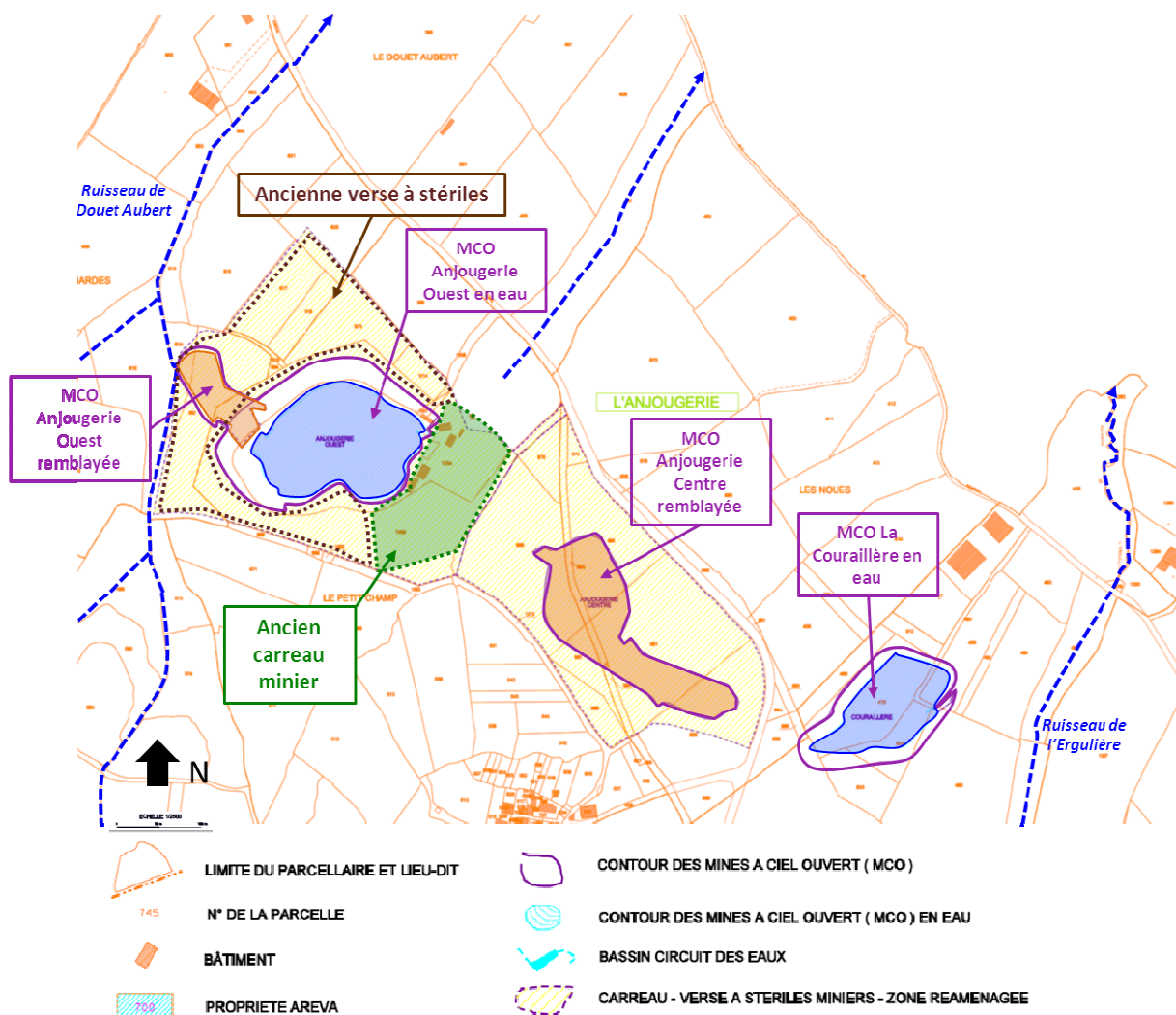


Figure 28 : Situation des travaux miniers sur fonds cadastraux sur le site de l'Anjouerie (source Areva Mines [2])



## 2. LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DU SITE ET RESEAU HYDROGRAPHIQUE DE SURFACE

Le site de l'Anjouerie est localisé à 1 km au Sud-Est du village de Roussay (Figure 29). Le site se situe dans le bassin versant de la Moine (Figure 19). Il est encadré par le ruisseau de Douet Aubert à l'Ouest et le ruisseau de l'Ergulière à l'Est. Un autre ruisseau s'écoule au Nord Est du site. Ce dernier et le ruisseau de Douet Aubert rejoignent tous les deux le ruisseau de l'Ergulière au Nord qui se jette dans la Moine (Figure 29).

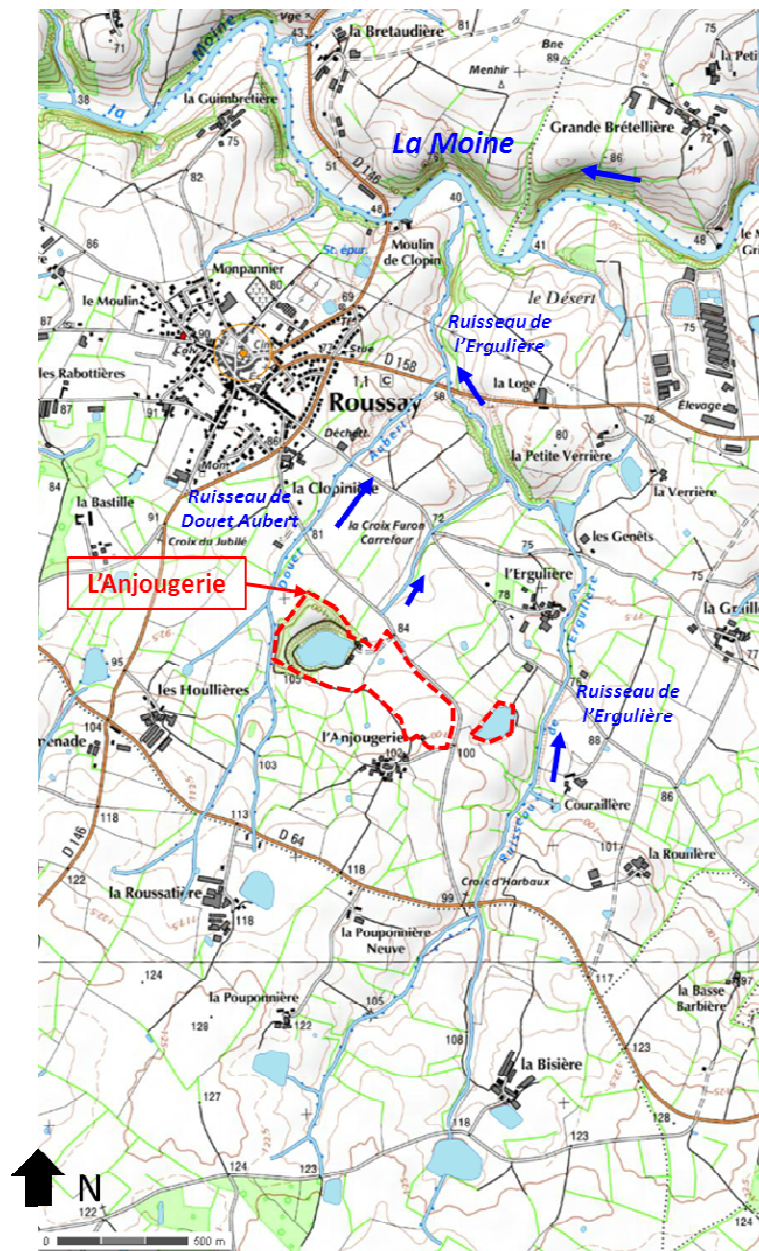


Figure 29 : Réseau hydrographique de surface à proximité de l'ancien site minier de l'Anjouerie (contour en rouge) ; les flèches bleues indiquent le sens des écoulements connus (sur fond Géoportail IGN © [4])

### 3. OBSERVATIONS DE TERRAIN

<b>Date de la visite et contexte</b>	
26 septembre 2013 dans le cadre des contrôles de second niveau du programme MIMAUSA	
<b>Objectifs de la visite</b>	
<u>Sur site</u> : Effectuer des mesures radiométriques, préciser l'usage et l'accès au site, prélever des échantillons d'eaux dans les MCO	
<u>Champ proche</u> : Prélever des échantillons d'eau et de sédiment	
<b>Personnes présentes</b>	
/	
<b>Ouvrages visibles ou localisés</b>	<b>Coordonnées GPS (Lambert 93)</b>
MCO Anjouerie Ouest	X = 392060 ; Y = 6672435
MCO Anjouerie Centre	X = 392380 ; Y = 6672223
MCO La Couraillère	X = 392713 ; Y = 6672099

#### 3.1. Observations de la situation et des usages actuels du site

L'ensemble des terrains se situe sur des parcelles privées (Figure 28). Un centre de plongée subaquatique est installé au niveau de la MCO l'Anjouerie Ouest et de l'ancien carreau minier (Figure 28). La MCO est clôturée et l'entrée se fait par un portail. L'ensemble des installations du centre de plongée (magasins, habitation des propriétaires, vestiaires etc.) sont constituées de Mobil Home (Figure 30). Des chèvres pâturent entre la MCO et la verse à stériles pour assurer l'entretien de la zone. La verse est végétalisée et n'a pas d'usage. L'eau de la MCO est claire et empoisonnée.

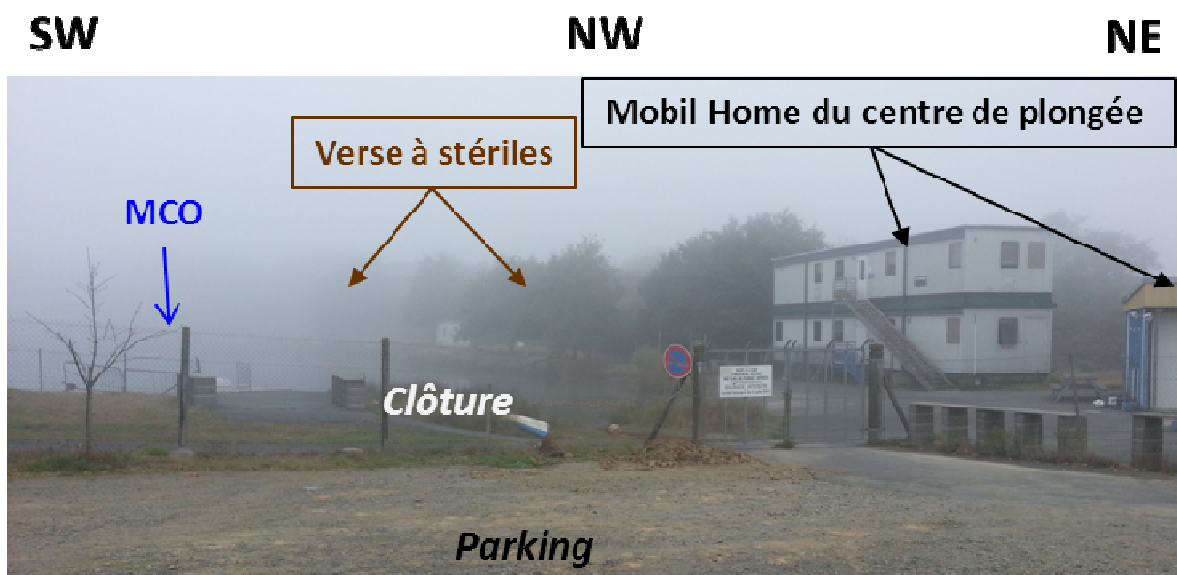


Figure 30 : Photographie de l'entrée du centre de plongée sur le site de l'Anjouerie Ouest



La MCO la Couraillère, en eau, est entourée de végétation, clôturée et fermée par un portail (Figure 30, Figure 31).

Les terrains à l'aplomb de la MCO Anjouerie Centre sont en herbe, clôturés et servent de pâturage pour les bovins (Figure 31).

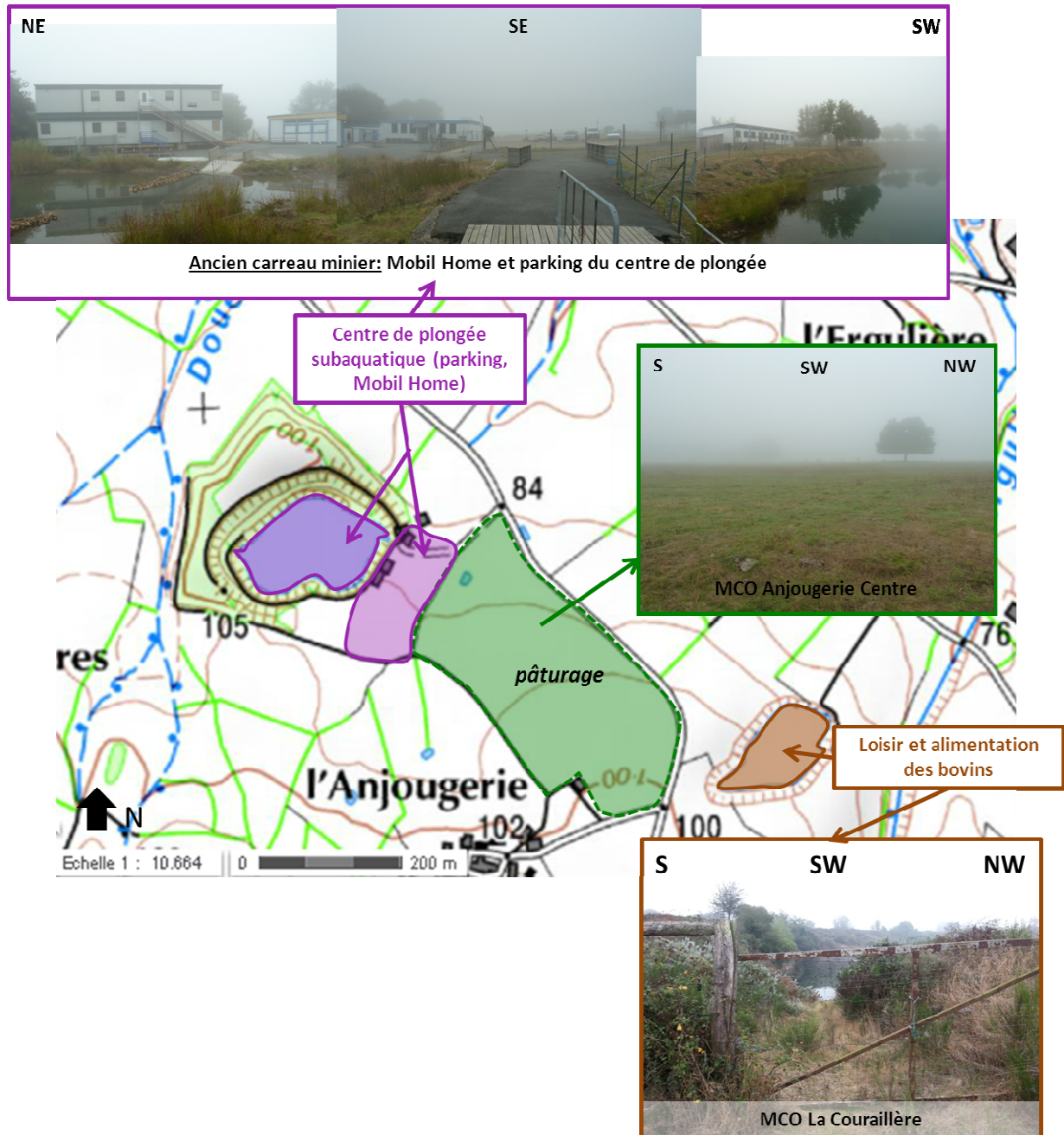


Figure 31 : Usages du site de l'Anjouerie [2] (sur fond Géoportail IGN © [4])

## 3.2. Observations concernant la situation radiologique

### 3.2.1. Mesures radiométriques de surface

#### Données AREVA Mines

Des mesures radiométriques ont été réalisées par AREVA Mines [2] en 2011 sur le site de l'Anjouerie (Tableau 15). Le bruit de fond autour du site est compris entre 120 et 130 nSv/h.

Tableau 15 : Résultats des mesures radiométriques effectuées par AREVA Mines en 2011 sur le site de l'Anjouerie [2]

Secteur	Valeurs radiométriques [chocs/seconde SPP2]	Débits d'équivalent de dose gamme [en nSv/h]
Milieu naturel	90-110	120-130
<i>MCO Anjouerie Ouest</i>		
Autour de la MCO	200-650	220-300
Verse à stériles	150-380 (ponctuellement : 860)	/
Parking du centre de plongée	250-350	300-580
à proximité des mobilhomes	250-350	350-450
<i>MCO Anjouerie centre</i>		
Emprise de la MCO	150-200	130-270
Chemin au Sud Ouest de la MCO	250-600	/
<i>MCO La Couraillère</i>		
Autour de la MCO	200-650	240-260

#### Contrôles IRSN

Des mesures de débits de dose ont été effectuées par l'IRSN, à environ 50 cm au-dessus du sol au niveau de l'accès de la MCO Anjouerie Ouest, la MCO La Couraillère et le fossé de récupération des eaux de ruissellement (Figure 32). Les mesures révèlent des valeurs égales à une à deux fois le bruit de fond naturel. Ces valeurs sont cohérentes avec celles mesurées par AREVA Mines [2].

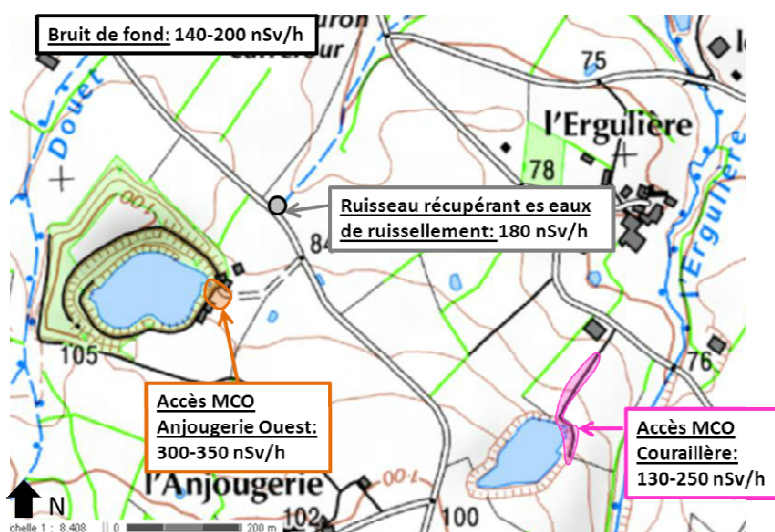


Figure 32 : Localisation et résultats des mesures radiométriques réalisées par l'IRSN sur le site de l'Anjouerie (sur fond Géoportail IGN © [4])

### 3.2.2. Analyses des eaux sous influence potentielle du site

#### Données AREVA Mines

Au cours de la campagne de mesure de 2011, AREVA Mines a procédé à différents prélèvements d'eau dans l'environnement du site (Figure 33) :

- Dans le ruisseau de Douet Aubert en aval de la MCO Anjouerie Ouest (Echantillon ANJ DA) ;
- Dans le ruisseau de l'Ergulière en aval de la MCO la Couraillère (Echantillon ANJ EST O) ;
- Dans le ruisseau prenant sa source entre la MCO Anjouerie Ouest et Centre, ce dernier récupère les eaux de ruissellement du parking (Echantillons ANJ RUE).

L'eau des deux MCO est prélevée annuellement depuis 2000 (Echantillon ANJ OUEST et ANJ EST O, Figure 33). Les résultats des analyses physico-chimiques et radiologiques ( $^{238}\text{U}$  et  $^{226}\text{Ra}$  sur la fraction soluble et  $^{226}\text{Ra}$  particulaire pour ANJ OUEST) sur ces échantillons sont présentés au Tableau 16. La concentration en uranium 238 soluble diminue (d'un facteur 7 depuis 2000) et le pH augmente depuis 10 ans dans la MCO Anjouerie Ouest, c'est pourquoi, les moyennes présentées sont celles des données AREVA Mines 2009-2010 potentiellement plus représentatives de l'état actuel de l'eau de la MCO.

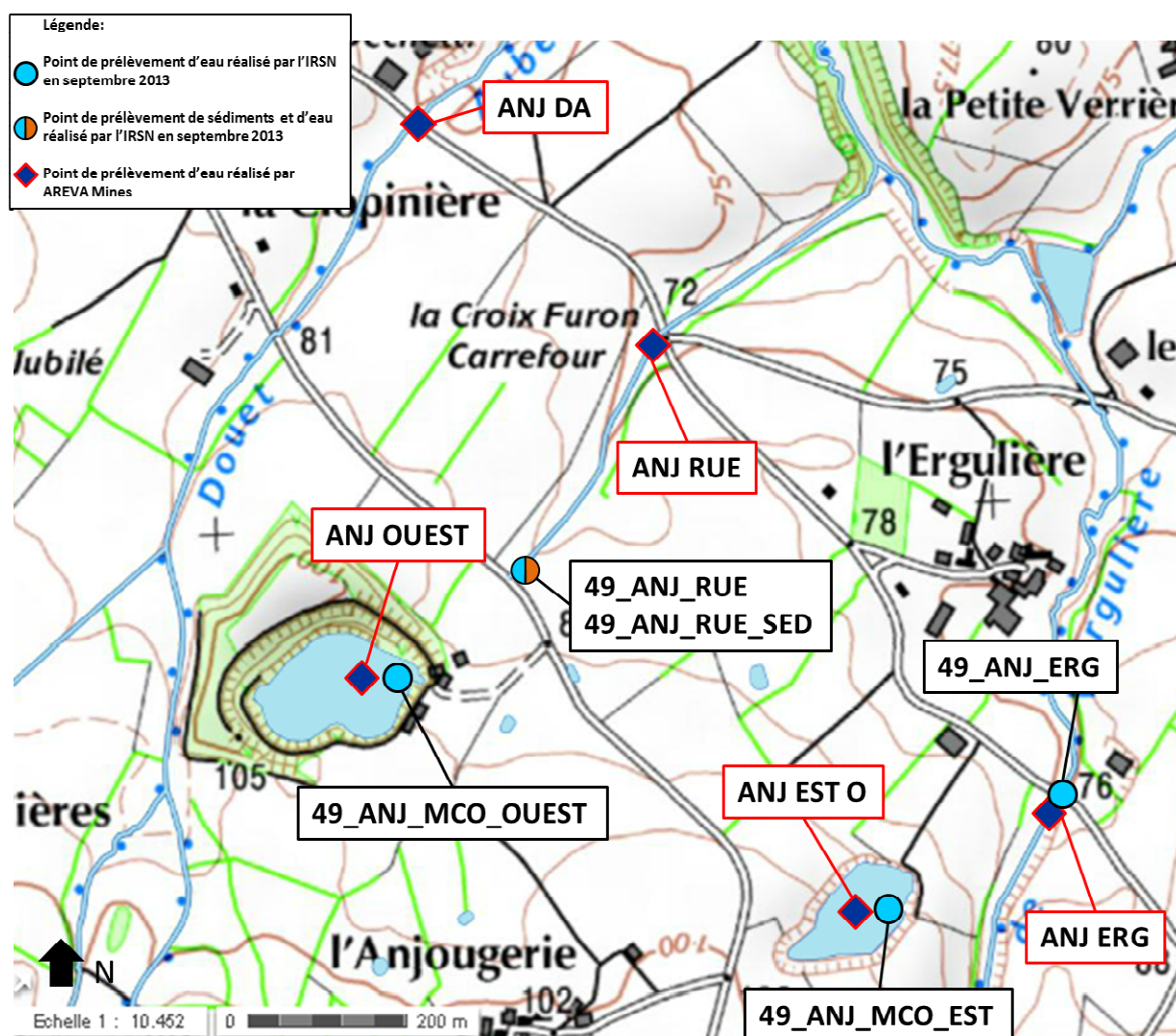


Figure 33 : Localisation des points de prélèvements d'eau et de sédiment effectués par l'IRSN et AREVA Mines sur site de l'Anjouerie et en champs proche [2] (sur fond Géoportail IGN © [4])

Tableau 16 : Résultats des mesures physico-chimiques et des analyses radiologiques (uranium 238 dissous, radium 226 dissous et particulaire) effectuées par AREVA Mines sur les échantillons ANJ OUEST, ANJ ESTO, ANJ ERG, ANJ RUE, ANJ DA [2]

Nom du point	Commentaires	pH	Conductivité [ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ]	$^{238}\text{U}$ dissous [ $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ]	$^{226}\text{Ra}$ dissous [ $\text{mBq}\cdot\text{L}^{-1}$ ]	$^{226}\text{Ra}$ particulaire [ $\text{mBq}\cdot\text{L}^{-1}$ ]
ANJ OUEST	MCO Anjouerie OUEST_ données moyennées sur la période 2009-2010	6,7	/	67,5	300	40
ANJ EST O	MCO La Couraillère_ données moyennées sur la période 2000-2010	8,6	/	78	<40	/
ANJ ERG	Ruisseau de l'Ergulière en aval du site (MCO Couraillère)	7,1	321	1,4	40	/
ANJ RUE	Ruisseau situé entre la MCO Centre et la MCO Ouest	6,6	321	9,9	40	/
ANJ DA	Ruisseau Le Douet Aubert, à l'Est de MCO Anjouerie Ouest	7,1	802	12	<20	/

Les MCO Anjouerie Ouest (ANJ OUEST) et la Couraillère (ANJ EST O) présentent des teneurs moyennes en uranium 238 élevées (Tableau 16). Par ailleurs la MCO Anjouerie Ouest présente un marquage en radium 226 dans la fraction soluble.

Les ruisseaux Le Douet Aubert ainsi que celui recevant les eaux de ruissellements du parking de la MCO Anjouerie Ouest présentent des teneurs moyennes en uranium 238 supérieures aux valeurs du bruit de fond (Tableau 16). Les mesures obtenues pour le ruisseau de l'Ergulière sont du même ordre de grandeur que celles généralement mesurées dans des eaux de surface hors influence minière et dans un contexte géologique similaire (Tableau 16).

#### Contrôles IRSN

Quatre prélèvements d'eau ont été effectués par l'IRSN, deux sur le site et deux en environnement proche (Figure 33, Figure 34).

Sur Site :

- dans la MCO Anjouerie Ouest (Echantillon 49\_ANJ\_MCO\_OUEST) ;
- dans la MCO La Couraillère (Echantillon 49\_ANJ\_MCO\_EST).

En environnement proche :

- dans le ruisseau de l'Ergulière en aval de la MCO La Couraillère (Echantillon 49\_ANJ\_ERG) ;
- dans le ruisseau récupérant les eaux de ruissellement du parking (Echantillon 49\_ANJ\_RUE).

Des analyses physico-chimiques *in situ* et radiologiques sur la fraction totale de ces quatre échantillons ont été réalisées (Tableau 17).



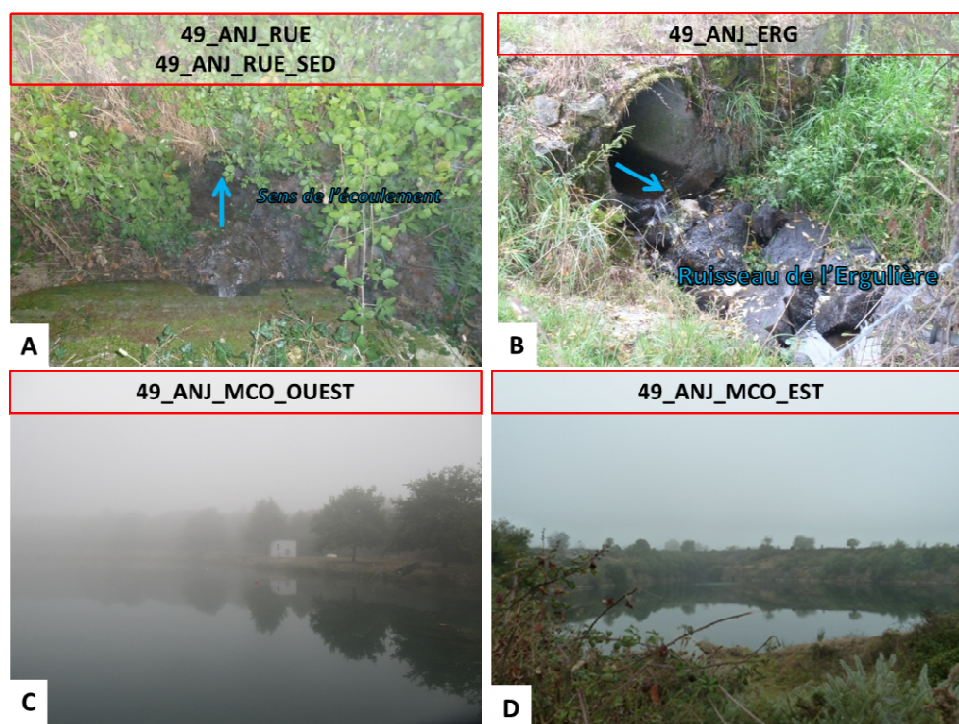


Figure 34 : Photographies des points de prélèvements, A-Ruisseau récupérant les eaux de ruissellement du parking, B- Ruisseau de l'Ergulière, C-Mine à Ciel Ouvert de l'Anjouerie Ouest, D- Mine à Ciel Ouvert de La Couraillère

Tableau 17 : Résultats des mesures de pH et de conductivité et des analyses radiologiques (uranium et radium 226), effectuées par l'IRSN, sur les fractions totales des eaux prélevées en champ poche et dans les MCO du site de l'Anjouerie

Nom de l'échantillon	pH	Conductivité [ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ]	U [ $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ]	$^{226}\text{Ra}$ [ $\text{mBq}\cdot\text{L}^{-1}$ ]
49_ANJ_MCO_OUEST	7,3	610	$75,5 \pm 7,6$	$340 \pm 80$
49_ANJ_MCO_EST	7,1	179	$63,8 \pm 6,4$	$30 \pm 14$
49_ANJ_ERG	6,9	201	<1	$13 \pm 9$
49_ANJ_RUE	6,6	309	$32,7 \pm 3,3$	$48 \pm 29$

Les eaux des MCO Anjouerie Ouest et La Couraillère présentent, pour la fraction totale, une concentration élevée en uranium et une activité élevée en radium 226 pour la MCO Anjouerie Ouest. Ces valeurs obtenues pour la fraction totale sont cohérentes avec les résultats rapportés par AREVA Mines (Echantillons ANJ OUEST et ANJ EST O, Tableau 16).

Les mesures obtenues pour le ruisseau de l'Ergulière sont cohérentes avec celles rapportés par AREVA Mines (Echantillon ANJ ERG, Tableau 16) et sont du même ordre de grandeur que celles généralement mesurées dans des eaux de surface hors influence minière et dans un contexte géologique similaire (Annexe 2). Pour le ruisseau récupérant les eaux de ruissellement du site, la concentration en uranium est supérieure à celle rapportée, pour la fraction dissoute, par AREVA Mines qui est de  $9,9 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  au point ANJ RUE (Tableau 16) et montre un marquage des eaux de ce ruisseau en uranium.

### 3.2.3. Analyses des sédiments dans les ruisseaux potentiellement sous influence du site

#### Données AREVA Mines

Au cours de la campagne de mesure de 2011 [2], AREVA Mines n'a pas procédé à des prélèvements de sédiments dans l'environnement du site.

#### Contrôles IRSN

Un prélèvement de sédiments a été effectué dans l'environnement du site par l'IRSN au niveau du ruisseau récupérant les eaux de ruissellement du parking (Figure 33, Figure 34, Echantillon 49\_ANJ\_RUE\_SED).

Les résultats de l'analyse de la composition radiologique du sédiment sont présentés au Tableau 18.

Tableau 18 : Résultats de l'analyse par spectrométrie gamma des sédiments prélevés, par l'IRSN, en environnement proche du site de l'Anjouerie au point 49\_ANJ\_RUE\_SED

Echantillon	Activité en [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
49_ANJ_RUE_SED	1590 ± 170	272 ± 24	257 ± 22	250 ± 24	67 ± 27	690 ± 60	1,6 ± 0,6

Avec m.s. = masse sèche

L'activité massique de <sup>238</sup>U peut être assimilée à celle de <sup>234m</sup>Pa soit 1590 ± 170 Bq.(kg m. s.)<sup>-1</sup> et celle du <sup>226</sup>Ra peut être à l'activité massique de <sup>214</sup>Pb soit 272 ± 24 Bq.(kg m. s.)<sup>-1</sup>. Les résultats montrent un déséquilibre entre l'<sup>238</sup>U et <sup>226</sup>Ra en faveur du <sup>238</sup>U (rapport <sup>226</sup>Ra/<sup>238</sup>U = 0,17). De plus ces résultats indiquent des concentrations trois fois supérieures à celles observées dans le milieu naturel hors influence minière pour le <sup>238</sup>U (Annexe 2).

**Annexe 5 : Fiche d'observations de terrain, de mesures  
radiométriques et d'analyses des prélèvements effectués sur les  
anciens sites miniers du Maine et Loire : Site de la Baconnière**

## Site de la Baconnière

Région	Pays de Loire	Autres sites sur la commune	L'Anjouerie (Roussay)
Département	Maine et Loire (49)		
Commune	Roussay, Torfou, Montfaucon-Montigné sur Moine		
Cadastre	<p>(Figure 36)</p> <p><b>Propriété Areva :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Commune de Roussay, section A03, parcelles 734, 735, 736, 738 à 752, 819, 1471, 1501, 1502, 1715, 1718, 1720, 1722 à 1725, 1727, 1729, 1731, 1736 et 1737 ;</li> <li>• Commune de Torfou, section A01, parcelles 25, 510, 513, 516, 521, 532, 535, 538, 541, 542, 561, 579 et 592 ;</li> </ul> <p><b>Propriété non Areva :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Commune de Roussay, section A, parcelles 771, 1404, 1406, 1408, 1726, 1728, 1730, 1732, 1733, 1734 et 1735 ;</li> <li>• Commune de Torfou, section A, parcelles 528, 544, 546, 548, 553, 554, 557, 557, 577, 587, 479, 580 et 581 ;</li> <li>• Commune de Montfaucon-Montigné sur Moine, section B02, parcelles 223, 224, 936, 938, 939, 964, 965, 966, 967 et 968.</li> </ul>		
Propriété	Privée et Areva Mines		
Surface du site	63 ha 40 a		

Source principale : AREVA Mines [2]

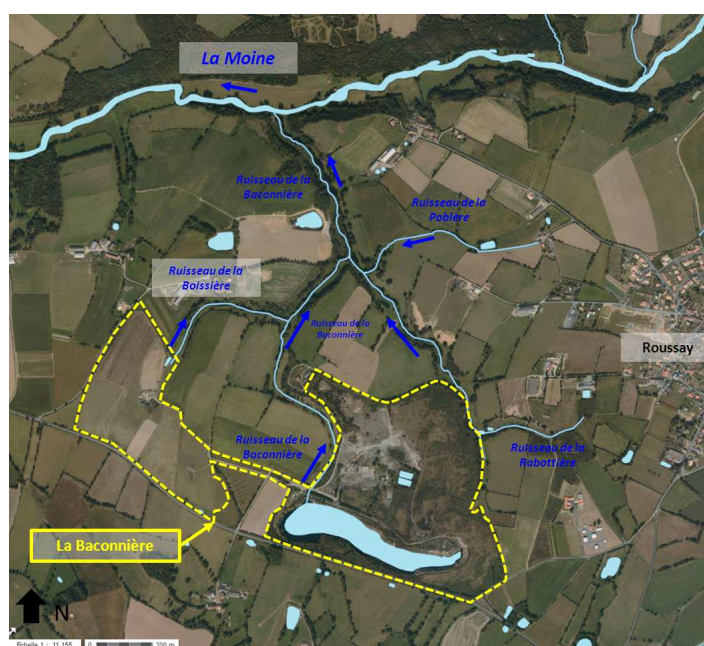


Figure 35 : Vue aérienne du site de la Baconnière, en jaune l'emprise du site (sur fonds Géoportail IGN ©[4])



# 1. NATURE DES TRAVAUX MINIERS ET REAMENAGEMENTS

Type de travaux	<p><b><u>Mine à Ciel Ouvert (MCO)</u></b> : les travaux miniers comprenaient l'exploitation de <b><u>six fosses</u></b> : la fosse 1 (23,6 m de profondeur), la fosse 2 (28,4 m de profondeur), les fosses 3 et 4 (50 m de profondeur) et les fosses 5 et 6 dite fosse Bacconnière-Bastille (80 m de profondeur). Elles étaient exploitées par tranches ou sous gradins de trois mètres et par gradins de 15 mètres.</p> <p><b><u>Travaux miniers souterrains (TMS)</u></b> : ils comprenaient une descenderie (L100) et deux montages de type Robbins (M110 et M102). L'ensemble des travaux était réparti sur deux niveaux (N-50 et N-100). Les galeries étaient exploitées par tranches montantes remblayées.</p>
Période d'exploitation	1976 à 1988
Production d'uranium [T]	564,061
Lieu de traitement du minerai	Usine de l'Ecarpière
Réaménagements réalisés	<p>(Figure 36)</p> <p><b><u>-MCO :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b><u>Fosses 1 et 2 :</u></b> elles ont été intégralement remblayées par des stériles de la fosse 3 et 4 ;</li> <li>• <b><u>Fosses 3 et 4 :</u></b> elles ont été intégralement remblayées par des stériles des fosses 5 et 6 ;</li> <li>• <b><u>Fosses 5 et 6 :</u></b> la partie Est a été partiellement remblayée par des stériles de la partie Ouest. Le reste de la MCO a été laissé en eau. Différents travaux de mise en sécurité des parements de la MCO ont été effectués. Aménagement en 2013 de la zone d'accès à la MCO située dans la partie Est pour installer une nouvelle station de pompage ainsi qu'une nouvelle digue.</li> </ul> <p>L'excédent de stériles a été mis en verse à l'aplomb des fosses 3 et 4 et au niveau de la verse dit de la Bastille.</p> <p><b><u>-TMS :</u></b> les montages débouchant au jour ont été obturés. L'entrée de la descenderie a été complètement comblée par des stériles. Les galeries ont été remblayées par des sables cyclonés (11 500 tonnes) provenant de l'usine de l'Ecarpière,</p> <p><b><u>-Installations de surfaces :</u></b> les bâtiments (ateliers, hangar et bureaux) ont été démontés. Seules les fondations des bâtiments et les aires goudronnées sont encore visibles. Les bassins de décantation sont en eau.</p> <p><b><u>-Les « verses à stériles » :</u></b> elles ont été remodelées (pente maximale de 25%), recouvertes de terre végétale et ont fait l'objet d'un ensemencement.</p>
Fin des réaménagements	<p>2013</p> <p>Projet à l'étude pour limiter le drainage minier acide responsable de l'acidification des eaux de la MCO en eau</p>

Servitudes	/
Autres	<p>Des stériles miniers ont été exploités entre 1984 et 1991 par les entreprises PLARD et MAUGES TP pour être utilisés dans les communes environnantes. Les installations liées à cette exploitation situées au Nord Est du site ont été démantelées.</p> <p>Des stériles situés à l'aplomb de la fosse 2 ont été utilisés par les propriétaires.</p> <p>Le rejet dans le ruisseau de la Baconnière s'effectue selon les conditions fixées par l'AP D3-2006 n°702 du 30/11/2006. Cet AP fixe un suivi des eaux de surface, de la MCO, de la côte maximale de la MCO et des eaux de puits.</p> <p>Une station de neutralisation de l'eau des fosses 5 et 6 de fleur de chaux a été installée, en juillet 1995.</p> <p>Le chemin rural Roussay-ferme de la Baconnière (chemin des 100 coups) a été rétabli.</p>

Source principale : AREVA Mines [2]

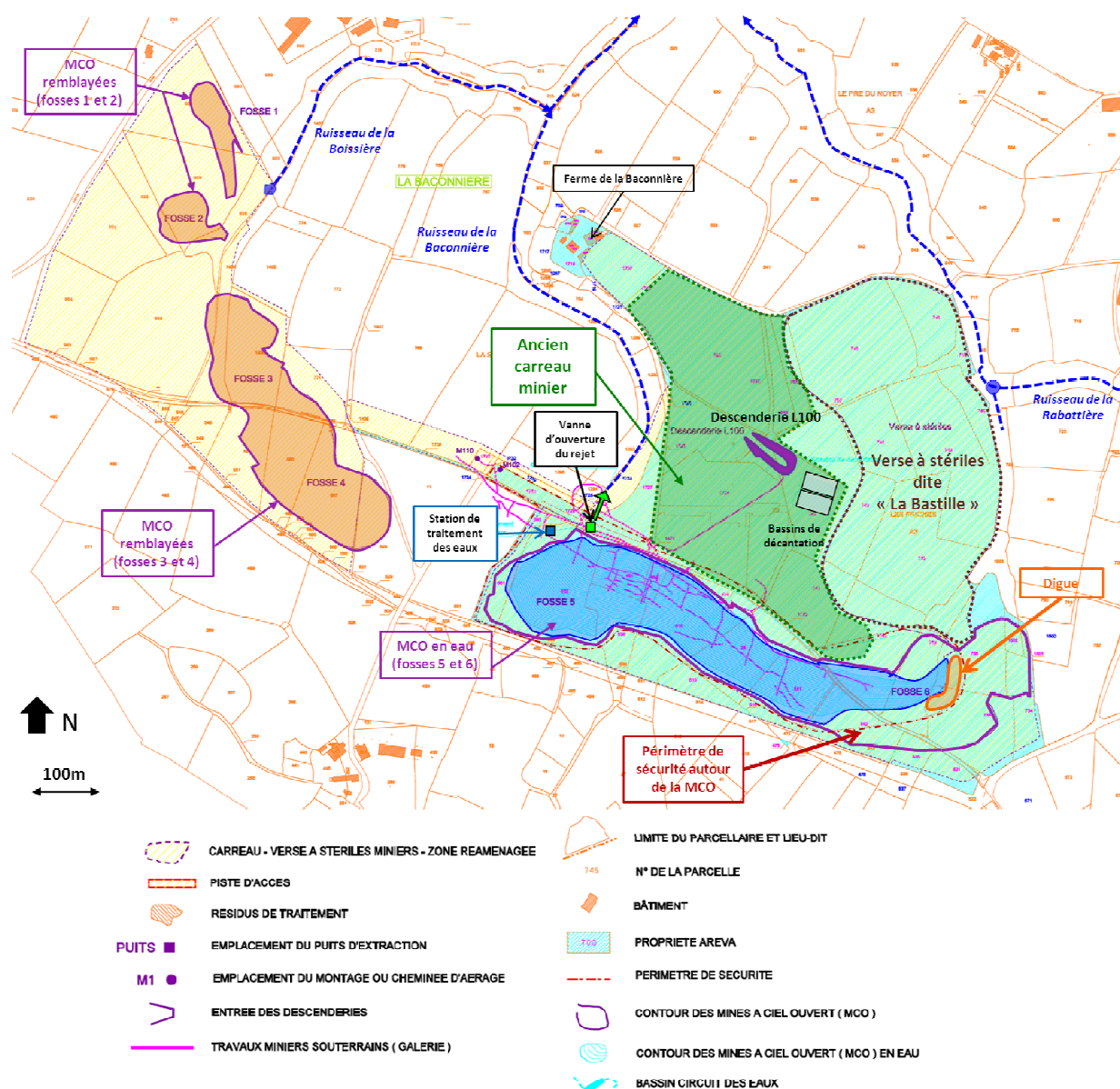


Figure 36 : Situation des travaux miniers sur fonds cadastraux sur le site de la Baconnière (source Areva Mines [2])

## 2. LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DU SITE ET RESEAU HYDROGRAPHIQUE DE SURFACE

Le site de la Baconnière est situé sur trois communes (Figure 37) :

- La commune de Roussay localisée à 1,5 km au Sud-Ouest du site ;
- La commune de Torfou localisée à 5,8 km au Sud du site ;
- La commune de Montfaucon - Montigné sur Moine localisée à 3,2 km à l'Ouest du site.

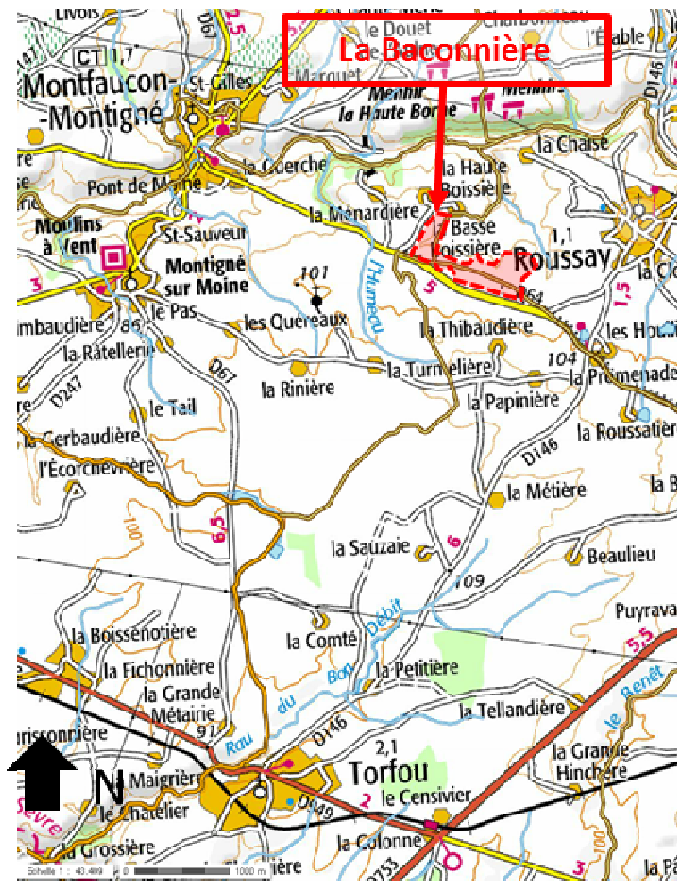


Figure 37 : Localisation géographique et administrative du site de la Baconnière (contour en rouge) ; limite des communes en orange (sur fonds Géoportail IGN © [4])

Trois ruisseaux drainent les eaux du site : le ruisseau de la Boissière, le ruisseau de la Baconnière et le ruisseau de la Poblère (Figure 38). Le ruisseau de la Boissière prend sa source au pied des anciennes fosses 1 et 2, au niveau d'une mare et il se jette dans le ruisseau de la Baconnière 500 m en aval. Ce dernier est le ruisseau récepteur du rejet : en absence de rejet, son débit est faible et les eaux proviennent, en totalité, du drainage des terrains environnants (pâturages et champs). Le ruisseau de la Poblère s'écoule au Nord Est du site, il est alimenté par le ruisseau de la Rabottière. Le ruisseau de la Poblère rejoint le ruisseau de la Baconnière au Nord du site qui se jette dans la Moine 600 m en aval (Figure 38).



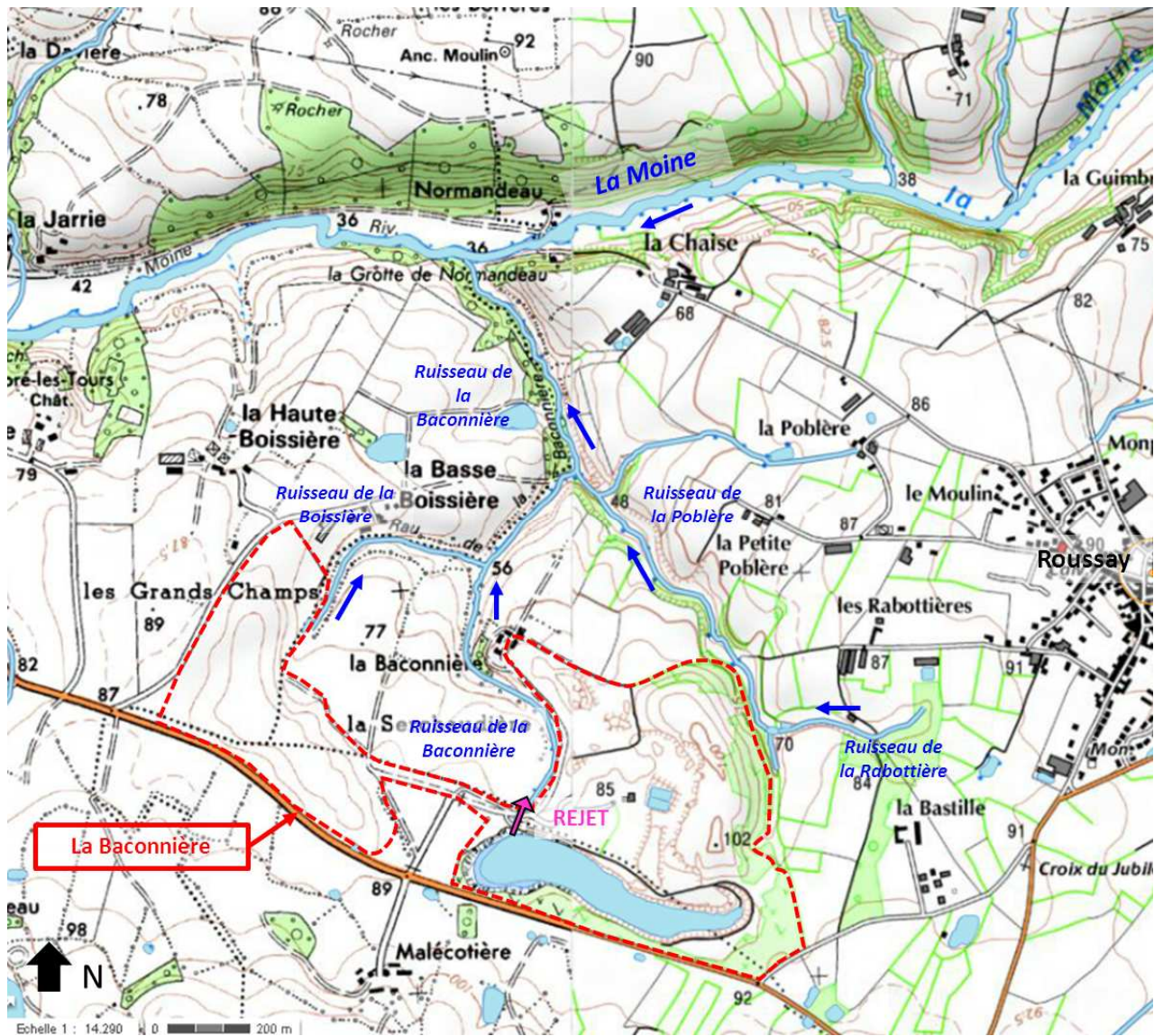


Figure 38 : Réseau hydrographique de surface à proximité de l'ancien site minier de la Baconnière (contour en rouge) ; les flèches bleues indiquent le sens des écoulements connus (sur fonds Géoportail IGN © [4])

### 3. OBSERVATIONS DE TERRAIN

<b>Date de la visite et contexte</b>	
26 septembre 2013 dans le cadre des contrôles de second niveau du programme MIMAUSA	
<b>Objectifs de la visite</b>	
<u>Sur site</u> : Effectuer des mesures radiométriques, préciser l'usage et l'accès au site, prélever des échantillons d'eaux dans la MCO et les bassins de décantation	
<u>Champ proche</u> : Prélever des échantillons d'eau et de sédiment	
<b>Personnes présentes</b>	
M. Le Maire de Roussay, Responsable des contrôles du site d'AREVA Mines	
<b>Ouvrages visibles ou localisés</b>	<b>Coordonnées GPS (Lambert 93)</b>
Fosse 1	X = 389622 ; Y = 6673678
Fosse 2	X = 389578 ; Y = 6673505
Fosse 3	X = 389693 ; Y = 6673313
Fosse 4	X = 389784 ; Y = 6673141
Fosse 5 et 6	X = 390369 ; Y = 6672887
Verse à stériles à l'EST du site	X = 390701 ; Y = 6673173
Bassins de décantation	X = 390544 ; Y = 6673100
Station de traitement des eaux	X = 390139 ; Y = 6673045

#### 3.1. Observations de la situation et des usages actuels du site

L'ensemble des terrains à l'aplomb des fosses 1 à 4 se situe sur des parcelles privées (Figure 36). La MCO la Bastille, le carreau minier, les bâtiments de l'ancienne ferme de la Baconnière et la verse à stériles se situent, quant à elles, sur des terrains appartenant à AREVA Mines (Figure 36). La MCO la Bastille est entourée d'un périmètre de sécurité présentant un portail avec des panneaux signalant une propriété privée et un accès interdit et une clôture (Figure 39). Cette MCO présente des parements abrupts, est entourée de végétation (Figure 40) et des panneaux signalent un risque de noyade (Figure 39).



Figure 39 : Photographies des travaux de mise en sécurité de la MCO la Bastille ; A- Portail d'accès au site de la Baconnière, B-Clôture du périmètre de sécurité au Nord du site, C- Panneau signalant un risque de noyade au niveau de la MCO la Bastille, D- Périmètre de sécurité entre la MCO et la verse à stérile (sur fonds Géoportail IGN © [4])

La partie Est de la MCO a été réaménagée début 2013 (Figure 40) : le chemin d'accès à la MCO en eau a été, en partie, remblayé avec des stériles afin d'installer une nouvelle station de pompage. L'ancien carreau minier est en friche et n'est pas clôturé. Malgré la présence de panneaux indiquant une propriété privée et des fossés/merlons limitant l'accès aux véhicules motorisés, cette partie du site est utilisée pour faire du motocross/vélo (Figure 40). Par ailleurs M. Le Maire de Roussay et AREVA Mines ont indiqué que l'ancien carreau minier et la ferme de la Baconnière étaient aussi le lieu de rave party illégales.

Les anciens bassins de décantation sont remplis d'eau et n'ont pas d'usage (Figure 40).



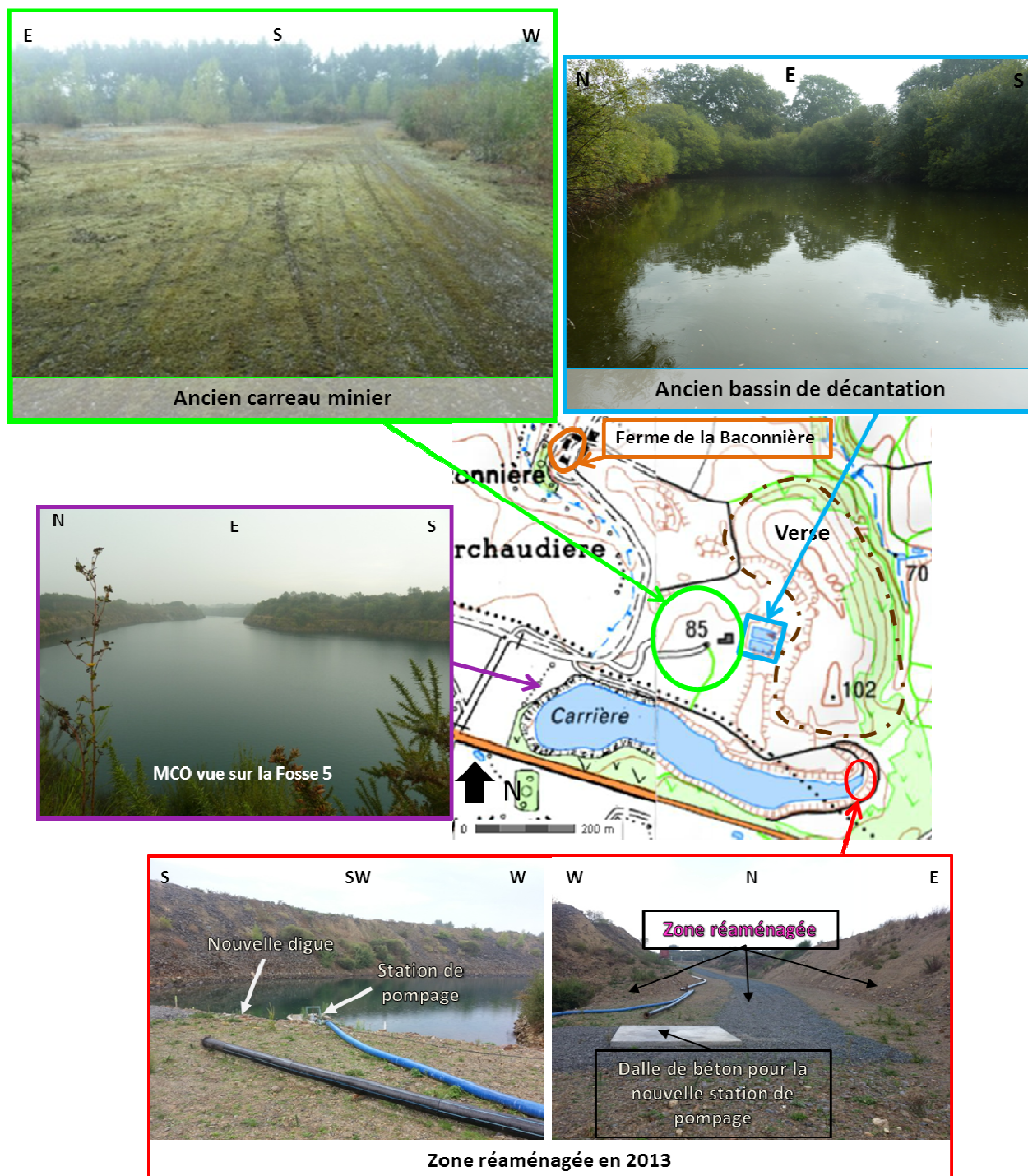


Figure 40 : Photographies de la MCO, de la zone réaménagée en 2013 à l'Est de la MCO, de l'ancien carreau minier et des anciens bassins de décantation du site de la Baconnière (sur fonds Géoportail IGN © [4]).

Les terrains situés à l'aplomb des fosses 1 à 4 ont retrouvé leur usage agricole (champs cultivés et pâturages, Figure 41). La mare située à la source du ruisseau de la Boissière se trouve dans un pâturage et sert à l'abreuvement de bovins (Figure 41). Une ancienne carrière à stériles, située à l'aplomb de la fosse 2, est visible dans le paysage (Figure 41). Ces stériles ont été utilisés par le propriétaire à des fins privées (empierrement de chemin, soubassement de bâtiments agricoles) et ne sont actuellement plus exploités [2].

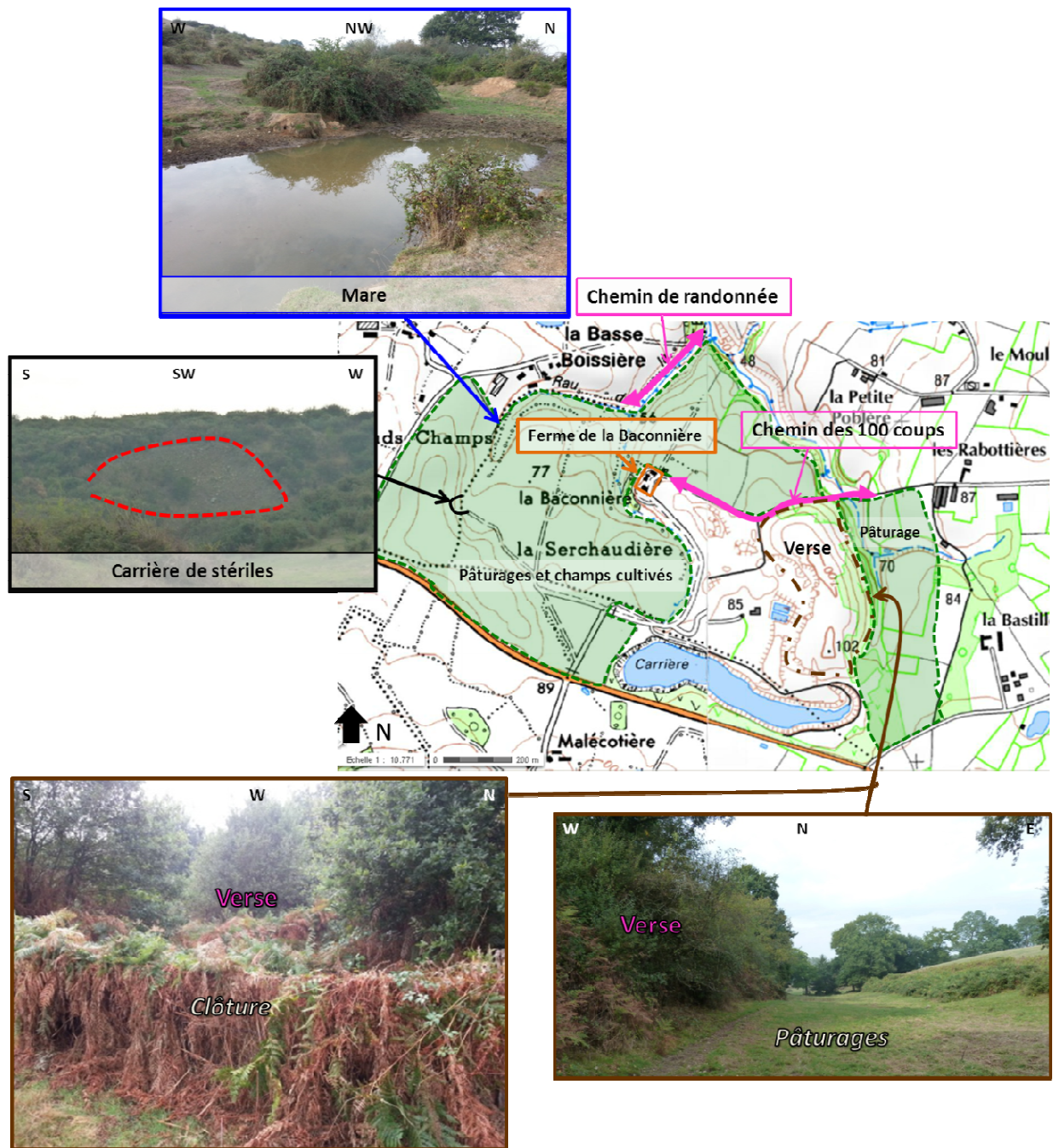


Figure 41 : Photographies et usages des terrains privés situés sur et autour du site de la Baconnière [2] (sur fonds Géoportail IGN © [4]).

Les terrains situés en pieds de versé à l'Est du site sont actuellement des pâturages pour bovins (Figure 41). Une clôture et une épaisse végétation empêchent l'accès à la versé via ces terrains.

Deux chemins de randonnée existent aux alentours du site (Figure 41) :

- le chemin des 100 coups qui longe le site au Nord et qui relie la ferme de la Baconnière au lieu-dit les Rabottières ;
- un chemin de randonnée qui longe le ruisseau de la Baconnière, de la Moine jusqu'au ruisseau de la Boissière.



## 3.2. Observations concernant la situation radiologique

### 3.2.1. Mesures radiométriques de surface

#### Données AREVA Mines

Des mesures radiométriques ont été réalisées par AREVA Mines en 2011, dans le cadre de la réalisation du BE [2], sur le site de la Baconnière (Tableau 19). Le bruit de fond autour du site est compris entre 120 et 150 nSv/h. Des mesures ont été effectuées au niveau des emprises des fosses n° 1 à 4, à proximité de la mare, de l'ancien carreau minier, de l'ancienne aire de stockage du minerai, autour de la MCO et au niveau de la carrière à stériles : les valeurs mesurées sont de l'ordre d'une à trois fois le bruit de fond naturel c'est-à-dire comprise entre 150 et 550 nSv/h (Tableau 19). La verse à stériles de la fosse 5&6, quant à elle, présente des valeurs plus élevées comprises entre 360 et 800 nSv/h (Tableau 19).

Tableau 19 : Résultats des mesures radiométriques effectuées par AREVA Mines en 2011 sur le site de la Baconnière [2]

Secteur	Débits d'équivalent de dose gamme [en nSv/h]
Milieu naturel	120-150
<i>Fosse n° 1</i>	
Emprise de la MCO	180-200
Au sud de l'ancienne entrée de la MCO à proximité de la mare	220-270
<i>Fosses n° 2</i>	
Emprise de la MCO	260-360
Carrière à stériles exploitées par les agriculteurs au Sud de la fosse n° 2	380-550
<i>Fosses n° 3&amp;4</i>	
Emprise de la MCO	150-350
<i>Fosses n° 5&amp;6</i>	
Ancien carreau de la mine	150-400
Aire de stockage du minerai	200-350
Verse à stériles	360-800
Autour de la MCO	190-500

#### Contrôles IRSN

Des mesures de débits de dose ont été effectuées par l'IRSN, à environ 50 cm au-dessus du sol sur site et en environnement proche (Figure 42).

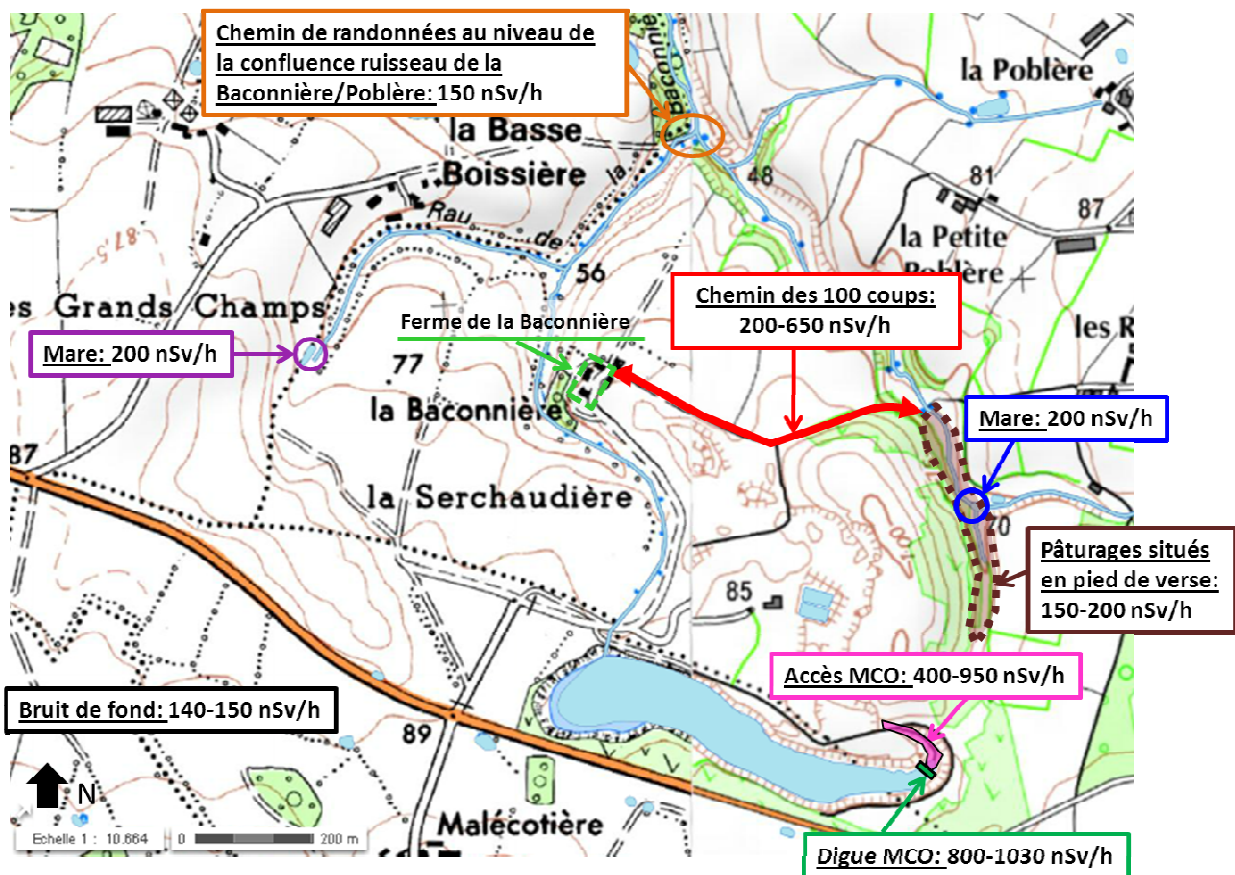


Figure 42 : Localisation et résultats des mesures radiométriques réalisées par l'IRSN sur et autour du site de la Baconnière (sur fonds Géoportail IGN © [4])

L'accès à la MCO, réaménagé en 2013, présente des valeurs comprises entre 400 et 950 nSv/h et la digue révèle des valeurs comprises entre 800 et 1030 nSv/h. Cette zone est plus récente que le bilan environnemental et n'a donc pas été mentionnée dans celui-ci (Figure 42).

La mare située au pied de la fosse n°1 ainsi que les champs localisés en pied de vers, à l'Est du site, présentent des valeurs de l'ordre du bruit de fond (Figure 42). Les valeurs au niveau de la mare, située au pied de la fosse n°1, sont cohérentes avec celles présentées par AREVA Mines (Figure 42). Les valeurs mesurées sur le chemin de randonnée dit chemin des 100 coups sont comprises entre 200 et 650 nSv/h (Figure 42).

### 3.2.2. Analyses des eaux sous influence potentielle du site

#### Données AREVA Mines

La qualité des eaux de surface autour du site de la Baconnière fait l'objet d'une surveillance réglementaire dans le cadre de l'arrêté préfectoral D3-2006 n°702 du 30 novembre 2006. Cet arrêté préfectoral fixe aussi les conditions du rejet dans le ruisseau de la Baconnière. Quatre points de prélèvements sont régulièrement prélevés (Figure 43) :

- au niveau du rejet de la MCO la Bastille (Echantillon BCN 3) ;
- dans la MCO la Bastille (Echantillon BCN 0) ;
- dans le ruisseau de la Baconnière, en aval du rejet et avant sa confluence avec le ruisseau de la Boissière (Echantillon RU BCN) ;
- dans le ruisseau de la Poblère en aval de la verse à stériles (Echantillon RU POB).

Dans le cadre de l'auto-surveillance, AREVA Mines procède à différents prélèvements d'eau supplémentaires dans l'environnement du site (Figure 33) :

- dans la surverse de la mare localisée en aval de la fosse n°1 et 2 et en pied de verse à stériles (Echantillon BBS MARE) ;
- dans le ruisseau de la Boissière en aval des anciennes fosses 1 et 2 et des verses à stériles (Echantillon RU BBS).

Les résultats des analyses physico-chimiques et radiologiques sur ces échantillons sont présentés au Tableau 20. Pour les points RU BCN et RU POB les moyennes présentées sont celles des données 2005-2010 pour RU POB et 2007-2010 pour RU BCN car les valeurs présentées avant ces dates présentent des limites de détection trop élevées.

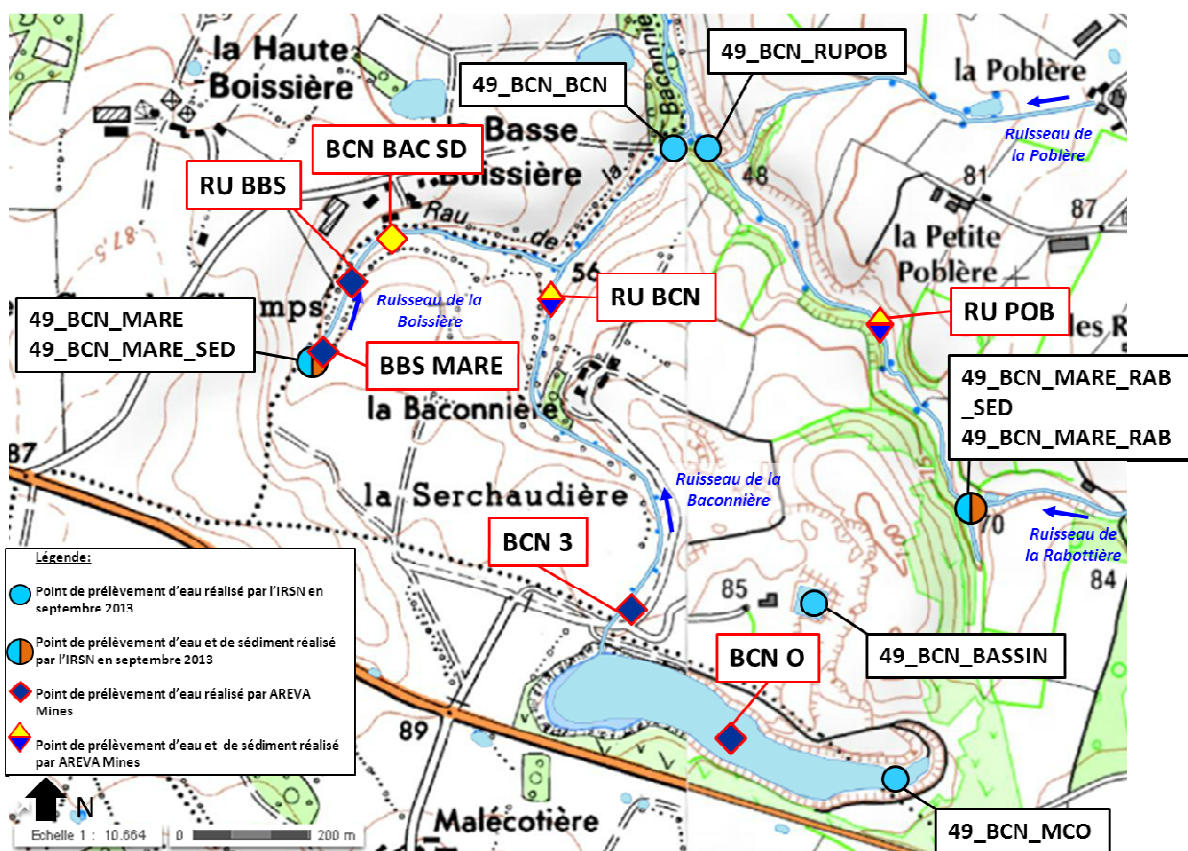


Figure 43 : Localisation des points de prélèvements d'eau et de sédiment effectués par l'IRSN et AREVA Mines sur le site de la Baconnière et en champ proche [2] (sur fonds Géoportail IGN © [4])

La MCO (BCN O, Tableau 20) et le rejet (BCN 3, Tableau 20) présentent des teneurs moyennes en uranium 238 et des activités moyennes en radium 226, dans la fraction soluble, élevées et du même ordre de grandeur ( $120-131\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  et  $130\text{ mBq}\cdot\text{L}^{-1}$ ), ce qui est cohérent puisque le traitement effectué à la station de traitement des eaux ne concerne que le paramètre pH.

**Tableau 20 : Résultats des mesures physico-chimiques et des analyses radiologiques (uranium 238 dissous, radium 226 dissous et particulaire) effectuées par AREVA Mines sur les échantillons BCN O, BCN 3, BBS MARE, RU BBS, RU BCN, RU POB [2]**

Nom du point	Commentaires	pH	<sup>238</sup> U dissous [µg.L <sup>-1</sup> ]	<sup>226</sup> Ra dissous [mBq.L <sup>-1</sup> ]	<sup>226</sup> Ra particulaire [mBq.L <sup>-1</sup> ]
BCN O	MCO Bastille _ données 2000-2010	7,1	131	130	/
BCN 3	Rejet MCO Bastille _ données 2000-2010	7,2	122	130	/
BBSMARE	Mare localisée en pied de la verse à stériles des fosses 1 et 2 _ données 2009-2010	5,7	226	<50	<20
RU BBS	Ruisseau de la Boissière en aval de la verse à stériles (fosses 1 et 2) _ données 2009-2010	5,8	95	50	<40
RU BCN	Ruisseau de la Baconnière en aval du rejet de la MCO Bastille (BCN3) _ données 2007-2010	6,2	35	72	/
RU POB	Ruisseau de la Poblère en aval de la verse à stériles Bastille _ données 2005-2010	6,8	23	<30	/

La mare localisée en aval de la fosse n° 1 et 2 (Echantillon BBS MARE, Tableau 20) présente un très fort marquage en uranium 238 de la fraction dissoute avec une teneur égale à 226 µg.L<sup>-1</sup>. Les mesures effectuées dans les ruisseaux en aval du site (points RU BBS, RU BCN et RU POB, Tableau 20) révèlent un marquage en uranium 238 de la fraction soluble des eaux avec des valeurs allant de 23 à 95 µg.L<sup>-1</sup>.

#### Autres données

Suite au dépôt d'un dossier de réaménagement du site de La Baconnière, des analyses supplémentaires ont été effectuées, en 2009, par ALGADE (sur la demande d'AREVA Mines), sur et autour du site, aux points suivants (Figure 44) [17]:

- au niveau du rejet de la MCO la Bastille (Point Rejet) ;
- dans la MCO la Bastille (Points MCO 1, MCO 2 et MCO 3) ;
- à l'amont du ruisseau de la Boissière (Point 23) ;
- dans le ruisseau de la Boissière juste avant la confluence avec le ruisseau de la Baconnière (point 7) ;
- dans le ruisseau de la Baconnière, en aval du rejet et avant sa confluence avec le ruisseau de la Boissière (Point 6) ;
- dans le ruisseau de la Poblère en aval de la verse à stériles (Point 13) ;
- dans le ruisseau de la Poblère en aval du site juste avant la confluence avec le ruisseau de la Baconnière (Point 11) ;
- dans le ruisseau de la Baconnière en aval du site juste avant la confluence avec le ruisseau de la Poblère (Point 9) ;
- dans le ruisseau de la Baconnière avant la confluence avec la Moine (point 19).



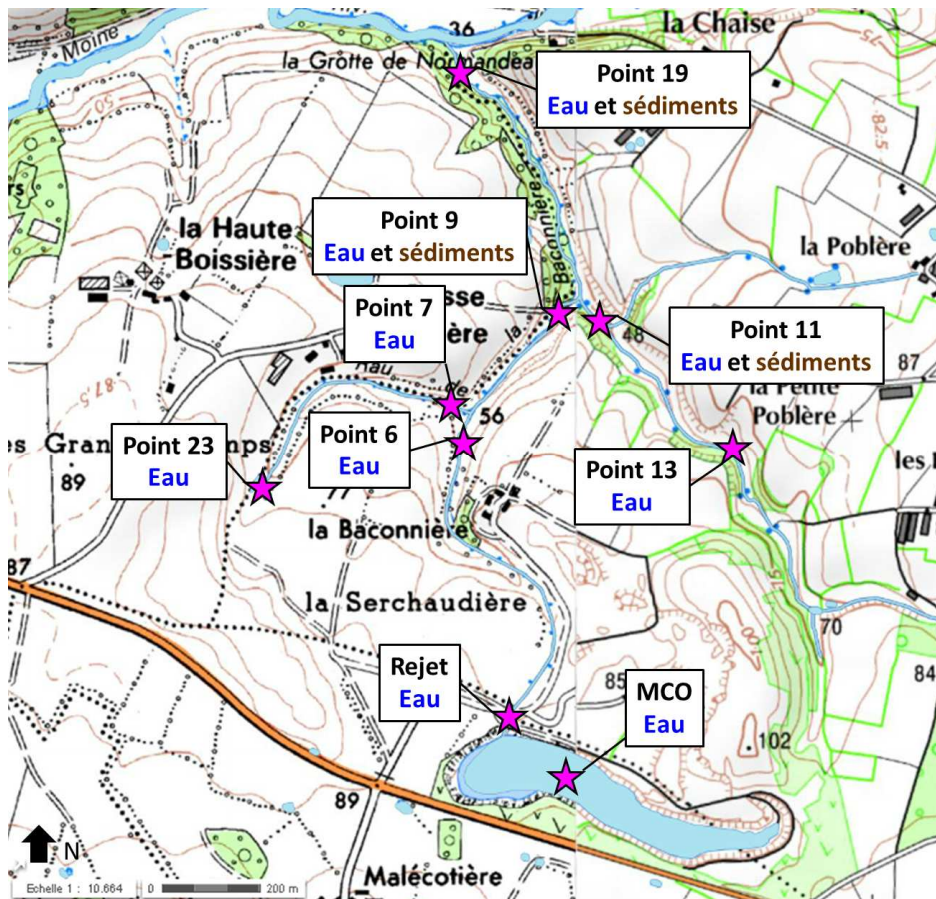


Figure 44 : Localisation des points de prélèvements d'eau et de sédiment réalisés par ALGADE, dans le cadre d'un projet de réaménagement, sur site de la Bacconnière et en champ proche [17] (sur fonds Géoportail IGN © [4])

Les analyses radiologiques réalisées sur la fraction dissoute et particulaire de ces 11 échantillons sont présentées au Tableau 21.

La MCO et le rejet présentent des concentrations en uranium et des activités en radium 226, dans la fraction soluble, élevées et de même ordre de grandeur ( $112-142 \mu\text{g.L}^{-1}$  et  $90-140 \text{mBq.L}^{-1}$ , Tableau 21). Ces données sont cohérentes avec les données présentées dans le BE. Les mesures réalisées dans les ruisseaux de la Boissière, de la Baconnière et de la Poblère, montrent un marquage des eaux en uranium de la fraction dissoute de ces eaux de surface, notamment au niveau de l'amont du ruisseau de la Boissière (Point 23, Tableau 21). La fraction particulaire des eaux présente aussi un marquage en uranium au niveau des points les plus proches du site (Points 6, 7 et 13, Tableau 21, Figure 44). Les résultats obtenus par ALGADE sur la fraction dissoute sont plus faibles que ceux indiqués dans le BE (Tableau 20).

Tableau 21 : Résultats des analyses d'uranium et de radium 226 réalisées par ALGADE, dans le cadre d'un projet de réaménagement, sur la fraction dissoute et particulaire des eaux réalisées en juillet-septembre 2009 [17]

Nom du point	Commentaire	U dissous [ $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ]	U particulaire [ $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ]	$^{226}\text{Ra}$ dissous [ $\text{mBq}\cdot\text{L}^{-1}$ ]	$^{226}\text{Ra}$ particulaire [ $\text{mBq}\cdot\text{L}^{-1}$ ]
MCO 1	MCO	142,4	<1	140	<20
MCO 2	MCO	112,5	<1	110	<20
MCO 3	MCO	137,8	<1	90	<20
Rejet	Rejet MCO	127,5	<1	130	<20
Point 6	Ruisseau de la Baconnière	9,1	4,0	<30	<20
Point 9	Ruisseau de la Baconnière	10,1	<1	<30	<20
Point 13	Ruisseau de la Poblère	13,1	3,5	<20	<20
Point 11	Ruisseau de la Poblère	17,9	<1	<30	<20
Point 23	Ruisseau de la Boissière	437,0	<1	<30	<20
Point 7	Ruisseau de la Boissière	23,6	11,7	<20	<20
Point 19	Ruisseau de la Baconnière	7,4	<1	<30	<20

#### Contrôles IRSN

Six prélèvements d'eau ont été effectués par l'IRSN, deux sur site et quatre en environnement proche (Figure 43, Figure 45, Figure 46, Figure 47).

#### Sur Site :

- dans la MCO la Bastille (Echantillon 49\_BCN\_MCO) ;
- dans les anciens bassins de décantation (Echantillon 49\_BCN\_BASSIN).

#### En environnement proche :

- dans la mare située au pied de la verse des fosses n°1 et 2 et potentiellement alimentée par des écoulements provenant des fosses 1 à 4 remblayées (Echantillon 49\_BCN\_MARE) ;
- dans le ruisseau la Baconnière juste avant la confluence avec le ruisseau de la Poblère (Echantillon 49\_BCN\_BCN) ;
- dans le ruisseau la Poblère juste avant la confluence avec le ruisseau de la Baconnière (Echantillon 49\_BCN\_RUPOB) ;
- dans la mare située à l'Est de la verse de la Bastille alimentée, en partie, par le ruisseau de la Rabottière (Echantillon 49\_BCN\_MARE\_RAB).

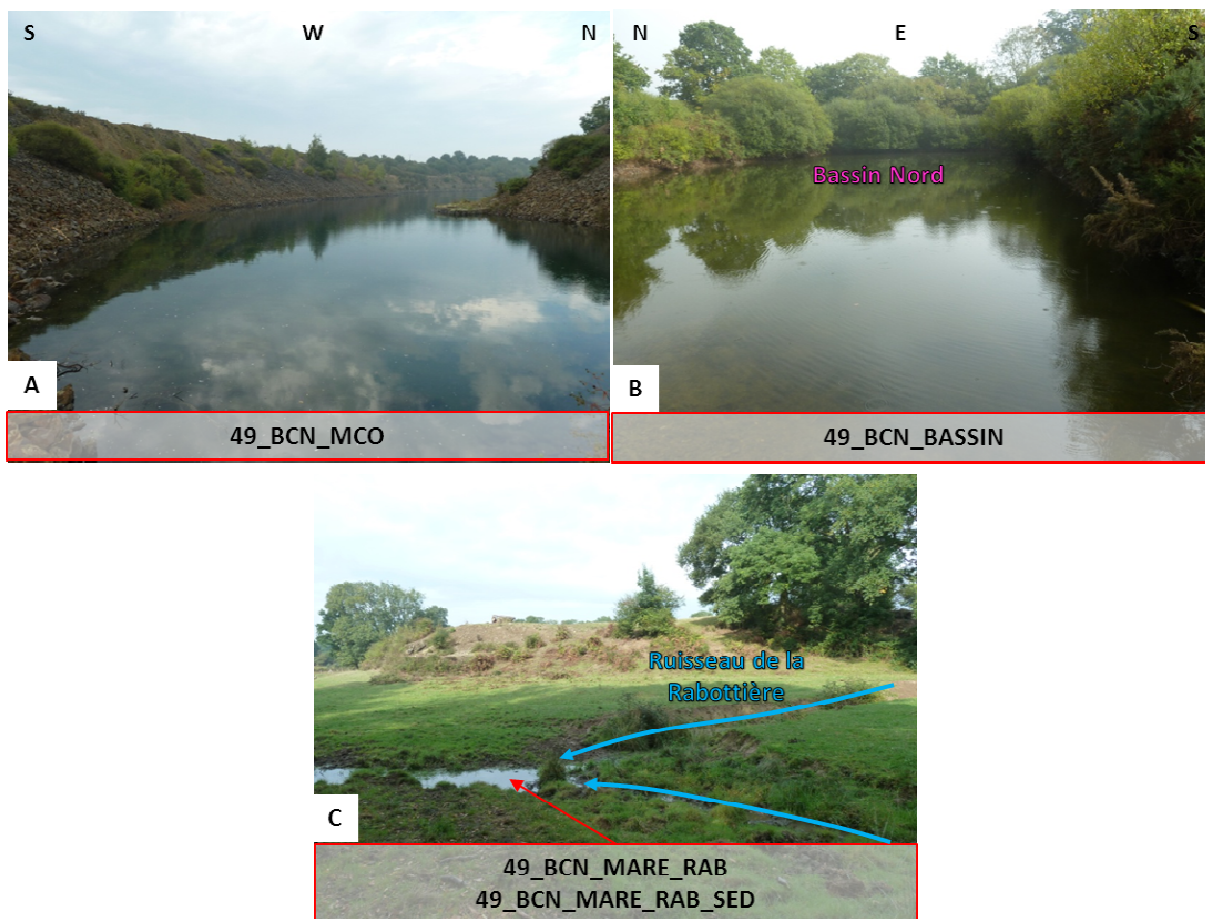


Figure 45 : Photographies des points de prélèvements ; A- la MCO la Bastille, B- l'ancien bassin de décantation Nord, C- la mare située à l'Est de la verse la Bastille

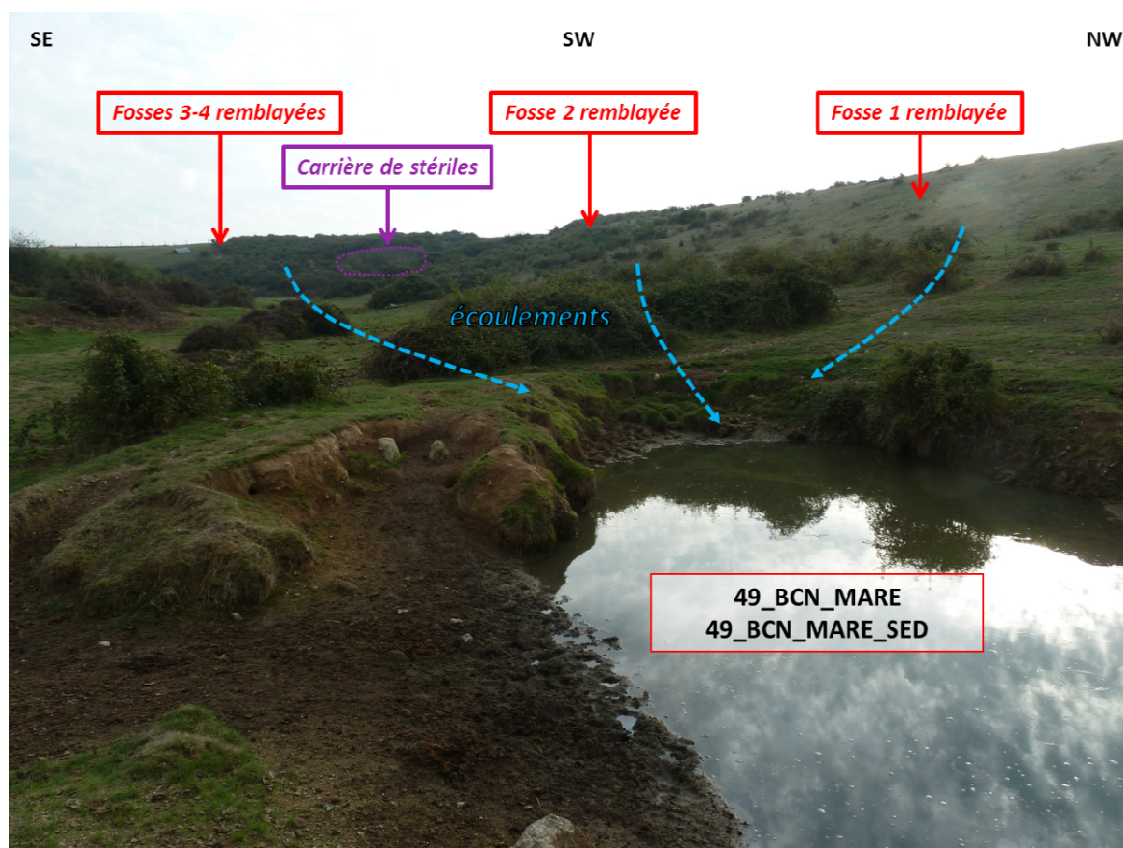


Figure 46 : Mare située en pied des fosses n°1 et 2 et potentiellement alimentée par des écoulements provenant des fosses 1 à 4



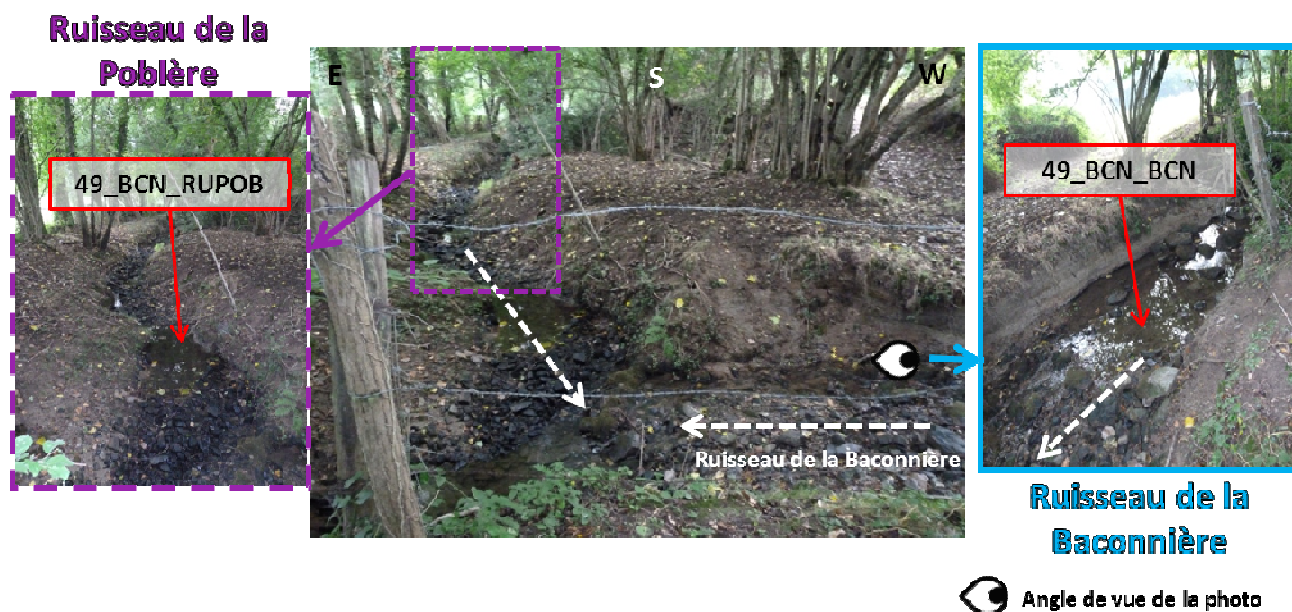


Figure 47 : Photographies des points de prélèvements situés en amont de la confluence ruisseau de la Poblère/ruisseau de la Baconnière ; l'échantillon 49\_BCN\_RUPOB, à gauche, dans le ruisseau de la Poblère, l'échantillon 49\_BCN\_BCN, à droite, dans le ruisseau de la Baconnière.

Des analyses physico-chimiques *in situ* et radiologiques sur la fraction totale de ces six échantillons ont été réalisées (Tableau 22). Une analyse de la concentration en sulfates a également été réalisée sur l'échantillon d'eau prélevé dans la MCO (Tableau 23).

Tableau 22 : Résultats des mesures pH et conductivité et des analyses radiologiques (uranium et radium 226), effectuées par l'IRSN, sur les fractions totales des eaux prélevées en champ proche et sur site de la Baconnière.

Nom de l'échantillon	pH	Conductivité [ $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ]	U [ $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ ]	$^{226}\text{Ra}$ [ $\text{mBq} \cdot \text{L}^{-1}$ ]
49_BCN_MCO	7,3	1390	102,3 ± 10,2	130 ± 30
49_BCN_BASSIN	7,6	85	1,8 ± 0,2	13 ± 11
49_BCN_MARE	7,0	1180	Fraction dissoute 387,2 ± 38,7	130 ± 30
49_BCN_MARE_RAB	5,6	871	148,1 ± 14,8	16 ± 8
49_BCN_RUPOB	7,0	496	17,3 ± 1,7	<12
49_BCN_BCN	6,7	769	6,4 ± 0,6	26 ± 8

Tableau 23 : Résultat de la mesure de sulfate dans les eaux de la MCO réalisée par l'IRSN (Echantillon 49\_BCN\_MCO)

Nom de l'échantillon	$\text{SO}_4^{2-}$ [ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ]
49_BCN_MCO	1407 ± 141

L'eau de la MCO présente des valeurs, pour la fraction totale, cohérentes avec les résultats rapportés par AREVA Mines et ALGADE (Tableau 20, Tableau 21, Tableau 22). La concentration en sulfate dans les eaux de la MCO est élevée (Tableau 23). Les valeurs relevées dans les eaux prélevées dans l'ancien bassin de décantation (Echantillon 49\_BCN\_BASSIN, Tableau 22) sont de l'ordre de celles que l'on trouve dans les eaux de surface hors influence minière.

AREVA nous a indiqué qu'aucun rejet n'avait été effectué dans le ruisseau de la Baconnière depuis juin 2013. La valeur obtenue au niveau du ruisseau de la Baconnière est donc représentative du ruisseau de la Basse Boissière qui alimente le ruisseau de la Baconnière en amont du point de prélèvement (Figure 43). Les valeurs obtenues dans le ruisseau de la Baconnière sont cohérentes avec celles d'ALGADE au point 9 (Tableau 21). Les valeurs obtenues pour le ruisseau de la Poblère sont en accord avec celles rapportés par AREVA Mines et ALGADE (Echantillon RU POB et point 11, Tableau 20, Tableau 21). Les résultats d'analyses sur ces deux ruisseaux révèlent un marquage en uranium des eaux.

Deux mares ont été échantillonnées dans le cadre du contrôle de second niveau (Figure 43). Les résultats d'analyses sur les deux mares révèlent un fort marquage en uranium des eaux. Les mesures de concentration en uranium obtenues pour la mare située au pied de la verse des fosses n°1 et 2 sont cohérentes avec celles rapportés par AREVA Mines et ALGADE (Echantillon BBSMARE et point 23, Tableau 20, Tableau 21). En revanche, l'activité en radium 226 mesurée par l'IRSN est plus élevée que celles rapportées par AREVA Mines et ALGADE (Tableau 20, Tableau 21, Tableau 22).

### 3.2.3. Analyses des sédiments dans les rivières potentiellement sous influence du site

#### Données AREVA Mines

Trois échantillons de sédiments ont été prélevés par AREVA Mines autour du site de la Baconnière (Figure 43) :

- dans le ruisseau de la Baconnière, en aval du rejet et avant sa confluence avec le ruisseau de la Boissière (Echantillon RU BCN). Cet échantillon est prélevé dans le cadre de l'arrêté préfectoral du 30/11/06 ;
- dans le ruisseau de la Poblère en aval de la verse à stériles (Echantillon RU POB). Cet échantillon est prélevé dans le cadre de l'auto-surveillance d'AREVA Mines;
- dans le ruisseau de la Boissière en aval des anciennes fosses 1 et 2 et des verses à stériles (Echantillon BCN BAC SD). Cet échantillon a été prélevé dans le cadre du bilan environnemental.

Les résultats de l'analyse de la composition radiologique des sédiments sont présentés au Tableau 24.

Tableau 24 : Résultats de l'analyse des sédiments prélevés, par AREVA Mines, en environnement proche du site de la Baconnière aux points RU BCN, RU POB et BCN BAC SD [2].

Echantillon	Activité en [Bq.(kg m.s.) <sup>-1</sup> ]		
	<sup>238</sup> U	<sup>226</sup> Ra	<sup>210</sup> Pb
RU BCN	956	< 156	< 129
RU POB	620	60	< 88
BCN BAC SD	300	60	< 80

Avec m.s. = masse sèche

Les résultats montrent :

- un marquage en uranium des sédiments plus important pour les échantillons RU BCN et RU POB. Ces résultats indiquent des concentrations supérieures à celles observées dans le milieu naturel hors influence minière pour le  $^{238}\text{U}$ ;
- un déséquilibre entre l' $^{238}\text{U}$  et  $^{226}\text{Ra}$  en faveur du  $^{238}\text{U}$  (rapport  $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U} = 0,16$  pour RU BCN,  $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U} = 0,09$  pour RU POB et  $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U} = 0,2$  pour BCN BAC SD).

### Contrôles IRSN

Deux prélèvements de sédiment ont été effectués dans l'environnement du site par l'IRSN au niveau de la mare située au pied de la verse des fosses n° 1 et 2 (Echantillon 49\_BCN\_MARE\_SED) et au niveau de la mare située à l'Est de la verse de la Bastille (Echantillon 49\_BCN\_MARE\_RAB\_SED) (Figure 43, Figure 45, Figure 46).

Les résultats de l'analyse de la composition radiologique des sédiments sont présentés au Tableau 25.

**Tableau 25 : Résultats de l'analyse des sédiments prélevés, par l'IRSN, en environnement proche du site de la Baconnière aux points 49\_BCN\_MARE\_SED et 49\_BCN\_MARE\_RAB\_SED.**

Echantillon	Activité en [Bq.(kg m.s.) <sup>-1</sup> ]						
	$^{234\text{m}}\text{Pa}$	$^{214}\text{Pb}$	$^{214}\text{Bi}$	$^{210}\text{Pb}$	$^{235}\text{U}$	$^{40}\text{K}$	$^{137}\text{Cs}$
49_BCN_MARE_SED	4160 ± 360	157 ± 14	141 ± 13	182 ± 19	190 ± 29	920 ± 80	< 1,2
49_BCN_MARE_RAB_SED	4080 ± 370	90 ± 9	84 ± 10	112 ± 19	170 ± 30	720 ± 60	2,0 ± 0,8

Avec m.s. = masse sèche

L'activité massique de  $^{238}\text{U}$  peut être assimilée à celle de  $^{234\text{m}}\text{Pa}$  soit  $4160 \pm 360$  Bq.(kg m.s.)<sup>-1</sup> pour l'échantillon 49\_BCN\_MARE\_SED et  $4080 \pm 370$  Bq.(kg m.s.)<sup>-1</sup> pour l'échantillon 49\_BCN\_MARE\_RAB\_SED. Celle du  $^{226}\text{Ra}$  peut être assimilée à l'activité massique de  $^{214}\text{Pb}$  soit  $157 \pm 14$  Bq.(kg m.s.)<sup>-1</sup> pour l'échantillon 49\_BCN\_MARE\_SED et  $90 \pm 9$  Bq.(kg m.s.)<sup>-1</sup> pour l'échantillon 49\_BCN\_MARE\_RAB\_SED.

Les résultats montrent un déséquilibre entre l' $^{238}\text{U}$  et  $^{226}\text{Ra}$  en faveur du  $^{238}\text{U}$  (rapport  $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U} = 0,03$  pour 49\_BCN\_MARE\_SED et  $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U} = 0,02$  pour 49\_BCN\_MARE\_RAB\_SED). De plus ces résultats indiquent des concentrations nettement supérieures à celles observées dans le milieu naturel hors influence minière pour le  $^{238}\text{U}$  (Annexe 2).



## **Annexe 6 : Observations faites aux abords du site de l'Ecarpière**

# 1. NATURE DES TRAVAUX MINIERS ET REAMENAGEMENTS

Le site de l'Ecarpière est le plus grand des sites du Maine et Loire. Il se situe essentiellement sur des parcelles qui sont les propriétés d'AREVA (seules six parcelles n'appartiennent pas à AREVA, Figure 48).

Les travaux miniers ont constitué en l'exploitation de TMS et de quatre MCO dont une est en eau actuellement (MCO le Tail, Figure 48) [2]. Une usine de traitement dynamique du minerai était implantée sur le site de l'Ecarpière de 1956 à 1991. Cette usine a traité, entre autres, le minerai extrait des sites du Maine et Loire. Cette usine a été démantelée après 1991 et les produits du démantèlement sont actuellement stockés, avec les boues provenant du traitement des eaux du site et les résidus de traitement du minerai (traitement dynamique et statique), sur le site de l'Ecarpière dans un stockage dédié, classé ICPE (Figure 49) [2]. Le stockage est clôturé et des panneaux signalant une propriété privée sont apposés tout le long du périmètre de sécurité (Figure 49).

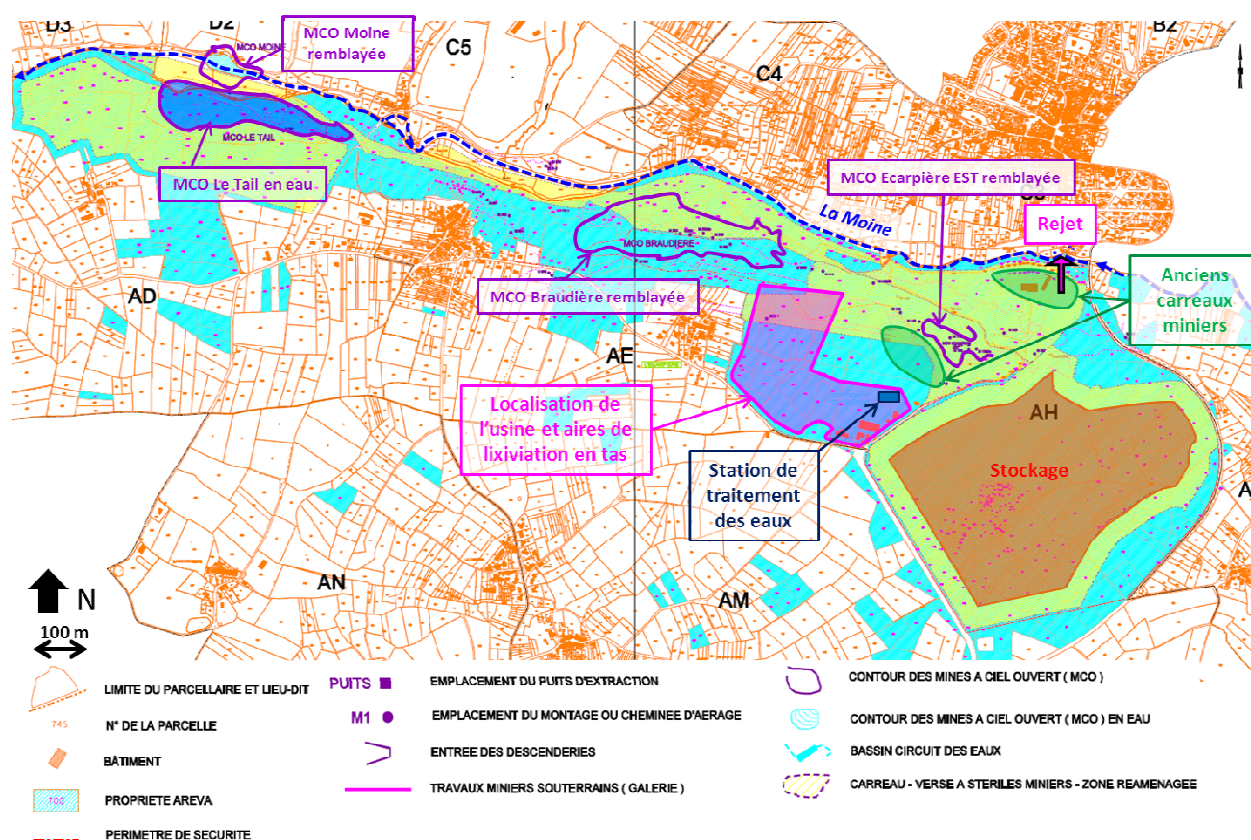


Figure 48 : Situation des travaux miniers sur fonds cadastraux sur le site de l'Ecarpière [2].

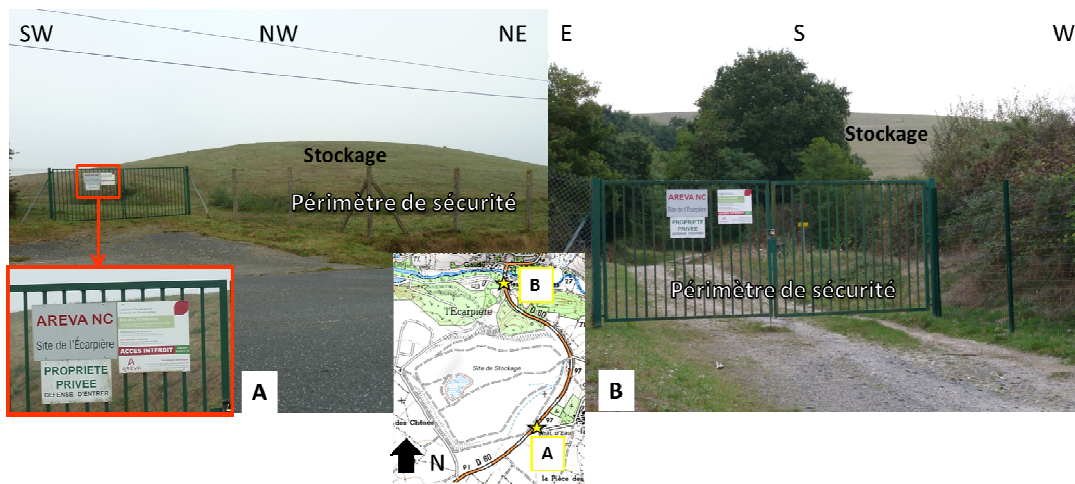


Figure 49 : Photographies du site de stockage, du périmètre de sécurité et des panneaux de signalisation du site de l'Ecarpière, localisation du lieu de la photographie sur la carte (fond de carte Géoportail, [4]).

Sur le site se trouve actuellement des bâtiments appartenant à AREVA Mines (bâtiments administratifs, laboratoire, station de traitement des eaux) et les anciens carreaux miniers ont été reconvertis en pâturages sans utilisation actuellement [2]. L'ensemble des eaux des TMS, des eaux d'essorage du stockage de résidus sont traitées via la station de traitement des eaux avant d'être rejetées dans La Moine (Figure 50).

## 2. OBSERVATION DES USAGES AUTOUR DU SITE DE L'ECARPIERE

Lors du contrôle de second niveau des pêcheurs ont été aperçus au bord de La Moine à proximité du rejet.

## 3. OBSERVATION DE LA SITUATION RADIOLOGIQUE

Le site de l'Ecarpière est soumis à une surveillance réglementaire définie par l'Arrêté Préfectoral du 15/04/2008 qui implique un suivi régulier des différents compartiments de l'environnement (eaux, sédiments, végétaux etc., Tableau 3). C'est pourquoi dans le cadre de ce contrôle de second niveau le site n'a pas été visité, seuls des points en environnement proche dans La Moine ont été effectués.

Quatre points localisés dans La Moine sont mensuellement échantillonnés (eau et sédiment) par AREVA Mines (Points SERP A, GAUD B, FRO B, CASS B, Figure 50, Figure 51, Figure 52) [2]. La répartition de ces points permet de suivre un éventuel impact du site sur La Moine via (Figure 50) :

- le rejet ;
- les eaux de ruissellement.

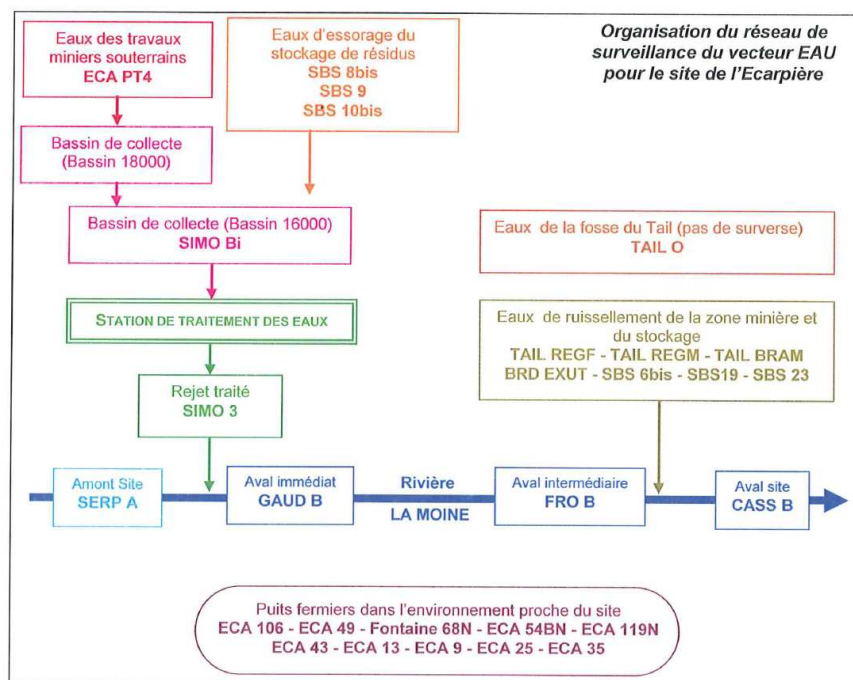


Figure 50 : Organisation du réseau de surveillance du vecteur eau pour le site de l'Ecarpière source AREVA Mines [2].

### 3.1. Mesures radiométriques de surface

Aucunes mesures de débit de dose n'ont été réalisées.

### 3.2. Analyses des eaux sous influence potentielle du site

Quatre échantillons ont été prélevés par l'IRSN dans la rivière La Moine en environnement proche du site de l'Ecarpière (Figure 51, Figure 52) :

- un échantillon d'eau en amont du site de l'Ecarpière au point AREVA Mines SERP A (Echantillon 49\_MOINE\_ECA\_A, Figure 52) ;
- un échantillon d'eau prélevé dans la Moine, au rejet du site de l'Ecarpière (Echantillon 49\_MOINE\_ECA\_REJET, Figure 52, Figure 53) ;
- un échantillon d'eau prélevé dans la Moine à une cinquantaine de mètres du rejet du site de l'Ecarpière (Echantillon 49\_MOINE\_ECA\_REJET\_B, Figure 52) ;
- un échantillon d'eau et de sédiment prélevé en aval immédiat du site de l'Ecarpière (Echantillon 49\_MOINE\_ECA\_B, 49\_MOINE\_ECA\_SED\_B, Figure 51).



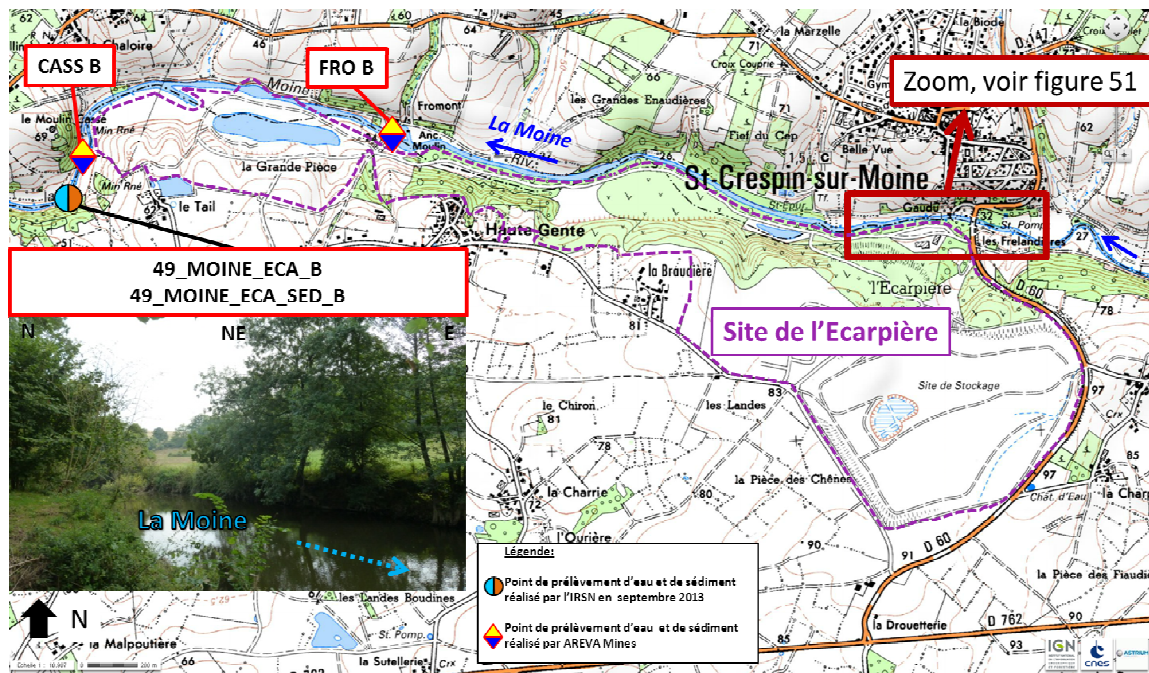


Figure 51 : Localisation et photographie du lieu des prélèvements d'eau et de sédiment effectués par l'IRSN et AREVA Mines dans la rivière la Moine en aval du site de l'Ecarpière, en violet l'emprise du site (fond de carte Géoportail IGN © [4], localisation des points réalisés par AREVA Mines d'après le BE [2])

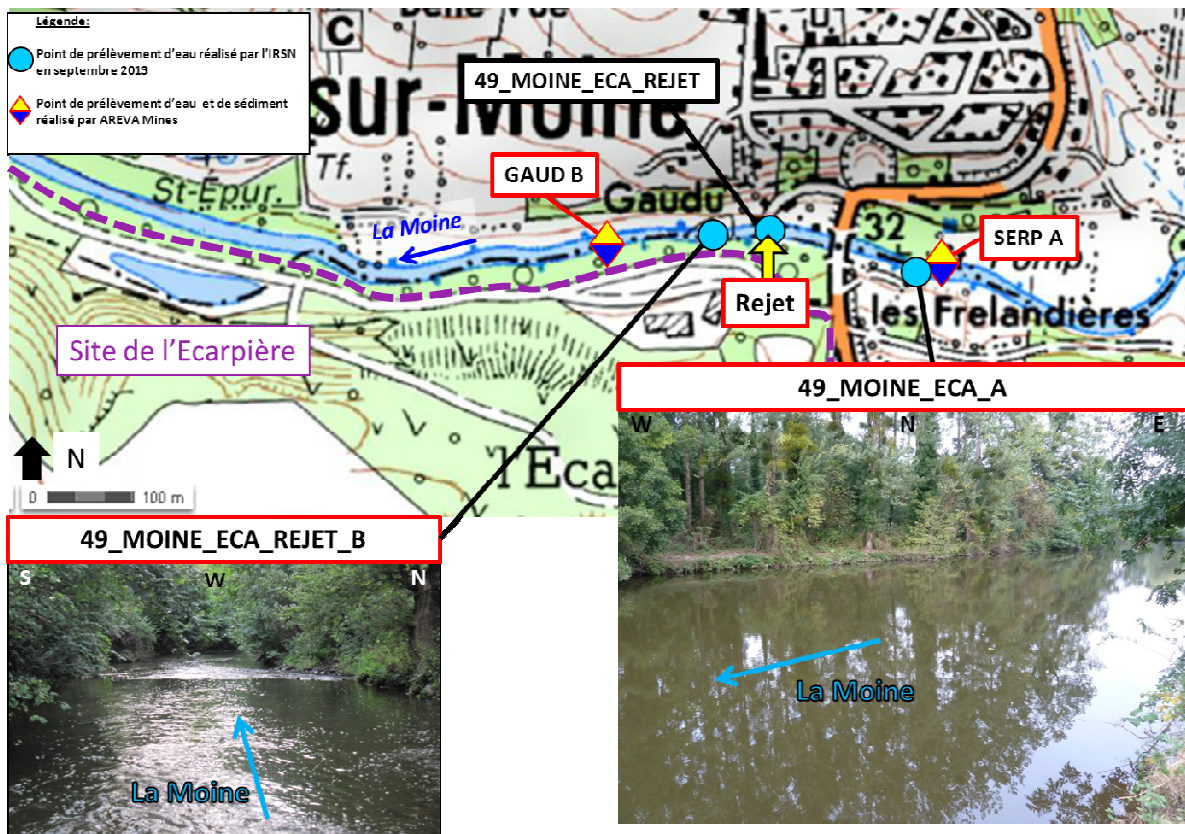


Figure 52 : Localisation et photographies des lieux des prélèvements d'eau et de sédiment effectués par l'IRSN et AREVA Mines dans la rivière la Moine en amont et en aval immédiat du rejet du site de l'Ecarpière (fond de carte Géoportail IGN © [4], localisation des points réalisés par AREVA Mines d'après le BE [2])



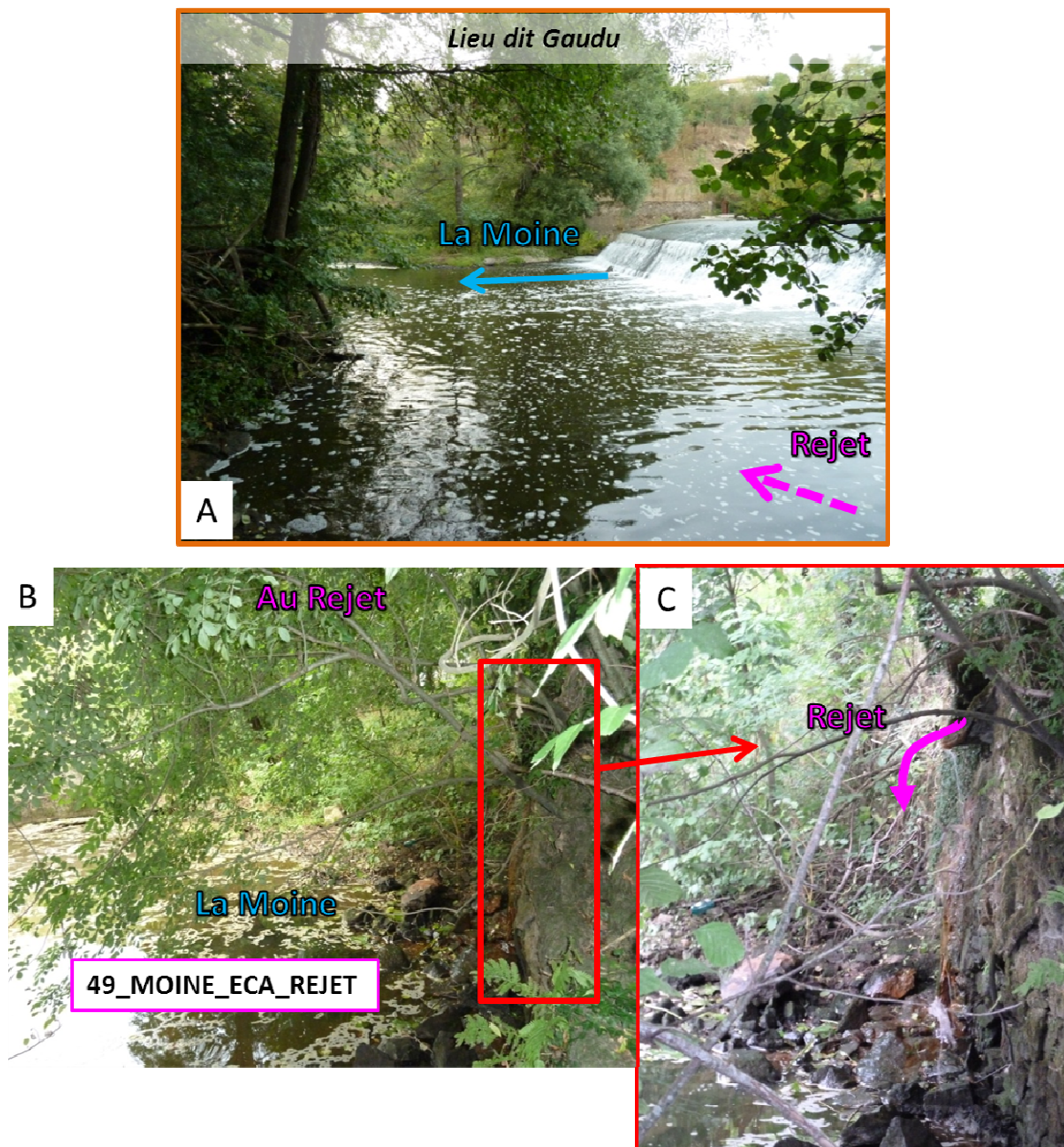


Figure 53 : Photographies A - de la rivière La Moine au lieu-dit Gaudu où se situe le rejet du site de l'Ecarpière, B- du point 49\_MOINE\_ECA\_REJET localisé dans la rivière La Moine à l'aplomb du rejet du site de l'Ecarpière, C- zoom sur la canalisation permettant le rejet des eaux dans La Moine.

Les résultats des analyses physico-chimiques et radiologiques réalisées par AREVA Mines, entre 2007 et 2010, sur les points de surveillance SERP A, GAUD B, FRO B et CASS B sont synthétisés dans le Tableau 26. Les résultats des analyses physico-chimiques et radiologiques réalisées par l'IRSN sur les échantillons d'eau sont synthétisés dans le Tableau 27. Les analyses physico-chimiques complémentaires effectuées sur le terrain sont présentées en Annexe 1. De plus, les analyses effectuées en juillet 2010 lors d'une inspection réalisée par l'ASN sont présentées Tableau 27 [5].

Les mesures réalisées dans l'eau par AREVA Mines, l'IRSN et l'ASN sont cohérentes et du même ordre de grandeur entre le point amont (SERP A ou 49\_MOINE\_ECA\_A) et l'aval du site (CASS B ou 49\_MOINE\_ECA\_B), et ne révèlent pas d'incidence du site sur La Moine.



Tableau 26 : Résultats (moyenne 2007-2010) des mesures physico-chimiques et des analyses radiologiques effectuées par AREVA Mines sur les échantillons d'eau prélevés dans La Moine en champ proche du site de l'Ecarpière [2]

Nom du point	Commentaires	pH	<sup>238</sup> U dissous [µg.L <sup>-1</sup> ]	<sup>226</sup> Ra dissous [mBq.L <sup>-1</sup> ]	<sup>226</sup> Ra particulaire [mBq.L <sup>-1</sup> ]
SERP A	La Moine_ Amont site de l'Ecarpière_données 2007-2010	7,6	<1,5	<30	<30
GAUD B	La Moine__Aval immédiat du rejet de l'Ecarpière_données 2007-2010	7,5	<2,5	<35	<35
FRO B	La Moine__Aval du rejet de l'Ecarpière_données 2007-2010	7,5	<2,2	<35	<30
CASS B	La Moine__Aval du site de l'Ecarpière_ données 2007-2010	7,6	<5,2	<35	<42

Tableau 27 : Résultats des mesures physico-chimiques et des analyses radiologiques sur la fraction totale effectuées par l'IRSN sur les échantillons d'eau prélevés dans La Moine en champ proche du site de l'Ecarpière

Nom de l'échantillon	Commentaire	pH	U [µg.L <sup>-1</sup> ]	<sup>226</sup> Ra [mBq.L <sup>-1</sup> ]
49_MOINE_ECA_A	La Moine_Amont site de l'Ecarpière	7,3	<1	<12
49_MOINE_ECA_REJET	La Moine_Au rejet	7,4	1,5 ± 0,2	24 ± 21
49_MOINE_ECA_REJET_B	La Moine_Aval rejet	7,4	<1	<12
49_MOINE_ECA_B	La Moine_Aval Ecarpière	7,2	1,5 ± 0,2	<13

Tableau 28 : Résultats des mesures physico-chimiques et des analyses radiologiques effectuées par l'ASN en juillet 2010 sur les échantillons d'eau prélevés dans La Moine en champs proche du site de l'Ecarpière [5]

	pH	U dissous [µg.L <sup>-1</sup> ]	U particulaire [µg.L <sup>-1</sup> ]	<sup>226</sup> Ra dissous [mBq.L <sup>-1</sup> ]	<sup>226</sup> Ra particulaire [mBq.L <sup>-1</sup> ]
SERP A	7	0,71	0,22	<20	<5
GAUD B	7,1	0,77	0,19	<13	<5
CASS B	6,9	4,01	0,3	<13	<5

### 3.3. Analyses des sédiments sous influence potentielle du site

Les résultats des analyses des sédiments prélevés dans la Moine par AREVA Mines sont présentés au Tableau 29. Les résultats de l'analyse de la composition radiologique des sédiments prélevés au point 49\_MOINE\_ECA\_SED\_B par

l'IRSN sont présentés au Tableau 30 et ceux prélevés lors de l'inspection de l'ASN en juillet 2010 sont présentés au Tableau 31.

**Tableau 29 : Résultats de l'analyse des sédiments prélevés par AREVA Mines dans la rivière La Moine en champs proche du site de l'Ecarpière [2].**

Nom du point	Commentaires	$^{238}\text{U}$ [Bq.(kg m.s.) <sup>-1</sup> ]	$^{226}\text{Ra}$ [Bq.(kg m.s.) <sup>-1</sup> ]	$^{210}\text{Pb}$ [Bq.(kg m.s.) <sup>-1</sup> ]
SERP A	La Moine_ Amont site de l'Ecarpière	99	89	116
GAUD B	La Moine__Aval immédiat du rejet de l'Ecarpière	249	291	288
FRO B	La Moine__Aval du rejet de l'Ecarpière	92	87	98
CASS B	La Moine__Aval du site de l'Ecarpière	344	117	116

Avec m.s. = matière sèche

**Tableau 30 : Résultats de l'analyse des sédiments prélevés, par l'IRSN, en aval du site de l'Ecarpière au point 49\_MOINE\_ECA\_SED\_B.**

Echantillon	Activité en [Bq.(kg m.s.) <sup>-1</sup> ]						
	$^{234\text{m}}\text{Pa}$	$^{214}\text{Pb}$	$^{214}\text{Bi}$	$^{210}\text{Pb}$	$^{235}\text{U}$	$^{40}\text{K}$	$^{137}\text{Cs}$
49_MOINE_ECA_SED_B	160 ± 60	114 ± 11	100 ± 8	115 ± 13	< 10	770 ± 70	0,77 ± 0,41

Avec m.s. = matière sèche

**Tableau 31 : Résultats de l'analyse des sédiments prélevés par l'ASN en juillet 2010 dans la rivière La Moine en champs proche du site de l'Ecarpière [5].**

Nom du point	$^{234}\text{Th}$ [Bq.(kg m.s.) <sup>-1</sup> ]	$^{226}\text{Ra}$ [Bq.(kg m.s.) <sup>-1</sup> ]	$^{210}\text{Pb}$ [Bq.(kg m.s.) <sup>-1</sup> ]
SERP A	81 ± 40	138 ± 69	130 ± 20
GAUD B	170 ± 80	300 ± 150	210 ± 30
CASS B	1100 ± 500	86 ± 11	72 ± 22

Avec m.s. = matière sèche

L'activité massique de  $^{238}\text{U}$  peut être assimilée à celle de  $^{234\text{m}}\text{Pa}$  ou celle du  $^{234}\text{Th}$  (Tableau 31). Celle du  $^{226}\text{Ra}$  peut être assimilée à l'activité massique de  $^{214}\text{Pb}$  (Tableau 30). Les activités massiques mesurées dans les sédiments par AREVA Mines, l'IRSN et l'ASN sont cohérentes hormis à l'aval immédiat du rejet au point CASS B où les résultats du contrôle de l'ASN sont significativement plus élevés en uranium par rapport à AREVA Mines (Tableau 29, Tableau 30, Tableau 31). Les autres mesures n'indiquent pas d'incidence du site sur le compartiment sédimentaire.

## **Annexe 7 : Présentation des résultats des analyses d'eau effectués sur La Moine**

# 1. LOCALISATION DES PRELEVEMENTS D'EAU DANS LA MOINE

## 1.1. Confluence Ruisseau de la Bégaudière/La Moine

Deux échantillons d'eau ont été prélevés par l'IRSN au niveau de la confluence entre La Moine et le ruisseau de la Bégaudière, ruisseau récepteur des écoulements identifiés et/ou potentiel des sites de la Bonnière, des Quatre-Chênes et du Rétail (Figure 54).

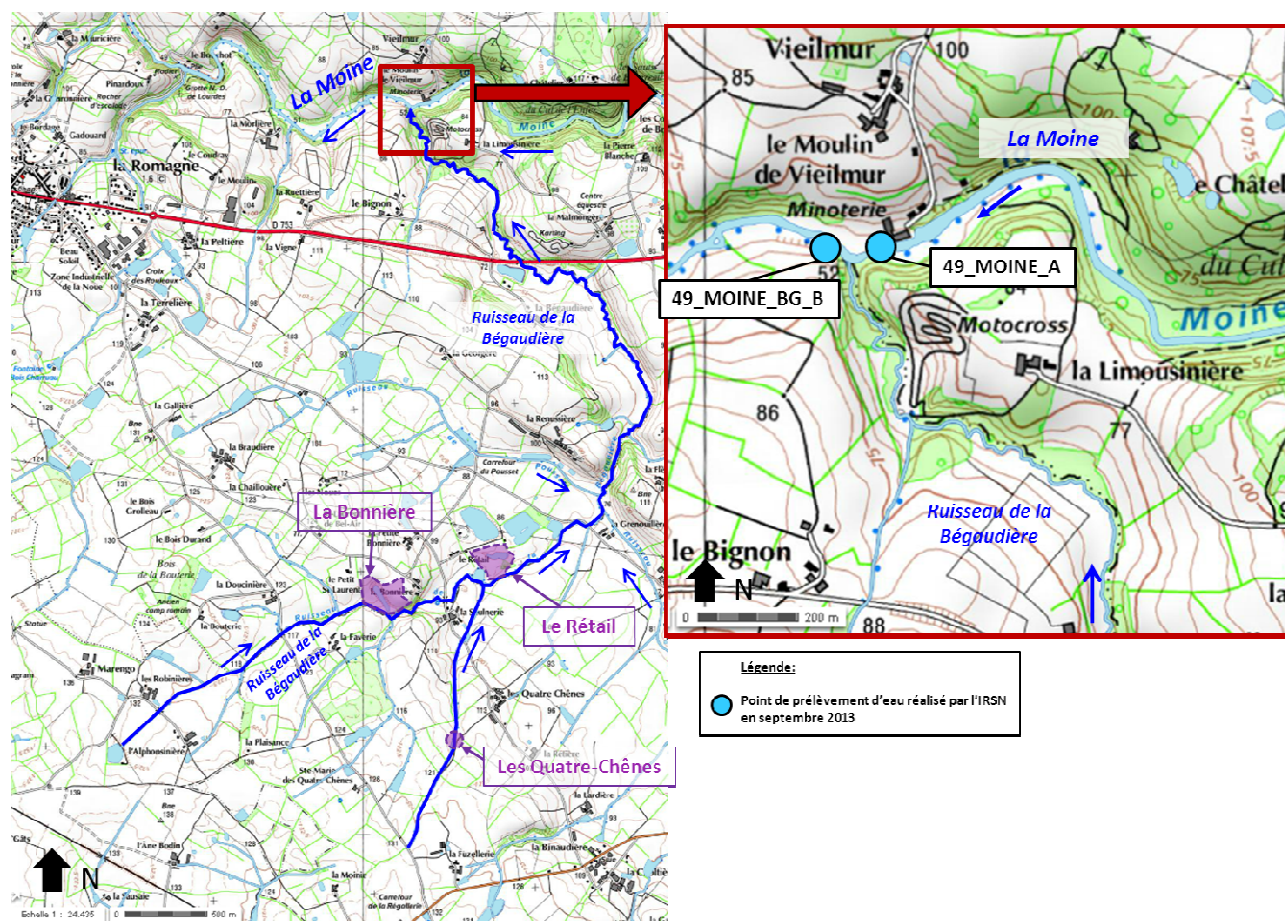


Figure 54 : Localisation des prélèvements d'eau effectués par l'IRSN dans la rivière la Moine en amont et en aval de la confluence du ruisseau de la Bégaudière avec La Moine, en violet l'emprise des sites des Quatre Chênes, de la Bonnière et du Rétail (fond de carte Géoportail, IGN © [4])

Un échantillon d'eau a été prélevé en amont de la confluence et constitue une référence « Milieu Naturel » pour la Moine (Annexe 2). Un échantillon d'eau a été prélevé à quelques mètres en aval de la confluence (Echantillon 49\_MOINE\_BG\_B, Figure 54, Figure 55).





Figure 55 : Photographie du lieu de prélèvement du point 49\_MOINE\_BG\_B situé en aval de la confluence du ruisseau de la Bégaudière avec La Moine.

## 1.2. Confluence Ruisseau de l'Ergulière/La Moine

Un échantillon d'eau a été prélevé, par l'IRSN, 500 m en aval de la confluence entre La Moine et le ruisseau de l'Ergulière, ruisseau récepteur des écoulements identifiés et/ou potentiel du site de l'Anjouerie (Echantillon 49\_MOINE\_ERG\_B, Figure 56).

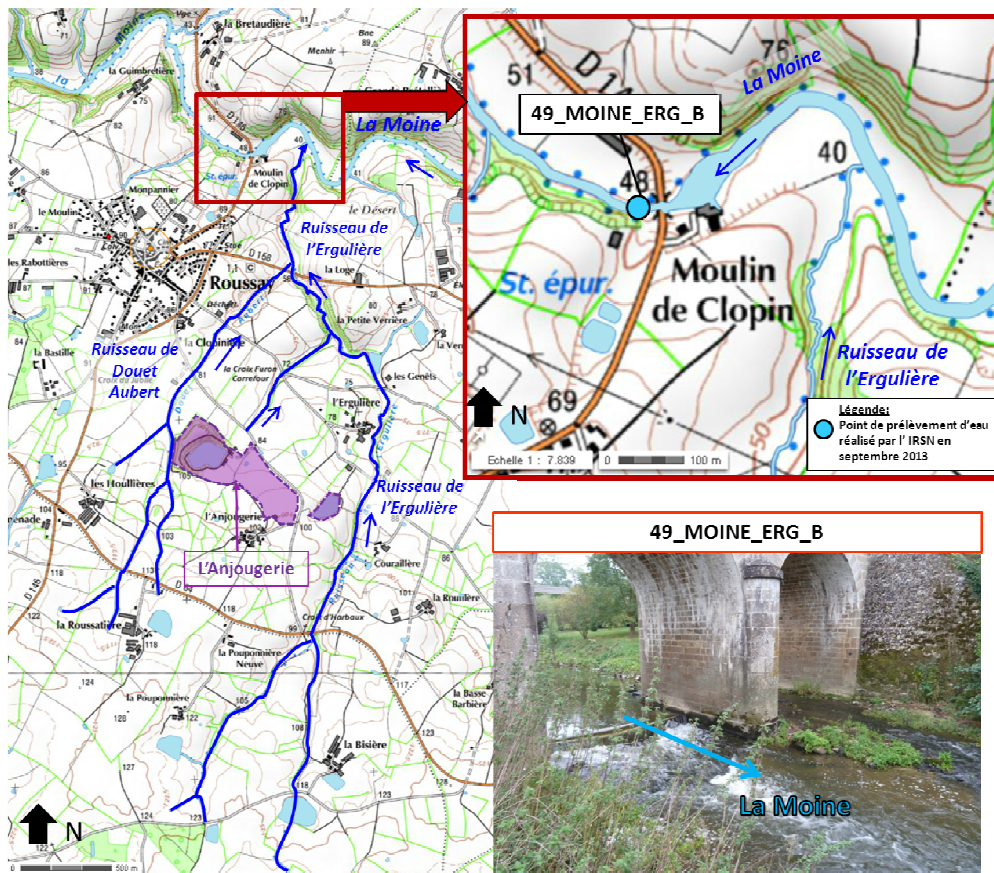


Figure 56 : Localisation et photographie du lieu du prélèvement d'eau effectué par l'IRSN dans la rivière la Moine en aval de la confluence ruisseau de l'Ergulière avec La Moine, en violet l'emprise du site de la Baconnière (fond de carte Géoportail, IGN © [4])



### 1.3. Confluence Ruisseau de la Baconnière/La Moine

Deux échantillons d'eau ont été prélevés par l'IRSN en aval de la confluence entre La Moine et le ruisseau de la Baconnière, ruisseau récepteur des écoulements identifiés et/ou potentiel des sites de la Baconnière (Figure 57). Un premier échantillon d'eau a été prélevé en aval immédiat de la confluence (Echantillon 49\_MOINE\_BCN, Figure 57, Figure 58), un deuxième échantillon d'eau a été prélevé au point AREVA Mines BCN BR à quelques mètres en aval de la confluence (Echantillon 49\_BCN\_BR, Figure 57, Figure 58). AREVA Mines effectue des prélèvements d'eau et de sédiments, dans La Moine, ponctuellement en amont de la confluence avec le ruisseau de la Baconnière (Point NORM A, Figure 57) et mensuellement en aval de la confluence (Point BCN BR, Figure 57).

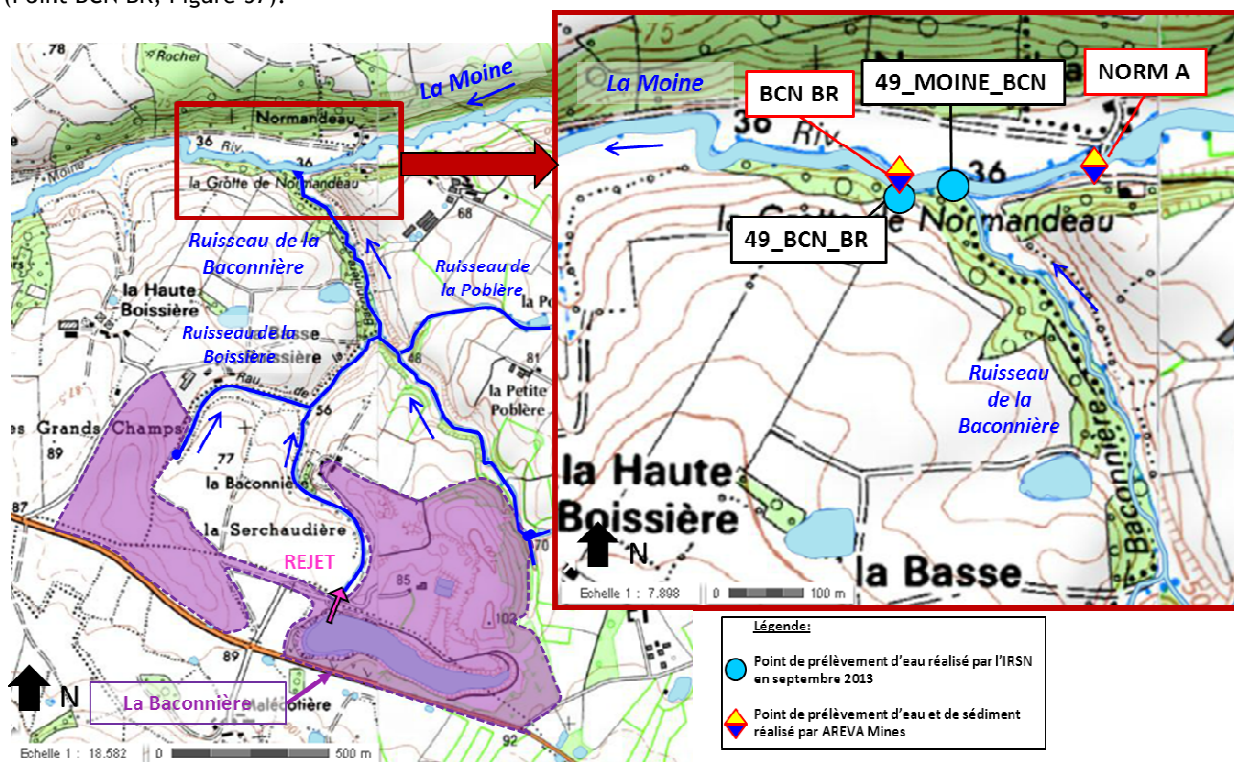


Figure 57 : Localisation des prélèvements d'eau et de sédiment effectués par l'IRSN et AREVA Mines dans la rivière la Moine à la confluence du ruisseau de la Baconnière avec La Moine, en violet l'emprise du site de la Baconnière (fond de carte Géoportail IGN © [4], localisation des points réalisés par AREVA Mines d'après le BE [2])

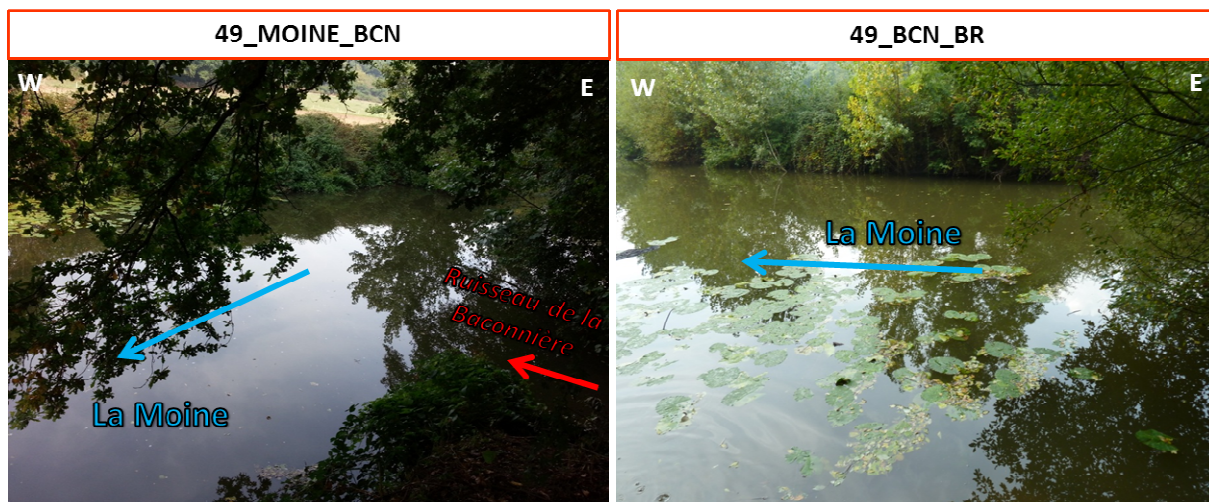


Figure 58 : Photographies des lieux de prélèvements des points 49\_MOINE\_BCN et 49\_BCN\_BR situés en aval de la confluence du ruisseau de la Baconnière avec la Moine.



## 1.4. Confluence Rejet Ecarpière/La Moine

Voir Annexe 6.

## 1.5. Aval total des sites

Un échantillon d'eau a été prélevé par l'IRSN en aval éloigné du site de l'Ecarpière (Echantillon 49\_MOINE\_B, Figure 59) avant la confluence de La Moine avec la Sèvre Nantaise afin d'évaluer l'impact de l'ensemble des sites du Maine et Loire sur cette rivière.

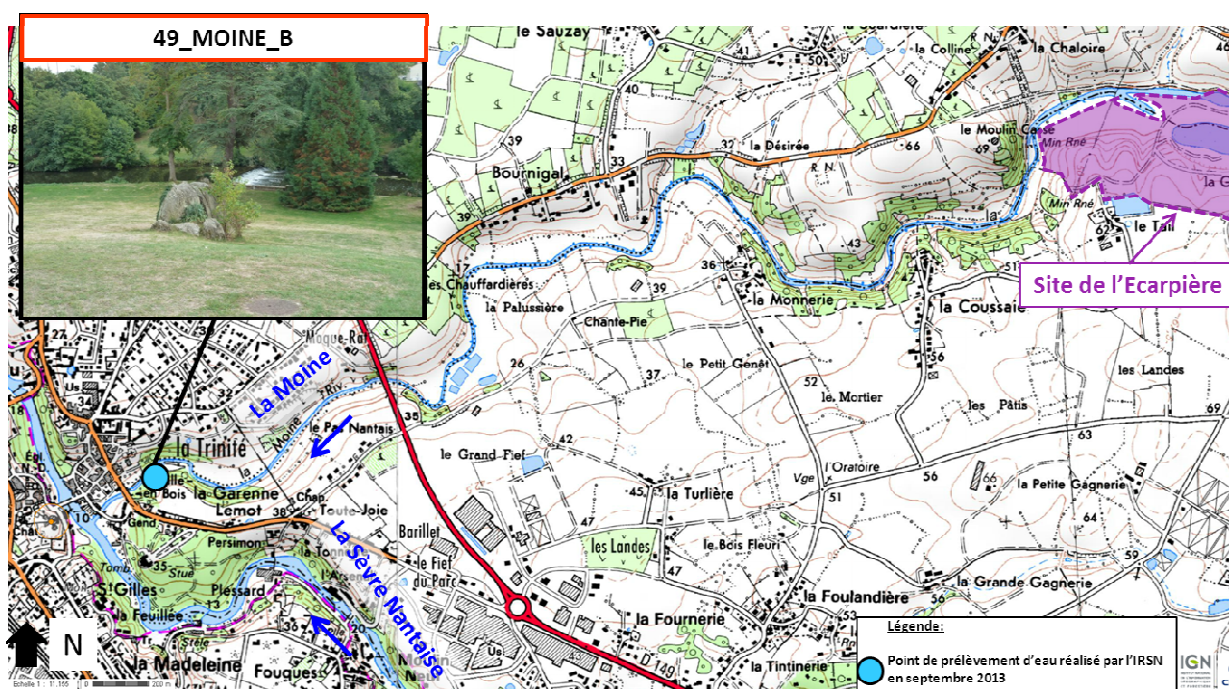


Figure 59 : Localisation et photographie du lieu de prélèvement d'eau (49\_MOINE\_B) effectué par l'IRSN dans la rivière la Moine en aval de l'ensemble des sites du Maine et Loire, en violet l'emprise du site de l'Ecarpière (fond de carte Géoportail, IGN © [4])

## 2. RESULTATS DES ANALYSES ET DISCUSSION DES RESULTATS

Les résultats des analyses physico-chimiques et radiologiques réalisées par l'IRSN sur les échantillons d'eau sont synthétisés dans le Tableau 32. Les analyses physico-chimiques complémentaires effectuées sur le terrain sont présentées en Annexe 1.

Tableau 32 : Résultats des mesures physico-chimiques et des analyses radiologiques sur la fraction totale effectuées par l'IRSN sur les échantillons d'eau prélevés dans La Moine en champ éloigné

Nom de l'échantillon	Commentaire	pH	U [ $\mu\text{g.L}^{-1}$ ]	<sup>226</sup> Ra [mBq.L <sup>-1</sup> ]
49_MOINE_BG_B	La Moine_Aval confluence avec le ruisseau de la Bégauldière	7,4	<1	<10
49_MOINE_ERG_B	La Moine_Aval de la confluence avec le ruisseau de l'Ergulière	7,4	<1	<18
49_MOINE_BCN	La Moine_Aval de la confluence avec le ruisseau de la Baconnière	7,0	<1	14 ± 10
49_BCN_BR	La Moine_Aval confluence avec le ruisseau de la Baconnière, au point AREVA	7,1	<1	17 ± 11
49_MOINE_B	La Moine_Aval ensemble des sites	7,4	2,3 ± 0,2	<11

Les résultats des analyses physico-chimiques et radiologiques sur les échantillons d'eau réalisées par AREVA Mines aux niveaux des points NORM A (Point Amont confluence Ruisseau de la Baconnière/La Moine) et BCN BR (Point Aval confluence Ruisseau de la Baconnière/La Moine) sont synthétisés dans le Tableau 33.

Tableau 33 : Résultats des mesures physico-chimiques et des analyses radiologiques effectuées par AREVA Mines sur les échantillons d'eau prélevés dans La Moine [2]

Nom du point	Commentaires	pH	<sup>238</sup> U dissous [ $\mu\text{g.L}^{-1}$ ]	U total [ $\mu\text{g.L}^{-1}$ ]	<sup>226</sup> Ra soluble [mBq.L <sup>-1</sup> ]
NORM A	La Moine_Amont site la Baconnière_données 2010	7,5		<1	<20
BCN BR	La Moine_Aval de la confluence avec le ruisseau de la Baconnière_données 2010	7,5	<2		<30

Les résultats d'analyses montrent des concentrations en uranium et des activités en radium 226 du même ordre de grandeur que celles du point 49\_MOINE\_A présenté en Annexe 2 (Point hors influence minière). Les valeurs présentées par AREVA Mines sont cohérentes avec celles de l'IRSN pour le point BCN BR (Tableau 32, Tableau 33).

Il n'y a pas d'incidence avérée des anciens sites miniers d'uranium du Maine et Loire sur la rivière La Moine.