

Antenne SUD  
Pist Oasis 3 - Bât A  
Rue de la Bergerie  
30319 ALES CEDEX  
Tél : +33 (0)4.66.61.09.80  
Fax : +33 (0)4.66.25.89.68

## **Etude sanitaire et environnementale sur le secteur minier de Sentein, bassin versant du Lez (09)**

**RAPPORT S2015/046DE – 15MPY24010**

Date : 29/07/2015



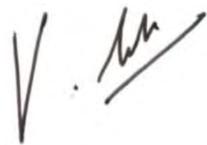
## Etude sanitaire et environnementale sur le secteur minier de Sentein, bassin versant du Lez (09)

RAPPORT S2015/046DE – 15MPY24010

Diffusion :

B3S  
Pôle Après-mine SUD  
DREAL Midi-Pyrénées  
GEODERIS

LOUIS Aurélien  
GIROUD Jehan  
HANNACHI Nathalie  
STEPHANT-CHAMPIGNY Aurore  
ZORNETTE Nicolas

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	A. STEPHANT-CHAMPIGNY	P. BARANGER N. ZORNETTE	C. VACHETTE
Visa			



## SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>3</b>
1.1	Contexte général.....	3
1.2	Méthodologie .....	7
1.3	Organisation de l'étude .....	9
1.4	Organisation du livrable de l'étude .....	15
1.5	Géoréférencement et cartographie.....	17
<b>2</b>	<b>PHASE INFORMATIVE - GENERALITES .....</b>	<b>23</b>
2.1	Démarche de recueil d'informations .....	23
2.2	Géographie .....	24
2.3	Climatologie .....	28
2.4	Géologie régionale .....	30
2.5	Géologie du district minier de Sentein .....	31
2.6	Hydrogéologie.....	49
2.7	Hydrographie .....	49
<b>3</b>	<b>PHASE INFORMATIVE - HISTORIQUE MINIER .....</b>	<b>53</b>
3.1	Préambule sur la présentation des données .....	53
3.2	Concessions minières du secteur étudié .....	54
3.3	Concession du Bulard .....	55
3.4	Concession d'Orle.....	67
3.5	Concession d'Irazein.....	81
3.6	Concession de Sentein .....	88
3.7	Cas particulier de la laverie de la Plagne .....	135
<b>4</b>	<b>PHASE INFORMATIVE - ETUDE DE VULNERABILITE .....</b>	<b>143</b>
4.1	Préambule sur la présentation des données .....	143
4.2	Contexte démographique et social.....	144
4.3	Eaux utilisées pour la boisson et les usages domestiques .....	145
4.4	Pastoralisme .....	148
4.5	Agriculture (hors pastoralisme) .....	151
4.6	Hydroélectricité .....	152
4.7	Tourisme et randonnée .....	155
4.8	Pêche .....	158
4.9	Chasse .....	160
4.10	Zones naturelles protégées.....	161
4.11	Grotte de la Cigalère .....	164
<b>5</b>	<b>SCHEMA CONCEPTUEL PRELIMINAIRE .....</b>	<b>167</b>
5.1	Configuration générale du secteur minier .....	167
5.2	Zones investiguées .....	171
5.3	Schéma conceptuel simplifié.....	172
5.4	Substances retenues pour l'étude.....	177

<b>6</b>	<b>DIAGNOSTIC .....</b>	<b>182</b>
6.1	Préambule sur la présentation des données .....	182
6.2	Campagnes de terrain.....	183
6.3	Méthodes .....	188
6.4	Choix des parcelles échantillonnées .....	197
<b>7</b>	<b>INTERPRETATION EN TERMES ENVIRONNEMENTAUX .....</b>	<b>209</b>
7.1	Impacts sur le réseau hydrographique .....	209
7.2	Contamination de la plaine alluviale du Lez .....	225
<b>8</b>	<b>INTERPRETATION EN TERMES SANITAIRES .....</b>	<b>261</b>
8.1	Rappels méthodologiques.....	261
8.2	Elaboration des scénarios d'exposition .....	265
8.3	Principes méthodologiques adoptés pour l'évaluation quantitative des risques sanitaires.....	267
8.4	Qualité des eaux destinées à la consommation humaine.....	269
8.5	Scénarios d'exposition retenus et calculs de risques sanitaires associés.....	271
8.6	Synthèse de l'évaluation quantitative des risques sanitaires .....	477
<b>9</b>	<b>INTERPRETATION DES RESULTATS SUR LES ZONES DE PASTORALISME .....</b>	<b>499</b>
9.1	Situation des zones de pastoralisme étudiées .....	499
9.2	Préambules méthodologiques.....	500
9.3	Description détaillée des zones de pastoralisme étudiées .....	501
9.4	Interprétation des résultats et conclusions .....	532
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS SUR LE SECTEUR DE SENTEIN .....</b>	<b>543</b>
10.1	Préambules sur les recommandations .....	543
10.2	Recommandations du HCSP (HULOT, 2015) .....	547
10.3	Conserver la mémoire.....	551
10.4	Maîtriser les sources de pollution.....	553
10.5	Recommandations sur la commune de Sentein .....	558
10.6	Recommandations sur la commune de Bonac-Irazein .....	604
10.7	Recommandations sur la commune d'Uchentein .....	612
10.8	Contrôler la qualité des sols des parcelles situées en bordure du Lez .....	615
<b>11</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>617</b>

**Mots clés :** étude sanitaire et environnementale, directive sur les déchets de l'industrie extractive, interprétation de l'état des milieux, plomb, zinc, impacts des activités minières, risques sanitaires, pastoralisme, plaine alluviale, bassin versant, Sentein, Bonac-Irazein, Uchentein, rivière Lez, Ariège

# 1 INTRODUCTION

## 1.1 Contexte général

### 1.1.1 Origine de la demande

De 2009 à 2012, le groupement d'intérêt public GEODERIS, expert après-mine de l'Etat, a mis en œuvre l'inventaire des déchets miniers issus de l'industrie extractive en application de l'article 20 de la directive européenne 2006/21/CE (inventaire dit « DDIE ») sur le territoire métropolitain<sup>1</sup>. En août 2010 puis en juillet 2011, cet inventaire a été mené sur les concessions du Bulard, d'Irazein, de Melles, d'Orle et de Sentein (cf. résultats en Annexe B1, paragraphe 2.1). À l'issue de l'inventaire et du classement qui y a fait suite, le secteur associé au regroupement de ces cinq titres (Figure 1), a obtenu une classe maximum (classe E). En termes de risques potentiels, cela signifie que le secteur est « susceptible de présenter un risque significatif pour l'environnement et la santé humaine, et qu'il nécessite une étude environnementale détaillée urgente, si elle n'a pas déjà été réalisée ».

Dans ce contexte, en accord avec la DREAL Midi-Pyrénées, une étude sanitaire et environnementale sur ce secteur minier a été inscrite au programme de GEODERIS sur 2013-2015. **À la demande de la DREAL Midi-Pyrénées, l'étude a été restreinte au bassin versant du Lez et n'a donc pas pris en compte de titre minier de Melles, situé dans le département de la Haute-Garonne.**

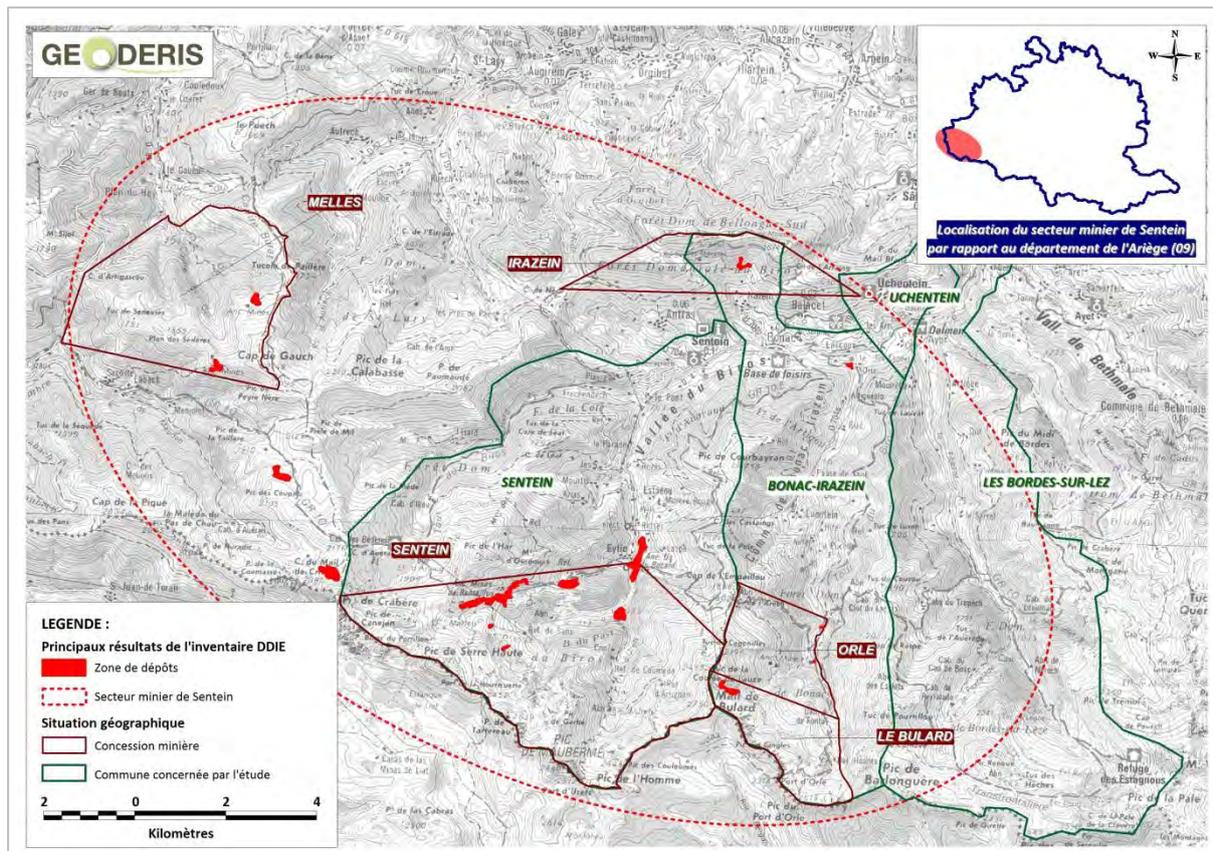


Figure 1 : Situation du secteur minier de Sentein (au sens de l'inventaire DDIE) sur fond SCAN 100 © IGN

<sup>1</sup> L'article 20 de cette directive stipule que : « Les États membres veillent à ce qu'un inventaire des installations de gestion de déchets fermées, y compris les installations désaffectées, situées sur leur territoire et ayant des incidences graves sur l'environnement ou risquant, à court ou à moyen terme, de constituer une menace sérieuse pour la santé humaine ou l'environnement soit réalisé et mis à jour régulièrement. Cet inventaire, qui doit être mis à la disposition du public, est effectué avant le 1er mai 2012 [...] ».

## 1.1.2 Collaborateurs de l'étude et parties prenantes

### 1.1.2.1 Collaborateurs

L'étude sanitaire et environnementale sur le secteur minier de Sentein s'est déroulée de mars 2013 à mai 2015, et a mobilisé des équipes du BRGM et de l'INERIS. Parmi les collaborateurs, on mentionnera en particulier :

- Silvain YART, Luc RAYMOND et Romain DALLEU de GEODERIS ;
- François BLANCHARD, expert en environnement minier du BRGM ;
- Pascal AUGER, technicien spécialisé en métrologie environnementale du BRGM ;
- Marie GENEVIER, hydrogéologue du BRGM Corse ;
- Vivien BEAUDOIN, technicien SIG du BRGM Pays de la Loire ;
- Corinne HULOT, experte en gestion des sites et sols pollués de l'INERIS ;
- Fabrice RICHEZ, technicien de l'INERIS.

Jean-Claude BAREILLE, Adjoint au Maire de la commune de Sentein, a suivi le projet pour le compte de la mairie durant les deux années de travail et a fourni à GEODERIS d'importantes quantités d'informations. Il a également accompagné les équipes de terrain sur des propriétés privées lorsque nécessaire. Enfin, il a convié GEODERIS à plusieurs visites guidées :

- visite de la Grotte de la Cigalère le 7 août 2013 ;
- visite des travaux miniers souterrains de Rouge le 23 août 2013 ;
- visite des travaux miniers souterrains de Saint-Jean et de Narbonne le 2 septembre 2013 (sites miniers de Chichoué-Bentaillou) ;
- visite de la laverie d'Eylie le 2 septembre 2013.

### 1.1.2.2 Parties prenantes

Dès le lancement de l'étude, de nombreuses parties prenantes ont collaboré à l'étude, soit en acceptant un entretien dédié avec GEODERIS, soit en fournissant à GEODERIS des données pour la phase informative, voire en facilitant l'accès à certaines zones aux équipes de terrain. Il s'agit en particulier de :

- Michel PERISSE, *Adjoint au Maire de Sentein et représentant de la commune au conseil d'administration de la Communauté de Communes du Castillonnais (CCC) ;*
- Michel BORREL, *Adjoint au Maire de Bonac-Irazein ;*
- Michel PRAT, *Ancien Maire de Bonac-Irazein (jusqu'en 2008) ;*
- Philippe BURGUIERE, *Ancien adjoint au Maire de Bonac-Irazein ;*
- Michel BARRERE, *Adjoint au conservateur régional à la Direction régionale des affaires culturelles (DRAC) Midi-Pyrénées ;*
- Claude DUBOIS, *Archéologue, Docteur en histoire des techniques de la Sorbonne ;*
- Frédéric MAKSUD, *Conseiller et expert en domaine souterraine à la DRAC Midi-Pyrénées ;*
- Michel MARTY, *Président de l'Association Agréée pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques (AAPPMA) « La Truite du Haut-Biros » ;*
- Christophe CASSASSOLES, *Technicien de rivière, responsable de l'équipe « Sentiers-rivières » de la CCC ;*

- Sophie SEJALON, *Directrice adjointe au Syndicat mixte du Parc Naturel Régional des Pyrénées Ariégeoises (PNR-PA) - Responsable du pôle Patrimoine, espaces, paysages ;*
- Yannick BARASCUD, *Chargé de mission Natura 2000 / Trame verte et bleue au pôle Patrimoine, espaces, paysages du PNR-PA ;*
- Marc LAVANDIER, *Responsable de l'unité territoriale (UT) « Couserans Ouest » de l'ONF (Agence ONF 09-31-32) ;*
- Eric RAFFENAUD, *Agent technique de l'UT « Couserans Ouest » de l'ONF ;*
- Michel ESTREME, *Responsable du Groupement pastoral Bonac-Vallée d'Orle ;*
- Francis ANE, *Responsable du Groupement pastoral de l'Isard ;*
- Thierry ESTREME, *Co-Responsable du Groupement pastoral Urets-Bentaillou ;*
- Alain MANGIN, *Ancien directeur de recherche au CNRS et ancien directeur du laboratoire souterrain de Moulis ;*
- Jean-Luc BERNARD et Eric PASCAL, *du Pôle prévention et gestion des alertes sanitaires à la Délégation territoriale de l'Ariège de l'Agence Régionale de Santé Midi-Pyrénées ;*
- Robert MARTIN, *Responsable du service Economie Agricole à la Direction départementale des territoires (DDT) de l'Ariège ;*
- Jean-Paul RIERA, *Responsable du Service de protection de l'eau et des milieux aquatiques à la DDT de l'Ariège ;*
- Olivier TARTAGLINO, Hervé DILLESEGER et Frédéric MOLA *du Service départemental de l'Ariège l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage (ONCFS) ;*
- Renaud CHAMPREDONDE, *Chef du Groupement d'Usines du Couserans à EDF ;*
- Philippe NEVEU, *Chef de cellule environnement risques-sécurité défense aérodromes à la DDT de l'Ariège ;*
- Guillaume TRIBEHOU, *Adjoint au chef du service santé-protection des animaux et environnement de la Direction départementale de la cohésion sociale et de la protection des populations (DDCSPP) de l'Ariège ;*
- Jacques BLANC, *Responsable de la Restauration de Terrains en Montagne (RTM) ;*
- Philippe ORTET *du Service départemental de l'Ariège de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA) ;*
- François REGNAULT *de la Fédération Pastorale de l'Ariège ;*
- Daniel ROUCHEUX *de l'Association de recherche souterraine du Haut-Lez (ARSHaL).*

### 1.1.3 Emprise de l'étude

Comme indiqué précédemment (cf. paragraphe 1.1.1), le titre de Melles n'a pas été pris en compte dans la présente étude.

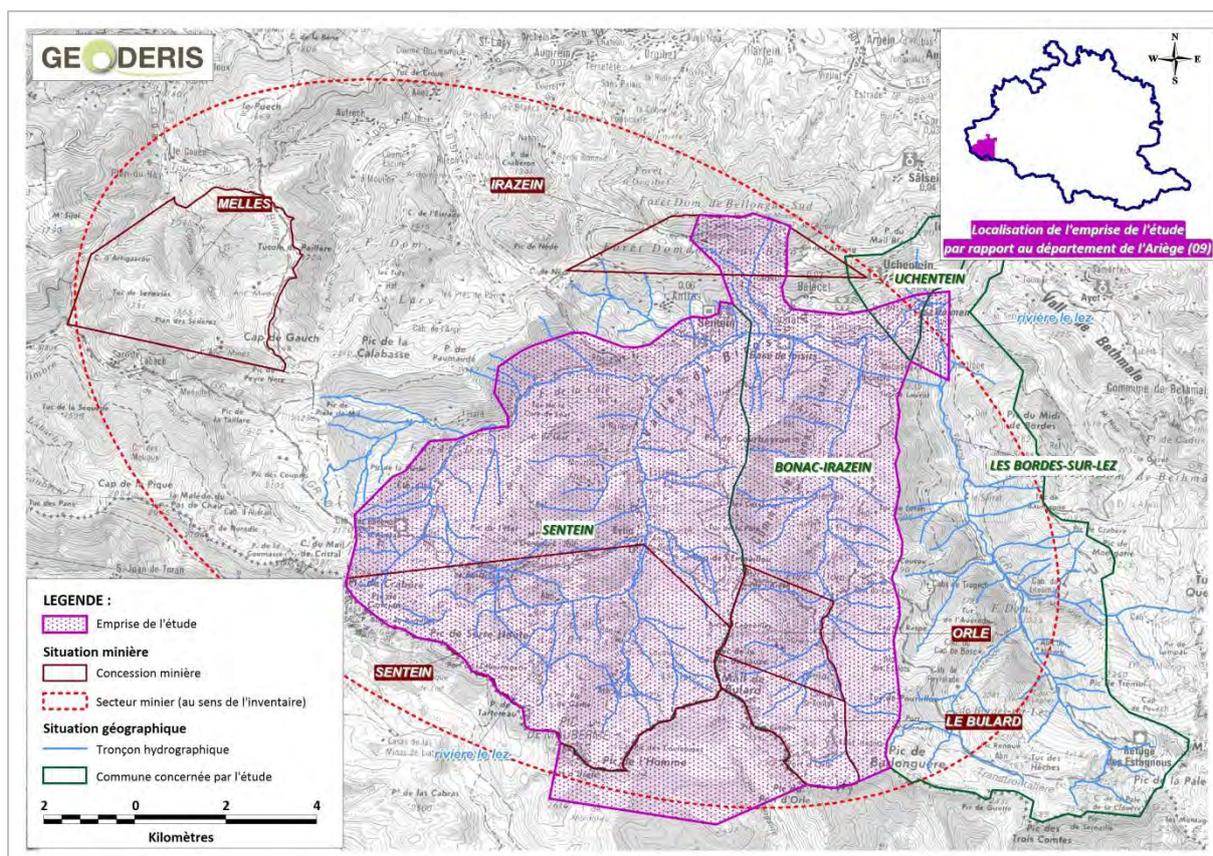
L'étude s'est concentrée sur les impacts potentiels des activités minières menées sur les **titres miniers de Sentein, du Bulard, d'Irazein et d'Orle, situés sur les communes de Sentein et de Bonac-Irazein**<sup>2</sup>. Le bassin versant du Lez a été étudié depuis l'origine de ce cours d'eau jusqu'à sa confluence avec un affluent important du Lez, **le ruisseau du Riberot**.

Bien qu'elles n'aient pas fait l'objet de visites de terrain, les mines d'Urets, de Pic de l'Homme et de Fourcaye ont été étudiées car ces exploitations fournissaient du minerai aux laveries situées sur les concessions étudiées.

En conclusion, les limites de l'emprise de l'étude correspondent aux limites administratives communales de Sentein et Bonac-Irazein, mis à part :

- dans la zone sud, qui comprend les mines du Bulard, d'Urets, de Pic de l'Homme et de Fourcaye ; et
- dans la zone nord-est, qui s'étend jusqu'à la confluence entre le Lez et le Riberot et qui inclut donc une partie des communes d'Uchentein et des Bordes-sur-Lez.

L'emprise de l'étude est représentée sur la *Figure 2*.



**Figure 2 : Situation de l'emprise de l'étude, par rapport au secteur minier de Sentein et par rapport au bassin versant du Lez, sur fond SCAN 100 © IGN**

<sup>2</sup> Bien que l'emprise du titre minier d'Irazein excède des limites communales de Bonac-Irazein, les travaux miniers se situent uniquement sur cette commune.

## 1.2 Méthodologie

Pour la réalisation de cette étude, GEODERIS a développé une méthodologie basée sur les textes réglementaires du Ministère de l'environnement, en particulier la Circulaire du 08/02/2007 relative aux sites et sols pollués<sup>3</sup> qui définit notamment la démarche d'interprétation de l'état des milieux (IEM).

**Pour les sites déjà urbanisés ou occupés**, la démarche IEM doit permettre de s'assurer que l'état des milieux est compatible avec des usages présents déjà fixés (Figure 3). Cette démarche permet de différencier les situations qui permettent une libre jouissance des milieux de celles qui sont susceptibles de poser un problème.

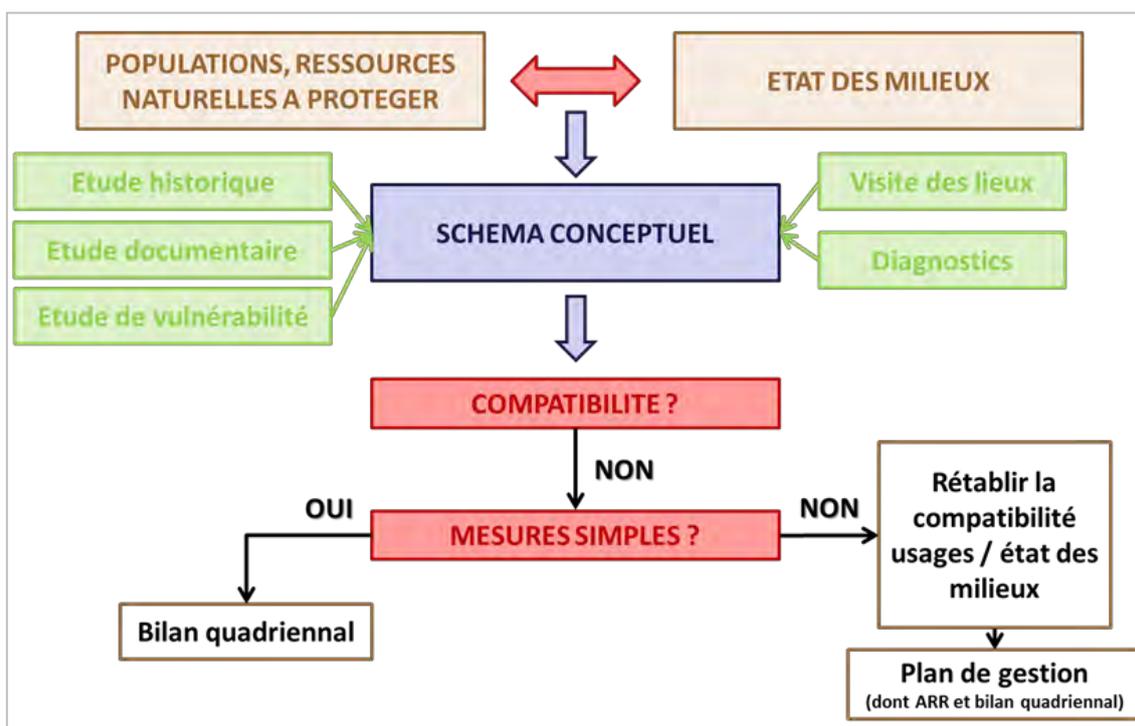


Figure 3 : Démarche d'interprétation de l'état des milieux (IEM)  
[Source : (MEDD, 2007) ; Adaptation GEODERIS 2013]<sup>4</sup>

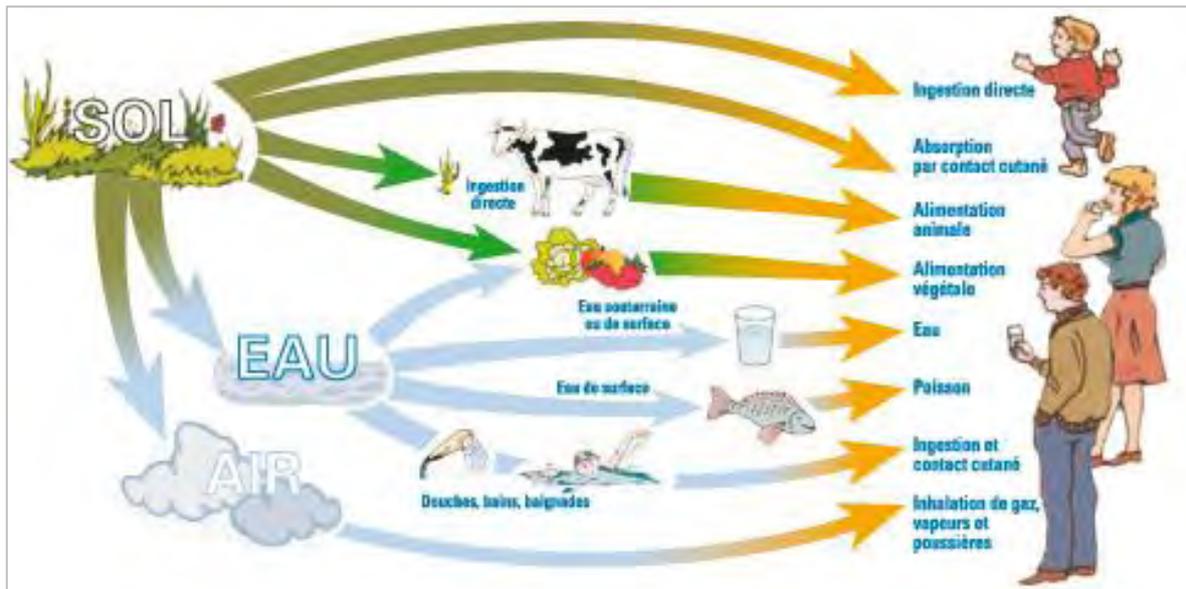
Le bilan factuel du site étudié a pour but d'appréhender l'état des pollutions des milieux et les modes de contamination potentiels au regard des **usages présents sur le site** et dans son environnement. Cette méthode repose sur l'établissement d'un schéma conceptuel qui précise les relations entre : les sources de pollution, les milieux de transfert et leurs caractéristiques, les populations riveraines, les usages du site et des milieux, et les ressources naturelles à protéger.

<sup>3</sup> Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués ; BO min. Ecologie et dév. durable no 2007/13, 15 juillet 2007

<sup>4</sup> Le plan de gestion et l'Analyse des Risques Résiduels (ARR) sont également définis dans les textes réglementaires.

Pour qu'un site pollué présente un risque pour les populations, il doit exister la combinaison simultanée d'une source de pollution avec des voies de transfert et la présence de personnes exposées à cette contamination. Cette mise en contact peut se faire par les eaux souterraines, les eaux de surface, les envols de poussières, les transferts vers les produits alimentaires et les émissions de vapeur (Figure 4).

Il s'agit d'une approche **SOURCE** ⇒ **VECTEUR** ⇒ **ENJEU**.



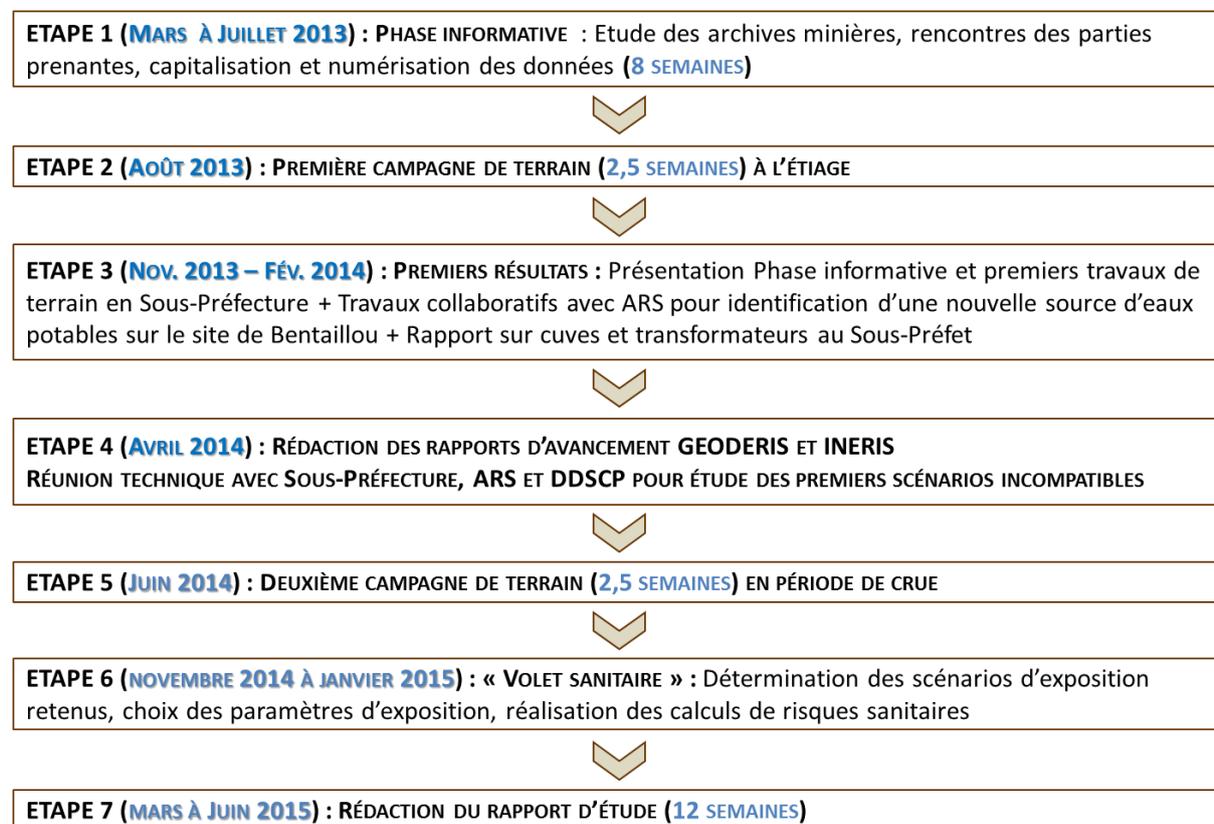
**Figure 4 : Schéma conceptuel général d'exposition des personnes à un site pollué**  
 [Source : INERIS, 2001 ; Fiche « Sites et sols potentiellement pollués »]

### 1.3 Organisation de l'étude

Dans le périmètre défini par l'emprise de la zone d'étude, le projet se donne pour objectif :

- de caractériser **le plus précisément possible** le passif minier et les sources potentielles de pollution associées (origine, localisation, nature, composition, etc.) ;
- de caractériser **le plus précisément possible** les enjeux et les usages qui sont faits des milieux eaux (de surface et souterraines), sols et végétaux ;
- d'évaluer les voies de transferts des substances contaminantes associées à l'activité minière et d'estimer l'évolution probable de ces phénomènes ;
- de déterminer si les usages constatés sont compatibles avec l'état des milieux.

Pour répondre à ces objectifs, l'étude a été organisée en 7 étapes, présentées sur la *Figure 5*.



*Figure 5 : Organisation de l'étude de mars 2013 à juin 2015*

Plusieurs réunions techniques et d'avancement ont constitué la trame de progression de l'étude, tel que décrit dans le *Tableau 1*.



DATE	INTITULE	DESCRIPTIF	PARTICIPANTS	DOCUMENTS ASSOCIES
12/03/2013	<b>Réunion introductive</b>	Présentation générale de l'étude (méthodologie, déroulé et résultats de l'inventaire DDIE)	DREAL Midi-Pyrénées	Présentation PPT de GEODERIS
08/04/2013	<b>Réunion d'initialisation (organisée par la Sous-Préfecture de Saint-Girons)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Présentation générale de l'étude (méthodologie, déroulé, opérations de communication et résultats de l'inventaire DDIE)</li> <li>◦ <b>Visite de terrain sur le site du Bocard d'Eylie</b></li> </ul>	Monsieur le Sous-Préfet de Saint-Girons ; DREAL Midi-Pyrénées ; Jean-Claude BAREILLE, Adjoint au Maire de Sentein ; Michel PERISSE, Adjoint au Maire de Sentein ; Michel BORREL, Adjoint au Maire de Bonac-Irazein ; Francis PRAT, Chef de la subdivision Foix UT 31/09 à la DREAL MPY ; Michel SILOBRE, Commandant de la gendarmerie de Castillon ; Jacques BLANC, RTM 09/31 ; Philippe ORTET, ONEMA SD 09 ; Jean-Luc BERNARD, ARS DT 09 ; Marc LAVANDIER, ONF UT Couserans Ouest ; Stéphane VILLARUBIAS, ONF 09/31/32 ; Alain MANGIN, CNRS Moulis ; Renaud CHAMPREDONDE, Chef GU Couserans EDF ; Yannick BARASCUD, PNR Pyrénées Ariégeoises ; Collaborateurs de l'INERIS et du BRGM.	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Présentation PPT de GEODERIS</li> <li>◦ Doc. Support GEODERIS S013/019DE - 13MPY2410</li> <li>◦ Compte-rendu GEODERIS S013/034DE - 13MPY2410</li> </ul>
09/04/2013	<b>Réunion technique de lancement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Données historiques déjà disponibles et géologie du secteur minier</li> <li>◦ Répartition et dimensionnement des interventions techniques</li> </ul>	Collaborateurs de l'INERIS et du BRGM	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Doc. Support GEODERIS S013/020DE - 13MPY2410</li> <li>◦ Compte-rendu GEODERIS S2013/031DE - 13MPY2410</li> </ul>
30/05/2013	<b>Réunion de préparation à l'échantillonnage - Campagne de terrain 2013</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Données informatives (historique minier et vulnérabilité)</li> <li>◦ Etude du schéma conceptuel préliminaire</li> <li>◦ Etablissement du schéma d'échantillonnage prévisionnel pour la campagne de terrain d'août-septembre 2013</li> </ul>	Collaborateurs de l'INERIS et du BRGM	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Présentations PPT de GEODERIS</li> <li>◦ Présentation PPT du BRGM</li> <li>◦ Relevé de décisions GEODERIS envoyé par courriel le 23/06/2013</li> </ul>
14/11/2013	<b>Réunion d'avancement (organisée par la Sous-Préfecture de Saint-Girons)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Principaux résultats de la phase informative (étude historique et étude de vulnérabilité)</li> <li>◦ Bilan sur les actions de communication</li> <li>◦ Résultats de la première campagne de terrain (hors résultats analytiques et interprétation)</li> <li>◦ Etapes suivantes de l'étude</li> <li>◦ Identification d'études spécifiques à mener : Eaux potables à Bentaillou &amp; Cuves et transformateurs non démantelés à Bentaillou, Rouge et La Plagne.</li> </ul>	Monsieur le Sous-Préfet de Saint-Girons ; DREAL Midi-Pyrénées ; Eric PASCAL, DT 09, ARS Midi-Pyrénées ; Alain MANGIN, CNRS Moulis ; Jérôme PONS, Service Eau CG 09 ; Anne GAUTHIER, Service Eau CG 09 ; Marc LAVANDIER, ONF UT Couserans Ouest ; Jean-Claude BAREILLE, Adjoint au Maire de Sentein ; François REGNAULT, Fédération pastorale 09 ; Michel ESTREME, Groupement pastoral de Bonac en Vallée d'Orle ; Eric RAFFENAUD, Agent patrimonial ONF ; Véronique GOSSELIN, Syndicat des Eaux du Couserans ; Jean-Jacques BERNE, DDT 09, Service Environnement & Risques ; Collaborateurs de l'INERIS et du BRGM.	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Compte-rendu technique GEODERIS (dont présentation PPT de GEODERIS) S014/002DE - 14MPY2410</li> <li>◦ Compte-rendu des échanges GEODERIS S014/003DE - 14MPY2410</li> </ul>

**Tableau 1 : Réunions techniques et d'avancement organisées et/ou animées par GEODERIS au cours de l'étude**



DATE	INTITULE	DESCRIPTIF	ORGANISMES ET REPRESENTANTS PARTICIPANT	DOCUMENTS DISPONIBLES
18/02/2014	<b>Réunion sur la recherche d'eaux potables à Bentaillou</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Projet de rénovation du refuge pastoral de Bentaillou et lancement d'une procédure d'agrément sur un captage attenant à la cabane présentant des eaux non potables</li> <li>Recherche d'autres ressources potentielles, tenant compte du développement des travaux miniers souterrains et de surface</li> </ul>	Alain BUGE, ARS Midi Pyrénées ; Eric CHELLE, ARS Midi-Pyrénées ; François REGNAULT, Fédération Pastorale 09 ; Laurent PRESTIMONACO, Hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique pour l'Ariège.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présentation PPT GEODERIS</li> <li>Relevé de décisions GEODERIS S2014/013DE - 14MPY3301</li> </ul>
24/04/2014	<b>Réunion de présentation des résultats intermédiaires</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résultats analytiques bruts de la première campagne de terrain</li> <li>Premiers développements de l'évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS)</li> </ul>	DREAL Midi-Pyrénées ; Corinne HULOT, INERIS.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rapport GEODERIS S2014/022DE - 14MPY2410</li> <li>Rapport INERIS DRC-14-138353-04329B-Vprov</li> </ul>
12/05/2014	<b>Réunion technique intermédiaire (organisée par la Sous-Préfecture de Saint-Girons)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présentation détaillée de la démarche IEM et de l'EQRS</li> <li>Présentation des premières interprétations et en particulier des scénarios présentant des incompatibilités usages-milieu (approche conservatoire à ce stade intermédiaire de l'étude)</li> <li>Identification de travaux spécifiques à mener durant la seconde campagne de terrain de juin 2014 et état d'avancement des opérations de communication associées</li> </ul>	<b>GRUPE DE TRAVAIL DEDIE CONSTITUE À LA DEMANDE DE LA SOUS-PREFECTURE :</b> Monsieur le Sous-Préfet de Saint-Girons ; DREAL Midi-Pyrénées ; Eric PASCAL, DT 09, ARS Midi-Pyrénées ; Pierre BONTOUR, DDSCP 09, Service santé, protection des animaux et environnement ; Corinne HULOT, INERIS.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rapport GEODERIS S2014/027DE-14MPY2410</li> <li>Rapport INERIS DRC-14-138353-04329B-Vf</li> <li>Compte-rendu technique GEODERIS (dont présentation PPT de GEODERIS) S014/017DI - 14MPY2410</li> <li>CR de la Sous-Préfecture</li> </ul>
13/05/2014	<b>Réunion de préparation à l'échantillonnage - Campagne de terrain 2014</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résultats analytiques de la campagne de terrain de 2013 et premières interprétations</li> <li>Ajustement du schéma conceptuel préliminaire</li> <li>Etablissement du schéma d'échantillonnage prévisionnel pour la campagne de terrain de juin 2014</li> </ul>	Collaborateurs de l'INERIS et du BRGM	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présentation PPT du BRGM</li> </ul>
09/07/2014	<b>Réunion Volet Sanitaire n°1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Retours sur les travaux de terrain de juin 2014 et des premiers résultats analytiques reçus</li> <li>Identification des travaux sanitaires complémentaires (dont mesures de bioaccessibilité)</li> </ul>	Corinne HULOT, INERIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relevé de décisions envoyé par courriel le 28/07/2014</li> </ul>
03/09/2014	<b>Réunion de présentation générale 2013-2014</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Déroulé de l'étude entre 2013 et 2014 et actions de communication</li> <li>Faits marquants de la phase informative</li> <li>Campagnes de terrain et travaux réalisés</li> <li>Principaux types de scénarios d'exposition retenus</li> <li>Cas des pâtures</li> </ul>	Aurélien LOUIS, Chef du Bureau du Sol et du Sous-Sol (B3S) ; Alexandre CHEVALIER, Adjoint au chef de bureau, B3S ; Dominique GILBERT et Tina LEGER, DGPR/SRT/SDRCP, B3S; Pascale HANOCQ, Pôle Après-mine Est ; Jehan GIROUD, Pôle Après-mine Sud ; Dominique LEROY, Pôle Après-mine Ouest. Représentant du BRGM et de l'INERIS (dont Corinne HULOT).	Présentation PPT de GEODERIS
Du 27/01 au 30/01/2015	<b>Réunion Volet Sanitaire n°2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Définition des 74 scénarios d'exposition et paramètres associés retenus</li> <li>Organisation des travaux de rédaction</li> </ul>	Corinne HULOT, INERIS	-

**Tableau 1 (suite) : Réunions techniques et d'avancement organisées et/ou animées par GEODERIS au cours de l'étude**



## 1.4 Organisation du livrable de l'étude

L'étude ici présentée s'appuie sur la méthodologie d'interprétation de l'état des milieux. Ce rapport qui en présente la démarche est donc organisé selon les principales étapes de ce type d'étude, à savoir :

- la **phase informative**, et en particulier :
  - le contexte général (géographie, géologie et hydrographie principalement) (*cf. paragraphe 2*) ;
  - l'étude historique (données sur les exploitations minières) (*cf. paragraphe 3*) ;
  - l'étude de vulnérabilité (afférentes aux usages et enjeux) (*cf. paragraphe 4*) ;
- le **schéma conceptuel**, c'est-à-dire la mise en perspectives des incompatibilités potentielles, au regard des substances retenues (*cf. paragraphe 5*) ;
- le **diagnostic**, c'est-à-dire les investigations de terrain (*cf. paragraphe 6*) ;
- l'**interprétation en termes environnementaux** (*cf. paragraphe 7*) ;
- l'**interprétation en termes sanitaires** (*cf. paragraphe 8*) ;
- l'**interprétation des résultats sur les zones de pastoralisme** (*spécifiquement étudié ici, du fait de l'importance de cette activité*) (*cf. paragraphe 9*) ;
- les **recommandations** (*cf. paragraphe 10*).

Compte tenu du grand nombre de données recueillies et traitées, et dans un souci de lisibilité, le rapport principal (c'est-à-dire le présent document) dispose d'annexes (hors-texte) décrites dans le *Tableau 2*. Seules les cartes sont fournies en version papier, mais tous ces documents sont disponibles en version numérique sur le DVD 2 joint.

Sont également fournis sur ce DVD des rapports d'études des partenaires (BRGM et INERIS) et un rapport intermédiaire produit par GEODERIS.

Le DVD 1 joint comporte les documents d'archives numérisés (procès-verbaux de visite, plans miniers, coupes, rapports, etc.), dont les références sont régulièrement appelées dans le corps du texte et marquées par des crochets.

**La synthèse de l'étude consiste en le rapport S2014/053DE-15MPY24010, associé au présent document en version papier.**

N°	TITRE ET CONTENU
<b>A</b>	<b>Documents d'encadrement des interventions de terrain (conventions, autorisations, courriers d'informations, etc.)</b>
<b>B</b>	<b>Phase informative</b>
B1	Recueil de données bibliographiques ( <i>données complémentaires à celles présentées dans le rapport</i> ) ( <i>livret uniquement disponible en version numérique sur le DVD 2</i> )
B2	Carte géologique du secteur
B3	Cartes des exploitations minières (x 3) :
B3-1	Titre minier de Sentein
B3-2	Titre minier du Bulard
B3-3	Titre minier d'Orle
B4-x	Cartes informatives (x 15), <i>par zone investiguée</i> <sup>5</sup>
B5	Recueil des données géoréférencées : travaux miniers, installations de transport, installations de surface, sources de pollution, enjeux et usages, etc. ( <i>livret uniquement disponible en version numérique sur le DVD 2</i> )
<b>C</b>	<b>Investigations de terrain</b>
C1	Rapport BRGM sur la campagne de mesures NITON® de 2013 (AUGER, 2014) ( <i>rapport uniquement disponible en version numérique sur le DVD 2</i> )
C2	Rapport BRGM sur la campagne de mesures NITON® de 2014 (AUGER, 2014) ( <i>rapport uniquement disponible en version numérique sur le DVD 2</i> )
C3	Description des prélèvements et des mesures NITON et résultats analytiques associés ( <i>tableaux Excel® fournis sur le DVD 2</i> )
C4-x	Carte du schéma d'échantillonnage réalisé - Milieux sols et végétaux (x 16), <i>par zone investiguée</i> <sup>5</sup>
C5-x	Cartes thématiques des résultats bruts des mesures NITON (x 15), <i>par zone investiguée</i> <sup>5</sup>
C6	Cartes du schéma d'échantillonnage réalisé (x 4)- Milieux eaux et sédiments :
C6-1	Bassin versant amont du Lez
C6-2	Bassin versant médian du Lez
C6-3	Bassin versant amont de l'Orle
C6-4	Bassin versant aval du Lez
<b>Autres documents fournis en version numérique sur le DVD 2 : Rapports d'étude</b>	
	Volet sanitaire (HULOT, 2015)
	Existence de cuves, de transformateurs ainsi que de vestiges miniers dégradés (GEODERIS, 2014)

**Tableau 2 : Documents annexés (hors-texte) et/ou disponibles en version numérique sur le DVD 2 joint**

<sup>5</sup> « x » correspond à un numéro allant de 1 à 15, et fait référence à la zone investiguée, tel que : 1 = Chichoué ; 2 = Bentaillou ; 3 = Rouge ; 4 = Tartereau ; 5 = La Plagne ; 6 = Eylié ; 7 = Moulin ; 8 = Hameau de la Parade ; 9 = Hameau du Pont de l'Isard ; 10 = Sentein ; 11 = Irazein (*seule zone qui ne dispose pas de carte thématique des résultats bruts NITON® car elle n'a fait l'objet d'aucune investigation de ce type*) ; 12 = Bonac ; 13 = Bularic et Grauillès ; 14 = Lascoux ; 15 = Esperris ; 16 = Pont d'Ayer (*seule zone qui ne dispose pas de carte informative étant donné qu'aucune source de pollution n'a été identifiée sur cette zone et que seule une zone de pêche y a été référencée*).

## 1.5 Géoréférencement et cartographie

Les tables SIG construites dans le cadre de la présente étude sont fournies sur le *DVD 2 joint* (cf. dossier « Tables »).

### 1.5.1 Géoréférencement

Le *Tableau 3* présente les catégories de données ayant fait l'objet d'un enregistrement géoréférencé dans le cadre de cette étude (1886 objets au total).

Type d'objet géoréférencé identifié lors de l'étude historique minière	Nombre
<b>PHASE INFORMATIVE – HISTORIQUE MINIER</b>	<b>646</b>
Travaux d'exploitation et d'extraction	462
Installations de transport	76
Installations de surface	49
Dépôts miniers	53
Emergences minières	6
<b>PHASE INFORMATIVE – USAGES ET ENJEUX</b>	<b>196</b>
Captage d'eaux (boisson et/ou usages domestiques)	16
Activités de loisirs	60
Activités quotidiennes	107
Activités pastorales	13
<b>SCHEMA D'ECHANTILLONNAGE REALISE</b>	<b>1044</b>
Prélèvements	588
Mesures NITON	433
Mesures de débits	23

**Tableau 3 : Données ayant fait l'objet d'un enregistrement géoréférencé dans le cadre de l'étude**

#### 1.5.1.1 Travaux miniers souterrains et ouvrages débouchant au jour

Le calage et la digitalisation des plans miniers ont été réalisés par le BRGM, sous le logiciel ArcGIS ©, et la méthode utilisée est une loi polynomiale d'ordre 1. Ces travaux ont été menés à partir des plans d'exploitation suivants<sup>6</sup> :

- SEN-D-126 (principalement), SEN-D-11 et SEN-D-134 pour le titre minier de Sentein ;
- BULD-D-23a (principalement) et BUL-D-25 pour le titre minier du Bulard ;
- ORL-D-01b (principalement) et ORL-D-09b pour le titre minier d'Orle.

Les points de calage sont les principaux ouvrages débouchant au jour identifiés lors des opérations de terrain réalisées dans le cadre de l'inventaire DDIE. Ces informations ont été corrélées aux données du rapport de mise en sécurité des orifices miniers de 2002 (MICA Environnement, 2002).

Sur le titre minier de Sentein, les ouvrages débouchant au jour (ODJ) ont fait l'objet d'un levé GPS par GEODERIS en 2013 et/ou d'un recalage éventuel via l'orthophotoplan © IGN pour une précision de 5 m.

<sup>6</sup> Les références de ces plans sont décrites dans l'Annexe B1, paragraphe 3 ; hors-texte.

Bien que ne coïncidant pas parfaitement avec la digitalisation des travaux miniers souterrains associés (précision de 15 m), il a été décidé de conserver ces positions, plus précises, lors de la représentation cartographique.

Sur le titre minier du Bulard au contraire, en l'absence de levé GPS, les positions des ODJ retenues sont celles de la digitalisation (précision de 15 m).

Sur le titre minier d'Orle, les levés GPS réalisés en 2013 par GEODERIS étant moins précis et incomplets, la position des ODJ présentés sur la carte provient également de la digitalisation (précision de 15 m).

### **1.5.1.2 Installations de surface, dépôts miniers et émergences minières**

Les objets identifiés lors de l'étude de l'historique minier et géoréférencés par la suite (installations de transport, installations de traitement du minerai, dépôts miniers, etc.), ont été digitalisés par GEODERIS en utilisant l'orthophotoplan ® IGN dont la précision est de 15 m dans les zones montagneuses et de 5 à 10 m dans les zones de plaine. Il est en effet à noter qu'aucun plan consulté par GEODERIS ne décrivait de façon précise les installations de surface mis à part les bâtiments du site de Bentaillou.

Leur localisation a été définie à partir :

- des observations de terrain et/ou ;
- des données des archives minières et/ou ;
- de documents d'époque hors archives minières (cartes postales et photographies aériennes historiques issue de Géoportail ® IGN, etc.).

La source d'information est précisée dans la table SIG (*hors objets très connus et bien visibles sur le terrain et sur l'orthophotoplan, comme la laverie d'Eylie*).

### **1.5.1.3 Usages et enjeux**

Le même travail a été mis en œuvre pour digitaliser les usages sur le secteur minier. Il est important de noter que les usages retenus par GEODERIS sont ceux reconnus en 2013 et en 2014, éventuellement complétés de témoignages de résidents. Ces données sont donc fixées sur la période d'étude.

Leur localisation a été définie à partir :

- des observations de terrain (principalement) et/ou ;
- des données capitalisées lors de l'étude de vulnérabilité.

### **1.5.1.4 Prélèvements et mesures**

Les points de mesures et de prélèvements ont fait l'objet d'un levé GPS lors des opérations de terrain. Toutefois, la localisation des points, reportés sur fond orthophotoplan ® IGN, a fait l'objet d'un contrôle visuel par GEODERIS et certains ont pu faire l'objet d'un recalage manuel.

Dans le cas de prélèvements composites de sols ou de végétaux, issus du regroupement de plusieurs prises unitaires, le point associé a été placé approximativement au barycentre de la forme du prélèvement (carré, triangle, segment, etc.).

### 1.5.1.5 Aléa inondation

En juillet 2013, les Plans de Prévention des Risques inondation (PPRi) des communes de Sentein, Bonac-Irazein et Uchentein ont été remis en version provisoire à GEODERIS à sa demande par la DDT Ariège. Ces documents sont été portés à connaissance des mairies concernées en 2014 et les aléas inondation n'ont pas été modifiés.

Les aléas ont été digitalisés par GEODERIS en l'état sans modification de forme, de gammes de couleur ou de nomenclature. C'est la raison pour laquelle sur la carte C6-4 (du bassin versant aval du Lez), au niveau de la zone investiguée d'Esperris, on remarquera des discontinuités dans la nature des aléas (torrentiel puis inondations). Les PPRi de Bonac-Irazein et d'Uchentein présentent ces différences.

La publication de ces données dans le présent rapport est réalisée avec l'accord de la DDT Ariège<sup>7</sup>.

## 1.5.2 Hypothèse de travail pour la construction des cartes

### 1.5.2.1 Géologie du secteur [Annexe B2]

La **carte géologique**, *en Annexe B2 (hors-texte)*, représente les formations géologiques dominantes sur le secteur minier de Sentein, bassin versant du Lez.

Le document est basé sur les données géologiques du BRGM, vectorisées et harmonisées au 50 000<sup>ème</sup> (© BRGM, 2011). Il est cependant à noter que certaines couches géologiques ; issues de ces données harmonisées, ont été regroupées par GEODERIS afin de simplifier le rendu, à savoir :

- les alluvions, éboulis et moraines du Quaternaire (F) ;
- les calcaires à entroques du Dévonien (d2) ;
- les calcaires et brèches de l'Albien supérieur et Vraconien (n6c);
- l'Ordovicien inférieur (oO).

Toujours dans un souci de lisibilité, certains figurés (issus des données géologiques harmonisées du BRGM) ont été modifiés par GEODERIS pour les formations suivantes :

- les calcaires à entroques du Dévonien (d2) ;
- les alternances silico-phyllito-carbonatées de l'Ordovicien supérieur (o2b).

**N'ont été légendées que les formations caractéristiques des zones investiguées (c'est-à-dire sur l'emprise de la zone ou à proximité immédiate).**

---

<sup>7</sup> Confirmation par courriel de M. P. NEVEU Chef de cellule environnement risques-sécurité défense aérodromes à la DDT de l'Ariège, le 6 mai 2015 : « *Les cartes d'aléa ont été portées à connaissance des 3 communes sans remarques significatives de leur part en retour. Vous pouvez donc par conséquent faire état de ces données que l'on peut considérer comme publiques* ».

### 1.5.2.2 Exploitations minières par titre minier [Annexes B3-1 à B3-3]

Les **cartes des exploitations minières**, en *Annexes B3-1 à B3-3 (hors-texte)*, illustrent par titre minier les travaux miniers souterrains, les ouvrages débouchant au jour, les installations de transport et les installations de traitement du minerai. Pour représenter chaque réseau de transport du minerai dans son intégralité<sup>8</sup>, les cartes ont été réalisées au 10 000<sup>ème</sup>. Pour conserver une bonne visibilité, les travaux miniers souterrains font l'objet d'un agrandissement.

Sur le titre minier d'Irazein, les travaux miniers souterrains n'ont pu être calés de manière satisfaisante (incertitudes nombreuses sur les plans disponibles et nombre insuffisant de points de calage). De plus, les installations de transport sur ce titre n'étaient pas connues, mis à part une voie charretière entre le site minier et le village d'Irazein. C'est la raison pour laquelle aucune carte de synthèse n'a été réalisée pour ce titre minier.

Sur le titre minier de Sentein, pour chaque niveau de travaux, ont été établies des valeurs représentatives de l'altitude générale des travaux à partir des points cotés présents sur les plans SEN-D-126, SEN-D-11 et SEN-D-87b et en arrondissant à 5 m. La même opération a été réalisée sur le titre minier du Bulard avec les points cotés du plan BUL-D-25.

Dans le doute de leur réalisation effective, les ouvrages miniers présentés comme projets sur les plans ont été conservés sur la carte du titre minier de Sentein. En outre et dans un souci de compréhension globale des travaux miniers souterrains, les ouvrages hydroélectriques utilisés comme voie d'accès par les mineurs sont également représentés sur cette carte, au contraire de ceux ne présentant aucun usage minier.

### 1.5.2.3 Cartes informatives [Annexes B4-1 à B4-15]

Les **cartes informatives**, en *Annexes B4-1 à B4-15 (hors-texte)*, illustrent par zone investiguée : les sources potentielles de pollution (dépôts miniers, émergences minières, stations et pylônes associées aux installations de transport, installations de surface) et les usages et enjeux (captages d'eaux, zones de pâturages, résidence permanentes ou temporaires, aires de jeux, etc.).

Il s'agit d'une représentation cartographique qui permet d'appréhender le schéma conceptuel détaillé par zone investiguée (sans visualisation des voies de transfert potentielles pour autant).

### 1.5.2.4 Cartes du schéma d'échantillonnage réalisé, milieux sols et végétaux [Annexes C4-1 à C4-16]

Les **cartes du schéma d'échantillonnage réalisé, milieux sols et végétaux**, en *Annexes C4-1 à C4-16 (hors-texte)*, situent par zone investiguée les prélèvements ainsi que les mesures NITON® réalisés sur les sols, les végétaux et les matériaux résiduels (associés aux dépôts miniers). Pour améliorer la visibilité de ce document cartographique, seule la **référence unique** du point de prélèvement ou de mesures est affichée. Chaque point dispose cependant d'une référence de travail plus complète. Les deux références sont appelées dans le corps du texte du présent rapport (*les tableaux de résultats analytiques fournis en Annexe C3, sur le DVD 2 joint, comportent la correspondance entre ces deux références*).

---

<sup>8</sup> À l'exception de la voie charretière et ferrée entre Eylie et Sentein, sur le titre minier de Sentein, qui n'est pas représentée dans son intégralité.

Chaque milieu se voit attribuer une combinaison couleur / forme : brun / carré pour les sols, vert / rond pour les végétaux et carré baroque / saumon pour les matériaux résiduaux. Pour différencier le type de prélèvement fait sur les milieux sols et végétaux, seul le symbole du point d'échantillonnage est modifié (Tableau 4).

Sols		Végétaux		Dépôts miniers	
■	Activités de loisirs			◻	Matériaux résiduaux
▣	Jardin potager	●	Plante potagère		
□	Pâturage	○	Plante herbacée de pâturage		
◻	Cueillette	⊙	Fruit de cueillette		

**Tableau 4 : Charte graphique pour la représentation du schéma d'échantillonnage réalisé, milieux sols et végétaux**

De plus, les prélèvements et les mesures NITON® caractérisant les **environnements locaux témoins** ont été étiquetés « *en négatif* » afin de les faire ressortir visuellement.

### 1.5.2.5 Cartes du schéma d'échantillonnage réalisé, milieux eaux et sédiments [Annexes C6-1 à C6-4]

Les **cartes du schéma d'échantillonnage réalisé, milieux eaux et sédiments**, en Annexes C6-1 à C6-4 (*hors-texte*), situent par sous-unité hydrographique les prélèvements d'eaux souterraines, d'eaux de surface et de sédiments, ainsi que les mesures NITON® sur sédiments et les mesures de débit, réalisées dans le cadre de l'étude.

Pour améliorer la visibilité de ce document cartographique, seule la **référence unique** du point de prélèvement ou de mesures est affichée. Chaque point dispose cependant d'une référence de travail plus complète. Les deux références sont appelées dans le corps du texte du présent rapport (*les tableaux de résultats analytiques fournis en Annexe C3, sur le DVD 2 joint, comportent la correspondance entre ces deux références*).

Chaque milieu se voit attribuer une combinaison couleur / forme : bleu ciel / triangle droit pour les eaux de surface, bleu foncé / triangle retourné pour les eaux souterraines, bleu-vert / losange pour les sédiments. Pour différencier le type de prélèvement fait sur les eaux souterraines, seul le symbole du point d'échantillonnage est modifié (Tableau 5).

Eaux souterraines		Eaux de surface		Sédiments	
▼	Sources captées	▲	Eaux de surface	◆	Sédiments
▽	Sources naturelles				
▾	Emergences minières				

**Tableau 5 : Charte graphique pour la représentation du schéma d'échantillonnage réalisé, milieux eaux et sédiments**

Comme pour les sols et les végétaux, les prélèvements caractérisant les **environnements locaux témoins** ont été étiquetés « *en négatif* ».

Le bassin versant du Lez étudié a été divisé en 4 sous-unités hydrographiques de tailles globalement équivalentes :

- l'amont du Lez ;
- la partie médiane du Lez ;
- l'amont de l'Orle ;
- l'aval du Lez.

Seuls les cours d'eau appelés dans le corps du texte sont étiquetés sur la carte, les tracés sont issus de la base de données cartographique Carthage ® IGN.

### **1.5.2.6 Cartes thématiques des résultats bruts NITON ® [Annexes C5-1 à C5-16]**

Les **cartes thématiques des résultats bruts NITON ®**, en *Annexes C5-1 à C5-16 (hors-texte)*, représentent par zone investiguée : les concentrations brutes mesurées sur les sols de surface en plomb et en zinc.

Les mesures réalisées sur des sols plus profonds ne sont pas représentées sur cette carte afin de fournir une cartographie homogène de « l'état général de sols ».

Une double analyse thématique a été appliquée aux résultats des mesures NITON ® : la couleur des points figurant ces mesures est fonction de la concentration en plomb tandis que leur taille dépend de la concentration en zinc. Les intervalles (< 10 mg/kg ; de 10 à 100 mg/kg ; de 100 à 1 000 mg/kg ; de 1 000 à 10 000 mg/kg ; > 10 000 mg/kg) ont été choisis de manière arbitraire par GEODERIS.

Le choix des couleurs et des tailles des figurés est également arbitraire (pas de relation de proportionnalité).

## 2 PHASE INFORMATIVE - GENERALITES<sup>9</sup>

### 2.1 Démarche de recueil d'informations

La phase informative menée par GEODERIS a consisté en la recherche systématique de toute information relative à l'activité minière (géologie, caractéristiques du gisement minier, modalité d'exploitation, installations de traitement du minerai, installations métallurgiques, gestion des eaux de surface, etc.) et aux usages et enjeux sur la zone (gestion de l'eau potable, activités de loisirs, activités agricoles, de culture et pastorale, etc.).

550 documents issus des archives de la DREAL MPY, du BRGM ainsi que des Archives départementales ont été étudiés, numérisés puis enregistrés et sont fournis dans le *DVD 1 joint*. 150 documents apportés par les partenaires rencontrés (mairies, ONF, DDT, etc.) ont fait l'objet du même type de traitement (*Tableau 6*). Ces 700 références sont décrites en *Annexe B1, paragraphe 3*.

SOURCES DES INFORMATIONS	DATE(S)	DONNEES COLLECTEES
Archives de la DREAL MPY (Toulouse)	Du 12 au 14 mars 2013	Archives minières sur Sentein
Archives BRGM (Orléans)	Du 24 au 29 mars 2013	Géologie générale et minière
Archives DREAL MPY (Toulouse)	Du 10 au 12 avril 2013	Archives minières sur Sentein, Orle et Irazein
Archives départementales (Foix)	Du 22 au 26 juillet 2013	Archives minières sur Sentein, Orle et Irazein
DRAC MPY (Toulouse)	22 avril 2013	Patrimoine archéologique minier
CCC AAPPMA La Truite du Haut-Biros	23 avril 2013	Usages des eaux de surface
ONF GP Bonac-Vallée d'Orle CNRS	24 avril 2013	Gestion des espaces domaniaux Pâturage et élevage Hydrogéologie et patrimoine géologique
PNR PA ARS DDTM	25 avril 2013	Zones environnementales protégées Eaux potables et zones de baignade Usages des eaux de surface et des sols
ONCFS Mairie de Bonac-Irazein	29 avril 2013	Faune sauvage et chasse Dynamique du territoire de Bonac-Irazein
GP Isard Mairie de Sentein EDF	30 avril 2013	Pâturage et élevage sur l'Isard Dynamique du territoire de Sentein Hydroélectricité

**Tableau 6 : Synthèse des études d'archives et des rencontres réalisées par GEODERIS en 2013 dans le cadre de la phase informative**

<sup>9</sup> Pour rappel, l'Annexe B constitue le volet complémentaire au présent rapport, relatif à la phase informative.

◦ L'ensemble des données bibliographiques (extraits de plans miniers, illustrations, etc.) complémentaires sont présentées dans un fascicule dédié, en *Annexe B1 (hors-texte)*.

◦ La carte géologique du secteur, réalisée à partir des données harmonisées et vectorisées (© BRGM, 2011) constitue l'*Annexe B2 (hors-texte)*.

◦ Les cartes des exploitations minières, en *Annexes B3-1 à B3-3 (hors-texte)*, illustrent par titre minier les travaux miniers souterrains, les ouvrages débouchant au jour, les installations de transport et les installations de traitement du minerai.

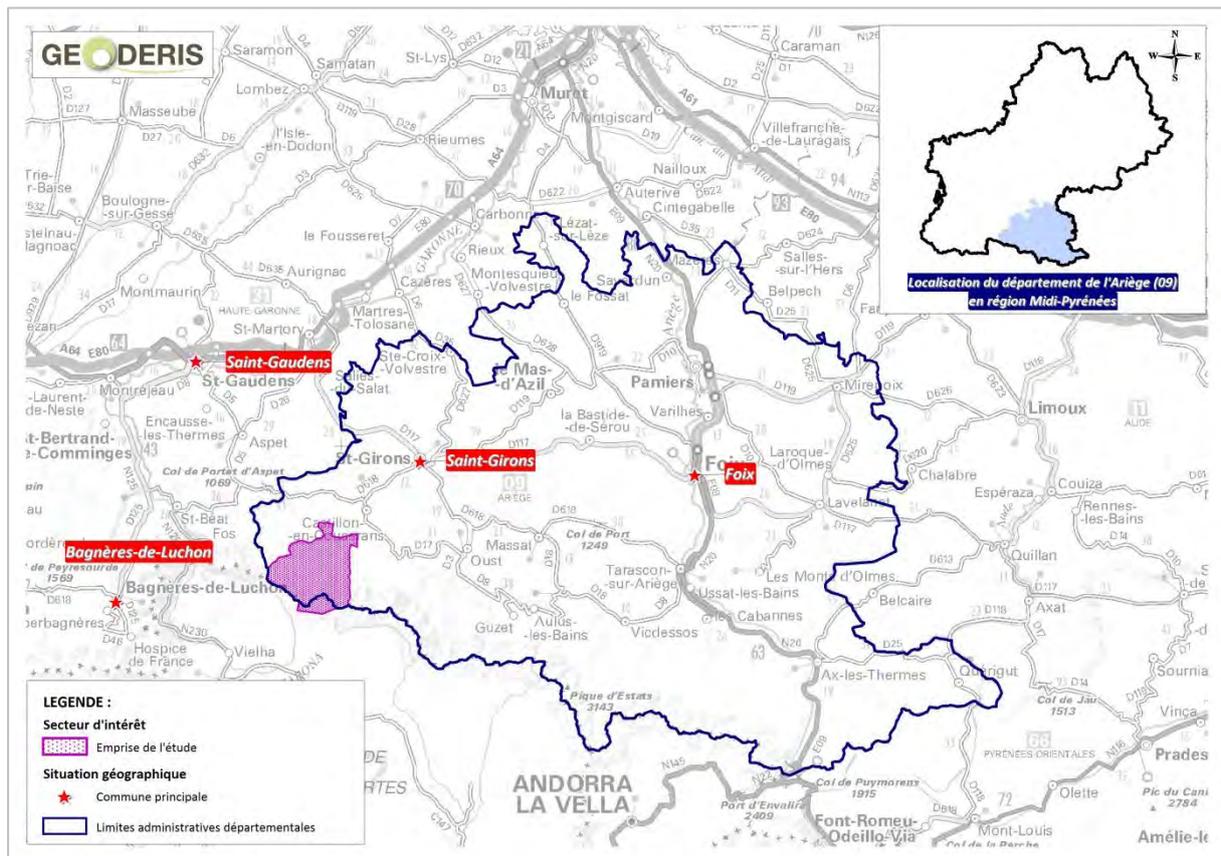
◦ Les cartes informatives, en *Annexes B4-1 à B4-15 (hors-texte)*, illustrent par zone investiguée les sources potentielles de pollution (dépôts miniers, émergences minières, stations et pylônes associées aux installations de transport, installations de surface) et les usages et enjeux (captages d'eaux, zones de pâturages, résidence permanentes ou temporaires, aires de jeux, etc.).

◦ Le recueil de données géoréférencées en *Annexe B5 (hors-texte)* est un fascicule qui fournit la description de l'ensemble des objets géoréférencés, à savoir les 646 éléments ayant fait l'objet d'un enregistrement à l'issue de l'étude de l'historique minier (hors travaux miniers souterrains) et les 196 éléments ayant fait l'objet d'un enregistrement à l'issue de l'étude de vulnérabilité.

## 2.2 Géographie

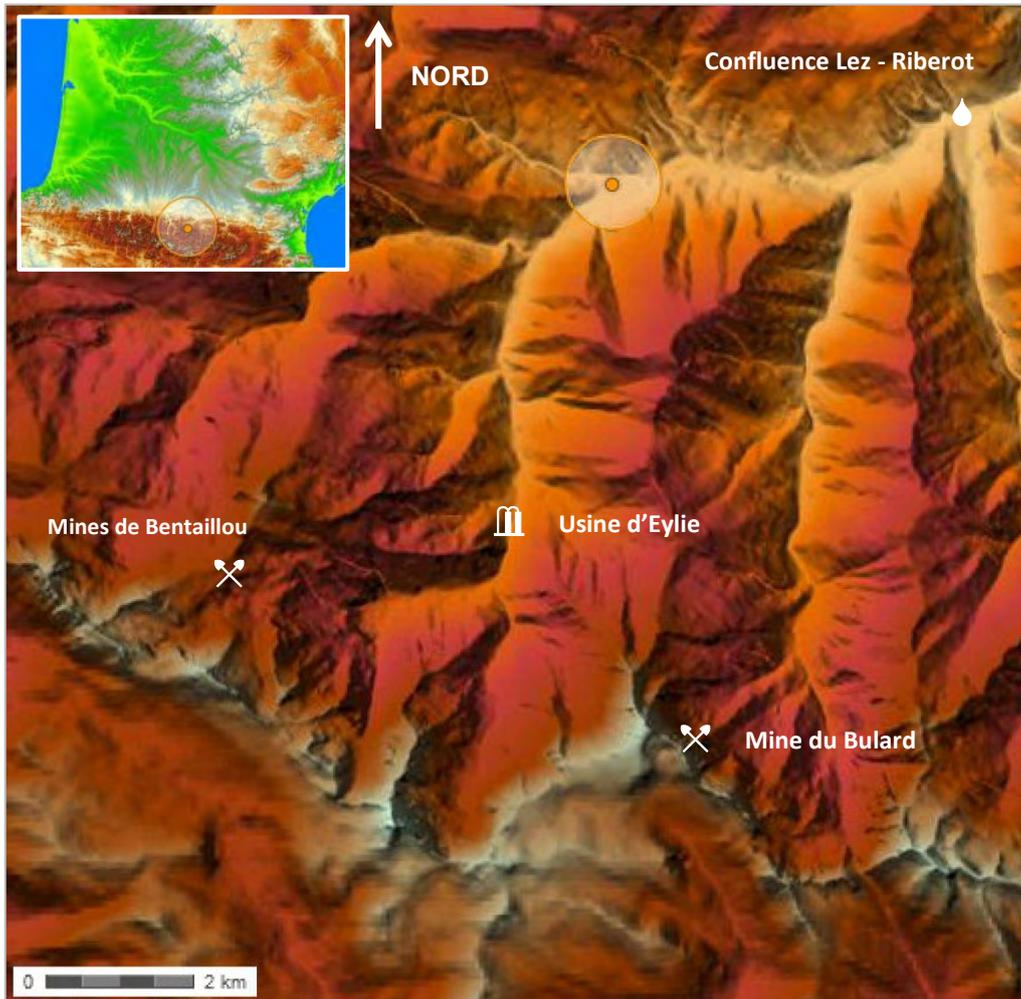
### 2.2.1 Situation générale

L'emprise de l'étude est une surface de 100 km<sup>2</sup> environ qui se situe à l'extrême sud-ouest du département de l'Ariège, à la limite du département de la Haute-Garonne, à l'ouest ; et longeant la frontière franco-espagnole, au sud (*Figure 6*). Le village de Sentein (situé à 25 km au sud-ouest de Saint-Girons) est localisé au nord-ouest de l'emprise de l'étude.



## 2.2.2 Orographie

En termes orographiques, l'emprise de l'étude s'inscrit dans la partie centrale de la chaîne pyrénéenne, plus exactement sur le versant nord des Pyrénées de l'extrême sud-ouest du département de l'Ariège (*Figure 7*). Les plages altitudinales s'échelonnent entre 800 m (au Pont d'Ayer, à la confluence avec le Riberot) et 2 880 m (Pic de Maubermé, à l'ouest) avec une topographie relevant une forte proportion de pentes à dénivelés supérieures à 40-50%, ainsi que la présence de falaises.



**Figure 7 : Situation orographique au droit de l'emprise de l'étude**  
(source : Géoportail, © IGN) [Le rond encadré localise le village de Sentein]

## 2.2.3 Végétation

Globalement, les faciès paysagers les plus fréquents dans les zones de moyenne à haute montagne étudiées sont les landes, les prairies et les forêts (Figure 8).

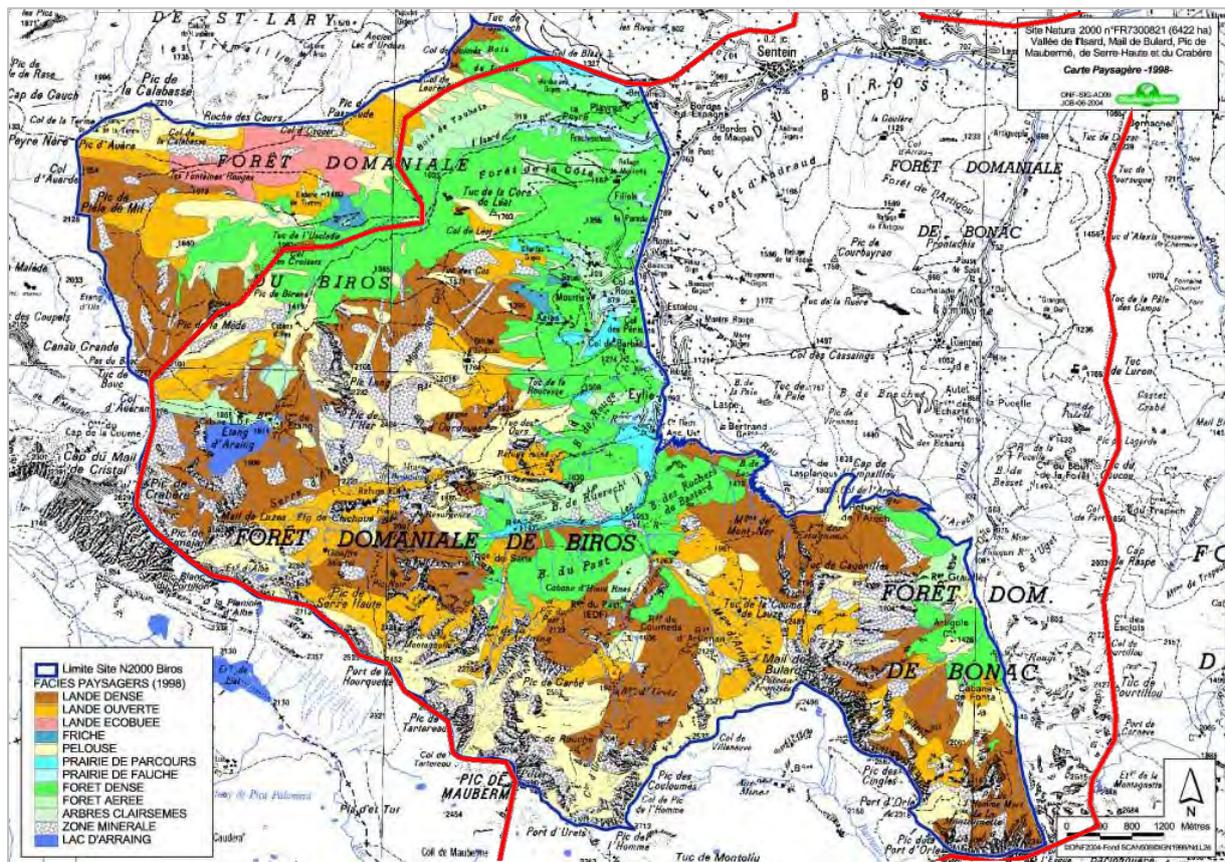


Figure 8 : Carte paysagère de 1998 sur le secteur étudié (ONF, 2004) [emprise de l'étude en rouge]

Cette géographie amène à la mise en place de 4 étages principaux (hors des zones de vallée, illustrés en Figure 9) qui sont associés à des séries de végétation spécifiques (ONF, 2004) :

- Etage collinéen : limite supérieur vers 800 à 900 m d'altitude ; anciennes prairies de fauche dont la majeure partie est en cours de fermeture avec des prairies de fauche encore actives, des zones de reconquêtes forestières par envahissement par la fougère aigle, sur les secteurs les plus acides ; voire par des genévriers, notamment, sur les secteurs les plus thermophiles ; des taillis de feuillus indifférenciés (essences majoritaires : Chêne, Frêne et Noisetier) ;
- Etage montagnard : entre 800 et 1 700 m d'altitude ; il comprend l'essentiel des peuplements forestiers du site ; les hêtraies pures et les hêtraies sapinières y sont majoritaires et sont clairsemées de parcelles reboisées avec de l'*Epicéa commun*, du *Pin sylvestre* et du *Pin noir* ;
- Etage subalpin : entre 1 600 m et 2 300 m d'altitude ; il est constitué majoritairement de landes et pelouses (landes à *Rhododendron*, landes à *Myrtilles* et landes à *Callune* ; et de landines alpines calcaires). Les fonds de vallons et les versants à pente plus douces sont fréquemment constitués de pelouses denses à Gispet. Le pâturage extensif est présent sur l'ensemble de l'étage et contribue au maintien de ces milieux ;

- Étage alpin : limite inférieure à 2 200 m en versant nord et à 2 400 m en versant sud ; il est situé essentiellement sur les calcaires et schistes (avec présence de falaises, en particulier calcaires) ; et est constitué de landines alpines calcaires et de pelouses à Laïche toujours verte.



**Exemple sur l'étage collinéen :**  
**Prairies de fauche à Eylie**



**Exemple sur l'étage montagnard :**  
**Forêts du bois de Rouge et landes à Myrtille et à Rhododendron à Rouge**



**Exemple sur l'étage subalpin :**  
**Landes à Rhododendron et pelouses à gradin à Gispet à Bularic**



**Exemple sur l'étage alpin:**  
**Landines alpines calcaires et éboulis au-dessus de Chichoué**

**Figure 9 : Différents étages et séries de végétations associées sur le secteur étudié.**

## 2.3 Climatologie

Le climat spécifique du secteur d'intérêt est montagnard de régime atlantique. Les précipitations annuelles sont de l'ordre de 1 000 à 1 500 mm en moyenne (données Météo France ©) et l'on n'observe pas de déficit marqué sur l'ensemble de l'année, ce qui favorise les essences ombrophiles de l'étage montagnard tel que le Sapin et le Hêtre, et privilégie le développement de forêt jusqu'à 1 500 à 1 600 m en général (ONF, 2004).

Les précipitations mensuelles sont de l'ordre de 90 à 150 mm ; les minimas caractérisant davantage les mois de février, de septembre et d'octobre ; les maximas, les mois de mars, d'avril et de novembre (cf. *Tableau 7 des moyennes sur 10 ans et représentations graphiques sur la période 2005-2015, en Figure 10 et en Figure 11*).

	Données sur 10 ans RR	Données sur 10 ans RRAB
Janvier	115,14	31,78
Février	82,53	18,65
Mars	111,01	29,79
Avril	132,44	26,79
Mai	144,42	31,86
Juin	124,82	26,04
Juillet	103,87	28,17
Août	90,83	21,76
Septembre	84,09	22,59
Octobre	86,68	24,02
Novembre	157,31	47,42
Décembre	86,19	24,68

**Tableau 7 : Moyennes (arithmétiques) du cumul des précipitations mensuelles (RR) et des précipitations maximales en 24h sur le mois (RAB) sur les dix dernières années (de janvier 2005 à janvier 2015) à Eyllie-d'en-Haut<sup>10</sup> (données Météo France ©)**

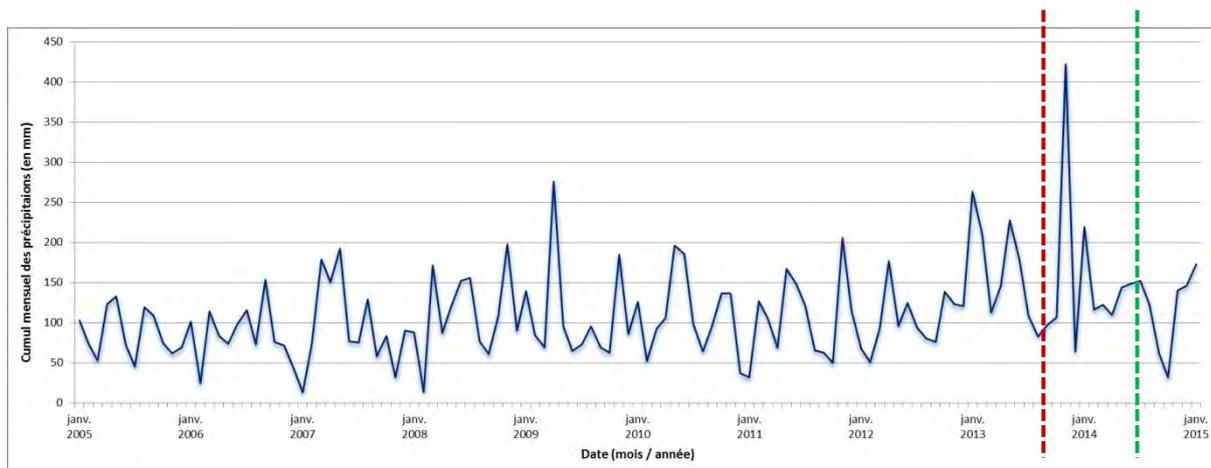
Les précipitations sous forme neigeuse débutent généralement au mois d'octobre à partir de 1 200 m d'altitude et l'enneigement moyen dure de novembre à avril. Les chutes de neige du printemps peuvent être fréquentes et abondantes et il n'est pas rare de voir subsister des secteurs enneigés au mois d'août, au-dessus de 2 400 m dans les zones exposées au nord.

Les températures moyennes avoisinent 7-8°C au-dessus de 1 000 m d'altitude et s'élèvent à 11°C entre 400 et 600 m d'altitude.

**Le secteur est donc soumis à des précipitations régulières et abondantes. La voie de transfert des polluants par ruissellement est donc à considérer. De surcroît, ce phénomène est accru en période de fonte de neige.**

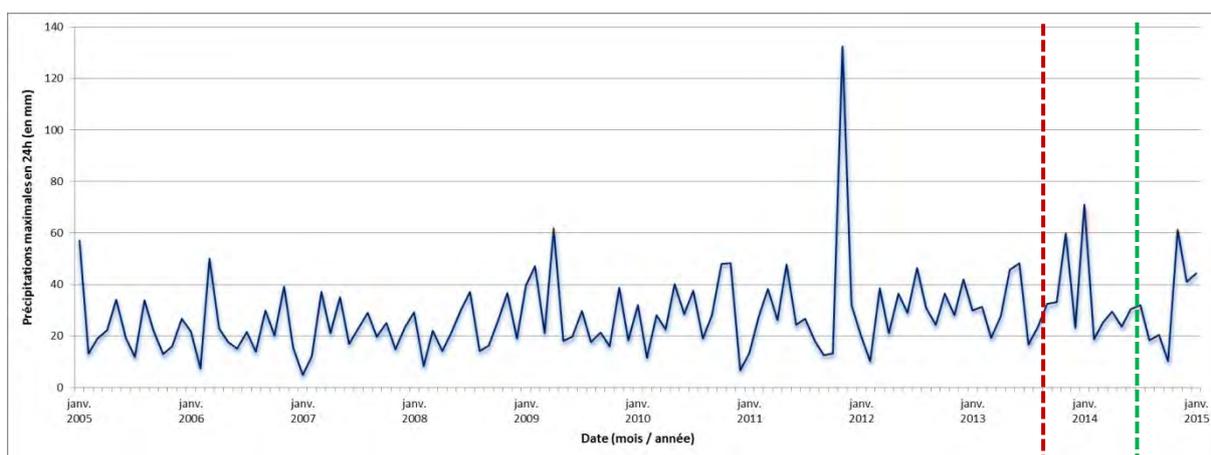
<sup>10</sup> Informations sur la station météorologique de référence à Eyllie-d'en-Haut :

Indicatif	9290004
Nom	EYLIE-D'EN-HAUT
Altitude	1010 m
Coordonnées	lat : 42°50'06"N - lon : 0°56'00"E
Coordonnées lambert	X : 4851 hm - Y : 17601 hm
Producteurs	De 2005 à 2015 : METEO-France ©



Légende : Les traits en pointillés rouge et vert positionnent dans ce diagramme les campagnes de terrain réalisées pour cette étude, respectivement en août 2013 et en juin 2014.

**Figure 10 : Cumul des précipitations mensuelles de janvier 2005 à janvier 2015 à Eylie-d'en-Haut, données Météo France 2015 ©**



Légende : Les traits en pointillés rouge et vert positionnent dans ce diagramme les campagnes de terrain réalisées pour cette étude, respectivement en août 2013 et en juin 2014.

**Figure 11 : Précipitations maximales en 24h sur le mois, de janvier 2005 à janvier 2015 à Eylie-d'en-Haut, données Météo France ©**

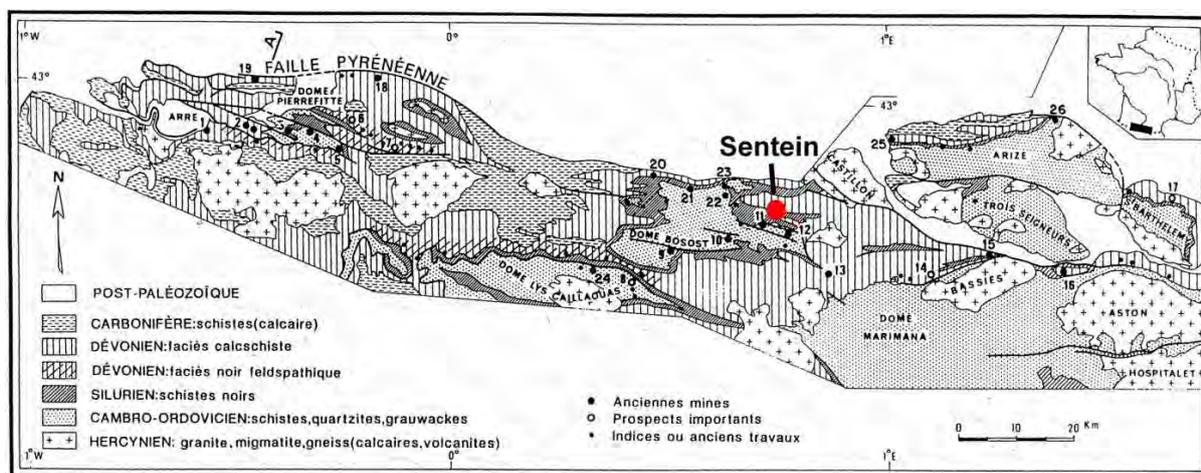
## 2.4 Géologie régionale<sup>11, 12</sup>

La caractérisation fine de la géologie régionale puis de celle du district minier est notamment nécessaire pour :

- évaluer les minéralisations des gisements exploités et donc les **substances potentiellement contaminantes associées à l'activité minière** (tant pour le minerai exploité que pour les roches encaissantes) ;
- anticiper la présence d'**anomalies géochimiques** sur les zones investiguées ;
- orienter le plan d'échantillonnage selon les lithologies sur lesquels reposent les sols étudiés et les **environnements locaux témoins** associés ;
- comprendre le **contexte hydrogéologique et hydrogéochimique**.

Le district minier de Sentein se situe dans la **partie centrale de la zone axiale des Pyrénées** (VERNHET, 1981). Les terrains présents dans le district minier de Sentein sont datés du Paléozoïque. Ces terrains, essentiellement sédimentaires, doivent leur déformation et leur métamorphisme à l'orogénèse hercynienne (datant du Carbonifère-Permien). Les mouvements liés à l'orogénèse pyrénéenne ont affecté les structures déjà en place, à un degré plus faible cependant (FERT, 1976).

Au niveau structural, les terrains paléozoïques sont alignés parallèlement en direction EW. Deux structures majeures sont identifiables : un vaste pli synclinal au nord du Bocard d'Orle, à laquelle succède un large pli anticlinal dans la zone de Bentaillou (LOUGNON, 1954). **Les minéralisations sont principalement contenues dans cette structure anticlinale**. Des concentrations en zinc et en plomb sont néanmoins localisées dans l'ensemble de la zone axiale des Pyrénées centrales (Figure 12).



1 Arre-Anglas : Zn, Pb.	8 Hospice de France : Zn, Pb.	15 Aulus : Zn, Pb.	22 Pale de Rase : Zn, Pb.
2 Arrens : Zn, Pb, Ba.	9 Bosost : Zn, Pb.	16 Le Rancie : Fe (Zn).	23 Pale Bidau : Zn, Pb.
3 Estaing : Zn, Pb.	10 Liat : Zn, Pb.	17 Cadeillou : Zn, Pb.	24 Crabioules : Zn.
4 Pierrefitte : Zn, Pb.	11 Bentaillou : Zn, Pb.	18 Gazost : Zn, Pb.	25 Taichounes
5 Chèze : Zn, Pb (Ba).	12 Bulard : Zn, Pb.	19 Arbest : Zn, Pb.	26 : Mont Coustand Pb, Zn, Ag.
6 Nerbiou : Zn, Pb (Ba).	13 Bonabe : Zn, Pb.	20 Maratines : Zn, Pb.	
7 Pen Pouri : Zn, Pb.	14 Carboire : Zn, Pb.	21 Argut : Zn, Pb.	

**Figure 12 : Minéralisations à zinc-plomb dans la partie centrale de la zone axiale des Pyrénées (POUIT, BOUQUET, & BOIS, 1979)**

<sup>11</sup> Paragraphe librement inspiré des travaux du stage de fin d'étude de Romain DALLEU pour l'obtention du diplôme d'ingénieur géologue, Spécialité « Génie et gestion des matières premières minérales » de l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie de Nancy (DALLEU, 2013).

<sup>12</sup> Pour rappel, un extrait de l'échelle des temps géologiques est présenté en Annexe B1, paragraphe 2.2 (hors-texte).

## 2.5 Géologie du district minier de Sentein<sup>13</sup>

Pour rappel, la carte géologique du secteur minier de Sentein proposée par GEODERIS à partir des données harmonisées au 1/50 000 est fournie *en Annexe B2 (hors-texte)*.

La carte géologique détaillée du district minier de Sentein est présentée sur la *Figure 13* et sa lithostratigraphie sur la *Figure 14* (POUIT, 1986).

Compte tenu de la complexité de la géologie et de la gîtologie du secteur minier étudié, la présente synthèse s'attachera à fournir les éléments d'informations nécessaires à l'atteinte des quatre objectifs précédemment présentés (*cf. paragraphe 2.4*). Les 13 lithologies d'intérêt seront dans un premier temps présentées (*cf. paragraphe 2.5.1*), l'objectif étant de connaître les types de roches (calcaire, schistes, etc.). Dans un second temps, seront présentés les structures structurales majeurs (plis et failles) et le métamorphisme (régional et de contact) qui ont affecté ces faciès lithologiques (*cf. paragraphes 2.5.2 et 2.5.3*). Enfin, seront détaillées les minéralisations (porteuses des substances chimiques retenues pour la présente étude). On notera qu'il existe trois principaux modèles de minéralisation à zinc-plomb dans le secteur (*cf. paragraphe 2.5.4.1*). Chacun des 8 gîtes exploités est associé à l'un de ces trois faciès minéralisés. Pour chaque gîte exploité, on rappellera donc les lithologies concernées, le faciès minéralisé concerné et on détaillera la paragenèse (minéraux constitutifs de la minéralisation)<sup>14</sup>.

### 2.5.1 Lithostratigraphie

La lithostratigraphie générale du district minier de Sentein se présente sous la forme d'une pile sédimentaire d'âge Cambrien à Dévonien<sup>15</sup>. Elle comporte notamment 13 lithologies d'intérêt pour la présente étude :

- **le Cambrien {C}** ;
- **l'Ordovicien Inférieur {oO}** ;
- **Ordovicien Moyen et Supérieur, avec** : les niveaux sombres de base {o1}, le Calcaire de Bentailou {o2-a} et les alternances silico-phyllito-carbonatées {o2-b} ;
- **la fin de l'Ordovicien Supérieur {o3}, avec** : une série détritique dite « Infra-Crabère » {o3-a}, la formation « De Crabère » {o3-b}, une série détritique dite « Supra-Crabère » {o3-c} et des amas ankéritiques {o3-d} ;
- **le Silurien {s}** ;
- **le Dévonien {d}, avec** : une formation shalo-calcaire {d1}, un calcaire à entroques {d2} et une alternance de pélites phylliteuses et de calcaires {d3}.

**Lors de l'étude des scénarios d'exposition retenus (*cf. fiches des scénarios d'exposition, paragraphe 8.5*), les lithologies sur lesquelles reposent les prélèvements de sols seront précisées, tant pour la caractérisation des milieux que pour celle de l'environnement local témoin choisi. On mentionnera alors le système géologique (Ordovicien, Silurien, etc.) et, le cas échéant, la série associée (Inférieur, Moyen, Supérieur) et le faciès précis (O1, D1, etc.).**

<sup>13</sup> Paragraphe librement inspiré des travaux du stage de fin d'étude de Romain DALLEU pour l'obtention du diplôme d'ingénieur géologue, Spécialité « Génie et gestion des matières premières minérales » de l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie de Nancy (DALLEU, 2013).

<sup>14</sup> Pour un même faciès minéralisé, chaque gîte exploité a ses spécificités, en termes d'organisation (amas, lentilles, minéraux disséminés, etc.), de composition minéralogique (blende, galène, pyrite, arsénopyrite, etc.) et d'abondance des minéraux.

<sup>15</sup> Un autre log lithostratigraphique général correspondant surtout au Val d'Orle (VERNHET, 1981) est présenté *en Annexe B1, paragraphe 2.3 (hors-texte)*.

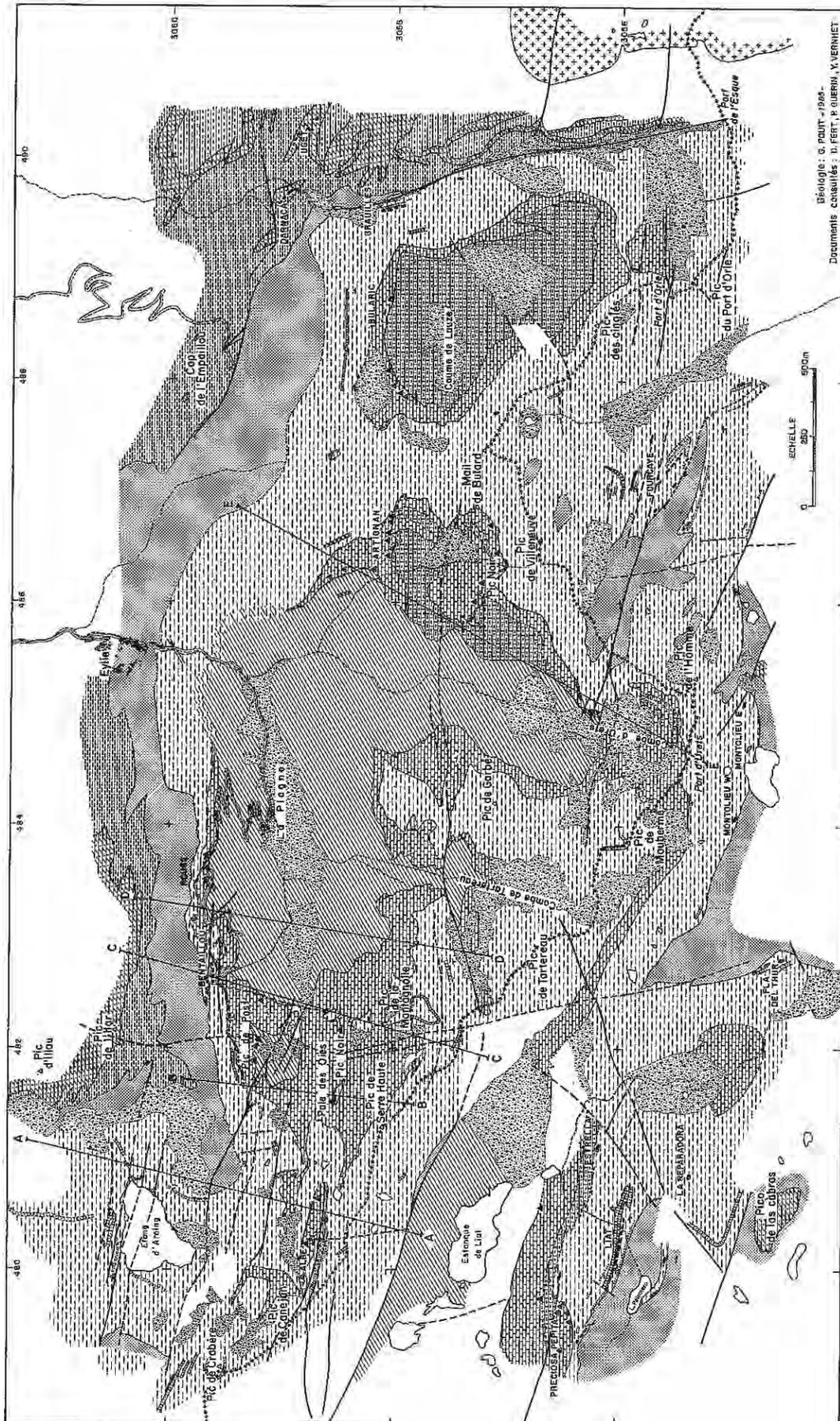


Figure 13 : Carte géologique détaillée du district minier de Sentein (POUIT, 1986)

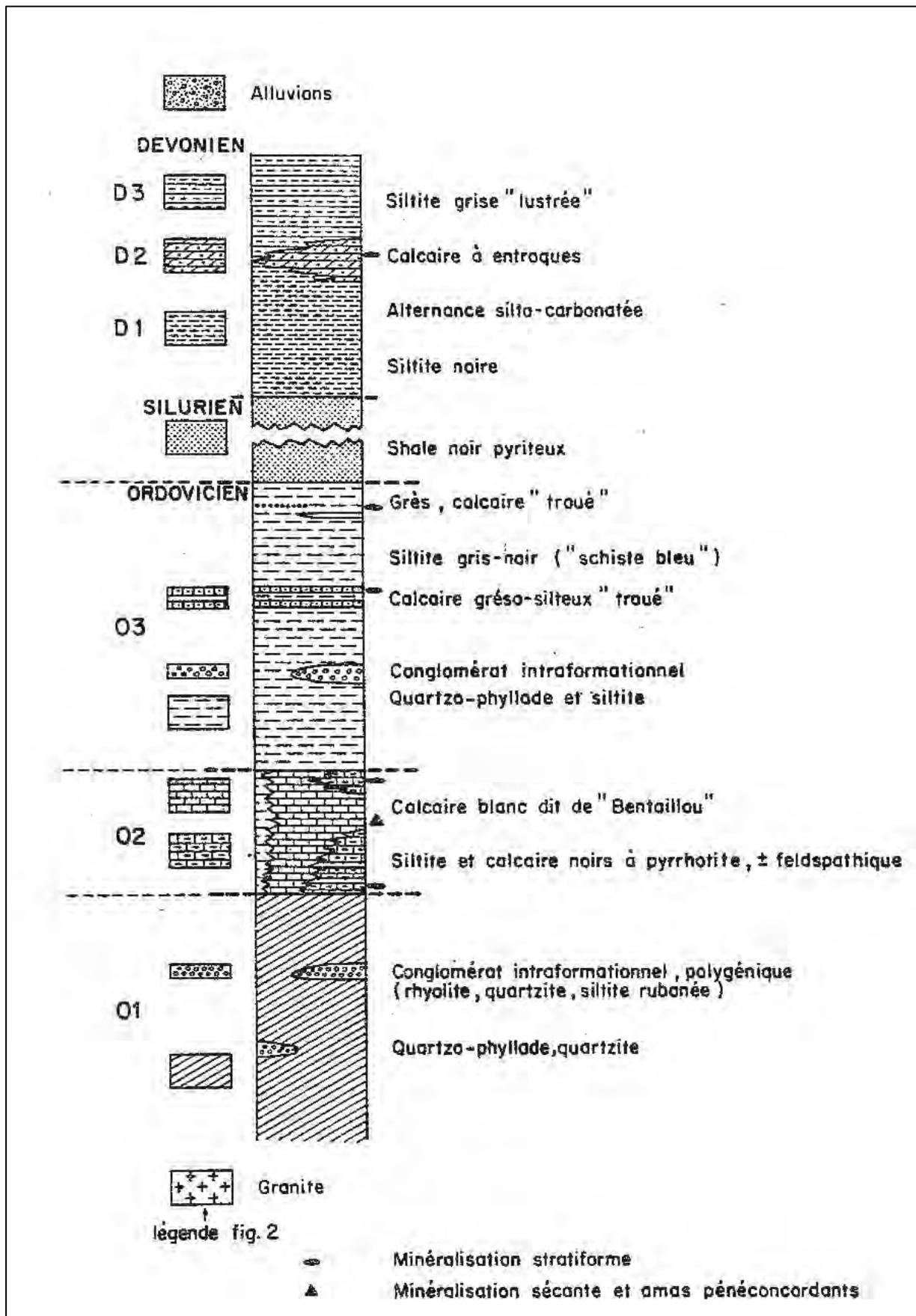


Figure 14 : Lithostratigraphie du district minier de Sentein (POUIT, 1986)

## C – CAMBRIEN

La formation la plus ancienne observée dans la région de Sentein est le Conglomérat de la Plagne (VISVANATH, 1955), daté de manière assez imprécise du Cambrien.

## O0 – ORDOVICIEN INFÉRIEUR

L'Ordovicien Inférieur se manifeste par des schistes verdâtres et des calcschistes, ainsi que par des couches noires plus ou moins calcaires nommées « schistes pseudo-carburés » (DESTOMBES & SAINFELD, 1956). Ces schistes peuvent être minéralisés en plomb et en zinc : c'est le cas au Mail de Bulard et dans la vallée d'Orle, où il est associé au calcaire de Bentaillou (voir ci-dessous). Il s'agit d'un faciès volcano-sédimentaire, sans présence de lave pour autant.<sup>16</sup>

## ORDOVICIEN MOYEN ET SUPÉRIEUR

Les formations de l'Ordovicien Moyen et Supérieur sont celles qui présentent le plus d'intérêt au regard de l'étude des minéralisations en plomb-zinc de la région de Sentein (DE GRAMONT X. , 1966). L'une d'elles est retrouvée communément dans toute la région : il s'agit du Calcaire de Bentaillou. Ce calcaire sensu stricto est recristallisé, massif, blanc et pratiquement jamais lité (PROUHET, 1958).

La **formation du Calcaire de Bentaillou s.l.** contient cependant d'autres termes (VERNHET, 1981), avec de bas en haut (*les niveaux-repères communs à toute la région sont en gras*) :

◆ **les niveaux sombres de base {o1}** composé :

- d'un grès fin carbonaté, peu schistosé, composé majoritairement de grains de quartz (65 µm) accompagnés de biotite brune et de calcite ;
- d'alternances shalo-gréso-calcaire ;
- d'un calcaire noir, beaucoup plus riche en calcite que les niveaux inférieurs, à grain très fin, riche en matière organique ;

◆ **le Calcaire de Bentaillou (s.s.), cipolin blanc et ses intercalations {o2-a}** : Il s'agit d'un marbre saccharoïde, formé d'une mosaïque de cristaux de calcite (0,5 mm en moyenne). L'épaisseur du cipolin blanc est très variable (1 m à 40 m dans le secteur du Val-d'Orle et de Fourcaye) et est fonction de la tectonique et de la paléogéographie.

**Le calcaire de Bentaillou est le siège de très nombreuses minéralisations, majoritairement en blende ; les principaux niveaux minéralisés se situent au contact avec les formations schisteuses supérieures mais également dans un banc situé quelques mètres en-dessous de ce contact (LOUGNON, 1954) ;**

◆ **les alternances silico-phyllito-carbonatées {o2-b}** :

Sur le plan lithologique, il est possible de distinguer des lits clairs et des lits sombres. La composition minéralogique des lits clairs est semblable à celle du marbre cipolin décrit ci-dessus, tandis que les lits sombres sont enrichis en quartz par rapport aux lits clairs, avec disparition quasi-totale des carbonates et apparition progressive de la biotite) (PROUHET, 1957).

---

<sup>16</sup> Leur présence près ou sur de grands accidents hercyniens indiquerait que ces derniers auraient commencé à jouer en cours de sédimentation (POUIT & ALSAC, 1978).

### O3 – FIN DE L'ORDOVICIEN SUPERIEUR

Au-dessus de la Formation du Calcaire de Bentaillou, il est possible de distinguer une formation quartzophylliteuse supérieure (VERNHET, 1981) également appelée « Schistes Bleus » (DESTOMBES & SAINFELD, 1956) du fait de la couleur de certains niveaux (bleu-verdâtre à gris sombre). Cette formation peut être découpée en plusieurs termes, avec de bas en haut :

- ◆ **une série détritique dite « infra-Crabère » {o3-a}** : Elle se manifeste par une alternance d'argilites quartzieuses (claires) et phylliteuses (verdâtres), localement entrecoupée par un conglomérat grossier (VERNHET, 1981) ;
- ◆ **la formation « de Crabère » {o3-b}** : Ce niveau présente un faciès général, constitué d'une alternance de pélites quartzieuses et de quartzites en lits centimétriques<sup>17</sup> ;
- ◆ **une série détritique dite « supra-Crabère » {o3-c}**, correspondant à une alternance de lits gréseux, shaleux et pélitiques<sup>18</sup> ;
- ◆ **des amas ankéritiques {o3-d}**.

### S – SILURIEN

Le Silurien se manifeste, dans la vallée du Lez, quasi-uniquement et uniformément par des schistes noirs graphiteux et pyriteux, très déformés, d'épaisseur relativement homogène (150 m à 200 m) (FERT, 1976 ; VERNHET, 1981). Ils possèdent un aspect feuilleté et tendre, ainsi qu'une couleur sombre due à l'abondance de matière organique. Cette matière organique a évolué à l'état de graphite, conférant à la roche un toucher gras et un éclat métallique. Ils sont très riches en oxydes d'aluminium et de potassium. Ils constituent également une sorte de « poubelle géologique » : ils peuvent contenir des anomalies en chrome, uranium, vanadium et tungstène (VERNHET, 1981). Ils sont également nommés « Schistes carburés » (VISVANATH, 1955 ; PROUHET, 1956).

### D – DEVONIEN

Le Dévonien est l'unité supérieure de la pile sédimentaire présente dans la vallée du Haut-Lez. Cette unité est constituée par, de bas en haut :

- ◆ **une formation shalo-calcaire {d1}**, commençant par des pélites quartzophyllitiques sombres, qui s'enrichissent progressivement en bancs carbonatés vers le sommet de la série (VERNHET, 1981) ;
- ◆ la série devient ensuite essentiellement carbonatée avec la présence d'un **calcaire à entroques {d2}** C'est une roche massive, formant des barres calcaires ; son épaisseur avoisine 40 m (FERT, 1976 ; VERNHET, 1981). Ce calcaire renferme localement (au Val-d'Orle en particulier) une minéralisation zincifère et plombifère ;
- ◆ au sommet de la série dévonienne, **une alternance de pélites phylliteuses et de calcaires {d3}**, surmontée par des shales lustrés bleu-verts.

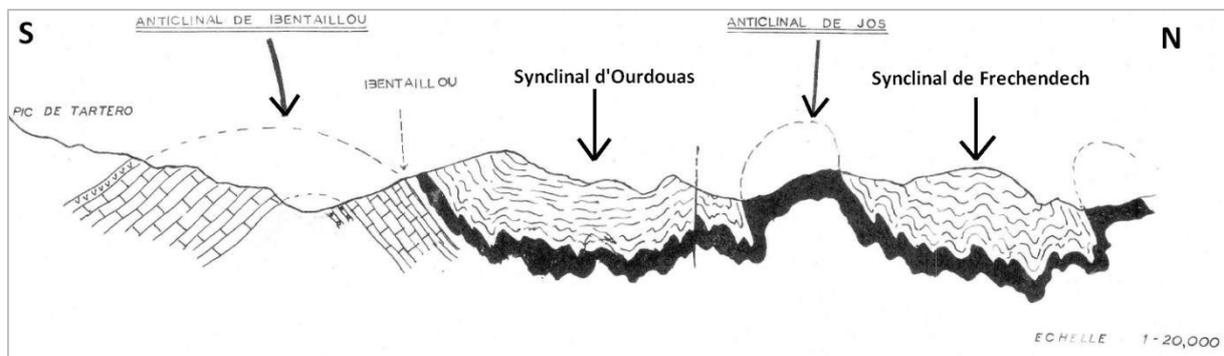
<sup>17</sup> D'autres faciès peuvent également être observés : un faciès carbonaté, caractérisé par des lits carbonatés alternant avec les lits quartzopélitiques et un faciès à grenats, contenant en abondance des grenats magnésiens microscopiques, bordés entre autres de biotite, d'amphibole et de chlorite.

<sup>18</sup> 1) Dans sa moitié supérieure, cet ensemble passe fréquemment à une assise phylliteuse (5 à 8 m d'épaisseur), d'aspect lustré et de teinte gris-bleuté à l'origine du terme « Schistes Bleus » (ou « Shales bleus ») (VISVANATH, 1955 ; DESTOMBES & SAINFELD, 1956 ; FERT, 1976). 2) Elle est cependant interrompue vers le sommet par un microconglomérat (VERNHET, 1981). 3) Au toit de cette formation, des shales noirs « troués », à patine sombre, finement cristallisés. Le qualificatif de « troué » trouve son origine dans l'aspect commun de cette roche, correspondant aux empreintes laissées par des cristaux automorphes de pyrite (VERNHET, 1981).

## 2.5.2 Tectonique

La région de Sentein, au cœur de la zone axiale des Pyrénées, a subi les contrecoups de l'orogénèse hercynienne dans un premier temps, puis de l'orogénèse pyrénéenne (alpine). Cette dernière ne serait responsable que d'une famille de fracturations, de direction ENE (PROUHET, 1958). Certaines failles hercyniennes ont également pu rejouer légèrement (POUIT, 1986). L'influence de l'orogénèse pyrénéenne sur la structure des terrains paléozoïques présents dans la région de Sentein est largement moindre que celle de l'orogénèse hercynienne.

Le district minier de Sentein s'inscrit dans le prolongement est du dôme de Bosost-Bentaillou. Ce dôme consiste principalement en un vaste pli anticlinal d'axe est-ouest, dont le cœur est constitué par des terrains cambro-ordoviciens (en particulier le Calcaire de Bentaillou {o2}) (POUIT, 1986). Au nord de Bentaillou, deux structures plus largement synclinales (*Ourdouas*, *Frechendeck*) sont identifiables ; elles sont également d'axe EW et contiennent au cœur les formations shalo-calcaires du Dévonien (VISVANATH, 1955), (Figure 15).



**Figure 15 : Coupe N-S de l'ensemble structural de Bentaillou, faisant apparaître les plis majeurs (VISVANATH, 1955)**

Trois phases de déformation cassante ont pu être matérialisées (VERNHET, 1981), de la plus ancienne à la plus récente :

- une direction N100° à N130°, avec des failles souvent matérialisée par des filons de quartz {Système 1} ;
- une direction N50° à N70°, avec des failles présentant un rejet généralement important {Système 2} ;
- une direction N150° à N180°, avec des failles qui décalent faiblement celle du système précédent {Système 3}.

**Parmi les failles minéralisées qui ont fait l'objet de travaux miniers importants, on retiendra :** la faille de la Cigalère, la faille Intermédiaire, la faille Saint-Louis, la faille n°5, la faille n°4, la faille Espelette (*appartenant au système 1*), et la Faille Narbonne et la Faille Saint-Jean (*appartenant au système 3*) (LOUGNON, 1954).

## 2.5.3 Métamorphisme

### METAMORPHISME REGIONAL

Les déformations liées à l'orogénèse hercynienne ont été accompagnées d'un métamorphisme régional continu, de relativement faible intensité. Les formations du Silurien et du Dévonien ont subi un métamorphisme de caractère épizonal (à très faible pression et à très faible température), qui peut être classifié comme « Schistes Verts - zone à chlorite ».

Les roches de l'Ordovicien, et notamment les formations quartzophylliteuses, présentent quant à elles de la muscovite, de la chlorite et de la biotite très pâle, ainsi qu'un plagioclase riche en sodium (VERNHET, 1981).

**Ce métamorphisme a également recristallisé les niveaux calcaires (transformation en marbre) (FERT, 1976) : c'est le cas du Calcaire de Bentailou {o2-b}.**

### METAMORPHISME DE CONTACT

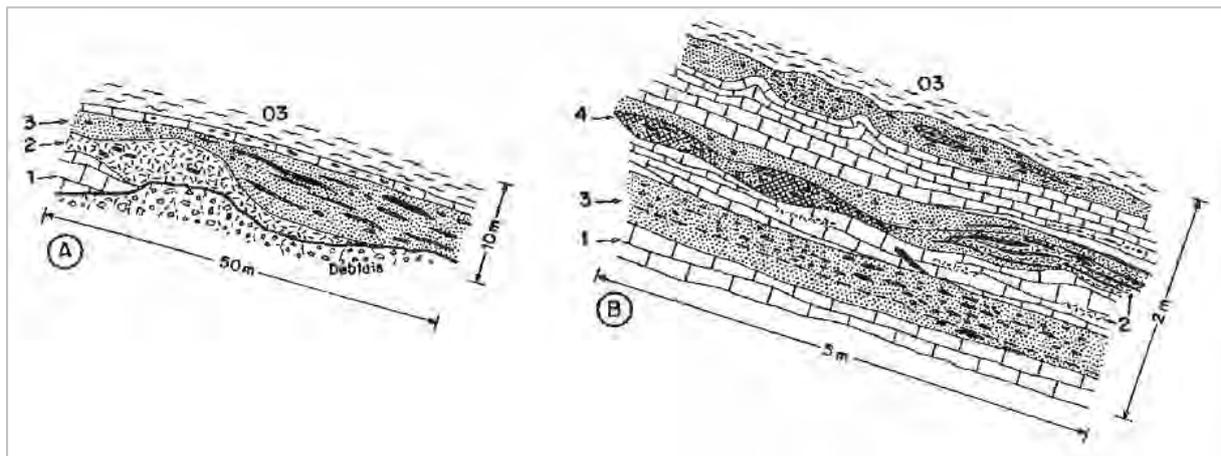
À ce métamorphisme régional s'ajoute un métamorphisme de contact engendré par l'apport de chaleur de la granodiorite du Riberot, affleurant au SE de la région de Sentein. Ce phénomène est post-tectonique (FERT, 1976) et a engendré la formation d'une auréole de contact autour de la roche magmatique, où des calcaires ont été métamorphisés en cornéennes (VISVANATH, 1955). Les minéraux accompagnants ce métamorphisme seraient principalement la biotite, la clinozoïsite, la trémolite, la fibrolite, le diopside et le grenat (VERNHET, 1981).

## 2.5.4 Minéralisations du district minier de Sentein

### 2.5.4.1 Principaux faciès minéralisés

#### FACIES 1 : MINÉRALISATIONS ZINCIFÈRES EN REMPLACEMENT DANS LA FORMATION DU CALCAIRE DE BENTAILLOU

Ces minéralisations sont encaissées dans la formation du Calcaire de Bentaillou. Les gisements consistent en des **lentilles de blende** (ou sphalérite, sulfure de zinc) centimétriques à décimétriques (VERNHET, 1981). La blende peut aussi être disséminée. La sphalérite se concentre au niveau des amas ankéritiques, qui ont pu constituer un piège chimique pour la précipitation des sulfures. Ceux-ci deviennent de plus en plus fréquents et volumineux vers le sommet de la série. La *Figure 16* montre la morphologie d'un gîte de blende du calcaire de Bentaillou à deux échelles différentes.



Légende : A : Espeletta ; B : Saint-Jean ; 1 : calcaire ; 2 : dolomie rouge ; 3 : chert noir à rubans de blende ; 4 : quartz ; O3 : schistes de l'Ordovicien supérieur

*Figure 16 : Morphologie à deux échelles différentes de la minéralisation stratiforme de Bentaillou (POUIT, 1986)*

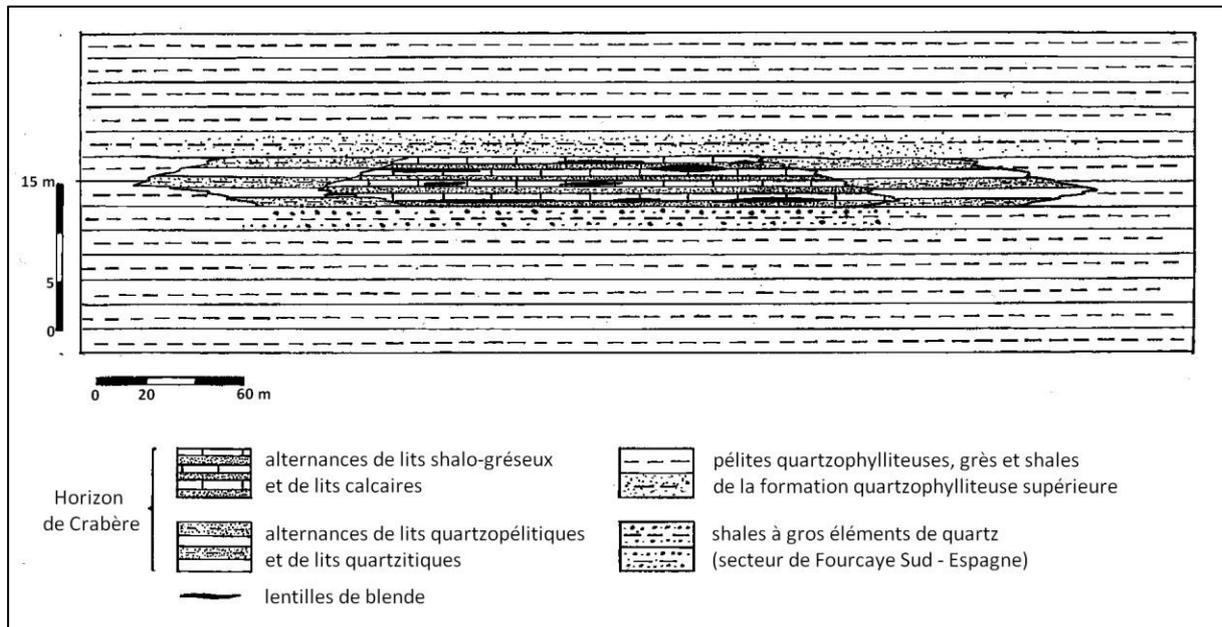
#### FACIES 2 : MINÉRALISATIONS ZINCIFÈRES DANS L'HORIZON DE CRABÈRE (FIN DE L'ORDOVICIEN SUPÉRIEUR)

Un autre type de gisement se situe dans les niveaux du sommet de l'Ordovicien Supérieur, en particulier dans l'Horizon de Crabère {o3-b} (VERNHET, 1981). Ces minéralisations se retrouvent principalement dans le Val-d'Orlé (LAFORET, MONCHOUX, OUDIN, & TOLLON, 1983 ; VERNHET, 1981). Les gisements sont stratoïdes, en rubans ou en lentilles centimétriques, ou disséminés. Des filonnets de quartz tardifs contiennent quelques mouches de blende également.

**La paragenèse principale consiste en blende-arsénopyrite, mais sont également présents la pyrrhotite et la magnétite.** La blende se concentre principalement dans les lits détritiques mais parfois également dans les lits carbonatés de l'horizon de Crabère. Ses cristaux sont parfois repris dans la schistosité. L'arsénopyrite, quant à elle, est plus fréquente dans les horizons brun-ocre et se présente sous forme de cristaux subautomorphes dans certains gisements (jusqu'à 4 cm).

Cette observation est surtout valable sur le versant espagnol : l'arsénopyrite se fait plus discrète sur le versant français (gisements du Mail de Bulard, de Grauillès, etc.) (VERNHET, 1981).

La *Figure 17* illustre la distribution de la minéralisation dans l'horizon de Crabère. Les minéralisations seraient affectées par les événements tectoniques, ce qui aurait provoqué une concentration « mécanique » de la blende, sous forme d'amas, et lui aurait conféré une allure « pseudo-filonienne » (VERNHET, 1981).



**Figure 17 : Schéma synthétique de la distribution de la minéralisation dans la « Formation de Crabère » (VERNHET, 1981)**

### **FACIES 3 : MINERALISATIONS ZINCIFERES DANS LE CALCAIRE A ENTROQUES DU DEVONIEN INFERIEUR**

Un dernier type de minéralisations est localisé dans les horizons du Dévonien Inférieur. Une analyse fine de ces minéralisations (VERNHET, 1981) a permis de mettre en évidence un horizon porteur privilégié : le calcaire à entroques {d2}. L'importance de ces gisements est cependant moindre, ils se localisent **principalement dans le Val d'Orle** (commune de Bonac-Irazein ; titres d'Orle et du Bulard) ainsi que sur le versant espagnol.

Les minéralisations sont stratoïdes ou disséminées, et se situent préférentiellement dans la partie inférieure du calcaire à entroques, à quelques mètres des alternances péliito-carbonatées {d1} et à plus de 15 m sous les shales lustrés {d3}. Les horizons porteurs de minéralisations apparaissent comme une alternance de lits calcitiques sombres et clairs, et plus ou moins riches en matière organique, en quartz et en phyllites (muscovite/chlorite). La minéralisation se concentre préférentiellement dans les lits clairs.

**La paragenèse principale consiste en une association blende-galène-pyrite.**

## 2.5.4.2 Minéralisation des gîtes exploités

L'Annexe B1, paragraphe 2.4 (hors-texte) propose une synthèse des minéralisations rencontrées sur les principaux gîtes exploités et indices, localisés sur le secteur de Sentein. Elle est basée sur l'inventaire minéralogique de la France (LAFORET, MONCHOUX, OUDIN, & TOLLON, 1983).

**Ces éléments, corrélés aux données géologiques précédemment décrites permettent de dresser une synthèse des principales phases minérales rencontrées sur les chantiers d'exploitation du secteur minier de Sentein.**

### GENERALITES SUR LE GISEMENT DE BENTAILLOU (TITRE MINIER DE SENTEIN)<sup>19</sup>

L'essentiel du gisement de Bentaillou consiste en une imprégnation du calcaire par de la blende ferrugineuse (jusqu'à 6% du fer), essentiellement à l'interface phyllades-calcaires (cf. faciès minéralisé 1 pour les mines de Bentaillou et de Rouge). La substitution peut néanmoins se produire sous les intercalations schisteuses et calcschisteuses, c'est-à-dire dans un horizon inférieur ; bien qu'il ne soit pas riche et qu'il n'ait pas souvent fait l'objet d'une exploitation (Figure 18).



**Remplissage à sphalérite dominante dans cipolin**

Entre la poudrière de Bentaillou et la galerie de recherche est (en contrebas de la crête d'Ordovicien Supérieur).  
Une mesure rapide par NITON® sur le lit minéralisé donne une composition avoisinant 60% de zinc.



**Faciès altérés dans calcaires altérés et silicifiés**

Au sud-est immédiat du refuge pastoral de Bentaillou.  
Une mesure par NITON® sur les produits d'altération de couleur brique donne une composition avoisinant 2% de zinc et 3% de plomb.

**Figure 18 : Faciès minéralisés affleurant, à l'interface entre le calcaire de Bentaillou et l'Ordovicien Supérieur, sur le site de Bentaillou (GEODERIS, juin 2014)**

La galène est le plus souvent intimement associée à la blende. Elle forme des remplissages de fissures et des rubanements. Vers le gîte de Rouge, la proportion relative de galène diminue cependant. Des minerais oxydés se trouvent dans les parties superficielles du gisement (cérusite - carbonate de plomb, et calamine - oxydes de fer et de zinc) entièrement dépilés par les anciens et particulièrement abondants à Chichoué.

<sup>19</sup> Le gisement de Bentaillou est associé aux gîtes exploités sur le titre minier de Sentein, c'est-à-dire au droit des sites de Chichoué, de Bentaillou et de Rouge.

Du quartz abondant accompagne les sulfures. Les calcaires, les schistes et les calcschistes intercalés sont silicifiés. La gangue est tantôt le quartz lui-même, tantôt la roche silicifiée, tantôt le calcaire peu silicifié (LOUGNON, 1954).

La zone minéralisée représente, en projection verticale, une surface de 600 m de long sur 200 m de large. **Le minerai plombo-zincifère contient en moyenne 3 fois plus de zinc que de plomb, pour une teneur globale de l'ordre de 10 à 15%.** La teneur du minerai exploité avant l'arrêt des travaux miniers était cependant plus faible (DESTOMBES, LOUGNON, & PROUHET, 1955).

Des analyses réalisées sur des échantillons de blende du gisement de Sentein mettent en évidence son **enrichissement en argent, en cadmium** et en germanium de façon très accessoire (cf. *Tableau 8 et Annexe B1, paragraphe 2.5 (hors-texte)*).

ELEMENT ANALYSE	RESULTATS DES ANALYSES
Antimoine	Absent de tous les échantillons
Argent	Présent dans tous les échantillons
Cadmium	Présent dans la plupart des échantillons, avec des zones à « forte intensité »
Cobalt	Non décelé dans la plupart des échantillons, teneur très faible pour les autres
Etain	Non décelé dans la plupart des échantillons, teneur de 10 à 60 ppm pour les autres
Gallium	Non décelé dans la plupart des échantillons, teneur inférieure à 10 ppm pour les autres
Germanium	Décelé dans la plupart des échantillons ; teneur moyenne de 30 ppm
Indium	Absent de tous les échantillons
Thallium	Non décelé dans la plupart des échantillons, teneur très faible pour les autres

**Tableau 8 : Résultats de l'analyse d'éléments traces sur des blends du gisement de Sentein (Directeur du BRGGM, 1958)**

### **MINE DE BENTAILLOU (TITRE MINIER DE SENTEIN)**

*L'Annexe B1, paragraphe 2.6 (hors-texte) fournit une synthèse des principaux minéraux identifiés sur le titre minier de Sentein (FERT, 1976).*

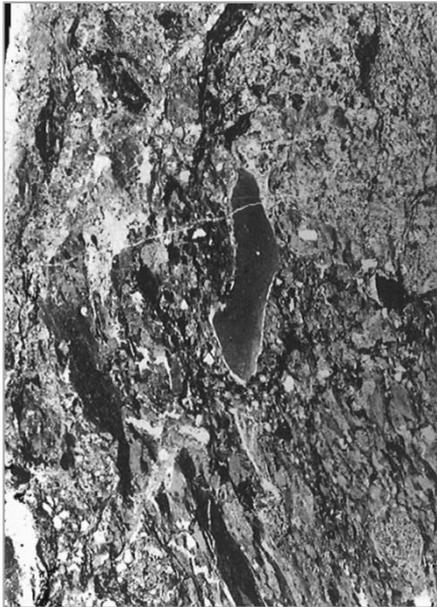
Sur les sites de Chichoué et de Bentaillou, la minéralisation est principalement<sup>20</sup> constituée de blende massive et de galène. Ces faciès majoritaires contiennent des quantités importantes d'argent (environ 50 g/t de blende et 650 g/t de galène). Dans les horizons superficiels et les zones fracturées, l'altération de ces minéraux donnent naissance à de l'hydrozincite (*hydrocarbonate de zinc*), de la calamine (*mélange d'oxydes de zinc et d'oxydes ferriques*) et de la cérusite (*carbonate de plomb*).

À ces minéraux, s'associent en quantités plus faibles, de la pyrite (*sulfure de fer*) qui est très localement massive et qui est systématiquement associée au graphite (*forme stable du carbone à température et à pression ordinaires*). On trouvera également de la pyrrhotite disséminée (*sulfure de fer*), de l'ilménite (*oxyde de fer et de titane*) et du sphène (*silicate calcique de titane*).

Plus occasionnellement, peuvent être présents la chalcopryrite (*sulfure de cuivre et de fer*), la goethite (*oxy-hydroxyde de fer*), la magnétite (*oxyde de fer ferrimagnétique*), l'arsénopyrite (*arsénio-sulfure de fer*) qui peut elle-même contenir de l'or. Parmi les minéraux accessoires, on mentionnera les cuivres gris (*arsénio à antimonio-sulfures de cuivre et de fer*) et le rutile (*oxyde de titane*). De l'argent natif a été signalé.

La *Figure 19* illustre quelques-uns des principaux faciès minéralisés sur les sites de Chichoué et Bentaillou.

<sup>20</sup> D'autres faciès minéralisés peuvent s'exprimer sur le site, seule la paragenèse principale est ici décrite.



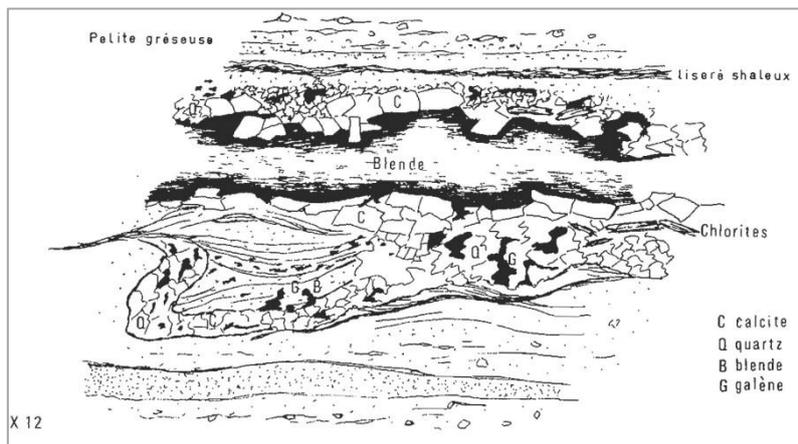
**Faciès minéralisés sur le site de Chichoué**

« Tuf » des travaux miniers de Ste Amélie. Les éléments siliceux sont souvent très finement cristallisés. On distingue des éléments shaleux sombres. Le fond de la roche, qui contient probablement du graphite, est riche en tourmaline.



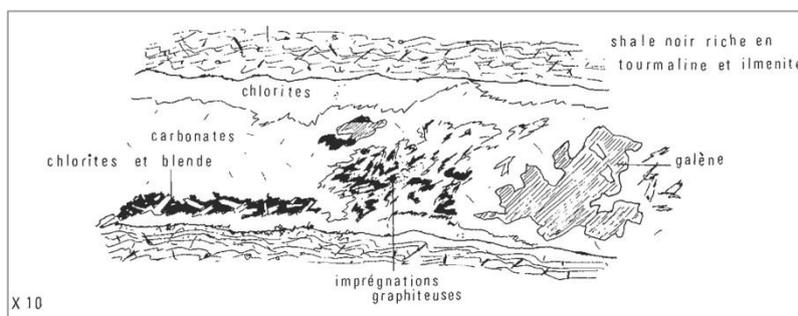
**Faciès minéralisés sur le site de Bentailou**

Travaux de Saint-Jean. La minéralisation en blende (B) -galène (G) se localise dans des passées carbonatées dans un shale graphiteux. Ces « lits », bordés par des chlorites, sont très déformés et certains éléments sont même entraînés dans la schistosité.



**Schéma - détail d'une minéralisation rubannée (travaux de surface Narbonne - Bentailou)**

La blende et, en moindre importance, la galène, forment des sortes de rubans plus ou moins réguliers dans un micro-quartzite sombre renfermant de fins lisérés phylliteux et des niveaux gréseux fins. En lame mince, la minéralisation est associée à du quartz, des chlorites et des carbonates.



**Schéma - détail d'une minéralisation dans des shales noirs (Galerie St Jean)**

Minéralisation assez particulière en blende et galène qui se localise dans des shales noirs graphiteux riches en fines aiguilles de tourmaline et en ilménite, situés au toit du calcaire. La minéralisation se concentre dans des sortes de lits carbonatés microplissés, bordés par des chlorites.

**Figure 19 : Minerais exploités sur les sites de Chichoué et Bentailou (FERT, 1976)**

### **MINE DE ROUGE (TITRE MINIER DE SENTEIN)**

Sur le site de **Rouge**, la minéralisation et son contexte gîtologique sont similaires à ceux de Chichoué et Bentaillou. La minéralisation est principalement composée de blende massive, d'arsénopyrite (dont les grains peuvent être centimétriques et qui peut elle-même contenir de l'or) et de pyrrhotite massive.

À ces minéraux s'associent en quantités plus faibles de la galène et de la pyrite.

Très occasionnellement, peuvent être présents, la chalcopyrite, les cuivres gris, la magnétite, l'ilménite et le rutile.

### **MINE D'URETS<sup>21</sup>**

Le gîte s'inscrit dans les mêmes formations géologiques et au même système filonien que la mine du Bulard (*cf. faciès minéralisé 2*) (DESTOMBES & SAINFELD, 1956).

La minéralisation est composée majoritairement de blende et de galène massives ; auxquelles sont associés en quantités plus faibles de la chalcopyrite et de la limonite (*amas d'hydroxydes de fer microcristallin*).

Très occasionnellement, et en général en petits grains automorphes au sein des trois sulfures susmentionnés, sont présents de la cassitérite (*dioxyde d'étain*), de la cobaltite, des cuivres gris, de la gersdorffite (*disulfure de nickel et d'arsenic*), de la linnéite (*sulfure de cobalt*), de la marcassite, de la pyrite et de la pyrrhotite.

---

<sup>21</sup> Il s'agit du principal gîte alimentant la laverie de La Plagne, située au cœur du titre minier de Sentein. La mine est située en bordure sud de ce titre, sur le versant espagnol.

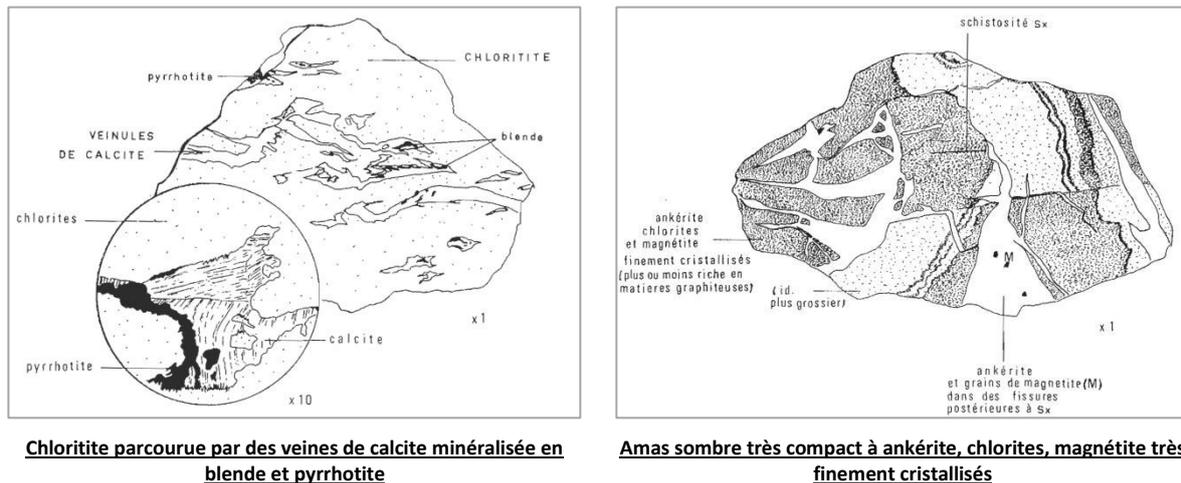
**MINE DE BULARIC (TITRE MINIER D'ORLE)**

Le gisement est situé dans la partie nord-est du dôme de la Mail du Bulard et est localisé dans une petite barre calcaire dans laquelle ont été exploités des amas ankéritiques interstratifiés dans la « Formation de Bentaillou » (*cf. faciès minéralisé 1*). La roche contenant la minéralisation est principalement constituée de carbonates (calcite, ankérite), de chlorites ferrifères et d'amphiboles ferromagnésiennes (*Figure 20*) (VERNHET, 1981).

La minéralisation principale<sup>22</sup> est dominée par la blende, la magnétite et la pyrrhotite. La blende se présente, la plupart du temps, sous la forme d'un alignement de lentilles pluri-centimétriques (jusqu'à 40 cm de long pour 5 à 6 cm d'épaisseur).

Sont associés en quantités plus faibles : la pyrite (venant en remplissage tardif de veinules), l'arsénopyrite (localement en cristaux automorphes), et la goéthite (*Figure 21*).

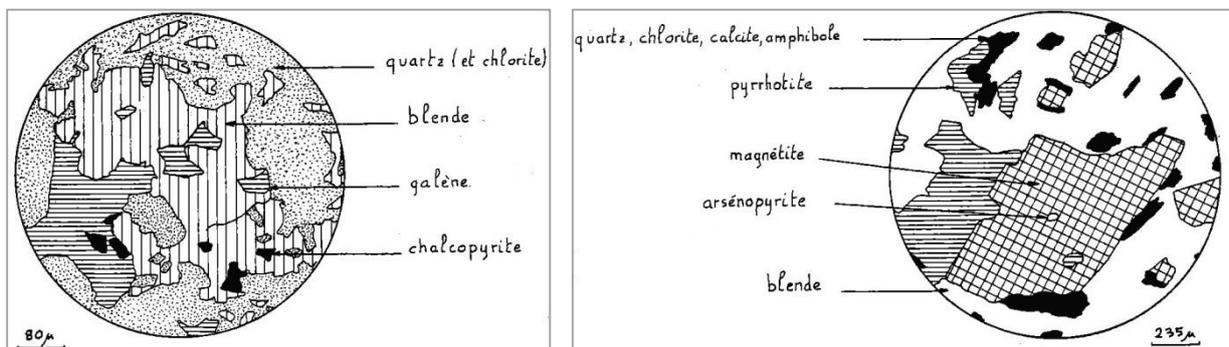
Parmi les minéraux rares, sont présents la chalcopyrite (en fines inclusions dans la blende), la gersdorffite (*disulfure de nickel et arsenic*), la cobaltite, la löllingite (*arséniure de fer*), la brunogeyerite (*oxyde de fer et de germanium*). La galène est absente des faciès minéralisés.



**Chlorite parcourue par des veines de calcite minéralisée en blende et pyrrhotite**

**Amas sombre très compact à ankérite, chlorites, magnétite très finement cristallisés**

**Figure 20 : Schéma de faciès associés à la minéralisation dans le cipolin à Bularic (FERT, 1976)**



**Figure 21 : Schémas de lames minces réalisées sur des échantillons de minerai de Bularic (VERNHET, 1981)**

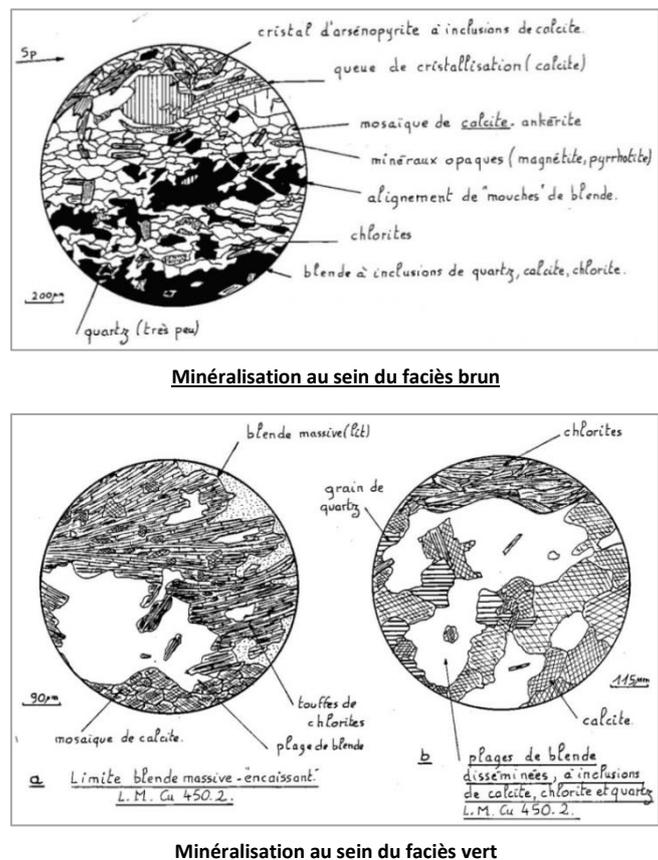
<sup>22</sup> D'autres faciès minéralisés peuvent s'exprimer sur le site, seule la paragenèse principale est ici décrite.

## MINE DE FOURCAYE<sup>23</sup>

Au droit du gîte de Fourcaye, l'horizon minéralisé s'inscrit dans l'« Horizon de Crabère » (*cf. faciès minéralisé 2*), alternant à cet endroit des lits verts-sombres, centimétriques à pluri-décimétriques et des lits brun-rouille. Les lits verts-sombres sont principalement composés de quartz dans une matrice quartzophylliteuse, elle-même formée de chlorite et de biotite. Les lits brun-rouille consistent en des passées carbonatées lenticulaires, principalement composées de calcite, d'ankérite, de dolomite ferrifère et de quartz. La minéralisation zincifère se répartit préférentiellement dans les faciès verts ; tandis que les faciès bruns sont extrêmement riches en arsénopyrite (VERNHET, 1981).

Les phases minérales dominantes sont la blende, l'arsénopyrite et la pyrrhotite. Dans le faciès vert, la blende présente plusieurs formes (en mouches disséminée, en lentilles ou en rubans ; l'épaisseur de ces derniers à l'affleurement n'excédant pas quelques centimètres). Dans le faciès brun, la blende forme des agrégats qui contiennent des inclusions de calcite, de quartz, de chlorite et d'amphibole. L'arsénopyrite caractérise le faciès brun dans lequel elle représente des amas de plusieurs centimètres d'épaisseur (*Figure 22*).

Parmi les minéraux communément observés, sont également présents à l'affleurement de la malachite (*carbonate anhydre de cuivre*), de l'azurite (*carbonate de cuivre*) et de la smithsonite (*carbonate de zinc*). La magnétite, la chalcoppyrite, la galène et la pyrite sont peu abondantes ; tandis que la cobaltite, la gersdorffite, la löllingite et l'ilménite sont très rares.



**Figure 22 : Schémas de lames minces réalisées sur des échantillons de minerai de Fourcaye (VERNHET, 1981)**

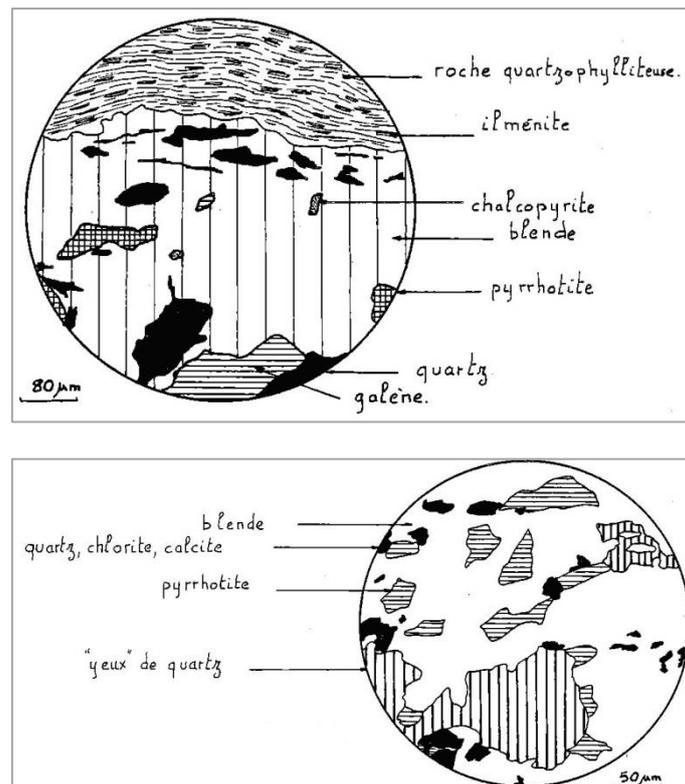
<sup>23</sup> Avec la mine de Bularic, il s'agit d'un des deux principaux gîtes exploités par les titulaires du titre minier d'Orlé. La mine est située en bordure sud de ce titre, sur le versant espagnol. Le minerai extrait était traité à la laverie de Lascoux (commune de Bonac-lrazein).

## INDICE DE GRAUILLES (TITRE MINIER D'ORLE)

Le niveau minéralisé de Grauillès est intercalé dans la série quartzo-phylliteuse supérieure (*cf. faciès minéralisé 2*). Il s'agit de pélites quartzo-phylliteuses essentiellement composées de muscovites, de chlorites et de quartz. La tourmaline, le rutile, le sphène, l'ilménite (abondante), la pyrrhotite et la pyrite complète la composition de ces roches (VERNHET, 1981).

Les phases minérales majoritaires de la minéralisation sont la blende (qui se présente en petits lits ou lentilles, de puissance millimétrique), la galène (qui se présente en plages indépendantes xénomorphes et millimétriques) et la pyrrhotite (qui se présente en mouches ou en filonnets) (*Figure 23*). Des analyses réalisées par le BRGM en 1968 sur des échantillons de blende et de galène montrent que ces minéraux sont tous deux riches en cadmium (concentrations respectives de 1 900 ppm et de 5 400 ppm) et que la galène est riche en argent et en antimoine (concentrations respectives de 520 ppm et 1 520 ppm) (VERNHET, 1981).

Parmi les minéraux rares, se trouvent : la pyrite, la chalcopryrite, la gersdorffite, l'arsénopyrite, l'ilménite, la magnétite et la goéthite. On signalera pour mémoire l'existence à l'affleurement de greenockite (*sulfure de cadmium*).



**Figure 23 : Schémas de lames minces réalisées sur des échantillons de minerai de Grauillès (VERNHET, 1981)**

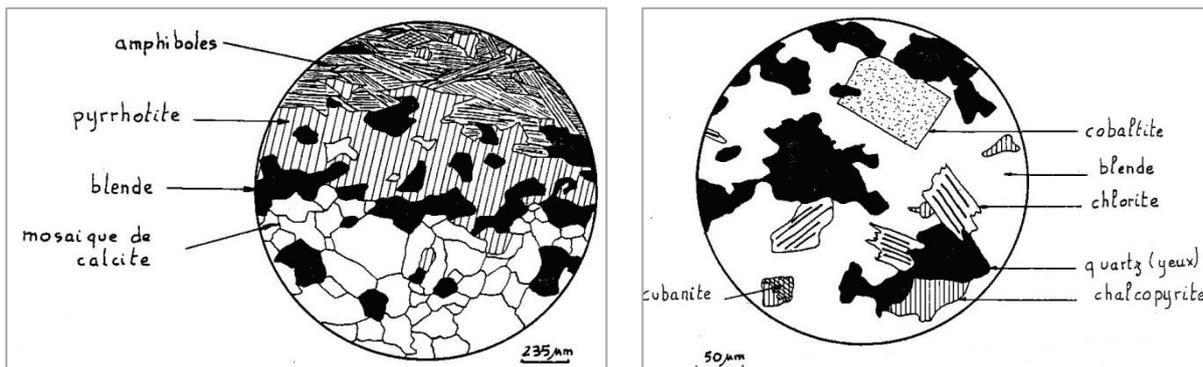
## MINE DU BULARD<sup>24</sup>

La Mail du Bulard et ses contreforts sont occupés par une puissante série schisteuse comprenant des lits graphiteux de l'Ordovicien. Les niveaux exploités s'inscrivent dans ces schistes (*cf. faciès minéralisé 2*).

Les deux filons exploités ont une ouverture de 2 à 4 m et un remplissage à quartz, calcite, galène et blende. Leur direction est constante (ESE-WNW) mais leur pendage est variable de 45° SSW à l'affleurement, ils se redressent rapidement en profondeur jusqu'à 70°. Deux faciès minéralisés se distinguent : un faciès carbonaté principalement composé de calcite et d'ankérite et un faciès à quartz-chlorite-muscovite (VERNHET, 1981).

La minéralisation est essentiellement zincifère et se présente en lentilles et lits pouvant former des structures de plusieurs décimètres d'épaisseur. La galène est également très abondante (avec localement des altérations en cérusite), ainsi que la pyrrhotite et la magnétite (*Figure 24 et Figure 25*).

D'autres minéraux accompagnent la paragenèse principale : la chalcoppyrite, l'arsénopyrite, l'ilménite. On trouve rarement quelques autres minéraux : le gersdorffite, la cobaltite, la löllingite, la breithauptite (*antimoniure de nickel*), la brunogeierite, la cubanite (*sulfure de fer et de cuivre*), la cassitérite et le graphite.



**Figure 24 : Schémas de lames minces réalisées sur des échantillons de minerai du Bulard (VERNHET, 1981)**



**Minerai exclusivement composé de sphalérite**



**Pilier de minerai au sein des travaux miniers souterrains**

**Figure 25 : Minerai exploité sur le titre minier du Bulard (TARANNE, 2010)**

<sup>24</sup> Unique gîte exploité du titre minier du Bulard.

## MINE D'IRAZEIN<sup>25</sup>

Le gisement d'Irazein est assez particulier puisqu'il ne répond pas aux caractéristiques présentées jusqu'alors, aussi bien au niveau de la roche encaissante (calcaires dévoniens), de sa morphologie (filons N-S et E-W) ou de sa minéralogie.

Le gîte est encaissé dans des calcaires dévoniens. Il est formé par un filon principal dirigé N60-65°S (pendage inverse). Son remplissage est formé de minerai de cuivre compact, rouge-brun, avec quelques taches d'azurite, de cuivre gris et d'oxyde de fer. Il résulterait de l'altération d'un gîte de cuivre gris plus profond. Le filon est presque toujours massif (rares inclusions de quartz, dolomie et fer spathique), avec une puissance de 5 cm à 40 cm. Des essais chimiques réalisés sur le minerai donnent en moyenne 8,8% de soufre, 38,3% de cuivre, 12,5% d'antimoine et 1,4% d'argent.<sup>26</sup>

Deux types de minerais se distinguent selon le degré d'altération des faciès minéralisés :

- le premier a une couleur gris d'acier et est riche en cuivre et en antimoine (respectivement 30% et 15% environ) ;
- le second semble être une altération du premier et a une couleur noir-violacée ou noir-verdâtre. Il ne contient que peu d'antimoine<sup>27</sup>.

La minéralisation est en grande majorité composée de cuivre gris et en particulier de tétraédrite (*pôle antimonieux de la famille des cuivres gris*), qui peut se présenter sous forme de cristaux de très grande taille (pluridécimétrique) (GOL, 1998) (Figure 26).

Le gisement contient également, en beaucoup plus faible quantité, de la pyrite, de l'azurite, de la chalcocite (*sulfure de cuivre*), de la malachite et de la stibiconite (*oxyde d'antimoine*).



**Nodules de tétraédrite inclus dans la calcite blanche et de la dolomite ferrifère brune (photo : L.D. Bayle)**



**Cristal géant de tétraédrite (arêtes de 20 à 25 cm), gravé par un mineur en 1906 (photo : Y. Marchadier)**

**Figure 26 : Minerai exploité sur le titre minier d'Irazein (GOL, 1998)**

<sup>25</sup> Unique gîte exploité du titre minier d'Irazein.

<sup>26</sup> Rapport de l'ingénieur en Chef des Mines du 30 janvier 1909 : « *Demande en concession d'une mine de cuivre et métaux connexes sur le territoire de diverses communes de l'Arrondissement de St-Girons, présentée par MM. Vaussard (Gaston), Vaussard (Edmond) et Masure (Victorien Eusèbe)* ».

<sup>27</sup> Rapport du Contrôleur des mines du 7 octobre 1912 : « *Concession de cuivre et métaux connexes d'Irazein - Procès-verbal de visite du contrôleur des mines - Visites des 20 juin et 30 septembre 1912* »

## 2.6 Hydrogéologie

A la demande de GEODERIS, une étude hydrogéologique complémentaire a été réalisée par le BRGM et consignée dans un rapport intitulé « *Reconnaissance du risque sanitaire et environnemental sur le secteur minier de Sentein (Ariège). Volet hydrogéologie* » (GENEVIER, 2015). Les principaux éléments de cette étude, nécessaires aux interprétations sanitaires et environnementales, ont été intégrés au présent document.

## 2.7 Hydrographie

### 2.7.1 Bassin versant du Lez (BRUNEL, 2005)

Trois étangs naturels sont présents sur le secteur : l'étang d'Albe (*n°2 sur la Figure 27*), l'étang de Floret (*n°3*) ainsi qu'un autre, situé au pied du Serre d'Araing (*n°4*), auxquels s'ajoutent trois lacs de barrage qui sont utilisés pour la production hydroélectrique : l'étang d'Araing d'une capacité de 9 millions de mètre cubes (*n°1*), l'étang de Chichoué (*n°5*) et l'étang d'Urets (*n°6*). La topographie de ce territoire a entraîné l'aménagement de la plupart des ruisseaux du site pour la production hydraulique.

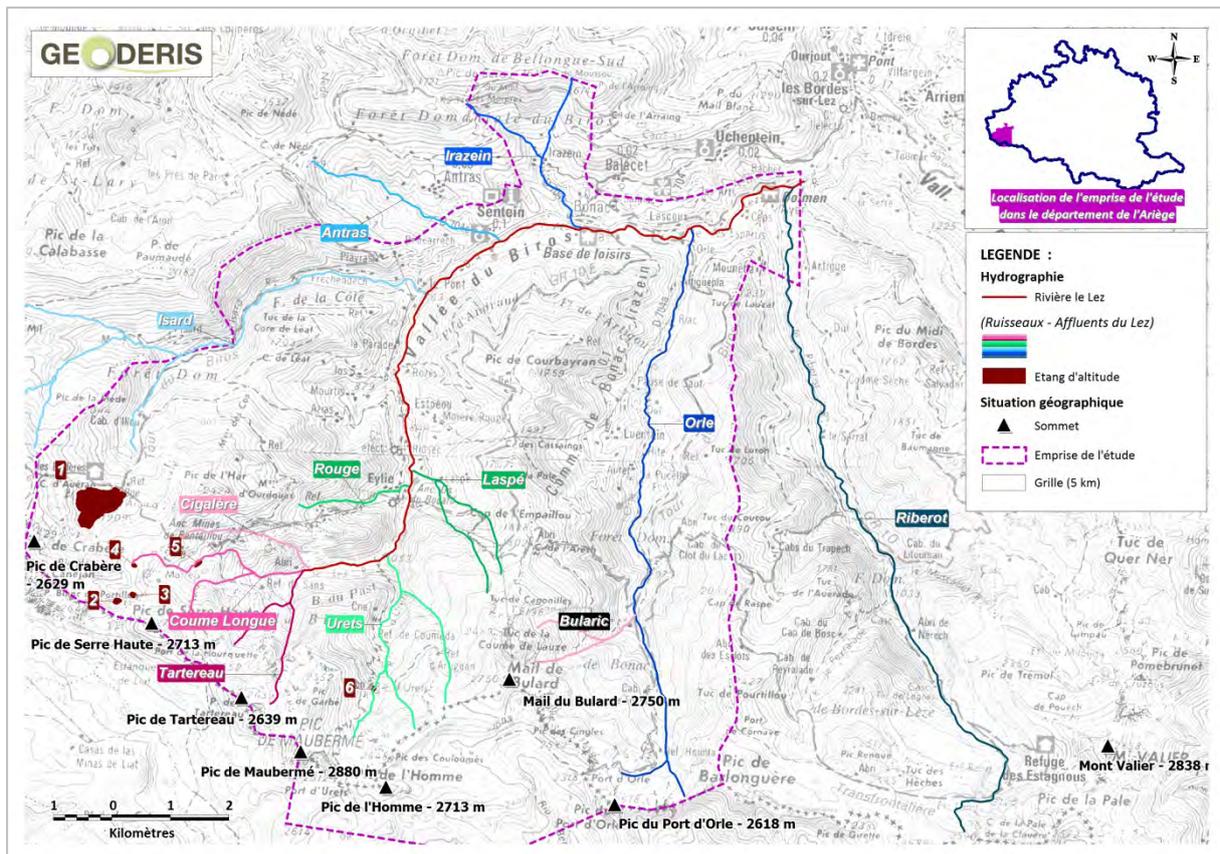


Figure 27 : Réseau hydrographique sur l'emprise de l'étude, sur fond SCAN 1 000 © IGN

Le Lez naît de la réunion de trois torrents au fond du Cirque de la Plagne à environ 1 200 m d'altitude. Les sources se trouvent entre 2 000 et 2 300 m d'altitude. Le Tartereau coule sur le versant sud du Cirque de la Plagne et constitue un couloir qui s'achève par une cascade. Le versant nord est drainé par le Coume Longue, et plus à l'est par la Cigalère. Ces deux ruisseaux sont alimentés par des résurgences du karst de Bentailou.

Avant de franchir le verrou glaciaire, qui ferme le Cirque de La Plagne, le Lez reçoit les eaux d'une source située sur sa rive droite (la source de la Plagne) et d'un torrent coulant du sud vers le nord (l'Urets). Au hameau d'Eylie, le ruisseau de Rouge rejoint le Lez par sa rive gauche. Plus en aval, les affluents du Lez sont multiples, issus des hautes vallées latérales : l'Isard conflue avec le Lez au hameau du Pont ; l'Antras, au village de Sentein ; l'Irazein, au village de Bonac ; l'Orle, au hameau de Lascoux ; et le Riberot, au Pont d'Ayer.

**Tout comme ses affluents, la rivière le Lez est caractérisée par un régime torrentiel très marqué. La sédimentation éventuellement de matériaux fins ne devrait donc se faire que dans quelques rares zones mortes ou lorsque le lit majeur du cours d'eau s'élargit, notamment à Sentein ou à Esperris.**

À Saint-Girons, le Lez se jette dans le Salat, qui rejoint à son tour la Garonne à hauteur de Roquefort-sur-Garonne.

## **2.7.2 Historique des crues**

En avril 2013, Jacques BLANC, *Responsable de la Restauration de Terrains en Montagne (RTM)*, a mis à disposition de GEODERIS la base de données du RTM sur l'historique des crues du secteur qui comporte 101 événements, datés de 1853 à 2004. Ont été sélectionnés les phénomènes de crue torrentielle à intensité moyenne et forte, décrits dans le *Tableau 9*.

**On notera tout particulièrement deux crues majeures, celle de juin 1875 et celle d'octobre 1937.**

Ces éléments d'information sont importants car ils permettent de rendre compte de l'hydrodynamique du Lez et de ses affluents lors des principales crues. Au regard de la présence de nombreux dépôts (décrits par la suite) en bordure de ces cours d'eau, l'ampleur des crues permet d'évaluer si des matériaux résiduaux ont été transportés par les eaux de surface où risqueraient de l'être si ce type de phénomène se reproduisait.

DATE	NATURE DU PHENOMENE	COURS D'EAU	CONSEQUENCES
23/06/1875	Crue torrentielle suite à des précipitations importantes durant le mois de juin	Rivière Le Lez	<p><b>SENTEIN</b> : 88 propriétaires touchés, 3 granges effondrées. Le chemin de grande communication n°16 de Sentein au Bocard a été emporté sur 4 à 5 km. Un pont en bois et les passerelles sur la rivière, emportés. <i>Sur le chemin vicinal ordinaire n° 1 de Sentein au port de la Fourgnette, chemins emportés à Girech, au hameau du pont, à Rioucaou, à Laparade, à Gibilé, au pont de Roul, au pont de Fonton. Chemin détruit au pont de Fonta à Eylie. Murs de soutènement écroulés à Girech, à Maupas, au hameau du pont, au hameau du pont de Rioucaou, à Laparade, à Gibilé, de Cibilé à Balascou, au pont de Roul, au pont de Fonta, au pont à Eylie. Pont sur le ruisseau d'Eylie emporté.</i></p> <p><b>BONAC-IRAZEIN</b> : Sur le chemin vicinal ordinaire n°1 de Bonac à Port d'Orléans, deux ponts en bois sur le Lez emportés. Ce même chemin emporté et occupé par le ruisseau.</p> <p><b>AUDRESSEIN</b> : 20 propriétaires touchés, dégâts aux digues et moulins. Chemin vicinal d'Audressein à Arrout emporté sur 80 m. Sur le chemin de grande communication n° 9 de Castillon à Portet, talus et partie du chemin emportés.</p> <p><b>UCHENTEIN</b> : 38 propriétaires touchés, terrains emportés le long du Lez, un pont en bois sur le Lez emporté, moulin à moitié détruit, 2 maisons fortement endommagées. Chemin vicinal d'Uchentein au hameau de Cep détérioré sur 2 km</p> <p><b>BORDES-SUR-LEZ</b> : Éboulements, champs ravinés, terrains emportés, un pont en bois sur chemin n°16 de grande communication au lieu-dit Peyremale. Dégâts scierie, moulin</p> <p><b>CASTILLON-EN-COUSERANS</b> : 17 propriétaires touchés, digues emportées, canaux d'amenée de moulin comblés, chemin vicinal de Castillon à Audressein détérioré sur 10 m.</p>
23/06/1881	Crue du Lez suites aux orages des 23 et 25 juin	Rivière Le Lez	<b>BONAC-IRAZEIN</b> (lieu-dit : Lascoux, La Boupeillère) : Mur de soutènement et remblai du CD4 écroulés
04/10/1937	Crue torrentielle avec apport de matériaux (lit obstrué) suite à 48h de pluies torrentielles	Rivière Le Lez	<p><i>Crue de 4 m vers 22h. Maisons inondées sur les deux rives</i></p> <p><b>BORDES-SUR-LEZ</b> : Dégâts à l'usine électrique, passerelle de fer arrachée, une partie digue et 1 mur de soutènement de 30 m de haut emportés</p> <p><b>UCHENTEIN</b> : Pont sur le Lez détruit</p> <p><b>SENTEIN</b> : Ponts de Bamascou, Bادهch, Moulin et Hounta emportés. Chemin vicinal de Sentein à Bocard emporté sur 6 km. Chemin vicinal n° 1 emporté en partie de Sentein à Estouéou. 2 granges emportées. Usine inondée. La rivière coule à la place de l'ancienne route et les immeubles sont inondés sur les deux rives.</p> <p><b>CASTILLON-EN-COUSERANS</b> : Dégâts aux usines, passerelles emportées, couche de limon et de pierres, parapet du pont de Tournac emporté plus une partie du chemin attenant au pont. Route barrée, circulation interrompue entre Castillon et Sentein.</p>
27/10/1937	Crue torrentielle	Ruisseau de l'Orléans	<b>BONAC-IRAZEIN</b> : Pont d'Orléans emporté (Lascoux). Chemin vicinal emporté sur 1500 m au hameau de Biac. 11 passerelles emportées dont celles de Dul, Biac, Artiguepla et Espladirus.
Janvier 2004	Crue torrentielle	Rivière Le Lez	<b>BONAC-IRAZEIN</b> : Erosion de berge à l'aval (environ 100 m) du pont de Lascoux. Erosion jusqu'à la route. Fondation d'un hangar agricole fortement affouillée, poteau téléphonique sapé et renversé, ancien enrochement détruit.

Tableau 9 : Crues torrentielles, d'intensité moyenne à forte, référencées dans la base de données du RTM, consultée en avril 2013



### 3 PHASE INFORMATIVE - HISTORIQUE MINIER

#### 3.1 Préambule sur la présentation des données

Pour rappel, les **cartes des exploitations minières**, en *Annexes B3-1 à B3-3 (hors-texte)*, illustrent par titre minier les travaux miniers souterrains, les ouvrages débouchant au jour, les installations de transport et les installations de traitement du minerai.

Les **cartes informatives**, en *Annexes B4-1 à B4-15 (hors-texte)*, illustrent par zone investiguée les sources potentielles de pollution (dépôts miniers, émergences minières, stations et pylônes associées aux installations de transport, installations de surface) et les usages et enjeux (captages d'eaux, zones de pâturages, résidences permanentes et temporaires, aires de jeux, etc.).

Le **recueil de données géoréférencées** en *Annexe B5 (hors-texte)* est un fascicule qui fournit la description de l'ensemble des objets géoréférencés, en particulier des **646 éléments ayant fait l'objet d'un enregistrement à l'issue de l'étude de l'historique minier** (hors travaux miniers souterrains) (*Tableau 10*).

Travaux d'exploitation et d'extraction	462
<i>Travaux miniers souterrains (galeries, descenderies, etc.)</i>	379
<i>Ouvrages débouchant au jour (entrées de puits, galeries et descenderies)</i>	73
<i>Gîtes complémentaires (travaux indifférenciés, non visités ou travaux de reconnaissance uniquement)</i>	10
Installations de transport	76
<i>Voie aérienne (câbles et transbordeurs)</i>	12
<i>Voie pédestre ou charretière</i>	4
<i>Voie ferrée</i>	15
<i>Glissière hydraulique</i>	3
<i>Petite station intermédiaire d'une voie aérienne</i>	25
<i>Station principale d'une voie aérienne</i>	17
Installations de surface	49
<i>Laverie ou unité de traitement du minerai (et installation connexe)</i>	8
<i>Installation logistique (bâtiment, atelier, bureaux, etc.)</i>	30
<i>Cuve ou transformateur non démantelé(e)</i>	11
Dépôts miniers	53
<i>Stériles de creusement</i>	17
<i>Résidus de traitement</i>	10
<i>Résidus de décantation</i>	2
<i>Dépôt associé aux installations de transport (en base d'une station, sous un câble, etc.)</i>	14
<i>Mélange de sols et de résidus (sol de plateforme minière, résidus transportés par voie hydraulique)</i>	10
Emergences minières	6

**Tableau 10 : Eléments ayant fait l'objet d'un enregistrement géoréférencé à l'issue de l'étude de l'historique minier**

Chaque titre minier fait l'objet d'une présentation (situation géographique, statut administratif, travaux d'exploitation, transport du minerai, traitement du minerai, fermeture).

**À l'issue de chaque paragraphe, le lecteur trouvera un paragraphe illustré afférant à l'état actuel du site et présentant, sous forme de tableaux, la synthèse, les connaissances acquises et les résultats du diagnostic (travaux de terrain, prélèvements et mesures) sur : les installations de transport, les installations de surface, les dépôts miniers et les émergences minières.**

### 3.2 Concessions minières du secteur étudié

Quatre concessions minières ont fait l'objet de travaux d'exploitation et de traitement du minerai (Figure 28) :

- la concession du **Bulard**, exploitée pour le zinc (majoritairement) et le plomb, de 1900 à 1918, pour une production totale de 98 000 t de tout-venant, dont 41 000 t de blende et 90 t de galène ;
- la concession d'**Orle**, exploitée pour le zinc durant une dizaine d'années, au début du XX<sup>ème</sup> siècle, pour une production estimée à quelques centaines de tonnes de blende ;
- la concession d'**Irazein**, exploitée pour les cuivres gris (cuivre et argent), principalement de 1909 à 1914, pour une production estimée à quelques centaines de tonnes de minerai ;
- la concession de **Sentein**, de loin la plus importante du secteur étudié, exploitée pour le zinc, le plomb et - dans une moindre mesure - l'argent, de 1848 à 1963, pour une production totale d'un million de tonnes de minerai (titrant environ à 10% zinc et 3% plomb, soit approximativement 125 000 tonnes métal).

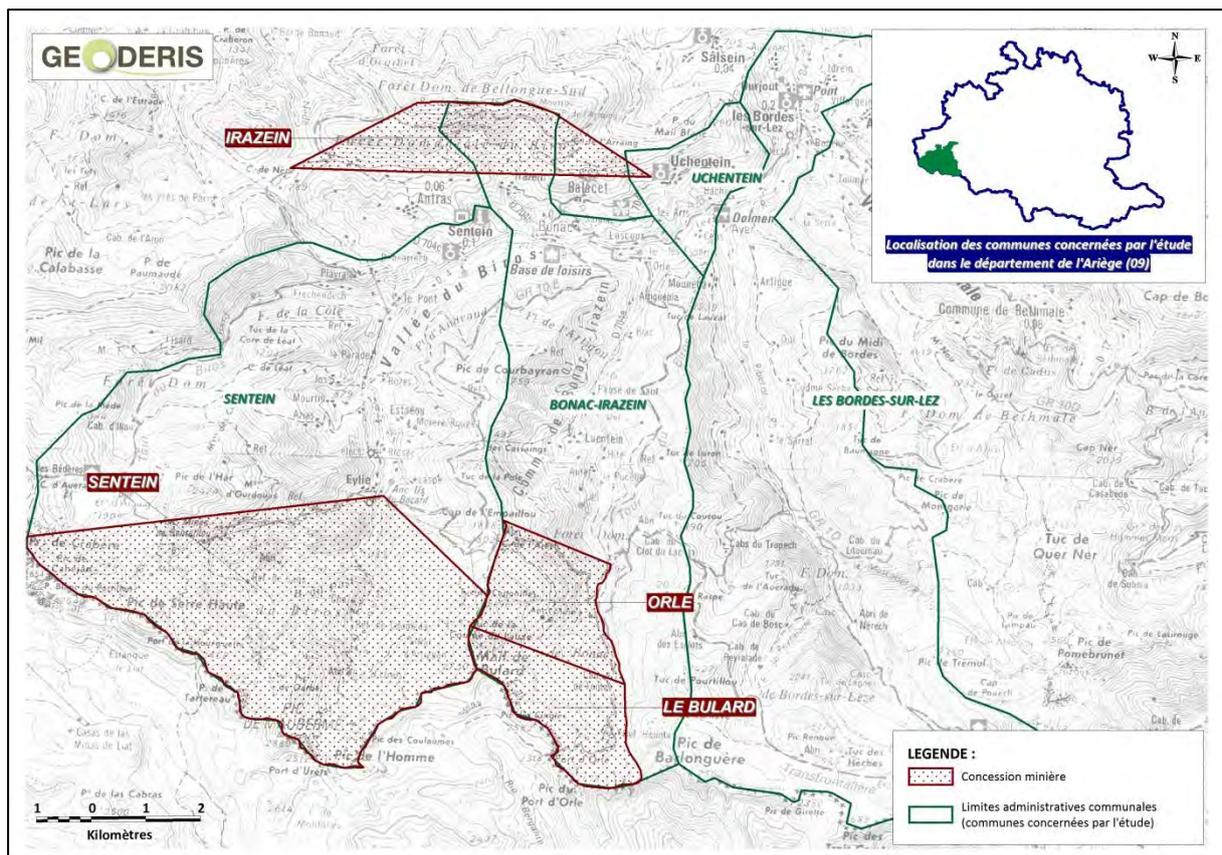


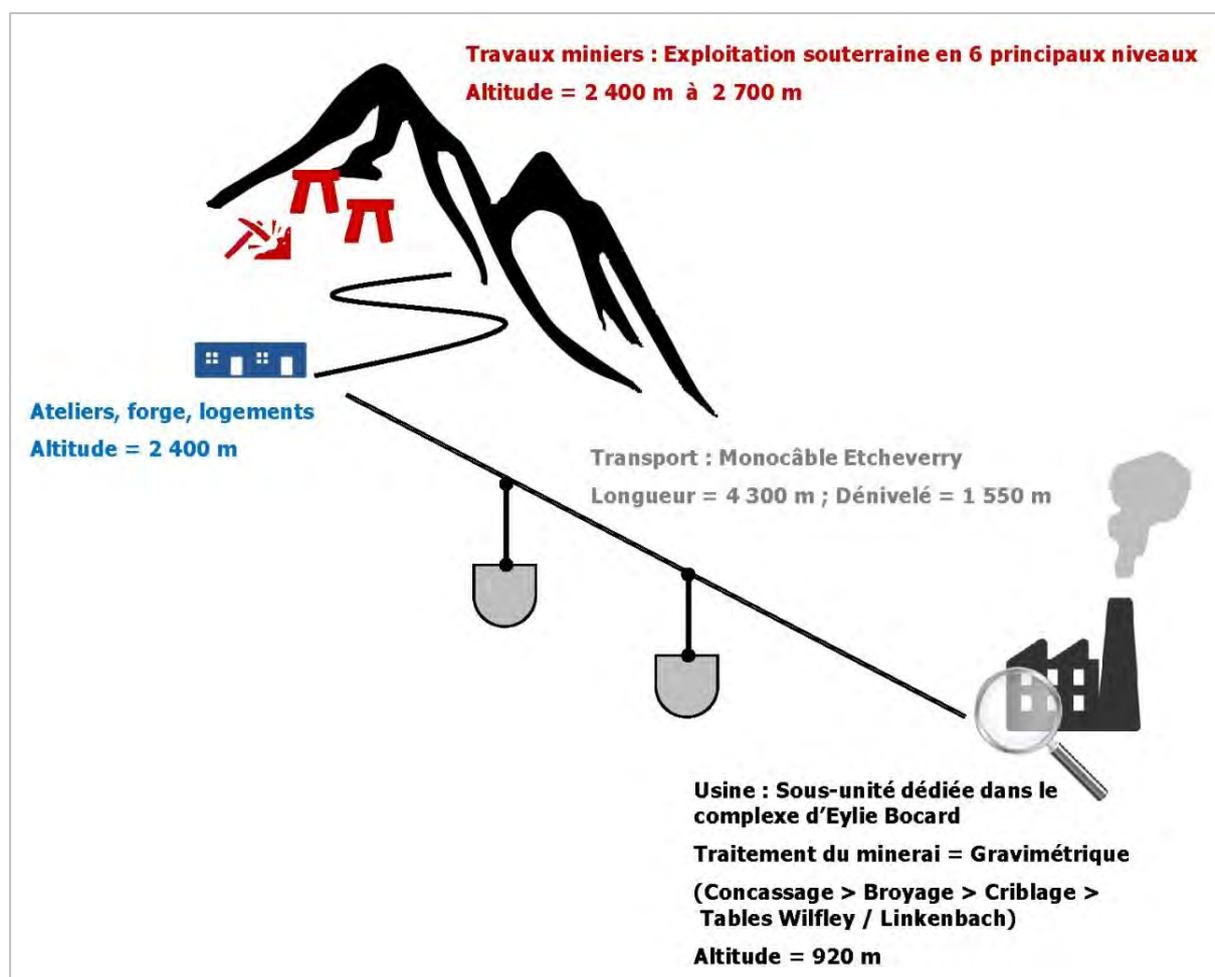
Figure 28 : Concessions minières étudiées au droit des quatre communes concernées, sur fond SCAN 100 © IGN

### 3.3 Concession du Bulard

#### 3.3.1 Situation

La concession de Bulard est située sur la commune de Bonac-Irazein. Sa limite méridionale se confond avec la frontière franco-espagnole. **Les mines ont été exploitées pour le zinc (majoritairement) et pour le plomb, de 1900 à 1918.**

La *Figure 29* illustre de façon schématique la situation du titre minier du Bulard et de ses installations (de l'extraction au traitement du minerai). Ces objets sont décrits dans les paragraphes suivants.



*Figure 29 : Situation schématisée du titre minier du Bulard et de ses installations*

### 3.3.2 Historique de la concession

Les données collectées sur la concession du Bulard sont en grande partie issues des travaux de DUBOIS de 2004 et de TARANNE de 2010. Cependant, d'autres archives minières, étudiées à la DREAL-Midi-Pyrénées à Toulouse, ont permis de compléter ces informations. Elles sont appelées en bleu et entre crochets dans le corps du texte et leur description est fournie en Annexe B1, paragraphe 3 (hors-texte).

Le Tableau 11 présente les principaux faits et dates qui ont marqué l'historique de la concession du Bulard.

Date	Evènements / Faits
Années 1840	Premières recherches déclarées en vallée d'Orle
1859	Première mention de Bulard pour un permis de recherche
23 juin 1893	Institution de la concession de Bulard par décret à la <i>Castillon Mining Company</i> pour le plomb, le zinc, l'argent et les métaux connexes
1893-1900	Pas de travaux miniers
1900-1906	Exploitation par <i>The mining and smelting company of Nescus</i>
1906	Amodiation puis vente au Syndicat Minier
1906-1914	Exploitation régulière par le Syndicat Minier
16 janvier 1914	Mutation au nom de la SFMS (en même temps que la concession de Sentein)
1914-1918	Peu d'activité
1918	Tentative de reprise infructueuse
1939	Intention de la SFMS de renoncer à la concession (la procédure n'aboutit pas)
1975	La SFMS est en liquidation. La concession est orpheline.

**Tableau 11: Principaux faits et dates qui ont marqué l'historique de la concession du Bulard**

#### 3.3.2.1 Travaux de recherche

##### **PREMIERES RECHERCHES (1844-1891)**

Les premiers dossiers de déclaration de recherches en vallée d'Orle datent de 1844, 1845 et 1847. Le 25 septembre 1848 est instituée la concession minière de Sentein au bénéfice de M. le baron de Boisrouvray, ce qui provoque l'investissement de nouvelles recherches dans la vallée d'Orle. En 1859, est découvert un affleurement de plomb argentifère à la Mail de Bulard (confirmé par arrêté préfectoral le 8 mai 1860).

De 1860 à 1869, plusieurs permis de recherche sont octroyés sans qu'aucun travail ne soit réalisé.

De 1875 à 1888, des autorisations de fouilles à Bulard sont données, mais seules de modestes excavations y sont réalisées. En 1890, J. Edwards et la *Castillon Mining Company* sont autorisés à exécuter des recherches à Bulard.

## **RECHERCHES DE J. EDWARDS, CASTILLON MINING COMPANY (1891-1893)**

J. Edwards réalise quelques travaux de recherches à la Mail de Bulard (4 amorces de galeries de 6 à 13 m de long et deux attaques de puits de 3 et 9 m). La situation des affleurements rend les travaux extrêmement pénibles. Suite à ces travaux, pourtant bien superficiels, J. Edwards demande la concession en 1892, sans être assuré de la continuité en profondeur du gisement de Bulard.

### **3.3.2.2 Octroi de la concession**

**La concession est instituée par un décret du 23 juin 1893** pour des mines de plomb, zinc, argent et métaux connexes, à la *Castillon Mining Company*, qui a déposé son bilan deux semaines plus tôt. Elle n'effectue donc aucune exploitation dans le périmètre de la concession. Du fait d'une nouvelle chute des cours des métaux, l'activité minière ne reprendra qu'en 1898.

### **3.3.2.3 Mutations de la concession**

De 1896 à 1898, une famille se portera acquéreur conditionnel des concessions de Sentein et de Bulard. Cette dernière est cependant inactive à cette époque.

La société *The Mining and Smelting Company of Nescus* est fondée le 19 juillet 1898. Elle exploitera le gisement jusqu'en 1906.

Le Syndicat minier est fondé le 28 avril 1906. Il exploite régulièrement les deux concessions jusqu'en 1913. **L'épuisement du gisement de Bulard est remarqué dès 1913.** Le 9 septembre de la même année, Le *Syndicat Minier* vend les concessions de Sentein et Bulard à la *Société française des mines de Sentein* [BUL-D-09]. Le Syndicat minier est mis en liquidation en 1914 (DUBOIS, 2004).

La mutation des concessions de Sentein et Bulard au nom de la *Société française des mines de Sentein* est dans les faits autorisée par un décret du 16 janvier 1914 [SEN-D-58]. La mine de Bulard ne sera que peu exploitée par la SFMS : l'activité, ralentie pendant la première guerre mondiale, s'arrête définitivement en 1919 [BUL-D-02]<sup>28</sup>. Seuls des travaux de recherche et quelques glanages sont effectués dans les années précédant la fin des travaux [BUL-D-18].<sup>29</sup>

**La suite de l'histoire de la concession de Bulard est entièrement liée à celle de Sentein, exception faite qu'il ne s'y réalise aucune exploitation.**

---

<sup>28</sup> (SGR Midi-Pyrénées, Etude des concessions minières illimitées. Concession du Bulard (09)., 1994).

<sup>29</sup> En novembre 1939, la SFMS fait part de son intention de renoncer à la concession de Bulard dans un courrier adressé à l'Ingénieur en chef des Mines de Toulouse [BUL-D-27a]. L'affaire est classée sans suite.

### 3.3.3 Travaux miniers

#### 3.3.3.1 Structure filonienne

Pour rappel, la minéralisation de la mine du Bulard s'inscrit dans la formation « *Horizon de Crabère* » et consiste principalement en une paragenèse {blende-galène-pyrrhotite-magnétite} (cf. *paragraphe 2.5.4.*).

Le filon affleure sur le versant français du pic de la Mail de Bulard, l'altitude de la crête frontière étant de 2 752 m au sommet de ce pic. La cote approximative de l'affleurement est de 2 450 m. Le filon se diviserait en « deux branches » et affleure en deux endroits

Le filon est dirigé EW et son pendage est proche de la verticale (*Figure 30*). Sa puissance moyenne est de 1 à 1,20 m [BUL-D-30]. Certaines parties du filon donnent jusqu'à 4 m de blende massive [BUL-D-11a]. L'épaississement de la minéralisation en certains endroits et la présence de « deux branches » seraient en fait la conséquence de la rencontre entre deux filons [BUL-D-10].

*Figure 30 [ci-contre] : Structure supposée du filon en 1907 [BUL-D-09]*



#### 3.3.3.2 Exploitation

De l'institution de la concession (1893) à 1902, aucune exploitation n'est réalisée.

##### TRAVAUX DE THE MINING AND SMELTING COMPANY OF NESCUS (1902-1906)

De 1902 à 1904, la mine semble exploitée un peu au hasard et sans méthode apparente. En 1903, les travaux se développent alors sur 52 m de hauteur partagés en trois étages par les galeries n°1 à n°4. La mine produit alors 40 tonnes de tout-venant par jour, donnant 20 tonnes de blende lavée.

En 1904, deux nouvelles galeries sont amorcées. L'exploitation est réalisée par gradins droits, en laissant des piliers pour soutenir les épontes (avec un espacement maximum de 7 m sur avis de l'ingénieur des Mines [BUL-D-30]).

##### TRAVAUX DU SYNDICAT MINIER (1906-1913)

En 1907, le Syndicat minier envisage d'exploiter progressivement par gradins renversés, avec remblayage pour assurer la stabilité des épontes. Cette technique permettrait d'éviter de laisser des piliers de minerai [BUL-D-09]. Le remblayage est en effet adopté, mais les procès-verbaux de visite suivants montrent que l'exploitation s'est quasiment toujours effectuée par gradins droits. 110 m séparent la galerie n°1 de la galerie n°5.

À 45 m en contrebas de la galerie n°1, un travers-banc de 60 m de longueur a été tracé, sans avoir encore recoupé le minerai. La majeure partie des travaux se concentre aux étages n°2 à n°4 [BUL-D-10] ; [BUL-D-11a]. L'exploitation est « régulière et facile » [BUL-D-13a].

À partir de 1909, quelques travaux sont réalisés au niveau d'un « nouveau filon », situé 55 m plus bas que la galerie 0. Une galerie de quelques dizaines de mètres de longueur, dite « des Anglais », est située au niveau du carreau de la mine.

**L'activité est maximale en 1910**, avec en moyenne 200 hommes occupés à la mine. Ces chiffres ne tiennent pas compte des employés travaillant à la laverie du Bocard-d'Eylie, qui reçoit également le minerai de la concession de Sentein.

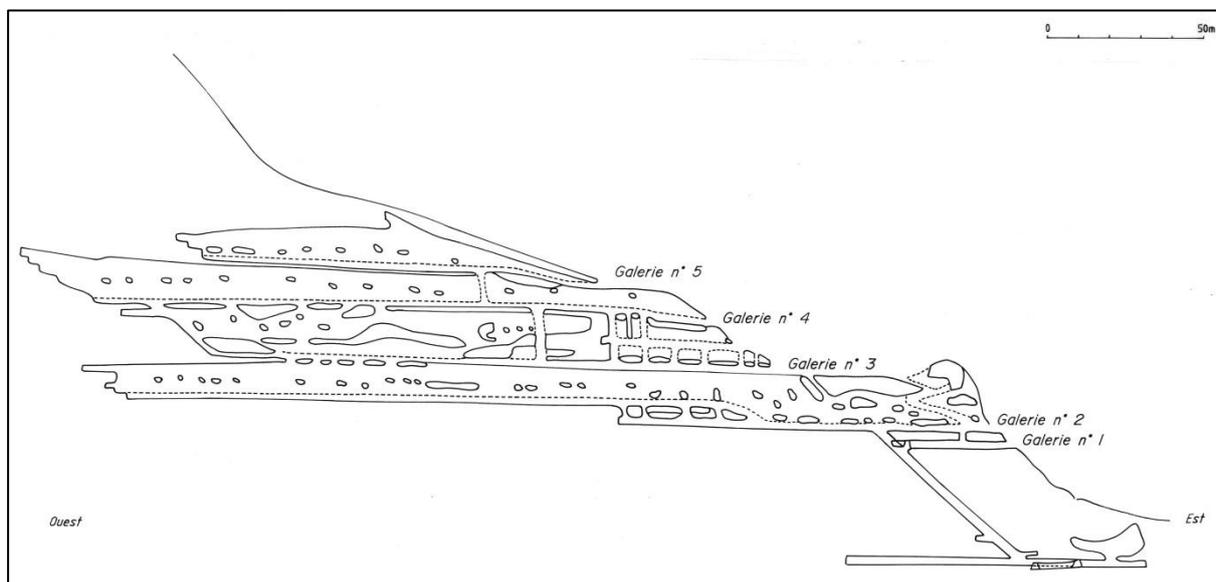
### **PAR LA SFMS (1914-1918)**

En 1914, le filon devient de plus en plus « stérile » à l'avancée de l'exploitation, et ce depuis 1913 (DUBOIS, 2004). Il n'existe d'ailleurs aucun procès-verbal de visite de 1914 à 1917 inclus. Seul celui du 15 avril de 1918 [BUL-D-17] indique qu'il subsiste encore une activité à Bulard pendant ces années.

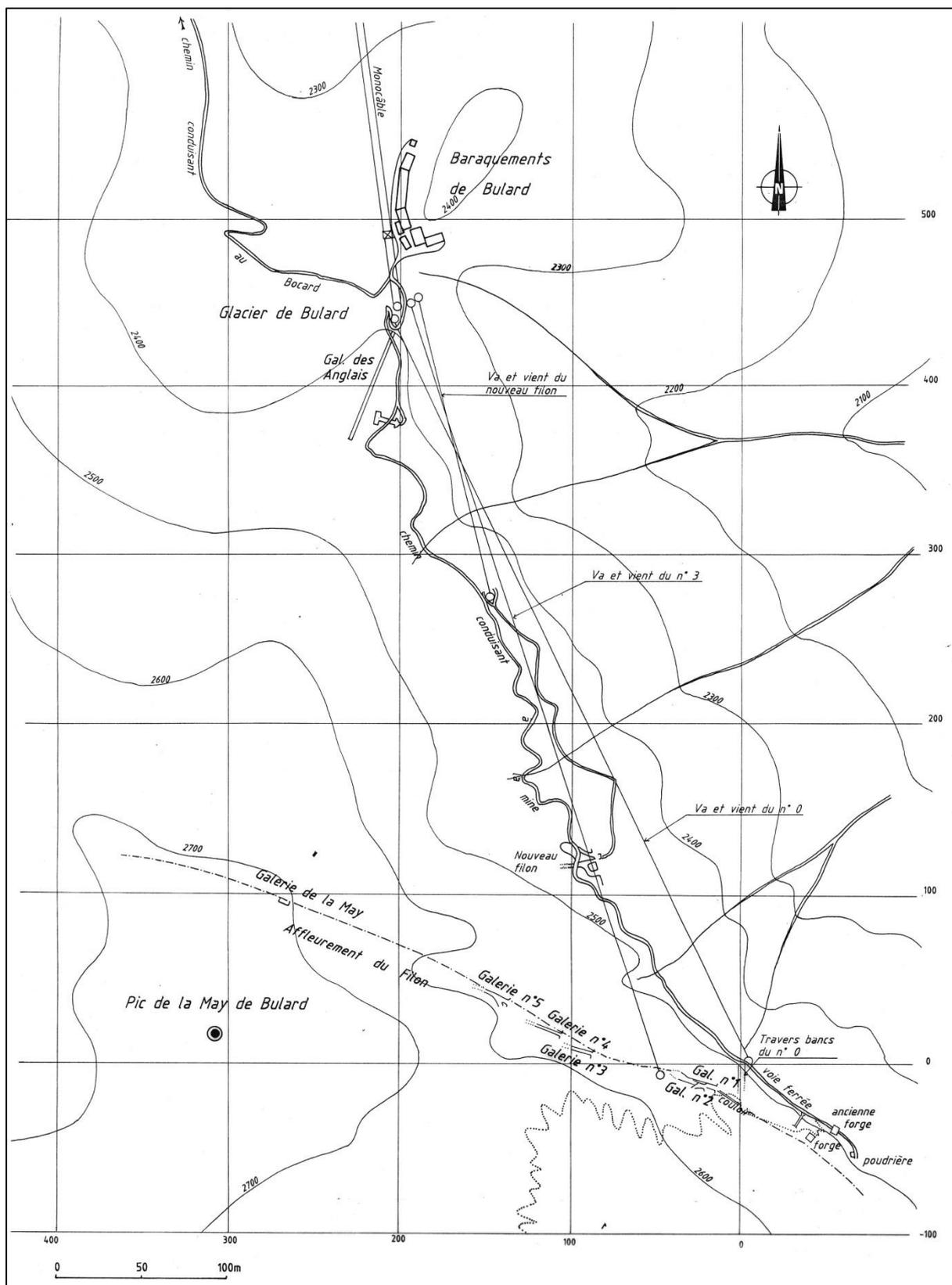
En 1917, du minerai a été glané au sol de la galerie n°2 et quelques travaux de recherche ont été réalisés. Cependant, en 1918, tout le minerai visible semble avoir été pris ; seuls des travaux de recherche sont alors envisageables pour la suite. En cas d'insuccès, la mine serait « définitivement condamnée » ; c'est effectivement ce qui a lieu [BUL-D-18]. Les ouvriers occupés en 1918 sont affectés à la mine de Bentailou.

**Au total, la mine du Bulard aura produit 98 000 tonnes de tout-venant dont 41 000 tonnes de blende et environ 90 tonnes de galène.**

**Les travaux miniers souterrains s'organisent selon 6 niveaux principaux, n°0 à n°5, les cinq derniers débouchant au jour (Figure 31 et Figure 32).**



**Figure 31 : Coupe de la mine du Bulard en 1912 (document daté du 1<sup>er</sup> avril 1912 ; Archives DREAL Midi-Pyrénées ; (DUBOIS, 2004))**



**Figure 32 : Plan du site de Bulard en 1912 (Document daté du 5 mai 1912 ; Archives DREAL Midi-Pyrénées ; (DUBOIS, 2004)**

### 3.3.4 Transport du minerai

Un monocâble de descente de type Etcheverry est mis en service en 1902. Il est divisé en deux branches, l'ensemble ayant 4 300 m de longueur pour 1 550 m de dénivelé [BUL-D-30] (Figure 33).

Deux va-et-vient, d'environ 500 m de long, relient le niveau 3 au carreau de la mine, d'où part le monocâble (pour les minerais des niveaux 3 à 5) et le niveau 0 au carreau de la mine (pour les minerais des niveaux 0 à 2). Un autre va-et-vient, construit en 1910, relie le « nouveau filon » au carreau [BUL-D-12].

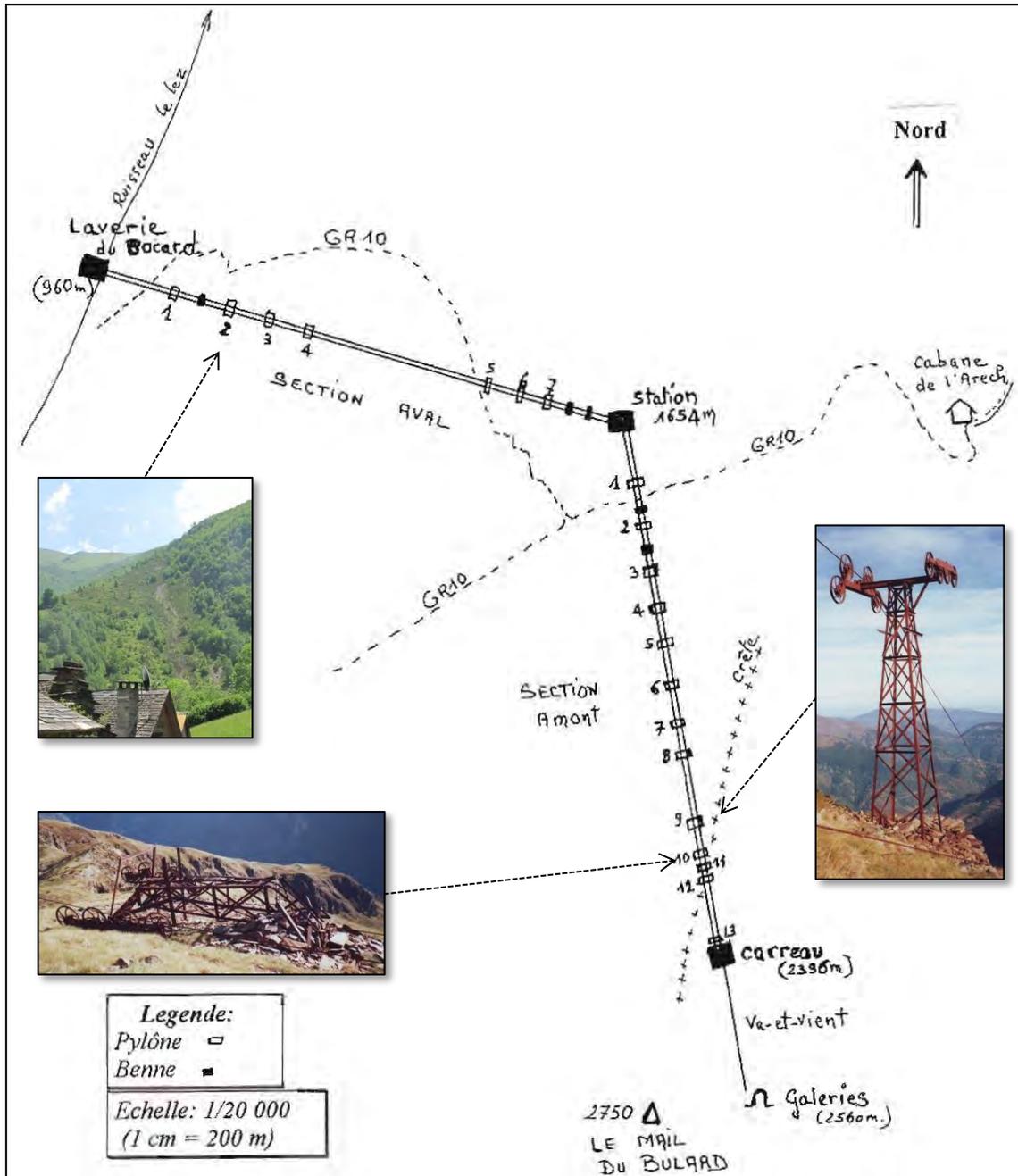


Figure 33 : Pylône n°9 et schéma du téléphérique reliant le carreau de la mine de Bulard au Bocard d'Eylie (SGR Midi-Pyrénées, 1994)

### 3.3.5 Traitement du minerai

Le minerai subit un premier tri dans la mine afin d'éliminer les parties complètement « stériles » (schistes et quartz). Après cette première opération, en 1910, le minerai tout-venant de Bulard contiendrait entre 20% et 22% de zinc. Il est ensuite envoyé au Bocard d'Eylie grâce aux installations de transport décrites précédemment où il subit un traitement gravimétrique dans une unité spécifique via des opérations de concassage, broyage et tri et l'utilisation, notamment en fin de traitement, de deux tables de Wilfley et de deux tables de Linkenbach.

En 1910, un premier scheidage donne du minerai à 46-50% de zinc. Le reste est traité dans l'unité dédiée traitement de la laverie d'Eylie et enrichi entre 42% et 45% [BUL-D-12]. Le schéma de fonctionnement de cette installation est présenté sur la Figure 34.

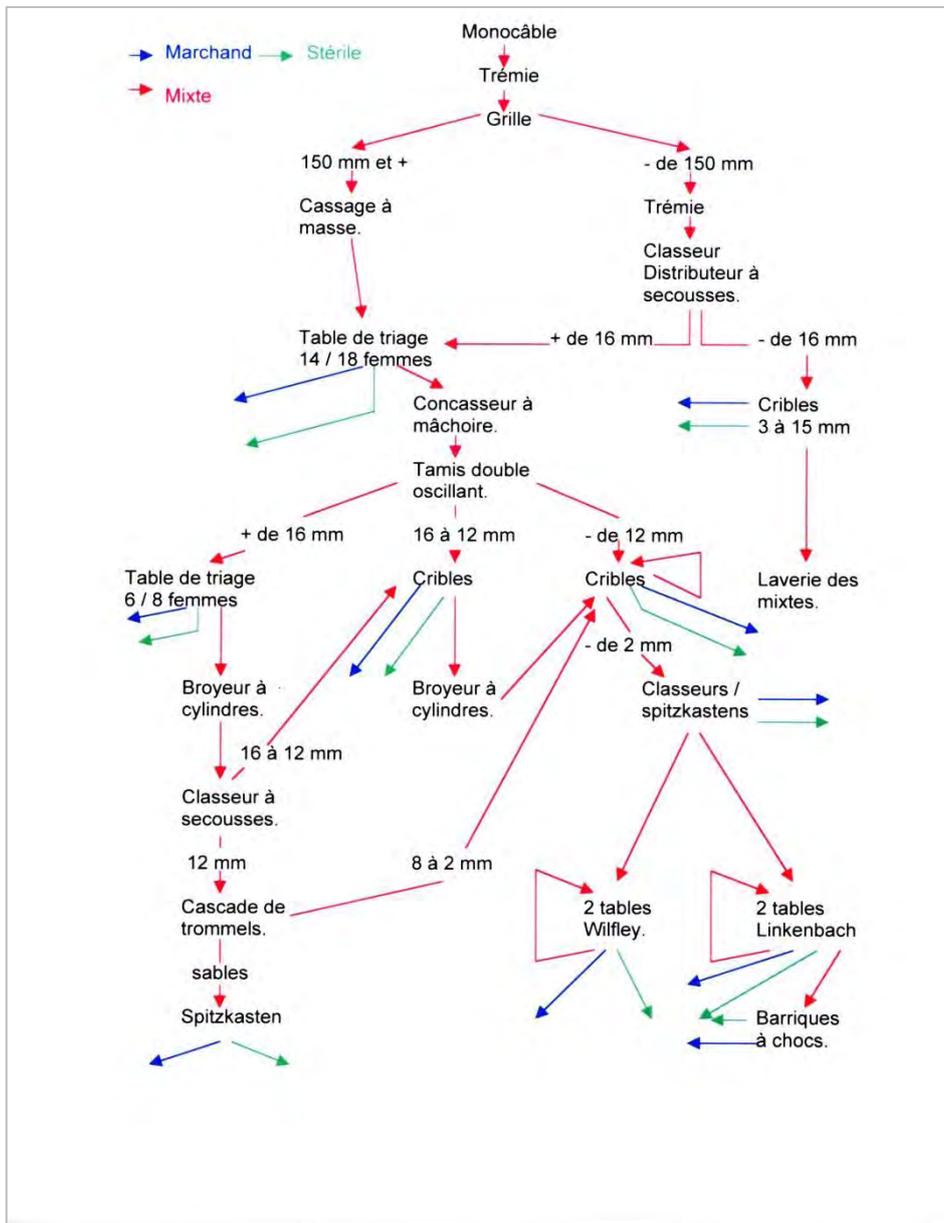


Figure 34 : Schéma de fonctionnement de l'unité dédiée au traitement du minerai du Bulard, à la laverie du Bocard d'Eylie en 1907 (DUBOIS, 2004)

### 3.3.6 Fermeture et travaux de mise en sécurité

La concession étant orpheline, c'est l'Etat qui a pris en charge la mise en sécurité du site [BUL-D-02].

#### TRAVAUX MINIERS SOUTERRAINS :

La galerie des Anglais (*Figure 35*) (de 2 m de haut et 1,5 m de large) est le seul ouvrage accessible. Elle débouche sur le carreau de la mine. Elle est creusée dans la roche saine et est pénétrable sur une cinquantaine de mètres.

Les autres ouvrages miniers souterrains (*Figure 36*) sont quasiment inaccessibles.



*Figure 35 : Entrée de la galerie des anglais (à gauche : (SGR Midi-Pyrénées, 1994) ; à droite : (GEODERIS, 2010)]*



Travaux souterrain du « Nouveau filon » (le jalon mesure 1 m)

*Figure 36 : Etat actuel des travaux miniers souterrains au « Nouveau filon » (55 m sous la galerie n°0) (DUBOIS, 2004)*

#### VESTIGES ET DEPOTS MINIERS

Les déblais d'extraction des galeries et les résidus de concassage ont été rejetés au pied de la falaise où ils se sont mélangés aux blocs rocheux tombés naturellement de la falaise. Il n'y a pas de résidus de laverie sur le site de Bulard étant donné que le minerai était traité au Bocard d'Eylie. Sur le carreau de la mine, seuls subsistent 7 baraquements en pierres ruinés et des vestiges du monocâble reliant le carreau et le Bocard d'Eylie, ainsi qu'un va-et-vient entre le carreau et les galeries d'exploitation (a priori celui du « nouveau filon »).

## IMPACT POTENTIEL SUR L'ENVIRONNEMENT

Le site minier n'a pas d'impact sur les eaux souterraines et de surface. Il n'existe aucune activité humaine dans la zone de haute montagne où est située la mine. La partie inférieure du téléphérique se situe en zone touristique (vallée de Sentein et GR10). L'impact paysager de la mine n'est décelable que par les quelques vestiges susmentionnés.

## AMENAGEMENTS REALISES

Les seuls travaux de mise en sécurité ont consisté en la mise à terre et l'évacuation des pylônes les plus dangereux ; les autres sont restés en place. Aucune mise en sécurité supplémentaire n'a été réalisée sur le site minier dont l'état actuel général est illustré par la *Figure 37*.



Habitat et station de tête du monocâble Etcheverry. À gauche de celle-ci, station de recette des va-et-vient de la mine.



Habitat, la station de recette des va-et-vient, la station de tête du monocâble et son premier pylône (vue depuis le sud)



Ancienne voie de roulage

**Figure 37 : Vestiges miniers actuels du Bulard, au droit des baraquements et du carreau de la mine (DUBOIS, 2004)**

### 3.3.7 Etat actuel du site et sources de pollution

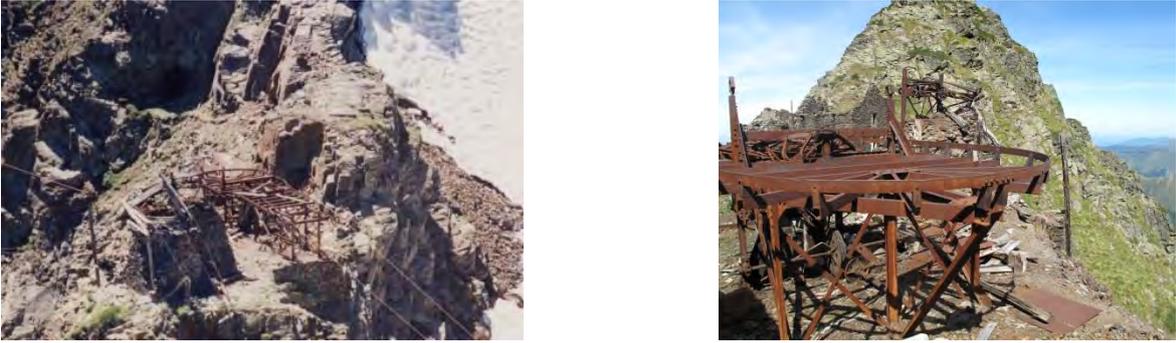
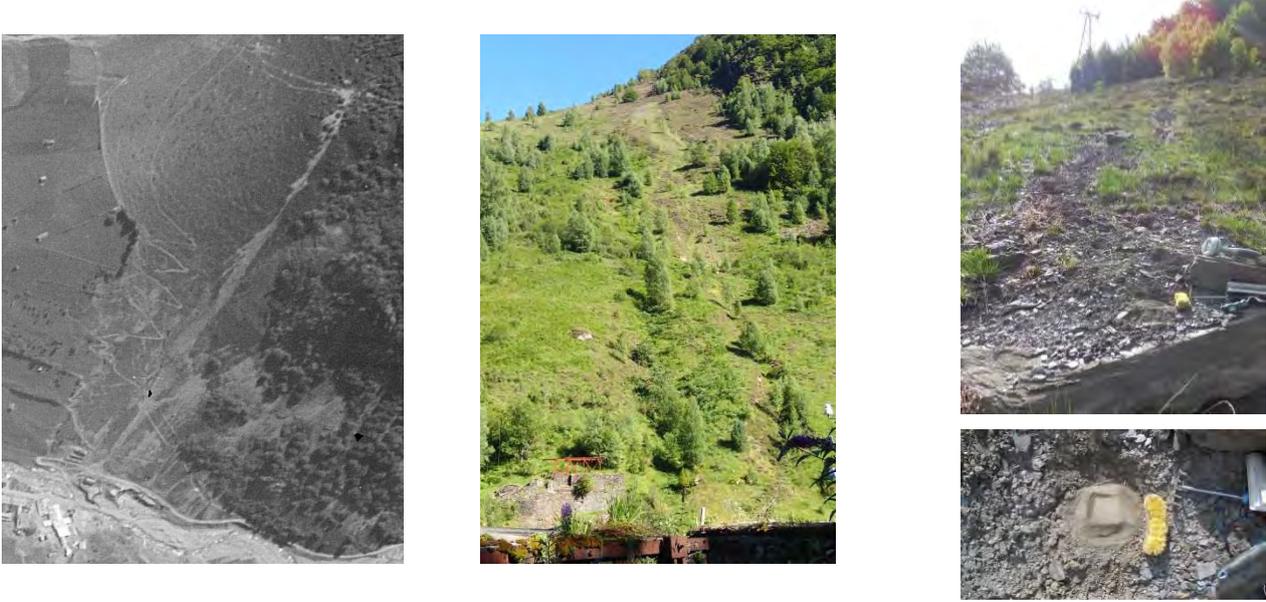
L'état actuel du site, de ses vestiges et des sources de pollution associées sont décrites dans les *Tableau 12* et *Tableau 13*. Ces éléments sont cartographiés sur la carte des exploitations minières du Bulard (*Annexe B3-2, hors-texte*) et la carte informative d'Eylie (*Annexe B4-6, hors-texte*)<sup>30</sup>.

**Ce paragraphe constitue la synthèse de la phase informative, des observations de terrain et des principaux résultats analytiques obtenus lors de la caractérisation des sources de pollution identifiées.**

n°299	Baraquements ruinés des mineurs (logements, ateliers, forge, magasins, etc.) de la mine du Bulard. Edifices visités en 2010 (GEODERIS, 2010).
	
n°175	Chemin de mine, voie de roulage empruntée par les mineurs pour se rendre du carreau aux travaux miniers (d'après DUBOIS, 2004 ; p 1081). Report selon traces sur Ortho.
n°176	Voie ferrée entre l'entrée du Nouveau Filon et la tête d'un va-et-vient qui rejoint le carreau (d'après DUBOIS, 2004 ; p 1081). Report selon traces sur Ortho.
n°177	Plan incliné en surface reliant les entrées des galeries n°1 et n°2 (niveaux débouchant au jour les plus bas des TMS) à la forge (d'après DUBOIS, 2004). Report d'après plans miniers.
n°178	Petite station. Tête du va-et-vient n°2 à l'entrée du travers-banc n°0 (d'après DUBOIS, 2004). Report d'après plans miniers.
n°179	Va-et-vient n°2 entre le travers-banc n°0 et la Station de téléphérique du Bulard (d'après DUBOIS, 2004). Report d'après plans miniers.
n°180	Petite station. Tête du va-et-vient n°3 à l'entrée du niveau 3 (d'après DUBOIS, 2004). Report d'après plans miniers.
n°181	Va-et-vient n°3 entre l'entrée du niveau 3 et la Station de téléphérique du Bulard (d'après DUBOIS, 2004). Report d'après plans miniers.
n°182	Petite station. Tête du va-et-vient du Nouveau Filon (d'après DUBOIS, 2004). Report d'après plans miniers.
n°183	Va-et-vient du Nouveau-Filon (d'après DUBOIS, 2004 ; p 1081). Report d'après plans miniers.

**Tableau 12 : Installations de surface logistiques et de transport à la mine du Bulard (visité par GEODERIS en 2010 lors de l'inventaire DDIE)**

<sup>30</sup> Les références précisées dans les tableaux sont celles reprises sur les cartes.

n°184	Station de téléphérique du Bulard. Station de tête du monocâble Etcheverry reliant la mine de Bulard au bocard d'Eylie (d'après DUBOIS, 2004). En sortie de voie de roulage de la mine et des trois va-et-vient (câbles aériens). <i>Ci-dessous, à gauche : DUBOIS, 2004.</i>
	
n°185	Monocâble Etcheverry reliant la mine de Bulard au bocard d'Eylie (d'après Dubois, 2004). Report selon traces sur Ortho.
n°186	Station intermédiaire du monocâble reliant la mine de Bulard au bocard d'Eylie (d'après DUBOIS, 2004). Altitude 1 654 m. Report d'après Ortho.
n°228	Minerai supposé, associé au câble reliant la mine du Bulard à Eylie. Tracé d'après ORTHO et d'après photo aérienne de 1942 (« trace blanche »), en concordance avec tracé du câble.
n°230	Minerai + matériaux de construction, supposés associés au monocâble reliant la mine de Bulard au bocard d'Eylie. Tracé d'après ORTHO. Granulométrie hétérogène mais principalement mm – cm. <i>Mesures NITON (en base du dépôt) : Zn et Pb &lt; 500 mg/kg</i> <i>Ci-dessous, à gauche : extrait de la photo aérienne de 1942, Géoportail ©IGN</i>
	
n°187	Station de recette du monocâble reliant la mine de Bulard au bocard d'Eylie, bâtiment accolé à la laverie (d'après DUBOIS, 2004). Reconnaissance sur le terrain.

**Tableau 13 : Installations de transport entre la mine du Bulard et la laverie d'Eylie et dépôts miniers associés**

### 3.4 Concession d'Orle

#### 3.4.1 Situation

La concession d'Orle est située sur la commune de Bonac-Irazein. Sa limite méridionale se confond avec la limite septentrionale de la concession du Bulard. **Les mines ont été exploitées pour le zinc durant une dizaine d'années au début du XX<sup>ème</sup> siècle.** Elles sont organisées selon plusieurs gîtes, la plupart ne consistant qu'en des travaux de recherches. La *Figure 38* illustre de façon schématisée la situation du titre minier d'Orle et de ses installations (de l'extraction au traitement du minerai). Ces objets sont décrits dans les paragraphes suivants.

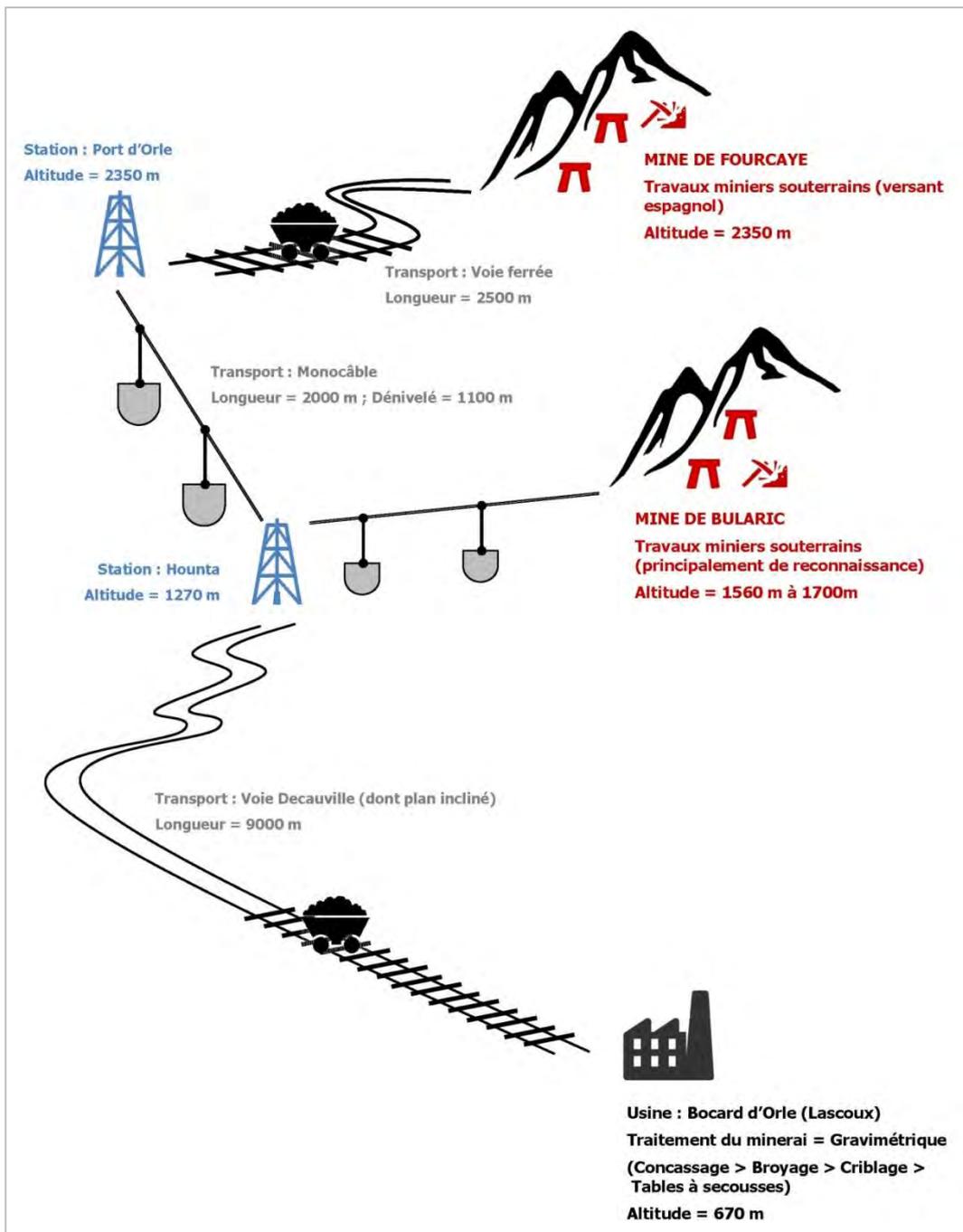


Figure 38 : Situation schématisée du titre minier d'Orle et de ses installations

### 3.4.2 Historique de la concession (et des sites associés)

Les données collectées sur la concession d'Orle (et des sites associés) sont en grande partie issues des travaux de DUBOIS de 2002 et 2004 ainsi que des rapports de MICA Environnement de 2001, 2006 et 2007.

Cependant, d'autres archives minières, étudiées à la DREAL Midi-Pyrénées à Toulouse, ont permis de compléter ces informations. Elles sont appelées en bleu et entre crochets dans le corps du texte et leur description est fournie en Annexe B1, paragraphe 3 (hors-texte).

Le Tableau 14 présente les principaux faits et dates qui ont marqué l'historique de la concession d'Orle.

Date	Evènements / Faits
17 décembre 1907	Institution par décret de la concession d'Orle au profit de la <i>Société Anonyme de Montolieu</i> pour plomb, zinc, cuivre, argent et métaux connexes
1913	Réduction du périmètre initial de la concession (400 ha au lieu de 905 ha)
21 septembre 1961	Mutation au profit de la Société Minière et Métallurgique de Peñarroya
1988	Peñarroya devient METALEUROP SA par fusion de la Société Minière et Métallurgique de Peñarroya et de la division des métaux non ferreux de la société allemande Preussag
5 décembre 2001	METALEUROP SA dépose la demande d'arrêt définitif de travaux
5 juin 2002	Accord tacite donnant acte à METALEUROP pour l'exécution des travaux de mise en sécurité, complété le 22 octobre 2002 par un courrier de M. le Préfet de l'Ariège précisant quelques modalités pour ces travaux
20 octobre 2003	Arrêté préfectoral mettant METALEUROP en demeure d'engager les travaux
juin-juillet 2006	Exécution des travaux de mise en sécurité
4 septembre 2007	Renonciation du titre minier

Tableau 14 : Principaux faits et dates qui ont marqué l'historique de la concession d'Orle

#### 3.4.2.1 Travaux de recherche avant concession

##### PREMIERES RECHERCHES (XIX<sup>EME</sup> SIECLE)

Les premiers dossiers de déclaration de recherches datent de 1844, 1845 et 1847 en vallée d'Orle. En 1860, l'administration des Mines attribue le territoire communal (moyenne montagne, indices de Bularic et Flouquet, qui donneront naissance à la concession d'Orle) à J.-F. Surre, et le territoire domanial (haute montagne, qui deviendra la concession de Bulard) à la Compagnie des mines de Sentein. De 1860 à 1899, il est impossible de savoir qui a réellement procédé à des travaux d'exploitation, quand et à quel endroit (DUBOIS, 2002).

##### SOCIETE DES MINES DE MONTOLIEU

La Société des Mines de Montolieu est constituée le 25 août 1899. Son siège est à Alès (30). Son objectif est d'exploiter des gisements de blende espagnols, situés autour de l'étang de Fourcaye, dans le Val d'Aran. De 1903 à 1905, la compagnie effectue des attaques minières aux indices de Bularic, de Flouquet, de Darnaca, de Graullès, « des 200 », « des 400 » et de la Grotte de l'Ours, qui produisent 50 t de minerai (DUBOIS, 2004). De 1905 à 1907, elle concentre ses travaux à Bularic (DUBOIS, 2002), où elle produit encore quelques dizaines de tonnes de minerai.

### **3.4.2.2 Octroi de la concession**

Les travaux miniers du Val-d'Aran n'étant accessibles que pendant les mois d'été (altitude d'environ 2 400 m) ; c'est pourquoi les « gisements » du communal de la Vallée d'Orle font l'objet d'une demande d'institution, étant donné qu'ils sont situés à des altitudes plus basses (900 à 1 700 m). De plus, la *Société des Mines de Montoliou (SMM)* s'engage à fournir 4 000 tonnes de minerai par an à la *Société des Mines et Fonderies de Zinc (SVM)* : l'exploitation des gisements d'Orle aurait donc pu fournir un complément, sachant qu'en 1907, la SMM ne livre que 352 tonnes à la SVM.

La concession d'Orle est **instituée par décret le 17 décembre 1907**, au profit de la SMM, pour l'exploitation des mines de zinc, plomb, argent et métaux connexes.

### **3.4.2.3 Mutations de la concession**

#### **MUTATION A LA SOCIETE DES MINES DES BORMETTES (1908-1961)**

Peu de temps après l'institution de la concession d'Orle, toujours en 1907, la SMM abandonne tous les travaux (à Orle et dans le Val d'Aran). Les mines et installations sont vendues à la Société des Mines des Bormettes (SMB) au printemps 1908. La SMB n'effectue aucune exploitation à Orle. Elle vend tout l'outillage mineur et approvisionnements d'exploitation et de cantine. Le matériel des câbles, plans inclinés et laverie a été démonté et mis en vente [ORL-D-25]. Elle conserve ensuite la propriété de la concession pendant plus de 50 ans.

#### **MUTATION A LA SOCIETE MINIERE ET METALLURGIQUE DE PEÑARROYA (1961-1988)**

La Société Minière et Métallurgique de Peñarroya demande la mutation de la concession d'Orle en son nom en octobre 1960, ce qu'elle obtient par décret du 21 septembre 1961. [ORL-D-14]. Elle n'y réalise cependant aucune exploitation.

#### **FORMATION DE METALEUROP SA (1988-2007)**

Peñarroya devient METALEUROP SA par fusion avec la division des métaux non ferreux de la société allemande Preussag (MICA Environnement, 2007). METALEUROP hérite donc de la concession d'Orle et n'y effectue aucune exploitation.

### 3.4.3 Travaux miniers

Les seules extractions faites dans le périmètre de la concession d'Orle sont celles effectuées à la mine de Bularic de 1903 à 1907 (avant institution de la concession) ainsi qu'à la mine de Fourcaye (sur le versant espagnol) au début du XX<sup>ème</sup> siècle. Le tonnage produit est vraisemblablement très faible, il est estimé à quelques centaines de tonnes de blende marchande au plus.

#### 3.4.3.1 Principaux sites exploités

##### MINE DE BULARIC

Pour rappel, la minéralisation de la mine de Bularic s'inscrit dans la formation des « Calcaires de Bentailou » et consiste principalement en une paragenèse {blende-pyrrhotite-magnétite} (cf. *paragraphe 2.5.4.*).

À Bularic, 500 m de galeries ont été creusés, dont un travers-banc de 180 m (*Figure 39*). Aucun plan des travaux n'a été effectué à l'époque, puisqu'il s'agissait principalement de travaux de recherche mais ces derniers ont pu être reconstitués lors des travaux de mise en sécurité (MICA Environnement, 2006).

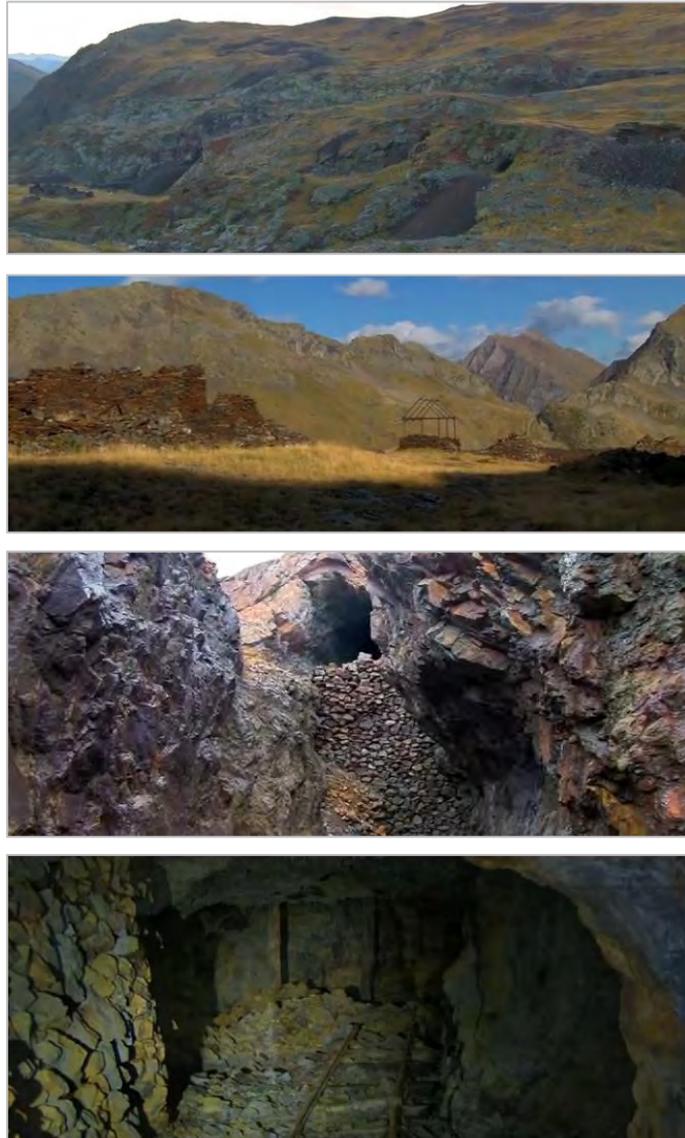


**Figure 39 : Site minier de Bularic (en haut : vues générales du site minier ; en bas, de gauche à droite : galerie O13, galerie O11 et galerie O20 [Photos : GEODERIS et BRGM ; 2013]**

## MINE DE FOURCAYE

Pour rappel, la minéralisation de la mine de Fourcaye (*Figure 40*) s'inscrit dans la formation dite « *Horizon de Crabère* » et consiste principalement en une paragénoise {blende-pyrrhotite-arsénopyrite} (*cf. paragraphe 2.5.4.*).

La mine de Fourcaye aurait fourni des quantités notables de minerai à la laverie de Lascoux. En revanche, aucune information n'est connue quant à la quantité de minerai extraite depuis le début du XX<sup>ème</sup> siècle. La Société des mines de Montoliou n'aurait fait aucune étude préalable des gisements avant de construire les installations de transport sophistiquées (DUBOIS, 2002).



*Figure 40 : Site minier de Fourcaye (ALCAZAR, 2012)*

D'autres sites miniers, de plus faible ampleur, ont été exploités au sud et à l'est de ce site minier, sur le versant espagnol (VERNHET, 1981)<sup>31</sup>.

---

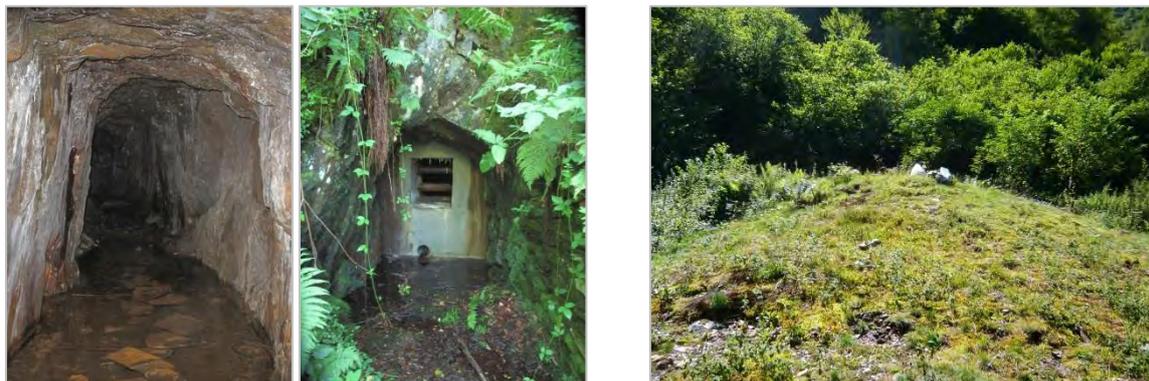
<sup>31</sup> Voir la description des gites de « Fourcaye Sud » et « Fourcaye Est »

### 3.4.3.2 Travaux de reconnaissance

#### INDICE DE GRAUILLES

Pour rappel, la minéralisation de l'indice de Grauillès s'inscrit dans la formation des « *Horizon de Crabère* » et consiste principalement en une paragenèse {blende-pyrrhotite-galène} (cf. *paragraphe 2.5.4*).

Les travaux de reconnaissance n'ont consisté qu'en une galerie de recherche d'une cinquantaine de mètres (*Figure 41*).



*Figure 41 : Indice de Grauillès : galerie de reconnaissance et dépôts de stériles associé (photos : GEODERIS, 2013)*

#### AUTRES INDICES EN RIVE DROITE DE LA VALLEE D'ORLE

Les indices dits du « *Rocher de Darnaca* » (*Figure 42*), de « *Bois d'Uget* » et « *Ruisseau du Col de Pourtillou* » ont fait l'objet de quelques travaux de reconnaissance. Ils se situent dans le Calcaire à entroques du Dévonien Inférieur (cf. *Minéralisations zincifères dans le Calcaire à Entroques du Dévonien Inférieur, paragraphe 2.5.4*) et leur minéralisation est principalement composée de blende et pyrite abondantes (LAFORET, MONCHOUX, OUDIN, & TOLLON, 1983).



*Figure 42 : Indice du Rocher de Darnaca : galerie de reconnaissance et dépôts de stériles associé (photos : GEODERIS, 2010)*

Au droit de l'indice du Ruisseau du Col du Pourtillou, une galerie de 15 m a été réalisée sur la rive droite du ruisseau (LAFORET, MONCHOUX, OUDIN, & TOLLON, 1983).

### 3.4.4 Transport du minerai

Au début du XX<sup>ème</sup> siècle, la Société des Mines de Montoliou a entrepris la construction d'une ligne de force pour le transport du minerai, reliant les mines du Val d'Aran aux installations de traitement situées à Lascoux, sur la commune de Bonac.

Ces installations de transport du minerai consistaient en (MICA Environnement, 2007) :

- une voie ferrée Decauville reliant la mine de Fourcaye au Port-d'Orle (frontière franco-espagnole), sur 2 à 4 km ;
- un transporteur aérien reliant le Port-d'Orle à la Station de Hounta (plateforme en aval des cabanes de Hounta) ;
- une deuxième voie ferrée Decauville reliant cette plateforme au Tuc de Lauzat ;
- un plan incliné reliant le Tuc de Lauzat à un chemin menant à Orle puis à Lascoux.

Les travaux, débutés en 1900, ont été terminés en novembre 1902 (DUBOIS, 2004).

En prévision de l'exploitation du gisement de Bularic, la SMM avait construit d'autres installations reliant cet indice à la ligne de transport détaillée ci-dessus, afin de traiter le minerai au même endroit. Ces installations consistaient en (MICA Environnement, 2001) :

- un transporteur aérien de 150 m, de la cote 1 680 à la cote 1 620 ;
- une voie de roulage de 40 m, de la cote 1 620 à un puits faisant office de trémie, débouchant dans la galerie O3 ;
- une voie de roulage de 90 m, acheminant l'ensemble des minerais à la plateforme supérieure du va-et-vient de Bularic ;
- le va-et-vient de Bularic de 1 km de long, qui acheminait les minerais de Bularic jusqu'à la plateforme de la Fontaine Rouge (cabane de Hounta) où il était chargé sur la voie Decauville utilisée pour transporter le minerai de la mine de Fourcaye.

### 3.4.5 Traitement du minerai

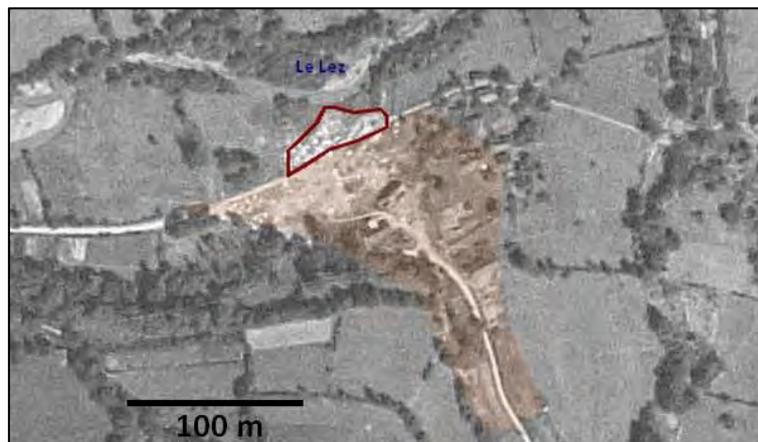
#### 3.4.5.1 Laverie gravimétrique de la Société des Mines de Montolieu

Au début des années 1900, la Société des Mines de Montolieu (SMM) construit au lieu-dit Lascoux (commune de Bonac) une usine afin de traiter le minerai extrait à la mine de Fourcaye.

**Cette laverie comportait dans cet ordre : un concasseur à mâchoires, un élévateur, un trommel et des trommels diviseurs, une toile de triage, un broyeur à cylindres, une série de cinq trommels et de 5 cribles à pistons, un classeur et une table à secousses. Les appareils sont mus par une turbine hydraulique sous conduite forcée.**

Les tonnages traités dans la laverie ne sont pas connus. Les produits des travaux de recherche dans la vallée d'Orle effectués de 1903 à 1907, en particulier sur le site de Bularic, auraient également été traités dans cette laverie. Selon Claude DUBOIS (référéncé dans la bibliographie) rencontré le 22 avril 2013 à Toulouse, la laverie aurait traité environ 420 tonnes de minerai.

D'après MM. Borrel et Burguière, respectivement adjoint au Maire et ancien adjoint au Maire de Bonac-Irazein rencontrés en avril 2013, les résidus de la laverie étaient déversés **dans la pente, en direction du Lez**, qui se situe à quelques dizaines de mètres au nord de la laverie. Cette affirmation semble étayée par une photographie aérienne de 1942 (*Figure 43*), où des zones de dépôts sont identifiables (plutôt blanches, entourées en brun) à proximité du secteur (coloré en orange) où se situaient atelier, bureaux et laverie.



**Figure 43 : Photographie aérienne de Lascoux (ou Bocard d'Orle) en 1942 © Géoportail ® IGN**

Un plan<sup>32</sup> consulté chez une résidente du hameau de Lascoux en 2010 présente les différentes installations en place en janvier 1906 ainsi que le projet d'un canal d'amenée des eaux à une « bêche à eau » qui alimente la laverie (*Figure 44*).

Il est possible de distinguer sur ce document d'époque : un atelier (résidence actuelle de ladite résidente) ; les bureaux, accolés à un laboratoire ; un magasin ; le quai à minerai (entrant) ; la laverie, avec l'emplacement de la turbine et de la bêche à eau ; un magasin de départ du minerai.

<sup>32</sup> Plan photographié par GEODERIS chez une résidente du hameau de Lascoux lors des visites de terrain de l'inventaire DDIE en 2010

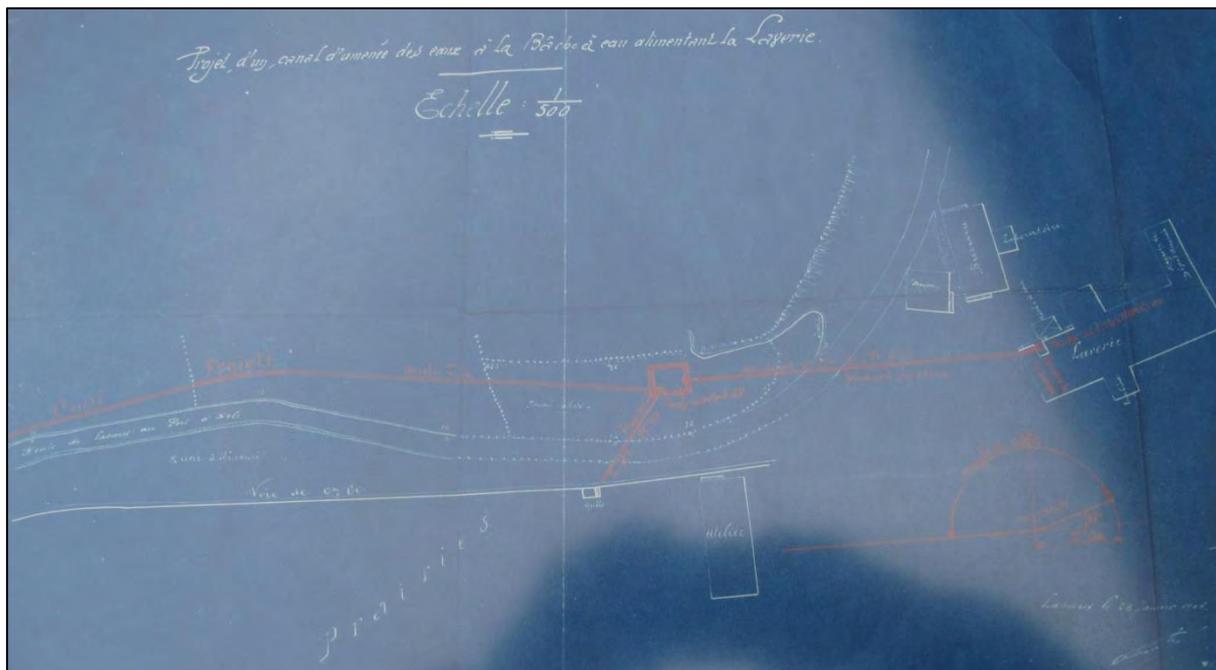


Figure 44 : Plan de la laverie de Lascoux et d'installations hydrauliques projetées, daté du 28 janvier 1906

### 3.4.5.2 Reprise pour le traitement du minerai d'Irazein

En 1907, la Société des Mines de Montolieu arrête tous les travaux d'exploitation sur le titre d'Orle et sur les sites associés. La Société des Mines des Bormettes démonte et vend le matériel des câbles, des plans inclinés et de la laverie [ORL-D-25]. Cependant, il n'est pas certain que tout l'appareillage ait quitté les lieux.

En effet, un procès-verbal de visite de juillet 1911 [IRA-D-25a] indique que la Société des Mines d'Irazein (SMI) a loué « la turbine de 100 chevaux installée à la laverie de l'ancienne mine de Montolieu et va y installer un alternateur triphasé à 5 500 V » et que « la ligne de transfert de force reliant Lascoux à la mine aura 4 200 m ». Ces travaux, alors à l'état de projet, ne sont pas confirmés clairement par la suite.

Cependant, un procès-verbal de visite de 1913 [IRA-D-31] indique que 3 ouvriers travaillent à Lascoux, ce qui laisse penser que les travaux en question ont bien été réalisés et que la SMI traitait à Lascoux le minerai de cuivre, dont une partie titre 10% à 15% d'antimoine.

En 1914, l'exploitation d'Irazein s'arrête. Elle reprend en 1920 et 1921 avec la Compagnie minière d'Irazein, qui produit quelques tonnes de minerai ; a priori non traitées à l'usine de Lascoux étant donné que la ligne de transport de force la reliant la mine d'Irazein à la laverie est « complètement démolie » [IRA-D-29].

### 3.4.6 Fermeture et travaux de mise en sécurité

#### 3.4.6.1 DADT et expertise archéologique

Le dossier de déclaration d'arrêt définitif des travaux (DADT) a été déposé en novembre 2001 (MICA Environnement, 2001). 21 ouvrages débouchant au jour ont été reconnus sur les sites de Bularic, Graullès et rocher du Darnaca. Le dossier de DADT ne prend en compte ni la laverie de Lascoux, ni la mine de Fourcaye, ni les autres éventuels indices explorés ; tous situés hors du périmètre de la concession d'Orle.

Des prescriptions complémentaires relatives aux conditions de l'arrêt des travaux avait été fournies à METALEUROP par le préfet de l'Ariège en octobre 2002, notamment au sujet d'analyses d'eau (prélèvements, recherche de métaux lourds et évaluation des débits) et de prise en compte des chiroptères.

L'expertise archéologique réalisée par DUBOIS (DUBOIS, 2002) n'avait pas remis en cause les travaux de mise en sécurité définis dans le dossier de DADT. Elle recommandait cependant que la plateforme supérieure de Bularic et ses vestiges de pylônes soient **préservés** (sous l'impulsion de la DRAC Midi-Pyrénées également<sup>33</sup>).

#### 3.4.6.2 Travaux de mise en sécurité réalisés

Les travaux de mise en sécurité sur les orifices miniers ont été réalisés en 2006. Les analyses d'eaux souterraines et de surface n'ont mis en exergue aucun enrichissement pour les principaux éléments métalliques : « *les eaux échantillonnées dans les trois galeries (O11, O20, O22) ne montrent aucune concentration métallique importante, tout au plus une petite signature en zinc* » et « *Les eaux du torrent d'Orle ne montrent aucune concentration en ions métalliques* » (MICA Environnement, 2006) (Figure 45).

Site	T° °C	Q m <sup>3</sup> /h	pH	C µS/cm	Fe µg/l	As µg/l	Ag µg/l	Cd µg/l	Pb µg/l	Zn mg/l	Ni µg/l
O 11	5	16	7.5	71	< 20	< 5	< 10	< 1	< 5	0,04	< 10
O 20	4	0,4	8.2	130	< 20	< 5	< 10	< 1	< 5	<0,02	< 10
O 22	7	0,01	8.2	45	< 20	< 5	< 10	< 1	< 5	0,11	< 10

Site	T° °C	Q m <sup>3</sup> /h	pH	C µS/cm	Fe µg/l	As µg/l	Ag µg/l	Cd µg/l	Pb µg/l	Zn mg/l	Ni µg/l
Ruisseau	6	-	7.5	110	< 20	< 5	< 10	< 1	< 5	<0,02	< 10

Figure 45: Résultats d'analyses sur les émergences minières s'écoulant des galeries O11, O20 et O22 et sur les eaux du le ruisseau de l'Orle, en aval des travaux miniers (MICA Environnement, 2006)

<sup>33</sup> Information recueillie lors d'une rencontre avec M. Barrère (DRAC Midi-Pyrénées) le 22/04/2013.

### **3.4.6.3 Conclusions du dossier de demande de renonciation**

La demande de renonciation au titre minier est déposée en janvier 2007. Les conclusions du dossier de demande de renonciation sont :

- la tenue des terrains des travaux miniers est excellente, les galeries centenaires étant dans un état de conservation remarquable ;
- il n'existe aucun risque de déversement brutal des eaux en aval des travaux miniers, les travaux miniers étant très peu étendus ;
- les travaux miniers n'ont aucune incidence sur la qualité des eaux (des galeries ou du torrent) ;
- les travaux de fermeture des galeries (mur en béton) ont été réalisés de manière à préserver un habitat pour les chiroptères ;
- les galeries laissées en l'état car courtes et très solides sont très prisées comme abri pour les moutons ;
- le site ne comprend aucun enjeu autre que pastoral ; il n'y a pas lieu de suggérer des restrictions à l'occupation des sols.

Tous les risques résiduels suivants sont considérés comme nuls par MICA Environnement (MICA Environnement, 2007) : pénétration dans les travaux miniers (sans mettre en œuvre de moyens importants), effondrement, affaissement et pollution des eaux.

**La concession est renoncée le 4 septembre 2007.**

### 3.4.7 Etat actuel du site et sources de pollutions

L'état actuel du site, de ses vestiges et des sources de pollution associées sont décrites dans les *Tableau 15 à Tableau 17*. Ces éléments sont cartographiés sur la carte des exploitations minières d'Orle (*Annexe B3-3, hors-texte*) et les cartes informatives de Bularic et Grauillès d'une part et de Lascoux, d'autre part (*respectivement en Annexes B4-13 et B4-14, hors-texte*)<sup>34</sup>.

**Ce paragraphe constitue la synthèse de la phase informative, des observations de terrain et des principaux résultats analytiques obtenus lors de la caractérisation des sources de pollution identifiées.**

n°253	Stériles de creusement en sortie de la galerie O22, recouvert d'un couvert herbacé rase. Granulométrie grossière (cm à dm). Surface = 200 m <sup>2</sup> . Prélèvements dans les pâtures alentour : Zn et Pb < 500 mg/kg
	
n°254	Stériles de creusement, non végétalisés. Granulométrie très grossière (dm à pluri-dm). Surface = 50 m <sup>2</sup> . Mesure NITON : Zn = 5%, très peu de Pb.
	
n°255	Stériles de creusement en sortie de la galerie O10, déversés dans la pente et peu végétalisés. Granulométrie grossière (cm à dm). Surface = 200 m <sup>2</sup> . Mesure NITON : Zn = 4%, très peu de Pb (cf. ci-dessous, à gauche et au centre)
n°256	Stériles de creusement en sortie de la galerie O3, déversés dans la pente et peu végétalisés. Granulométrie grossière (dm à pluri-dm). Surface = 400 m <sup>2</sup> . Mesure NITON : Zn = 1%, très peu de Pb (cf. ci-dessous, à droite)
	

**Tableau 15 : Dépôts de stériles de creusement sur les sites de Grauillès et de Bularic**

<sup>34</sup> Les références précisées dans les tableaux sont celles reprises sur les cartes.

<b>n°300</b>	Baraquements ruinés des mineurs (logements, ateliers, forge, magasins, etc.) de la mine du Fourcaye (positionnement : selon Ortho) (cf. ci-dessous vues du site minier en 2012, à gauche et au centre (source : site internet <a href="http://www.photosariege.com">http://www.photosariege.com</a> consulté le 06/05/2015))
<b>n°188</b>	Voie Decauville menant de la Mine de Fourcaye à la Station du Port d'Orle. Report d'après Ortho.
<b>n°189</b>	Station du Port d'Orle. Station de tête du monocâble reliant le Port d'Orle à la Station de Hounta pour le transport du minerai de Fourcaye. Report d'après Ortho. (cf. ci-dessous, à droite (source : site internet <a href="http://www.photosariege.com">http://www.photosariege.com</a> consulté le 06/05/2015))
	
<b>n°190</b>	Monocâble reliant le Port d'Orle à la Station de Hounta pour le transport du minerai de Fourcaye. Tracé tenant compte de pylônes reconnus sur Ortho.
<b>n°191</b>	Transporteur aérien de 150 m, de la cote 1680 à la cote 1620. Va-et-vient reliant les galeries n°11 (à l'ouest), la galerie n°8 et la galerie n°7 – cf. MICA Environnement, 2006 et 2001. Report d'après plans miniers.
<b>n°192</b>	Voie de roulage de 40 m, de la cote 1620 à un puits faisant office de trémie, débouchant dans la galerie O3 – cf. MICA Environnement, 2006 et 2001. Report d'après plans miniers.
<b>n°193</b>	Voie de roulage de 90 m, acheminant l'ensemble des minerais à la plateforme supérieure du va-et-vient de Bularic – cf. MICA Environnement, 2006 et 2001. Report d'après plans miniers.
<b>n°194</b>	Station de Bularic. Station de tête (et plateforme associée) du va-et-vient sur la crête de Bularic – cf. MICA Environnement, 2006. Report d'après plans miniers.
<b>n°195</b>	Monocâble reliant la station de tête de Bularic et la station de la Hounta. Report d'après plans miniers.
<b>n°196</b>	Station de Hounta. Station de recette des monocâbles provenant du Port d'Orle et de Bularic. LOCALISATION SUPPPOSEE. Départ de la voie Decauville vers Lascoux. Construite par la Société des Mines de Montolieu, 1900-1907.
<b>n°197</b>	Voie Decauville reliant la station de Hounta à la station de chargement du plan incliné (environ 8km de long). Report d'après Ortho. (cf. ci-dessous, à gauche et au centre (site internet <a href="http://www.photosariege.com">http://www.photosariege.com</a> consulté le 06/05/2015))
<b>n°198</b>	Station de chargement du plan incliné, en sortie de la voie Decauville provenant de la Station de Hounta. D'après VERNHET, 1981. (cf. ci-dessous, à droite (source : site <a href="http://www.photosariege.com">http://www.photosariege.com</a> consulté le 06/05/2015))
	
<b>n°199</b>	Plan incliné, en sortie de la voie Decauville provenant de la Station de Hounta (de la cote 1210 m à la cote 700 m). D'après VERNHET, 1981.
<b>n°200</b>	Station de déchargement du plan incliné (qui est en sortie de la voie Decauville). D'après VERNHET, 1981.
<b>n°201</b>	Voie ferrée de 60 cm de largeur reliant la station de déchargement du plan incliné à la laverie de Lascoux.
<b>n°202</b>	Plateforme de chargement du minerai au droit de la laverie de Lascoux. Société des Mines de Montolieu, 1903-1907

**Tableau 16 : Installations de transport du titre minier d'Orle, reliant la mine du Fourcaye, la mine de Bularic et les quelques autres travaux de reconnaissance, à la laverie de Lascoux**

<p><b>n°174</b></p>	<p>Laverie de Lascoux. Traitement gravimétrique (concassage, criblage, tables). Société des Mines de Montolieu. 1903-1907.  <i>Ci-dessous = à gauche : vers 1900 ; au centre : le 24 juin 1999 © GEODE (Laboratoire GEODE, 2010) ;  à droite : vestiges actuels.</i></p>	
		
<p><b>n°246</b></p>	<p>Minerai marchand et/ou de résidus de traitement issus de la laverie gravimétrique de Lascoux. Tracé (supposé) d'après photo aérienne de 1942. Surface = 4000 m<sup>2</sup>. Epaisseur non connue.</p>	
<p><b>n°247</b></p>	<p>Résidus miniers et sols au droit de la laverie gravimétrique. Reconnaissance sur le terrain par présence de mousses au droit de l'étage supérieur de la laverie (cf. ci-dessous).  Surface = 4500 m<sup>2</sup>. Epaisseur non connue.  <i>Prélèvements (x 2) (concentrations max en mg/kg) : 1 260 Pb ; 29 000 Zn (2,9%)</i></p>	
		

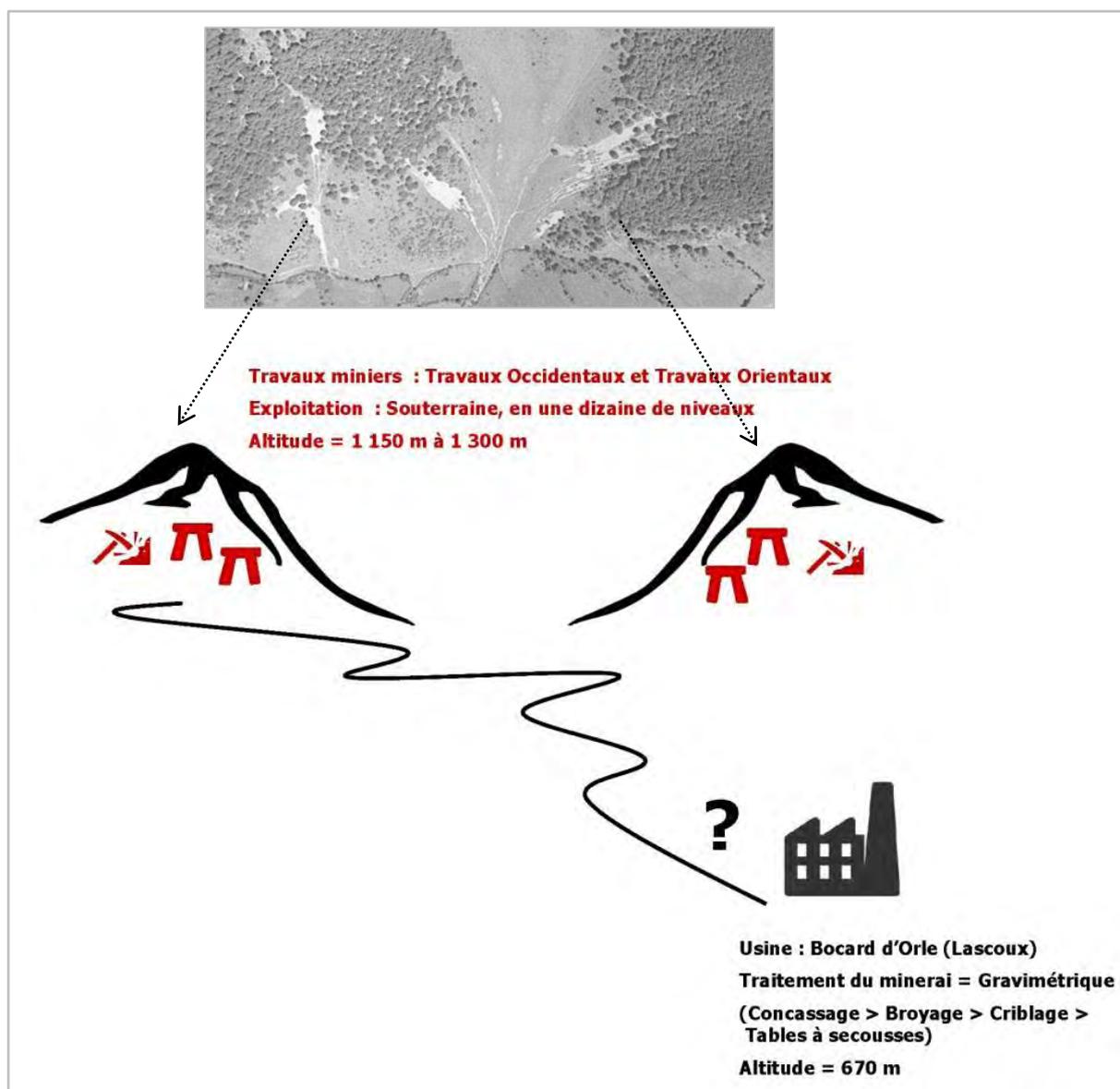
**Tableau 17 : Laverie de Lascoux, installations de surface et dépôts associés**

## 3.5 Concession d'Irazein

### 3.5.1 Situation

Le périmètre de la concession d'Irazein recoupe cinq communes : Bonac-Irazein, Antras, Balacet, Salsein et Augirein. Cependant, les travaux effectués concernent **uniquement la commune de Bonac-Irazein** (au nord du village d'Irazein). **Les mines ont été exploitées pour le cuivre gris (cuivre et argent), de 1909 à 1914.**

La *Figure 46* illustre de façon schématique la situation du titre minier d'Irazein. Ces objets sont décrits dans les paragraphes suivants.



*Figure 46 : Situation schématisée du titre minier d'Irazein et des installations associées*

### 3.5.2 Historique de la concession

Les données collectées sur la concession d'Irazein sont en grande partie issues des archives de la DREAL Midi-Pyrénées à Toulouse.

Cependant, d'autres archives minières, étudiées à la DREAL-Midi-Pyrénées à Toulouse, ont permis de compléter ces informations. Elles sont appelées en bleu et entre crochets dans le corps du texte et leur description est fournie en Annexe B1, paragraphe 3 (hors-texte).

Le Tableau 18 présente les principaux faits et dates qui ont marqué l'historique de la concession d'Irazein.

Date	Evènements / Faits
1855-1909	Travaux de recherche
2 décembre 1909	Institution de la concession d'Irazein à MM. VAUSSARD et MASURE pour l'exploitation du cuivre et substances connexes
Avril 1914	Arrêt des travaux
1920-1921	Tentative de reprise des travaux par la Compagnie minière d'Irazein
Décembre 1921	Arrêt définitif des travaux
17 février 1927	Cession de la concession à M. MACARY, président du CA de la Compagnie minière d'Irazein. Pas de travaux effectués.
7 juillet 1964	Renonciation de M. MACARY à la concession après quelques travaux de mise en sécurité sommaires

**Tableau 18 : Principaux faits et dates qui ont marqué l'historique de la concession d'Irazein**

D'après les archives de l'Arrondissement minéralogique de Toulouse en 1896, un grand nombre d'autorisations de fouilles auraient été accordées dans le même secteur à partir de 1855 [IRA-D-24c]. Celles-ci auraient concerné un filon de cuivre et plomb, où les métaux formeraient des mouches dans la sidérose. Ce filon se situe non loin de la crête qui sépare la vallée de la Bellongue de la vallée du Biros. Suite à une autorisation de fouilles en 1896, M. Vaussard adresse à la Préfecture de l'Ariège [IRA-D-20] une demande de reconnaissance de découverte d'un filon de dolomie E-W contenant des minerais de cuivre et autres métaux connexes. La déclaration d'invention de ce gisement de « cuivre argentifère » est établie par le Service des mines le 6 mai 1908. M. Vaussard est autorisé à disposer du produit des fouilles par arrêté du 8 juillet 1908 [IRA-D-19].

La concession d'Irazein est **instituée par décret en date du 2 décembre 1909**, au profit de MM. Vaussard et Masure, pour l'exploitation des mines de cuivres et métaux connexes, qui en font apport de la concession à la *Société des mines d'Irazein* (SMI) le 3 avril 1911 [IRA-D-35]. **La SMI exploite régulièrement la mine jusqu'en 1914**, année de mise en liquidation de ladite société [IRA-D-29].

Il n'y aura plus travaux d'exploitation à partir de cette date jusqu'en 1920. Les travaux reprennent le 11 juillet 1920 par la *Compagnie minière d'Irazein* (CMI) [IRA-D-29] et s'arrêtent le 3 décembre 1921 de la même année, avec peu de résultats [IRA-D-28].

La concession est renoncée en 1964 [IRA-D-41].

### 3.5.3 Travaux miniers

Pour rappel, la minéralisation du gisement d'Irazein s'inscrit dans les formations calcaires du Dévonien et est principalement composée de cuivres gris (cf. *paragraphe 2.5.4.*). Le gîte est constitué de deux filons lenticulaires de dolomie minéralisée : l'un nord-sud, l'autre est-ouest.

Deux types de minerais se distinguent selon le degré d'altération des faciès minéralisés :

- le premier a une couleur gris d'acier et est riche en cuivre et en antimoine (respectivement 30% et 15% environ) [*Type de minerai N°1*];
- le second semble être une altération du premier et a une couleur noir-violacée ou noir-verdâtre. Il ne contient que peu d'antimoine [*Type de minerai N°2*].

#### 3.5.3.1 Travaux Orientaux (1909-1910)

Il s'agit de la partie orientale des travaux pour laquelle la concession avait été instituée.

Le filon est-ouest est suivi dans une galerie (1197) et une descenderie (1197-1167). À différents niveaux, une série de galeries, recoupes, cheminées, puits et descenderies est pratiquée pour la recherche d'autres amas. « *Toutes les entrées communiquent entre elles et le dénivelé entre la plus élevée (le puits) et la plus basse (traçage inférieur) atteint 47 m. L'extension topographiée est de 350 m* » (GOL, 1998) (Figure 47).

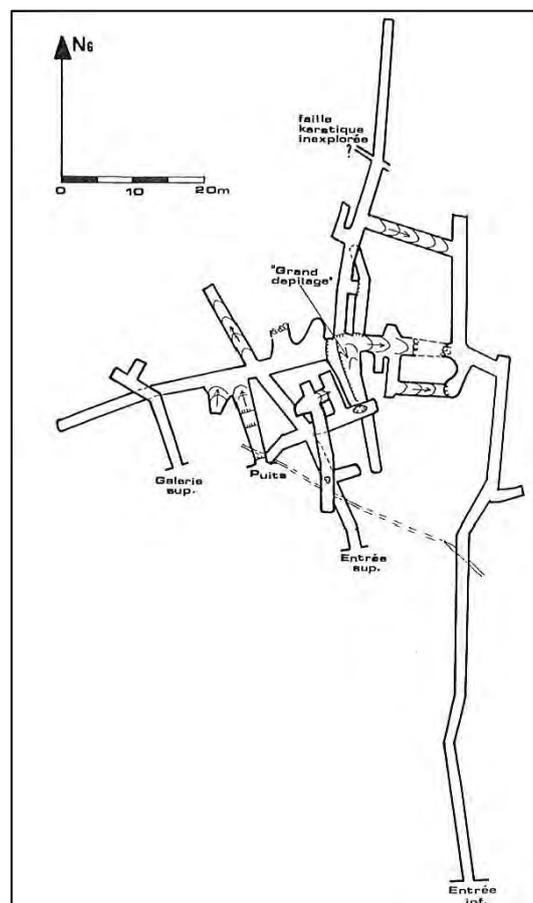


Figure 47 : Plan des Travaux Orientaux sur le titre minier d'Irazein, relevés en 1998 (GOL, 1998)

### 3.5.3.2 Travaux Occidentaux (1910-1914)

Les « Travaux Occidentaux » ou « Nouveaux travaux » sont situés à 200 m à l'ouest du groupe des « Anciens travaux », de l'autre côté du talweg formé par le ruisseau du Sourd. Les travaux de recherche les concernant ont débuté en 1909. À partir de 1910, les travaux d'exploitation s'y concentrent exclusivement [IRA-D-27].

Le gisement se présente sous la forme de deux filons de dolomie et de calcite, dirigés N60° avec un pendage de 65° à 70° vers le nord. Quelques rares mouches de cuivre se montraient à l'affleurement, en 1910.

La Société des Mines d'Irazein (SMI) exploite progressivement ces filons en profondeur, modifiant l'orientation de la descenderie principale vers les zones les plus minéralisées. L'extraction du minerai s'effectue par dépilage en niveaux parallèles, espacés d'une quinzaine de mètres.

Dès 1913, les derniers travaux effectués confirment que le filon devient stérile en profondeur [IRA-D-32]. À l'automne 1913, un niveau a été prolongé et quelques dépilages sont effectués.

Les travaux entrepris par la CMI en 1920 et 1921 s'attachent exclusivement aux « Nouveaux travaux » et consistent en quelques agrandissements. Quelques galeries et travers-bancs sont prolongés, des dépilages sont réalisés et une descenderie est tracée à partir du niveau 1 161 (Figure 48).

« Le développement des travaux occidentaux atteint environ 1300 m pour un dénivelé de 94 m » (GOL, 1998).

### 3.5.4 Transport du minerai

Aucune indication n'est donnée à ce sujet. Le minerai semble être expédié à l'état brut pendant les premières années [IRA-D-08] et être stocké sur le carreau de la mine. Il est donc probable que le minerai ait été acheminé par le sentier muletier qui relie la mine au village d'Irazein.

### 3.5.5 Traitement du minerai

**Jusqu'en 1911, le minerai n'est pas traité.**

En 1912, une petite laverie à main, composée de 6 bacs à secousses, est installée pour trier le minerai contenu dans les déblais sortis de la mine. À l'aide d'un levier et d'une poulie, les déblais sont soumis à quelques secousses dans le bac d'eau : le minerai se concentre alors vers le centre.

De 1911 à 1914, le minerai d'Irazein a probablement été traité à la laverie de Lascoux, associée à la concession d'Orle (cf. paragraphe 3.4.5.2).

De 1920 à 1921, le minerai semble tout au plus être trié à la main avant d'être expédié à Bordeaux [IRA-D-28].

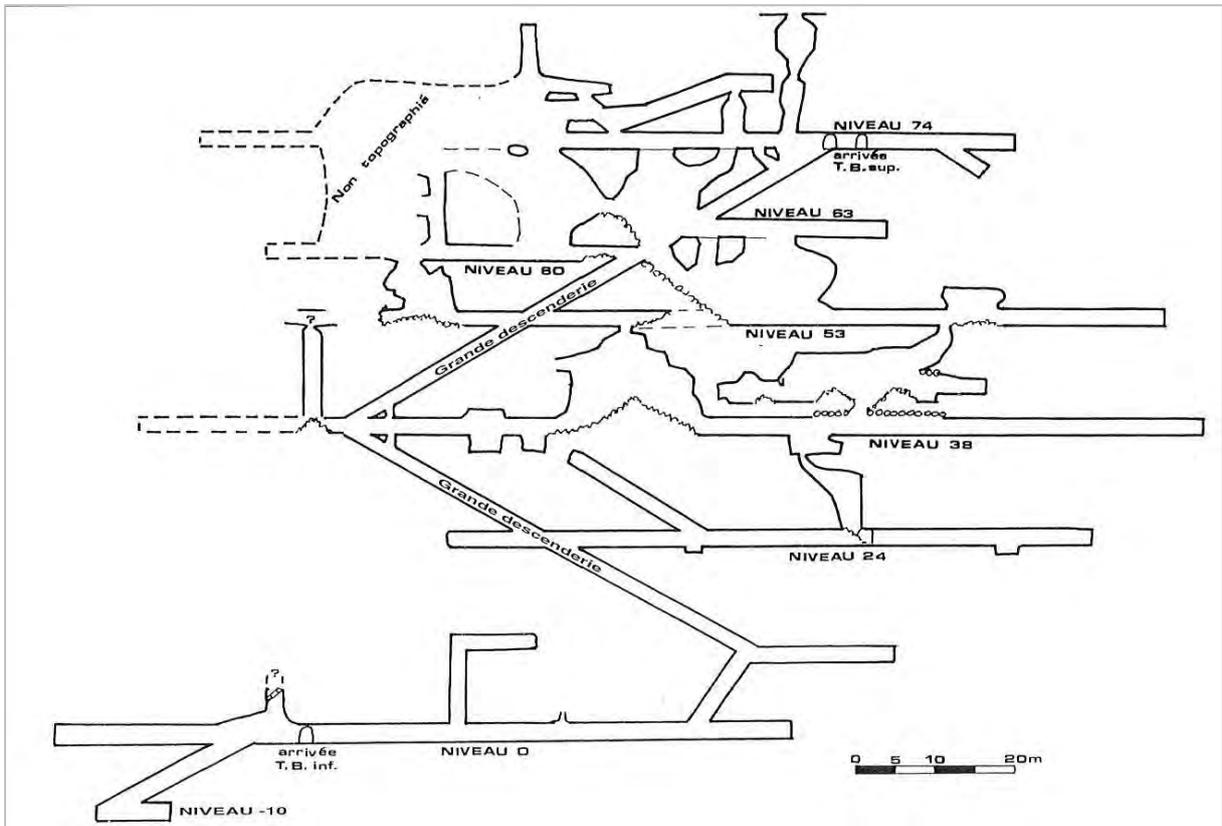
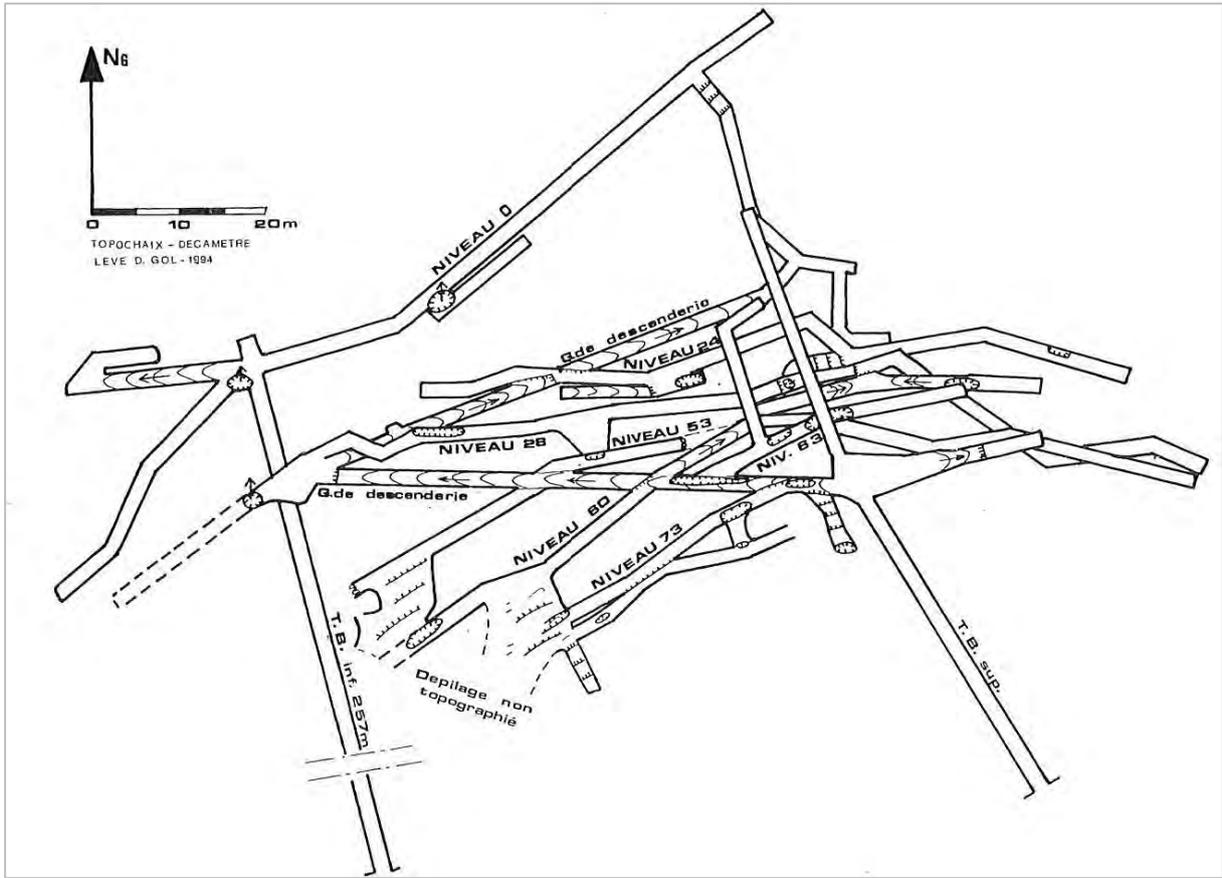


Figure 48 : Plan et coupe des Travaux Orientaux sur le titre minier d'Irazein, relevés en 1998 (GOL, 1998)

### 3.5.6 Fermeture et mise en sécurité

Lors de sa demande en renonciation en 1963 [IRA-D-39], René Macary indique que la Compagnie minière d'Irazein a fait fermer les ouvertures d'accès aux travaux en 1922.

Après la visite des lieux de la part de l'ingénieur subdivisionnaire [IRA-D-42a], René Macary fait murer en pierres sèches cinq entrées de galeries restées ouvertes. Une cheminée, « *qui semblait plus dangereuse* », est obstruée avec des morceaux de hêtre [IRA-D-42b]. Lors de la contre-visite [IRA-D-42d], l'ingénieur subdivisionnaire estime que cette dernière fermeture est assez sommaire et qu'elle est amenée à disparaître dans le futur. L'ingénieur des Mines [IRA-D-35] estime que l'accès aux chantiers d'exploitation est très difficile. Il juge les travaux susmentionnés suffisants. **La concession d'Irazein est finalement renoncée le 7 juillet 1964 [IRA-D-41].**

Bien que difficiles d'accès, les anciens travaux miniers sont reconnaissables de loin par les dépôts de stériles non végétalisés. La plupart des orifices miniers sont ouverts et pénétrables (*Figure 49*).

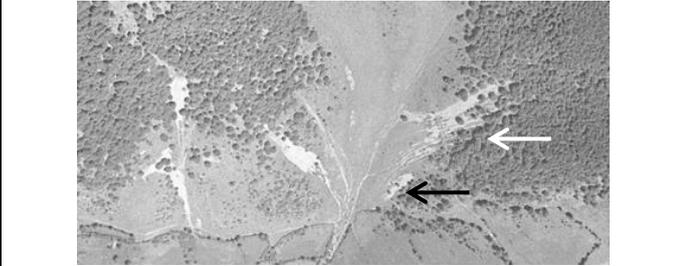


Figure 49 : Galeries ouvertes et pénétrables au droit des Travaux Occidentaux (GEODERIS, 2013 et 2014)

### 3.5.7 Etat actuel du site et sources de pollution

L'état actuel du site, de ses vestiges et des sources de pollution associées sont décrites dans le *Tableau 19*. Ces éléments sont cartographiés sur la carte informative d'Irazein (*Annexe B4-11, hors-texte*).<sup>35</sup> **Ce paragraphe constitue la synthèse de la phase informative, des observations de terrain et des principaux résultats analytiques obtenus lors de la caractérisation des sources de pollution identifiées.**

<sup>35</sup> Les références précisées dans les tableaux sont celles reprises sur les cartes.

n°248	Stériles de creusement déversés dans la pente, en cours de recouvrement par zones boisées. Travaux Occidentaux, 1908-1910 (Vaussard et Garié). Granulométrie hétérogène, principalement cm. Surface = 1400 m <sup>2</sup> . <i>Prélèvement (concentrations en mg/kg) : 1 100 Sb ; 83 As ; 13 Pb ; 187 Zn.</i>		
			
			
n°249	Stériles de creusement déversés dans la pente, en cours de recouvrement par zones boisées. Travaux Occidentaux, 1910-1914 (SMI). Granulométrie hétérogène, principalement cm. Surface = 1700 m <sup>2</sup> . <i>Prélèvements (x 2) (concentrations max en mg/kg) : 1 510 Sb ; 126 As ; 24 Pb ; 319 Zn.</i>		
			
			
n°250	Stériles de creusement déversés dans la pente, en cours de recouvrement par zones boisées. Travaux Occidentaux, 1911-1914 (SMI) et 1920-1921 (CMI). Granulométrie hétérogène, principalement cm. Surface = 2500 m <sup>2</sup> . <i>Prélèvements (x 2) (concentrations max en mg/kg) : 2 260 Sb ; 174 As ; 23 Pb ; 395 Zn.</i>		
			
			
n°251	Stériles de creusement déversés dans la pente, recouverts par zones boisées. Travaux Orientaux. Non visités, tracé (supposé) d'après photo aérienne de 1942. Surface = 7000 m <sup>2</sup> . <i>cf. ci-dessous, flèche blanche</i>		
n°252	Stériles de creusement déversés dans la pente, recouverts par zones boisées. Travaux Orientaux. Non visités, tracé (supposé) d'après photo aérienne de 1942. Surface = 1000 m <sup>2</sup> . <i>cf. ci-dessous, flèche noire</i>		
			
<i>Extrait de la photo aérienne de 1942, Géoportail ©IGN</i>			<i>Extrait de la photo aérienne de 2014, Géoportail ©IGN</i>
n°203	Chemin muletier entre les travaux Occidentaux de la mine d'Irazein et le village d'Irazein. Pas d'information sur le transport du minerai pour ce titre minier.		

**Tableau 19 : Dépôts de stériles de creusement sur le site d'Irazein et installation de transport connue**

## 3.6 Concession de Sentein

### 3.6.1 Situation

La concession de Sentein est située sur la commune éponyme. Sa limite méridionale se confond avec la frontière franco-espagnole. **Les mines ont été exploitées pour le zinc, le plomb et l'argent (dans une moindre mesure), de 1848 à 1963.**

La *Figure 50* illustre de façon schématique la situation du titre minier de Sentein et de ses installations (de l'extraction au traitement du minerai). Ces objets sont décrits dans les paragraphes suivants.

La *Figure 51* consiste en une vue générale des travaux d'exploitation de Sentein (*vue depuis la crête permettant d'accéder à la mine du Bulard*).

Contrairement aux précédentes synthèses réalisées sur les titres miniers du Bulard, d'Orle et d'Irazein, les données seront ici présentées par période et non par type d'activité.

Pour rappel, les gîtes et minéralisations exploités sur le titre minier sont décrits dans le *paragraphe 2.5.4*.

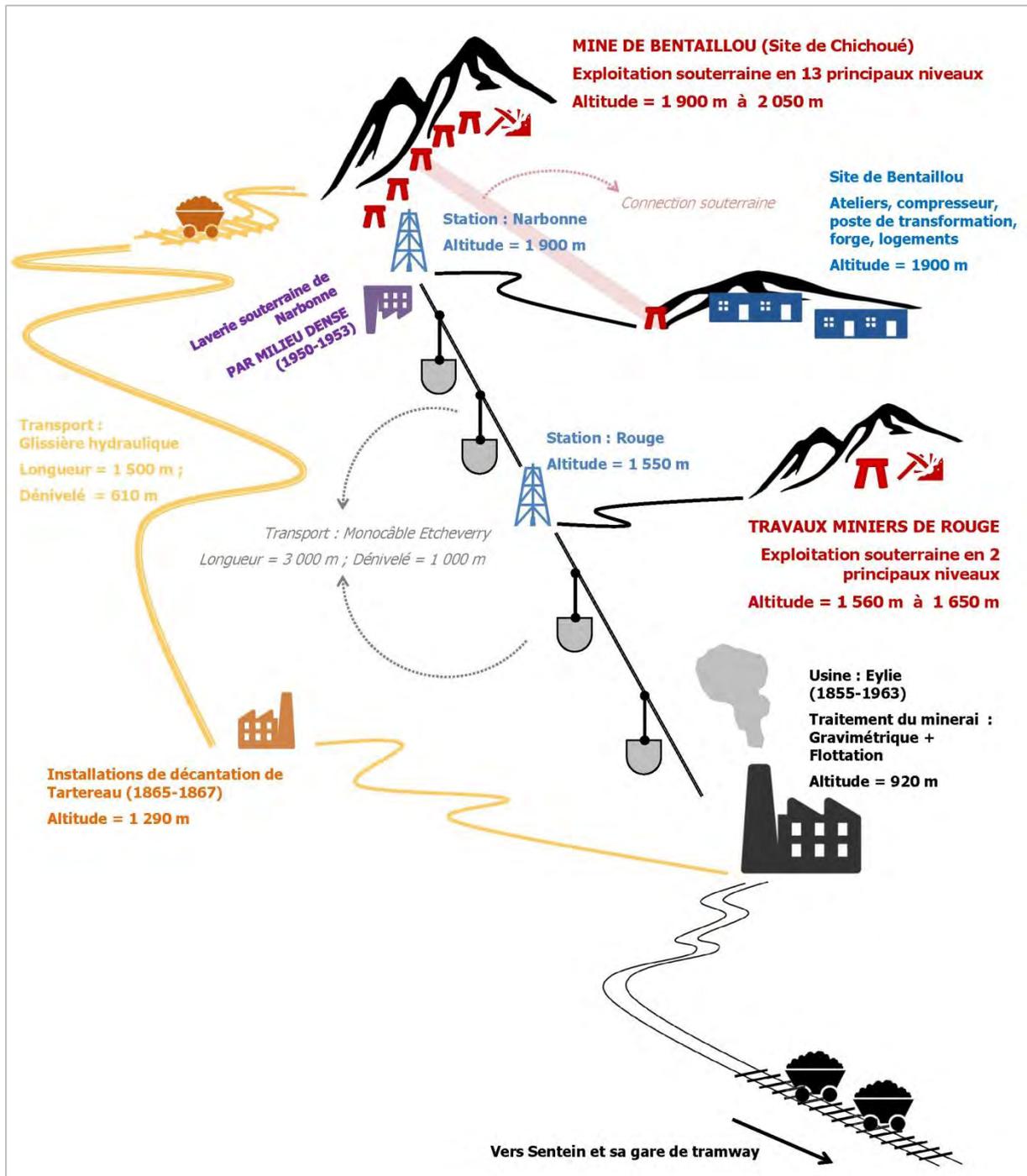
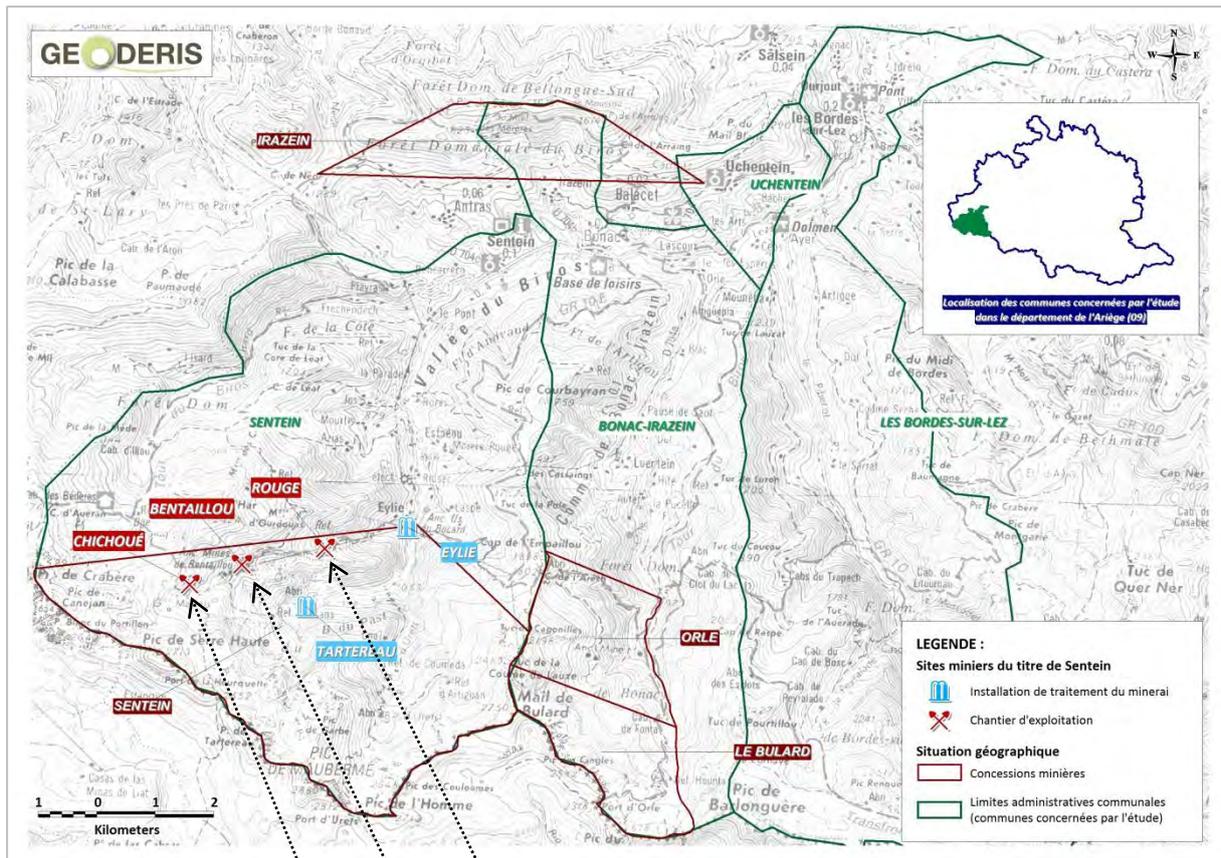


Figure 50 : Situation schématisée du titre minier de Sentein et de ses installations





**Figure 51 : Situation des sites miniers sur la concession de Sentein (en haut ; carte sur fond SCAN 100 ©IGN) et mise en évidence des chantiers d'exploitation (GEODERIS ; 2010)**

### 3.6.2 Synthèse historique de la concession

Les données collectées sur la concession sont principalement issues de la thèse de Claude DUBOIS de 2004. Cependant, d'autres archives minières, étudiées à la DREAL Midi-Pyrénées à Toulouse et aux Archives départementales à Foix, ont permis de compléter ces informations. Elles sont appelées en bleu et entre crochets dans le corps du texte et leur description est fournie en Annexe B1, paragraphe 3 (hors-texte).

Le Tableau 20 présente les principaux faits et dates qui ont marqué l'historique de la concession de Sentein.

Date	Evènement / fait
1839	Premières recherches déclarées
25/09/1848	Institution de la concession de Sentein et Saint-Lary au bénéfice du baron de Boisrouvray
1853	Début réel des travaux miniers
1861	Mise en liquidation, pas d'exploitation
1862	Achat de la concession par Kaulek
1865	Réalisation d'une glissière hydraulique pour descendre le minerai en roche. Découverte d'un amas de calamine à Saint-Louis sous Espeletta
1868	Construction d'une fonderie à calamine au Bocard
1870	Reconstruction et nouvel équipement du Bocard ; arrêt de l'exploitation à cause de la chute des cours des métaux due à la guerre.
1878	Achat de la concession par « <i>Sentein Mining Company Limited</i> »
1879	Installation d'une nouvelle laverie
1880	Mise en service du premier câble aérien dit « des Anglais »
1884	Faillite et arrêt de l'exploitation
1886	Achat de la concession par « <i>Castillon Mining Company Limited</i> »
1893-1895	Arrêt de l'exploitation à cause de la chute du cours des métaux
1899	Achat des 2 concessions (Sentein et Bulard) par « <i>The Mining and Smelting Company of Nescus Limited</i> »
1901	Ouverture des travaux de Narbonne
1907	Achat des 2 concessions par le Syndicat minier
1912	Début de la perforation mécanique à Bentailou
1913	Achat des 2 concessions par la Société française des mines de Sentein et de Bagergue (Espagne)
1914-1917	Arrêt de l'exploitation à cause de la guerre
1918	Reprise de l'exploitation
1922	Pas d'exploitation à cause de la chute du cours des métaux
1923	Transformation de la laverie hydro-gravimétrique du Bocard en une usine de traitement par flottation
1929	Reprise de la SFMSB par l'Union Pyrénéenne Électrique ; elle devient SFMS
1943	Amodiation de la concession à l'Union Minière des Pyrénées
1953	Arrêt de l'exploitation
1956	Campagnes de recherches par le BRGGM
1957	Résiliation de l'amodiation et dissolution de l'UMP
1963	Tentative de reprise par la SFMS dirigée par M. Daubian-Delisle
1973	Tentative de retraitement des stériles par la SFMS
1975	Mise en liquidation de la SFMS, abandon définitif des travaux

**Tableau 20 : Principaux faits et dates qui ont marqué l'historique de la concession de Sentein**

### 3.6.2.1 Travaux de recherche avant concession

Les deux premières demandes de recherches datent de 1824. La première concerne quasiment l'ensemble du Couserans et n'a pas plus de suite que l'établissement d'un atelier composé de dix-sept fourneaux (non localisés). La deuxième sollicitait une concession à Bentaillou : un arrêté préfectoral lui accorde un permis de recherche, mais l'affaire n'a aucune suite connue.

De 1838 à 1847, plusieurs demandes de recherche sont effectuées.

#### **OCTROI DE LA CONCESSION EN 1848**

C'est finalement au seul bénéfice du Baron de Boisrouvray qu'est instituée la concession des mines de plomb et zinc argentifères, de « Sentein et Saint-Lary », **par arrêté préfectoral du 25 septembre 1848**.

Lors de son institution, la concession occupe 6 935 hectares, et fait figure de géante pour l'époque. Un tiers concerne le bassin versant du haut Lez, dont fait partie le versant de Chichoué-Bentaillou. Les deux autres tiers englobent une bonne partie de la commune de Saint-Lary, avec les indices de Peyrenère, la Clotte et Barguerasse.

Les deux groupes d'indices sont éloignés de 7 km à vol d'oiseau, et il faut en parcourir plus de 40 pour les relier, en suivant les vallées. Ils ne peuvent donc faire l'objet que d'une exploitation totalement indépendante, pour le personnel d'extraction et le traitement. Cependant, l'unification des deux groupes d'indices est justifiée, selon l'administration des Mines, par le fait que Chichoué et Bentaillou ne pourraient être exploitées que plus de 4 à 5 mois par an - Barguerasse pourrait ainsi prendre le relais pendant les mois d'hiver. C'est d'ailleurs ce dernier qui semble le plus prometteur dans les années 1840. C'est le seul où de Boisrouvray extrait du minerai (25 m<sup>3</sup> en 1846).

Le potentiel de la concession, lors de son institution, est dispersé et mal connu.

### 3.6.2.2 Société des Mines de Sentein

Le Baron de Boisrouvray et M. Bellegarde forment en mai 1853 la « *Société des Mines de Sentein* ». Cette société démarre rapidement les premiers travaux sur le site minier de Chichoué, au droit des chantiers *Espeletta* et *Edouard*. En 1861, la *Société des mines de Sentein* est mise en liquidation, il n'y a plus d'exploitation.

## TRAVAUX D'EXPLOITATION

Les travaux ne débutent donc qu'en 1853. Des logements miniers sont bâtis sur le plateau de Chichoué. Ils occupent 1 200 m<sup>2</sup> en 1857, où la production est maximale avec 6 500 t de minerai brut.

En 1862, les travaux réalisés sont principalement quelques galeries et attaques [SEN-D-68 et SEN-D-69] :

- *Espeletta* : 3 attaques, 2 tranchées et 2 petites galeries à Espeletta n°1 ; 1 grande tranchée et 3 galeries à Espeletta n°2 ;
- *Lagarde* : (150 m sous Espeletta) : 1 galerie, 1 tranchée ;
- *Edouard* : 1 galerie avec 1 recoupe ;
- *Jesusita* : 1 galerie ;
- *Pepita* : 3 galeries.

La production du site minier de 1854 à 1861 serait de **3 000 t de galène et 400 t de blende**.

## TRANSPORT DU MINERAL

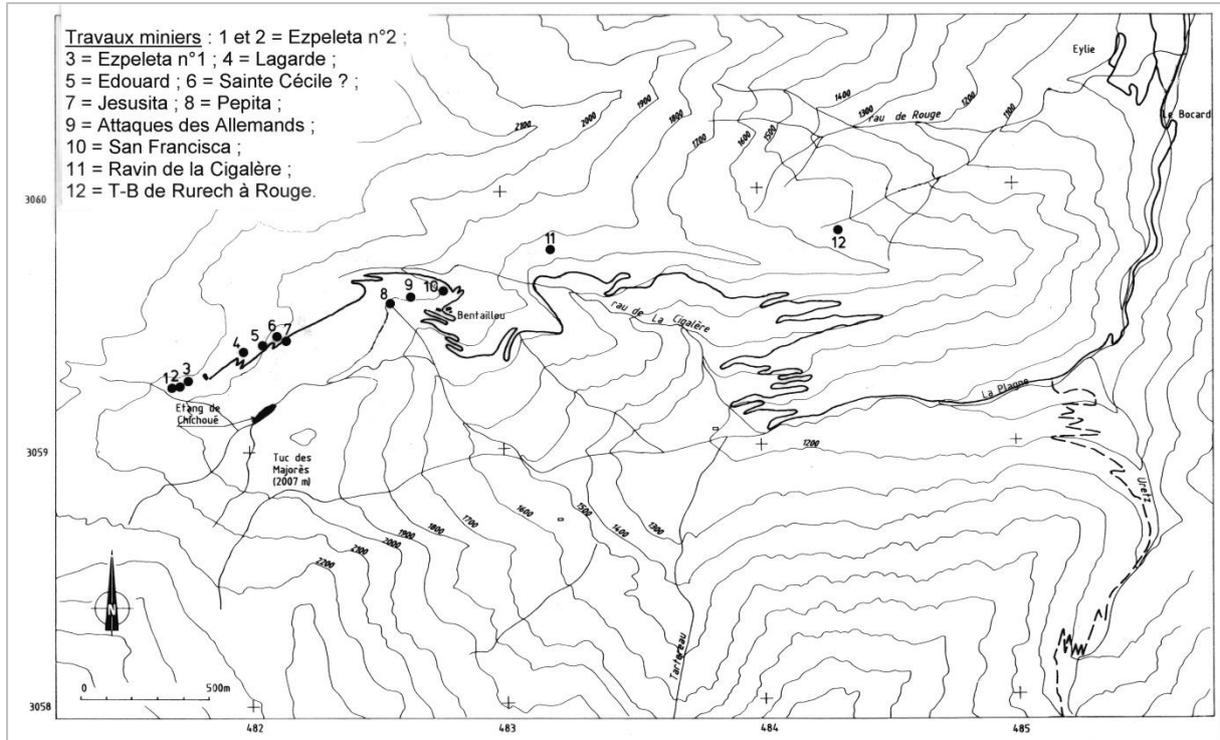
Le transport du minerai de Chichoué de 1856 à 1861 s'effectue par des chevaux attelés (à raison de 2,5 t par chariot). Pour cela, les exploitants réalisent une piste en 1855, qui poursuit celle qui conduisait alors de Sentein jusqu'au Bocard d'Eylie (*il s'agit de l'actuelle piste forestière menant à Bentaillou*). Elle longe le Lez jusqu'au fond du cirque de la Plagne sur 2,5 km et 210 m de dénivelé. Elle rejoint ensuite Bentaillou (*Figure 52*), qui se trouve à 1,3 km à vol d'oiseau, mais 700 m plus haut ; cette portion a une longueur de 7 km. Un chemin de 1,3 km permet de relier Bentaillou aux travaux de Chichoué (*Espeletta*).



*Figure 52 : Bentaillou - arrivée de la voie charretière de 1855 et bâtiments (vue depuis Narbonne, 2014)*

## SYNTHESE DES TRAVAUX MINIERS SUR LA PERIODE 1854-1861

La situation des principaux travaux d'exploitation et des installations de transport réalisés sur la période 1854-1861 est présentée sur la *Figure 53*.



**Figure 53 : Travaux miniers 1854-1861 et voie charretière de 1855 (DUBOIS, 2004)**

### TRAITEMENT DU MINERAL

Le minerai brut est traité, tout au long de l'histoire de la concession, majoritairement au Bocard d'Eylie. Pour ces premières années d'exploitation, seules quelques informations sont connues : la construction du Bocard a nécessité la réunion d'une quantité immense de matériaux. Une forge de 5 x 10 m est installée en 1858. Les minerais sont soumis à un « *traitement mécanique* » (DUBOIS, 2004).

### 3.6.2.3 Kaulek (1862-1870)

En 1866, est mis en fonctionnement un nouveau mode de transport : **la glissière hydraulique**. Ce système est cependant abandonné au bout de deux ans : il est très cher, fonctionne mal et requiert une main-d'œuvre nombreuse. L'exploitant ne résout pas le problème économique de la descente du minerai. De plus, le minerai de plomb est trop peu argentifère<sup>36</sup>. Le minerai devient d'ailleurs de plus en plus riche en blende au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'affleurement, et le cours du zinc est bas.

Les cours du plomb et du zinc s'envolent en 1871 et les pertes qu'accuse l'entreprise conduisent à l'abandon définitif des travaux. **La mine est arrêtée de 1871 à 1878, la guerre ajoutant des difficultés supplémentaires aux exploitants.**

#### TRAVAUX D'EXPLOITATION

Le précédent exploitant, la *Société des mines de Sentein* a laissé une mine dans laquelle un seul chantier montre du minerai encore exploitable. L'exploitant doit donc s'attacher à rechercher et à préparer de nouvelles zones exploitables. Les travaux préparatoires mettent en évidence du minerai aux niveaux *Jesusita* (renommé *Sainte-Barbe* en 1868), *Edouard*, *Lagarde* et *Sainte-Amélie*. L'ouverture de ce dernier niveau donne lieu à la découverte d'un amas fortement minéralisé. En 1868, la longueur des traçages cumulés atteint 800 m.

La production du site minier de 1866 à 1870 serait de **8 100 t de minerai à environ 34% de plomb et 0,025% d'argent.**

#### TRANSPORT DU MINERAI

Jusqu'alors, le transport du minerai au Bocard s'effectue par chariots attelés. L'Ingénieur des Mines propose, en juillet 1863, de construire la glissière hydraulique susmentionnée (un couloir en bois dans lequel on fait circuler un filet d'eau pour faire glisser le minerai sur la pente). Les travaux commencent en 1864 ; la glissière est mise en service en décembre 1865 mais ne fonctionne que pendant deux ans. Elle parcourt un trajet d'une longueur de 2500 m et d'un dénivelé de 700 m (*Figure 54*). Elle trouve son prolongement dans une unité de décantation (dont le fonctionnement n'est pas connu) au fond du Cirque de la Plagne.

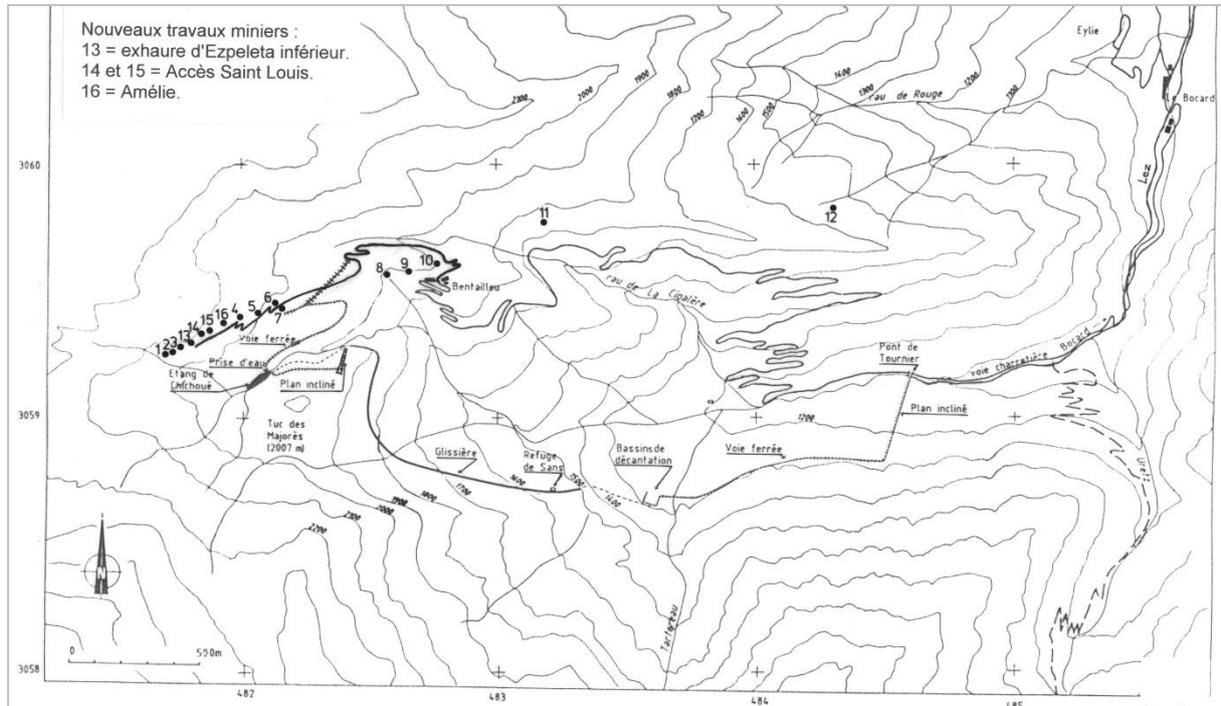


**Figure 54 : Vestiges actuels des installations ferrées menant des travaux miniers au départ de la glissière hydraulique (à gauche) et de la glissière hydraulique, dans les environs du refuge de Sans (à droite)**

<sup>36</sup> alors que c'est de l'argent que dépendent les résultats d'exploitation.

## SYNTHESE DES TRAVAUX MINIERS SUR LA PERIODE 1862-1870

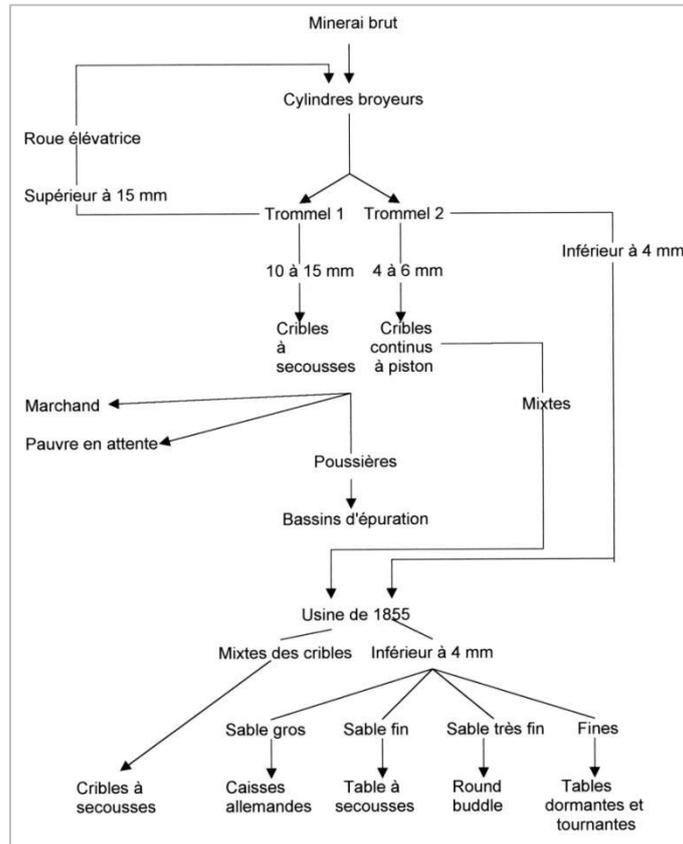
La situation des principaux travaux d'exploitation et des installations de transport réalisées sur la période 1862-1870 est présentée sur la *Figure 55*.



**Figure 55 : Travaux miniers sur la période 1862-1870 et glissière hydraulique de 1865 (DUBOIS, 2004)**

## TRAITEMENT DU MINERAL

La *Figure 56* présente le schéma de fonctionnement de la laverie à Eylie (dont la situation est présentée sur le plan de la *Figure 57*) pendant les premières années de cette période d'exploitation. Il s'agit d'un traitement du minerai gravimétrique pour lequel différents dispositifs de tri sont utilisés selon la granulométrie du produit à concentrer (caisses allemandes, tables à secousses, tables dormantes, etc.).



**Figure 56 : Schéma du traitement du minerai de Sentein en 1865 (DUBOIS, 2004)**



**Figure 57 : Plans des bocards de 1855 et de 1865 à Eylie (d'après un plan des Archives départementales de l'Ariège (DUBOIS, 2004))<sup>37</sup>**

<sup>37</sup> L'« emplacement destiné au triage de minerai » correspond à la position actuelle de la laverie, en rive gauche du Lez.

### 3.6.2.4 Sentein Mining Company Ltd (1878-1885) et Castillon Mining Company (1886-1892)

Le 18 juillet 1878 est fondée la *Sentein Mining Company* qui rachète la concession le 11 septembre de la même année [SEN-D-163].

Les « Anglais » réinstallent les bâtiments de préparation mécanique et construisent des habitations d'ouvriers à 1 000 m au-dessus du hameau d'Eylie [SEN-D-72]. La société fait faillite en 1885 ; la mine est abandonnée.

Au début de l'année 1886, la concession est rachetée par la *Castillon Mining Company Ltd*. Les travaux reprennent en juin de la même année, sans travaux de recherche préalables [SEN-D-77]. L'exploitation, très active, se concentre au niveau du filon principal entre les galeries *Sainte-Eugénie* et *Sainte-Amélie*, creusées par la *Sentein Mining Company Ltd*.

En 1891, les cours du zinc s'effondrent : les résultats de l'exploitation deviennent mauvais (la production est de  $\frac{3}{4}$  de blende pour  $\frac{1}{4}$  de galène). S'y ajoutent l'épuisement du gisement de Chichoué, qui fournit un minerai brut de plus en plus pauvre et une galène de moins en moins argentifère.

Les exploitants misent alors sur les recherches de Bulard<sup>38</sup> qui sont réalisées à partir de 1889. La concession est instituée le 23 juin 1893 à la *Castillon Mining Company Ltd*, qui a cependant déposé son bilan deux mois plus tôt. Les travaux d'exploitation de la *Castillon Mining Company Ltd* sont alors définitivement arrêtés à Sentein, et n'ont pas commencé à Bulard.

Du fait d'une nouvelle chute des cours des métaux, l'activité minière ne reprendra qu'en 1896.

La production du site minier de 1878 à 1892 serait de **8 200 t de galène et 22 100 t de blende**.

#### TRAVAUX D'EXPLOITATION ET TRANSPORT DU MINERAÏ

Les niveaux déjà creusés sont poursuivis. De plus, les « Anglais » établissent un câble aérien à partir de 1879. Il fonctionne à partir de septembre 1880. Il parcourt 1000 m de dénivelé en 5 travées. Chaque benne possède une charge utile de 600 kg. Chaque jour, 70 à 80 tonnes de minerai brut sont transportées.

À partir de juillet 1897, le câble n'est plus utilisable.

---

<sup>38</sup> Voir Synthèse historique de la concession de Bulard





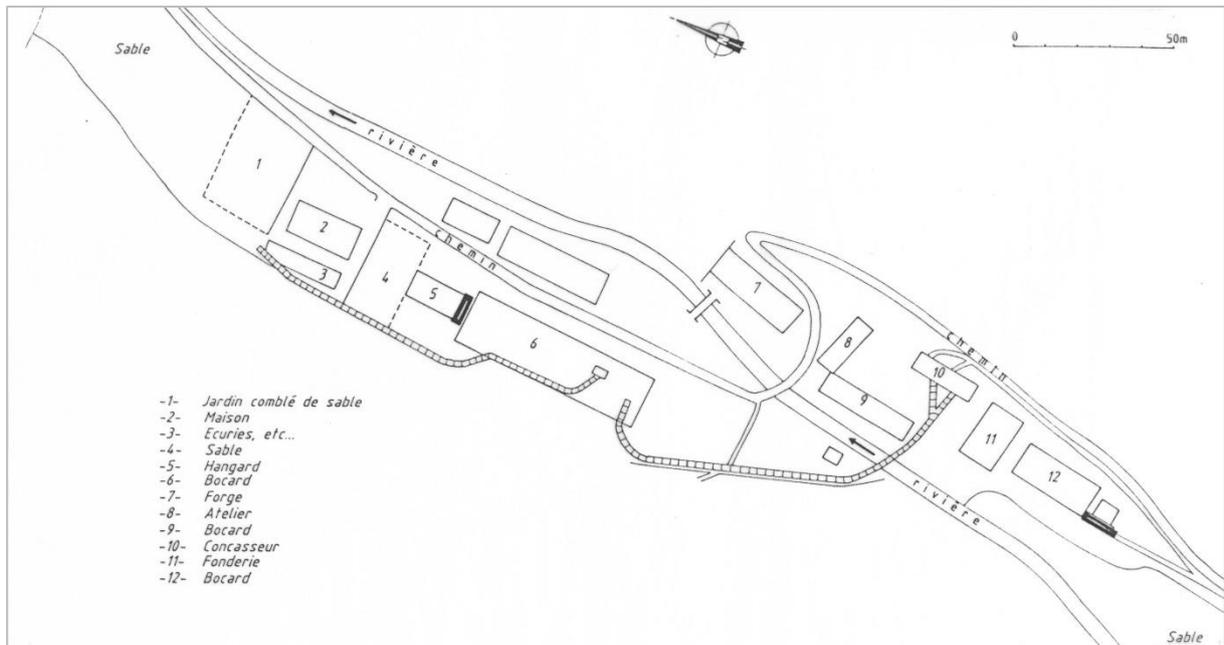
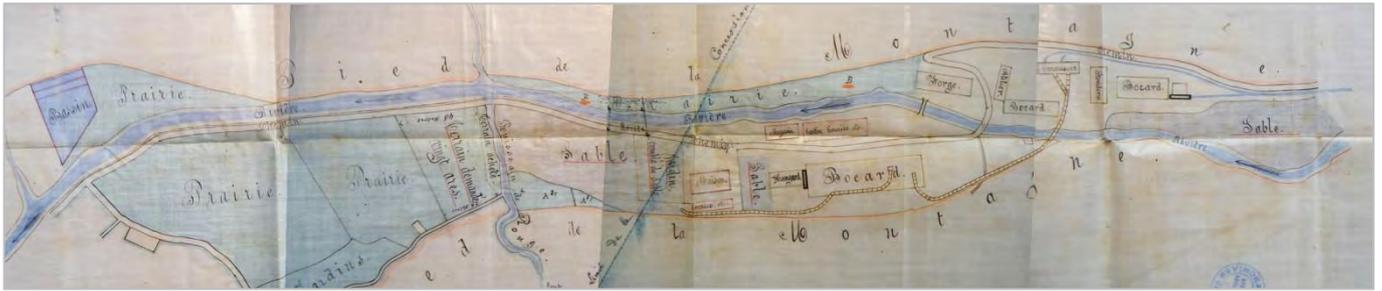


Figure 60 : Plan du bocard à Eylie en 1889 établi par J. Edwards le 18/06/1889 ; original (en haut) et repris par Claude DUBOIS (DUBOIS, 2004) (en bas) [SEN-AD-60]



Figure 61 : Bocard d'Eylie entre 1890 et 1900 (carte postale non datée ; Edit. du SI de Castillon)<sup>39</sup>

<sup>39</sup> L'organisation du site correspond à celle présenté sur le plan de 1889. De plus, sur cette vue la laverie étagée de 1900 n'a pas encore été construite. La date de ce document est comprise entre 1890 et 1900. Du grand bâtiment central (au centre) partent trois conduites alimentant des stockages de résidus (« sables » sur le plan de 1889). Il s'agit des dépôts (qui ne sont plus visibles aujourd'hui).

### 3.6.2.5 The Mining and smelting company of Nescus Ltd (1898-1906)

La société *The Mining and Smelting Company of Nescus* est fondée le 19 juillet 1898. Elle exploitera le gisement jusqu'en 1906.

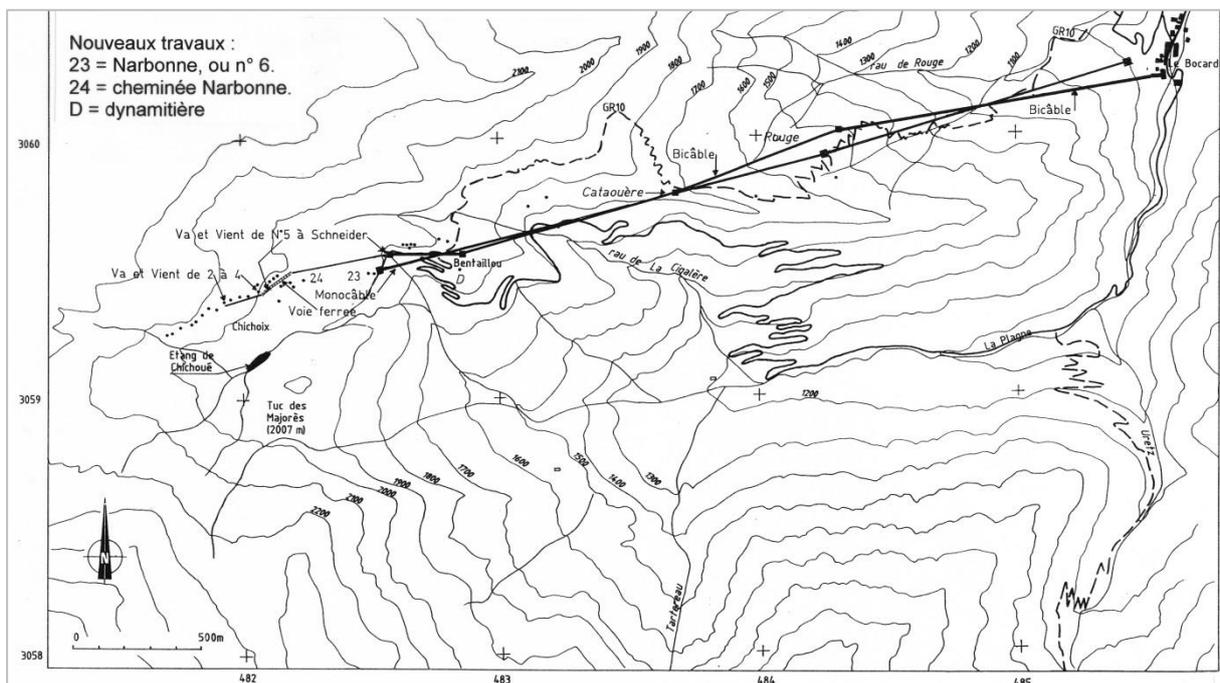
**La galerie de Narbonne est ouverte en 1901 et les équipements du Bocard sont renouvelés. En 1902, la production est maximale à Bentailou avec 6 376 t de minerai brut. En 1906, les concessions de Sentein et du Bulard sont amodiées au *Syndicat minier*, constitué depuis peu. La production du site minier de 1898 à 1906 serait de 2 500 t de galène et 18 500 t de blende.**

#### TRANSPORT DU MINERAÏ

En 1899 débutent les travaux d'installation d'un nouveau transporteur aérien. Ce bicâble relie directement les chantiers miniers au Bocard d'Eylie. La ligne mesure 3 200 m de long pour 1 017 m de dénivélé. En 1904, un monocâble de type Etcheverry (plus performant) est installé sur un parcours similaire. Une voie ferrée est implantée sur le chemin vicinal, entre le Bocard et le village de Sentein, en 1905.

#### SYNTHESE DES TRAVAUX MINIERS SUR LA PERIODE 1898-1906

La situation des principaux travaux d'exploitation et des installations de transport réalisés sur la période 1898-1906 est présentée sur la *Figure 62*.



**Figure 62 : Travaux miniers 1898-1906 ; bicâble de 1900 et monocâble de 1904 (DUBOIS, 2004)**

## TRAITEMENT DU MINERAL

Un nouvel atelier étagé de traitement du minerai est mis en place au Bocard d'Eylie en 1900 (dont la situation générale est illustrée par le plan de la Figure 63 et la vue d'époque de la Figure 64). Il est équipé : d'un concasseur à mâchoires ; de broyeurs à cylindres ; de trommels ; de couloirs classeurs<sup>40</sup> ; de cribles continus à pistons ; de tables de Wilfley<sup>4</sup> substituées au round-buddle et d'une table de Linkenbach (à partir de 1905). À noter l'installation d'un four à calamine en 1902.

Cette nouvelle configuration du site d'Eylie sera conservée par les exploitants suivants.

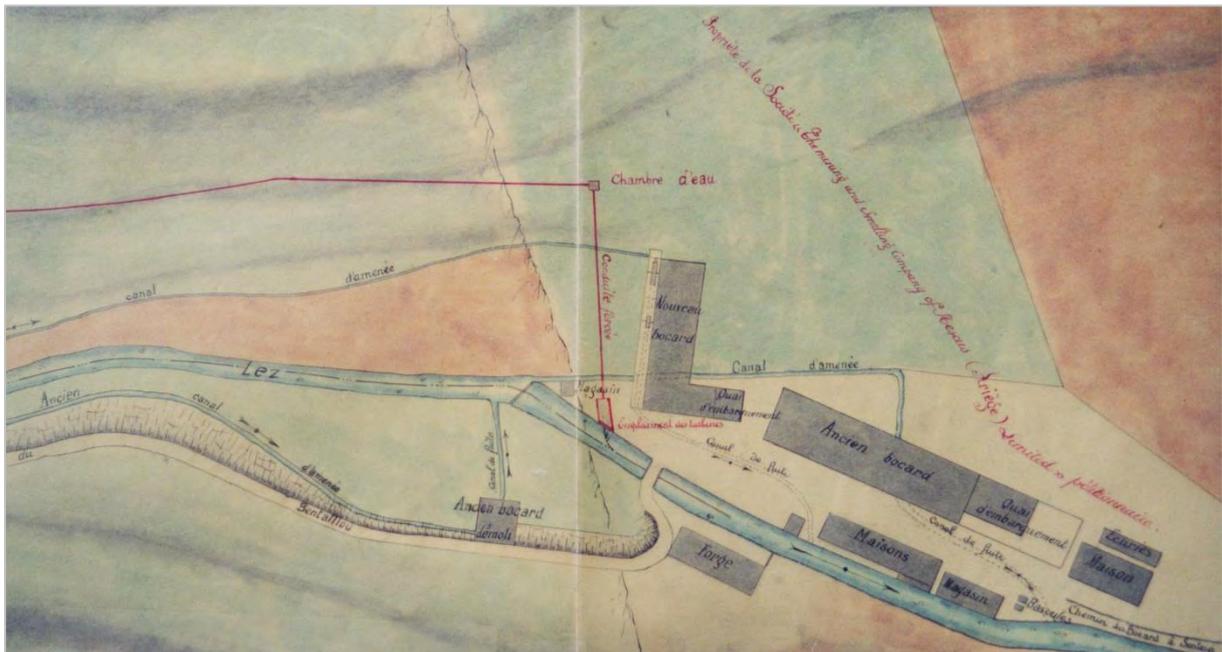


Figure 63 : Plan du bocard à Eylie en 1903 (Archives départementales ; (DUBOIS, 2004))



Figure 64 : Bocard d'Eylie à l'époque de l'exploitation par la Nescus (carte postale non datée ; Fauré & ses fils, à Saint-Girons) [la laverie étagée est marquée par la flèche blanche]

<sup>40</sup> Nouveaux appareils qui n'étaient pas utilisés par la Castillon Mining Company

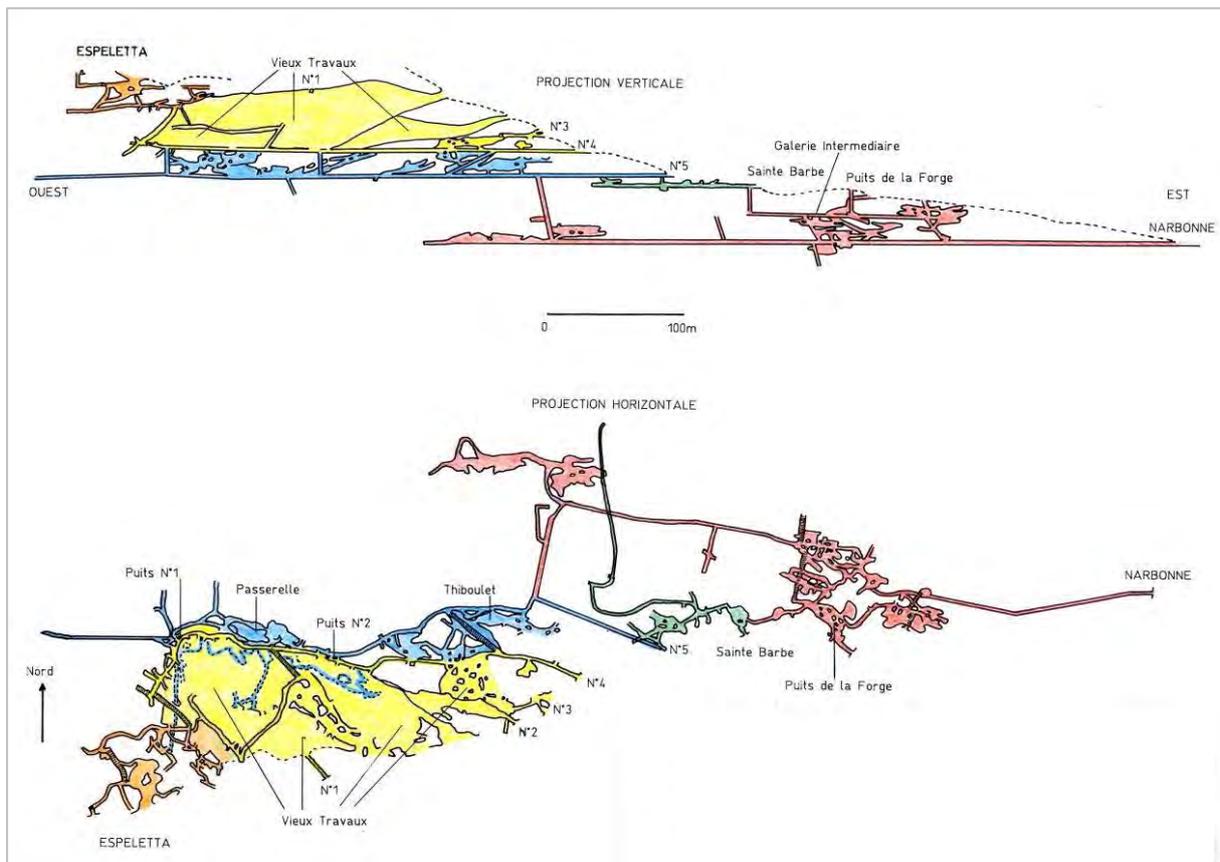
### 3.6.2.6 Syndicat minier (1906-1913)

Le Syndicat minier est fondé le 28 avril 1906. Il exploite régulièrement les deux concessions jusqu'en 1913. Le 9 septembre de la même année, il **vend les concessions de Sentein et Bulard à la Société française des mines de Sentein.**

#### TRAVAUX D'EXPLOITATION ET TRANSPORT DU MINERAÏ

Le minerai produit provient principalement du niveau Narbonne. La *Figure 65* montre l'état des travaux à Bentaillou et Chichoué en 1911. La ligne du monocâble de Bentaillou, achevée en 1906, reste inchangée pendant l'exploitation de la concession par le Syndicat minier.

La production du site minier de 1906 à 1914 serait de **2 000 t de galène et 18 000 t de blende.**



**Figure 65 : Plan et coupe des travaux de Chichoué et Bentaillou, datant du 22/07/1911 (DUBOIS, 2004)**

## TRAITEMENT DU MINERAL

L'organisation globale du Bocard d'Eylie n'est pas changée (*Figure 66*). À noter la mise en fonctionnement dès le début du XX<sup>ème</sup> siècle d'une unité dédiée au traitement du minerai issu de la concession du Bulard. Un second four à calamine est installé en 1907 et des toitures sont installées en 1908 et 1910 pour limiter l'envol des poussières et fumées.



*Figure 66 : Laverie étagée d'Eylie (vers 1910) (carte postale non datée ; Labouche et frères à Toulouse)*

*Les deux fours à calamine sont visibles au centre de la figure (à gauche, le four de 1902 ; à droite, celui de 1907).*

### 3.6.2.7 Société Française des mines de Sentein (France) et CRAM (1913-1928)

En 1912, le *Syndicat minier* ralentit ses travaux du fait d'un manque de trésorerie. En septembre 1913, est fondée la *Société Française des mines de Sentein (France) et de Bagergue (Espagne) (SFMS&B)*. La mutation des concessions de Sentein et Bulard au nom de la SFMSB est autorisée par un décret du 16 janvier 1914 [SEN-D-58]. L'exploitation est ensuite ralentie à cause de la première guerre mondiale.

En 1920, la société espagnole *Compagnie royale asturienne des mines (CRAM)*<sup>41</sup> prend le contrôle de la SFMS&B. Cette société, forte de son expérience sur d'autres sites miniers français et espagnols, **mettra en place un traitement du minerai par flottation en 1923 dans la laverie d'Eylie.**

Le 30 juin 1925, la SFMS&B devient la « *Société française des mines de Sentein* » (SMFS), et le restera jusqu'à sa dissolution (en 1975).

À partir de 1924, l'exploitation sera soit arrêtée, soit ralentie à la suite de grèves.

#### TRAVAUX MINIERS

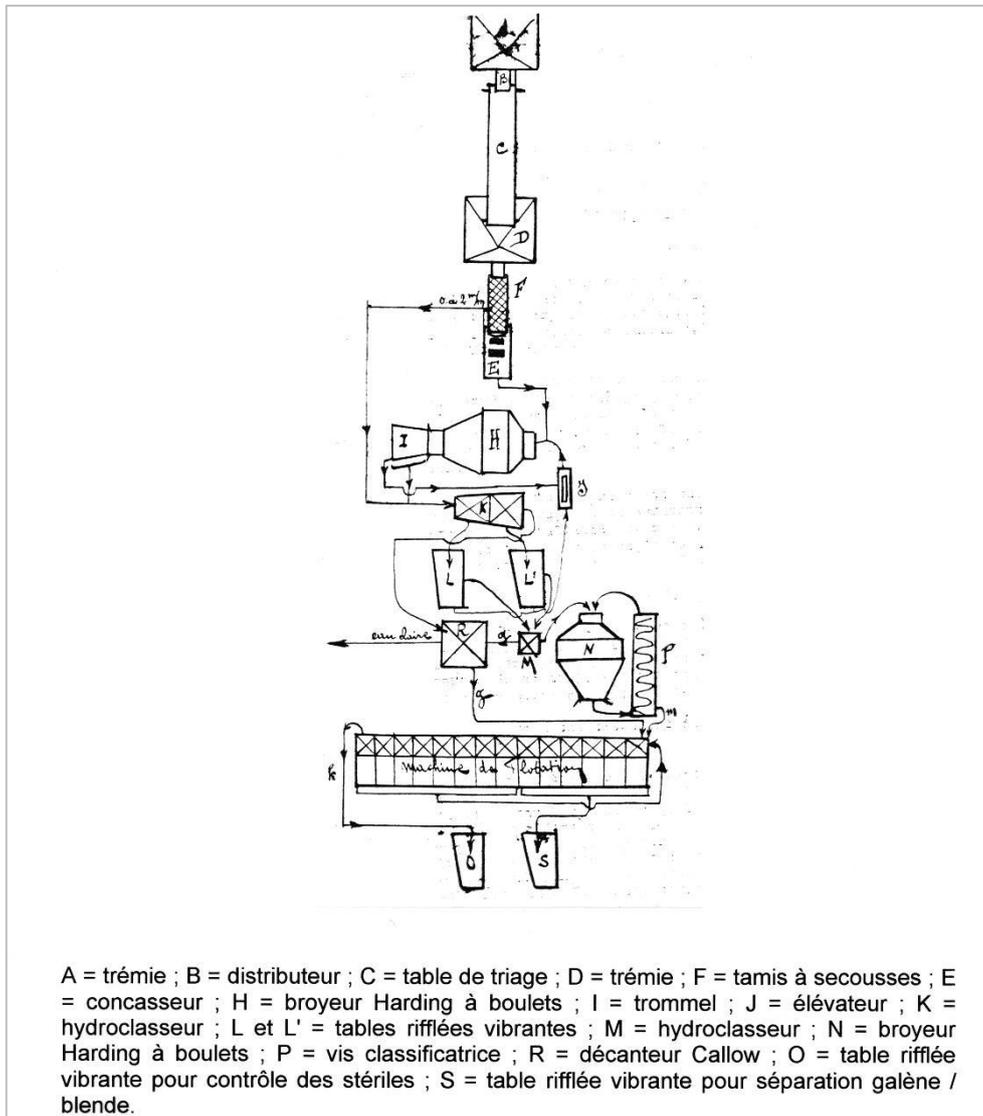
Les niveaux de travaux creusés par les précédents exploitants sont approfondis (agrandissement et multiplication des chambres d'exploitations) et de nouveaux chantiers sont exploités à Chichoué et à Bentaillou, des horizons plus profonds, au nord du gisement.

---

<sup>41</sup> La CRAM détient environ un quart du marché du zinc français et a dès le départ cherché à alimenter ses usines quasi-exclusivement avec les minerais de ses propres mines.

## TRAITEMENT DU MINERAL

En 1923, le Bocard d'Eylie adopte une nouvelle technique de traitement : la flottation. L'usine de traitement dispose notamment d'un concasseur, de deux broyeurs Harding à boulets, de deux hydroclasseur, d'une série de cellules de flottation destinée à la séparation de la blende, de tables à secousses (« riflées vibrantes »), en particulier pour le contrôle des stériles en sortie de l'unité de flottation et pour la séparation de la galène et de la blende (Figure 67).



**Figure 67 : Schéma de la laverie d'Eylie équipée du dispositif de flottation (extrait d'un procès-verbal de visite de l'Ingénieur Gazel du 30/12/1923 (DUBOIS, 2004))**

### 3.6.2.8 L'Union pyrénéenne d'électricité (1929-1942) et l'Union minière des Pyrénées (1943-1957)

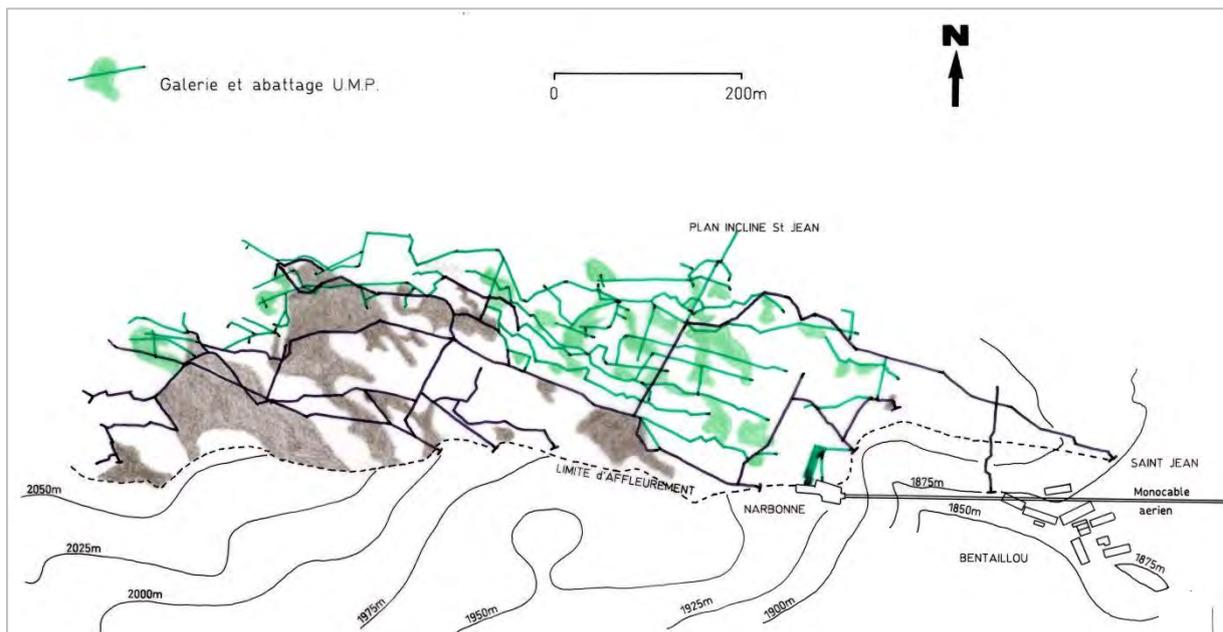
Probablement en 1929, la SFMS est reprise par l'Union pyrénéenne électrique. L'UPE creuse des galeries pour le captage d'Araing et l'aménagement hydroélectrique de la chute d'Eylie ; **ces travaux servent secondairement de recherches minières**. À cette occasion est ouvert le **niveau Saint-Jean**.

En 1934, la SFMS demande la réduction de la concession de Sentein. Un décret du 31 janvier 1935 accepte cette demande [SEN-D-59]. La concession se situe alors exclusivement sur la commune de Sentein. Sa superficie, jusqu'alors de 6 935 ha, est réduite à 2 347 ha. En janvier 1943, la société *Union minière des Pyrénées (UMP)* est créée. Un contrat d'amodiation est signé le 8 juin 1943 [SEN-D-41] : L'ensemble des terrains, bâtiments, installations industrielles, ouvrages divers ainsi que le matériel et l'outillage en service sont amodiés à l'UMP.

**En 1952, la production est maximale, avec 61 250 tonnes de minerai brut.** En 1953, cependant, l'exploitation s'arrête.

#### TRAVAUX MINIERS

De nouveaux chantiers sont exploités à des horizons plus profonds, au nord du gisement (*Figure 68*). De plus, le niveau Saint-Jean, creusé pour le compte de l'UPE en 1930, est exploité. Il permet de relier les installations de Bentailou à celle de Narbonne (et donc au reste des travaux miniers souterrains)<sup>42</sup>.



**Figure 68 : Galeries et abattages travaillés par l'UMP**  
(adapté par C. DUBOIS à partir d'un plan des archives de la DREAL Midi-Pyrénées)

<sup>42</sup> « Les anciens ont dépilé les amas minéralisés dans les amonts de la zone minéralisée depuis Espelette (2 070 m) jusqu'à la cote 1878 (galerie St-Jean). La galerie Narbonne, cote 1930, débouche au jour à la station de tête du téléphérique. Les travaux de Bentailou se sont étendus sur 800 m environ depuis Narbonne jusqu'à l'extrémité ouest et sur une bande de 250 m soit sur une surface de 20 ha » (SGR Midi-Pyrénées, 1994).

## TRAITEMENT DU MINERAL

En 1952, une laverie souterraine est mise en place dans le quartier de Narbonne. La méthode choisie est le procédé gravimétrique par « milieu dense ». En sortie de la galerie de Narbonne, le minerai était versé dans la trémie d'alimentation de l'usine. Après concassage et broyage, le minerai était mélangé à une pulpe à densité contrôlée (contenant du ferrosilicium). Ce milieu « dense » permet de séparer les particules de minerai de celles de la gangue (cf. partie haute de la Figure 69).

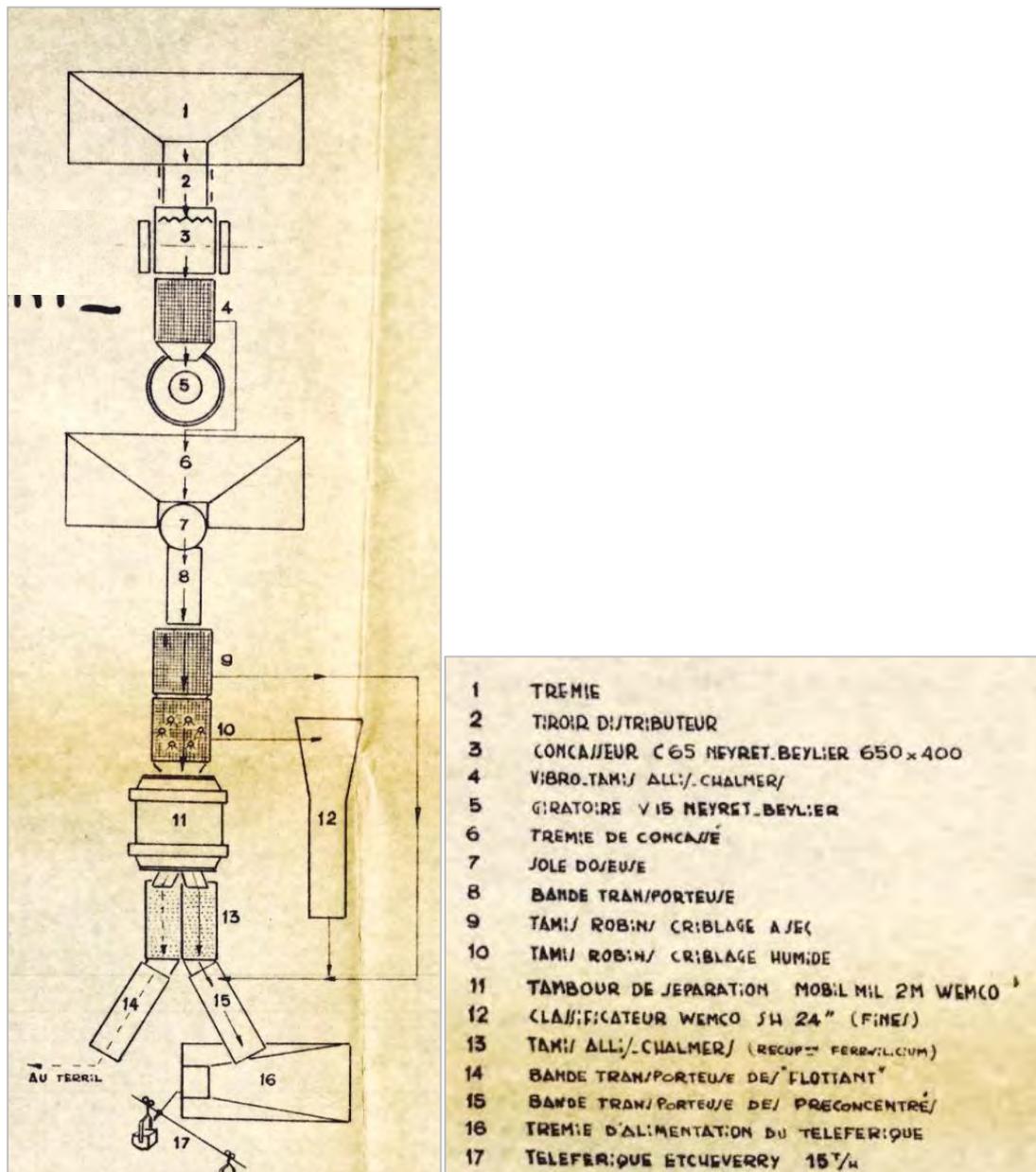


Figure 69 : Extraits d'un schéma du traitement du minerai réalisé dans la laverie souterraine et à au Bocard d'Eylie (UMP, 1952 ; [SEN-D-125])

Durant cette période, l'installation de flottation sera également perfectionnée et sera notamment dotée d'une ligne de flottation dédiée à la galène ainsi que d'un dispositif de filtration et d'épaisseurs (Figure 70).

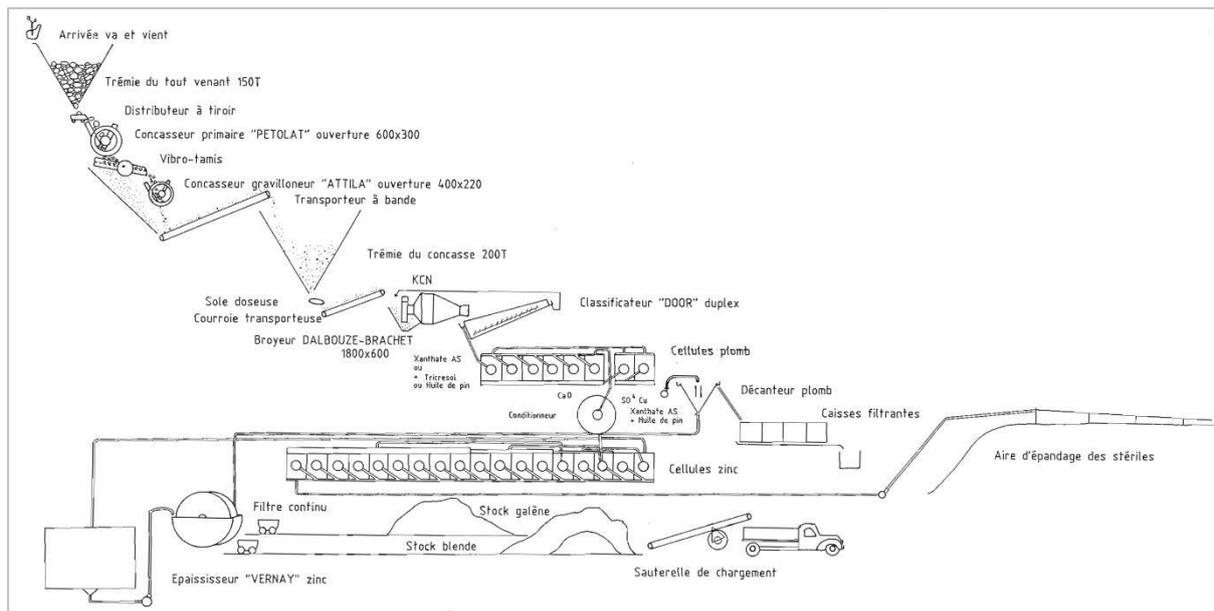


Figure 70 : Schéma du traitement du minerai, entre 1945 et 1951 (repris par C. DUBOIS, d'après un plan de l'UMP issu des Archives de la DREAL Midi-Pyrénées (DUBOIS, 1996))

Tel que le montre la Figure 71, en 1946, le site d'Eylie se compose principalement : d'une laverie étagée dotée d'un dispositif de flottation (à gauche) ; d'ateliers, magasins (au centre, au 2<sup>ème</sup> plan), de bureaux et d'une cantine (au centre, au 1<sup>er</sup> plan) et d'un logement réservé à l'Ingénieur en Chef et sa famille (à droite).



Figure 71 : Boccard d'Eylie en 1946 (photographie jointe à un courrier du 15 avril 1946 ; [SEN-D-124a])

### 3.6.2.9 Recherches du BRGGM (1955-1957)

À partir de 1955, la production de minerai de zinc est fortement encouragée en France, et l'UMP négocie une convention avec le BRGGM<sup>43</sup> au sujet d'un programme de recherches pour évaluer notamment l'extension des corps minéralisés vers l'est. En 1956 et 1957, le BRGGM effectue des centaines de mètres de sondages et trace des galeries pour explorer les prolongements au nord et au nord-ouest de Bentaillou, ainsi qu'à Rouge. Les travaux de recherche ne donnent que des résultats médiocres, l'UMP conclut à la nécessité d'un arrêt définitif de l'exploitation en 1957.

#### TRAVAUX D'EXPLOITATION

Les travaux miniers réalisés se situent sur le site de Rouge (*Figure 72*) et consistent principalement en :

- un travers-banc de près de 1 000 m (tracé par l'UMP de 1949 à 1951), relié à l'ouest à quelques autres petits travaux, en particulier la « fenêtre de Rouge » (*qui débouche juste en-dessous de la piste forestière menant à Bentaillou*) [altitude générale des travaux à la cote 1650 m NGF] ;
- des travaux souterrains courts dits « travaux de Rouge » situés à l'est des ouvrages précédents [altitude générale des travaux à la cote 1560 m NGF]



**Figure 72 : Organisation générale des principaux travaux du Quartier de Rouge et de quelques ouvrages de recherches satellites ; extrait d'un plan minier de l'UMP non daté [SEN-D-134]**

Les documents d'archive consultés n'ont pas permis de conclure quant à la communication entre les travaux miniers souterrains de Rouge et ceux de Bentaillou. Cette connexion est uniquement pressentie par l'existence d'ouvrages projetés et notamment le niveau 1740 qui « a fait l'objet de reconnaissances par sondages à partir d'un grand travers-banc de plus de 800 m avec recoupes, dont le départ est à la cote 1740 » (SGR Midi-Pyrénées, 1994).

#### TRAITEMENT DU MINERAL

Trois plans miniers, identifiés aux archives de la DREAL Midi-Pyrénées, mentionnent la présence d'une installation de traitement du minerai par milieu dense à Rouge. Les autres documents d'archives (procès-verbaux de visite de l'Ingénieur des Mines en particulier) n'en confirment cependant pas l'existence.

<sup>43</sup> Bureau de recherches géologiques, géophysiques et minières, actuel BRGM.

### **3.6.2.10 M. Daubian-Delisle (1956-1975)**

Suite à un accord passé en 1961, l'UMP abandonne officiellement le site et la SMFS tente de mener une reprise de l'activité minière [SEN-D-33]. Les travaux sont menés de manière sporadique et se concentrent alors plutôt au niveau de Rouge [SEN-D-193].

Entre 1972 et 1975, quelques travaux sont réalisés, sous l'impulsion de M. Daubian-Delisle, représentant de la SMFS. Le creusement d'une galerie entre les cotes 1655 et 1900 est projeté, devant servir de base à l'implantation de sondages de recherche et d'infrastructures pour une éventuelle nouvelle exploitation. La calcite, dans laquelle cette galerie est creusée, est commercialisée.

Quelques travaux d'approfondissement à Rouge en particulier auront été réalisés au cours de cette période : « *[À Rouge,] une petite activité d'extraction a eu lieu entre 1962 et 1963 (70 t/jour) tout en poursuivant les reconnaissances* » (SGR Midi-Pyrénées, 1994). En termes d'aménagement des installations de surface, on notera la mise en place d'une unité de concassage à Rouge (en bordure est de la plateforme des travaux principaux) et d'une glissière dédiée au transport de la calcite au Bocard d'Eylie.

Une dernière demande de remise en activité de la mine est formulée par M. Daubian-Delisle en 1981. L'administration le met en garde des difficultés induites par la réouverture des mines, notamment à cause du site classé de la Cigalère [SEN-D-158]. En effet, les travaux y sont strictement réglementés dans un rayon de 100 m. La procédure est classée sans suite [SEN-D-193].

**Les travaux ont été progressivement abandonnés par les derniers exploitants, jusqu'à l'arrêt complet de toute activité minière sur le site en 1975. La concession est orpheline.**

### 3.6.3 Etat actuel du site et sources de pollution

L'état actuel du site, de ses vestiges et des sources de pollution associées sont décrites par zone investiguée dans les paragraphes suivants.

**Ce paragraphe constitue la synthèse de la phase informative, des observations de terrain et des principaux résultats analytiques obtenus lors de la caractérisation des sources de pollution identifiées.**

Ces éléments sont cartographiés sur la carte des exploitations minières de Sentein (*Annexe B3-1, hors-texte*) et sur la carte informative des zones investiguées concernées.<sup>44</sup>

Certaines installations de transport qui impliquent plusieurs sites sont présentées indépendamment. Il s'agit des « Câbles des Anglais » (1878-1893) et du bicâble allant de Narbonne à Eylie de 1900 (*Tableau 21 et Tableau 22*). Le monocâble de 1904 est traité en deux sections, l'une rattachée à Rouge et la seconde à Eylie, au regard de la localisation des principales sources de pollution associées à cette installation de transport.

- Chichoué (*carte informative en Annexes B4-1, hors-texte*) :
  - *Tableau 23 : Dépôts miniers (principalement des stériles de creusement et des résidus grossiers de prétraitement) de Chichoué*
- Bentaillou (*carte informative en Annexes B4-2, hors-texte*) :
  - *Tableau 24 : Installations de surface sur le site de Bentaillou*
  - *Tableau 25 : Cuves et transformateurs non démantelés au droit du site de Bentaillou*
  - *Tableau 26 : Dépôts de stériles de creusement sur le site de Bentaillou*
  - *Tableau 27 : Laverie souterraine de Narbonne et dépôts miniers associés*
  - *Tableau 28 : Dépôts de minerai supposé, et mélange de sols et de résidus sur le site de Bentaillou*
- Rouge (*carte informative en Annexes B4-3, hors-texte*) :
  - *Tableau 29 : Installations de transport aériennes reliant Narbonne à Eylie (monocâble de 1904) – tronçon Narbonne – Rouge et dépôts miniers associés*
  - *Tableau 30 : Installations de surface au droit de la plateforme de Rouge*
  - *Tableau 31 : Dépôts de stériles de creusement ainsi que cuves et transformateurs sur le site de Rouge*
- Tartereau (*carte informative en Annexes B4-4, hors-texte*) :
  - *Tableau 32 : Installations de transport entre Chichoué et Eylie, en passant par Tartereau (Kaulek, 1865-1867)*
  - *Tableau 33 : Installation de traitement par décantation de Tartereau et résidus miniers associés*
- Eylie (*carte informative en Annexes B4-6, hors-texte*) :
  - *Tableau 34 : Dépôts de résidus associés aux installations de 1880-1900 sur le site d'Eylie*
  - *Tableau 35 : Installations de transport aériennes reliant Narbonne à Eylie (monocâble de 1904) – tronçon Rouge – Eylie et dépôts miniers associés*
  - *Tableau 36 : Installations de surface et fours à calamine sur le site d'Eylie*
  - *Tableau 37 : Laverie d'Eylie (installation de traitement, ateliers, magasins, etc.)*
  - *Tableau 38 : Dépôts majeurs de résidus miniers d'Eylie, situés à l'amont de la laverie*
  - *Tableau 39 : Dépôts majeurs de résidus miniers d'Eylie, situés à l'aval de la laverie*
- Sentein (*carte informative en Annexes B4-10, hors-texte*) :
  - *Tableau 40 : Installations de transport entre Eylie et Sentein et dépôts miniers associés*

---

<sup>44</sup> Les références précisées dans les tableaux sont celles reprises sur les cartes.

### 3.6.3.1 Installation de transport impliquant plusieurs sites

n°151	Trémie de 1883, construite par la Sentein Mining Company. Départ des câbles aériens « des Anglais », reliant des travaux de Chichoué à La Plagne (d'après DUBOIS, 2004).
	
n°152	Voie ferrée supposée entre la trémie de juin 1883 et la station de tête des câbles aériens « des Anglais », 1878-1893 (d'après DUBOIS, 2004). Reconnaissance sur le terrain.
n°153	Câbles aériens « des Anglais », 1878-1893 (d'après DUBOIS, 2004). Reconnaissance sur le terrain.
n°154	Station de tête de l'installation des câbles aériens « des Anglais », 1878-1893 (d'après DUBOIS, 2004). Reconnaissance sur le terrain.
n°155	Station intermédiaire sur l'installation des câbles aériens « des Anglais », 1878-1893 (d'après DUBOIS, 2004). Reconnaissance sur le terrain.
n°156	Station intermédiaire sur l'installation des câbles aériens « des Anglais », 1878-1893 (d'après DUBOIS, 2004). Reconnaissance sur le terrain.
n°157	Station intermédiaire sur l'installation des câbles aériens « des Anglais », 1878-1893 (d'après DUBOIS, 2004).
	
n°210	Mélange de concentrés et de matériaux de construction de la station, associé aux câbles aériens utilisés par les « Anglais » (1878-1893). Tracé d'après ORTHO. <i>Mesure NITON : Zn = 5% ; Pb = 3%</i>
	
n°209	Mélange de concentrés et de matériaux de construction de la station, associé aux câbles aériens utilisés par les « Anglais » (1878-1893). Tracé d'après ORTHO.
n°158	Station intermédiaire sur l'installation des câbles aériens « des Anglais », 1878-1893 (d'après DUBOIS, 2004).
n°208	Mélange de concentrés et de matériaux de construction de la station, associé aux câbles aériens utilisés par les « Anglais » (1878-1893). Tracé d'après ORTHO.
n°159	Station de recette sur l'installation des câbles aériens « des Anglais », 1878-1893 (d'après DUBOIS, 2004). Reconnaissance sur le terrain.

**Tableau 21 : Installations de transport entre Chichoué et le Cirque de la Plagne, câbles aériens « des Anglais » (1878-1893) et dépôts miniers en base des stations et pylônes des câbles**

n°160	Bicâble allant de Narbonne au Bocard d'Eylie (Narbonne - Bentaillou - Cataouère - Refuge de Rouge - Laverie d'Eylie). Construit par The Sentein Mining Company en 1900 (d'après DUBOIS, 2004)
n°161	Va-et-vient de tête du bicâble de 1900, allant de Narbonne au Bocard d'Eylie (d'après DUBOIS, 2004).
n°162	Station de Bentaillou. Station intermédiaire du bicâble de 1900, allant de Narbonne au Bocard d'Eylie (d'après DUBOIS, 2004).
	
n°163	Station de la Cataouère. Station intermédiaire du bicâble de 1900 et du monocâble Etcheverry de 1904, tous deux allant de Narbonne au Bocard d'Eylie (d'après DUBOIS, 2004). <i>Mesure NITON à proximité, sous le tracé des câbles (concentrations en mg/kg) : 600 Pb ; 150 Zn</i>
	
n°164	Petite station intermédiaire du bicâble de 1900, allant de Narbonne au Bocard d'Eylie (d'après Dubois, 2004). Reconnaissance sur le terrain.
n°227	Minerai supposé, associé au câble de 1900 (Narbonne - Bocard). Tracé d'après ORTHO et d'après photo aérienne de 1942 (« trace blanche »), en concordance avec tracé du câble (cf. flèches noires ci-dessous) <i>Ci-dessous, à gauche : extrait de la photo aérienne de 1942, Géoportail ©IGN</i>
	
n°165	Station de recette du bicâble de 1900, allant de Narbonne au Bocard d'Eylie, bâtiment accolé à la laverie (d'après Dubois, 2004) (cf. flèche noire ci-dessous, à gauche)
	

**Tableau 22 : Installations de transport aériennes reliant Narbonne à Eylie (bicâble de 1900), en passant par Bentaillou et dépôt minier associé**

### 3.6.3.2 Chichoué

n°211	<p>Stériles de creusement non végétalisés en sortie des ODJ, sous forme de « mamelons » jointifs. Granulométrie très variable (de blocs dm à fines infra-mm). Mesures NITON : Zn = 10% voire plus, Pb : plusieurs %. Surface = 35000 m<sup>2</sup>.</p> <p><i>Nombreux prélèvements et mesures NITON sur la zone, en priorité orientés vers les zones de pâturage situées en aval des dépôts. Localement concentration suivantes : &gt;% en Pb ; &gt; 10% en Zn.</i></p>
n°212	<p>Minerai supposé, associé aux câbles aériens utilisés par les « Anglais » (1878-1893) et réutilisé par la suite ? Tracé d'après photo aérienne de 1942 (« traces blanches »).</p>

**Tableau 23 : Dépôts miniers (principalement des stériles de creusement et des résidus grossiers de prétraitement) de Chichoué**

### 3.6.3.3 Bentaillou

n°266	Compresseur & Poste de transformation, datant d'avant 1939 (N°13) <sup>45</sup> (cf. ci-dessous, à gauche)
n°267	Forge, datant d'avant 1939 (N°12) <sup>45</sup> (cf. ci-dessous, au centre et à droite)
n°268	Anciens logements pour ouvriers, datant d'avant 1939 (N°11) <sup>45</sup> .
n°269	Anciens logements pour ouvriers, datant d'avant 1939 (N°10) <sup>45</sup>
n°270	Sanitaires, datant d'avant 1942 (N°9) <sup>45</sup>
n°271	Anciens logements pour ouvriers, datant d'avant 1939 (N°8) <sup>45</sup>
n°272	Anciens logements pour ouvriers, datant d'avant 1939 (N°7) <sup>45</sup>
n°273	Anciens bureaux, cantine et maîtrise, datant d'avant 1939 (N°5) <sup>45</sup>
n°274	Anciens bureaux, cantine et maîtrise, datant d'avant 1939 (N°4) <sup>45</sup>
n°275	Bâtiment en préfabriqué, datant d'entre 1942 et 1948 (N°6) <sup>45</sup>
n°276	Anciens magasin et logement des chefs, datant d'avant 1939 (N°3) <sup>45</sup>
n°277	Anciens logements pour ouvriers, datant d'avant 1939 (N°2) <sup>45</sup> (cf. ci-dessous, 2 <sup>ème</sup> ligne, au centre)
n°278	Bâtiment en préfabriqué, datant de mai 1952 (N°1) <sup>45</sup> (cf. ci-dessous, 2 <sup>ème</sup> ligne, à gauche – premier plan)
n°279	Bâtiment en préfabriqué, datant d'entre 1948 et 1952 (N°14) <sup>45</sup>
n°280	Bâtiment en préfabriqué, datant d'entre 1948 et 1952 (N°15) <sup>45</sup>



Tableau 24 : Installations de surface sur le site de Bentaillou

<sup>45</sup> cf. Rapport GEODERIS S2014/015DE – 14MPY2410

n°281	Transformateur T1 <sup>46</sup> . Très dégradé, il est dépourvu de ses ailettes de refroidissement et est ouvert sur le dessus.
	
n°282	Transformateur T2 <sup>46</sup> . Dégradé (cf. ci-dessous, à gauche)
n°283	Transformateur T3 <sup>46</sup> . Très dégradé présente des ouvertures dans sa structure métallique permettant la circulation des eaux pluviales (cf. ci-dessous, au centre)
n°284	Transformateur T4 <sup>46</sup> . En bon état (cf. ci-dessous, à droite)
	
n°285	Cuve C1 <sup>46</sup> . Cuve (de refroidissement ?) ouverte associée à un moteur (cf. ci-dessous, à gauche)
n°286	Cuve C2 <sup>46</sup> . Fût métallique contenant une substance visqueuse en fond de cuve (cf. ci-dessous, au centre)
n°287	Cuve C3 <sup>46</sup> . Fût métallique contenant une substance visqueuse en fond de cuve (cf. ci-dessous, à droite)
	

**Tableau 25 : Cuves et transformateurs non démantelés au droit du site de Bentaillou**

<sup>46</sup> cf. Rapport GEODERIS S2014/015DE – 14MPY2410

<p><b>n°215</b></p>	<p>Stériles de creusement du TB Saint-Jean, non végétalisés, déversés dans le talweg de Coume Longue. UMP, 1943-1953. Effet de décharge important dans le ruisseau. Surface = 6500 m<sup>2</sup>. Epaisseur de 5 m à +.  <i>Prélèvement (concentrations en mg/kg) : 6 840 Pb ; 11 900 Zn (1,9%)</i></p>
	
<p><b>n°216</b></p>	<p>Stériles de creusement en sortie de la Galerie Saint-Jean, non végétalisés. UMP, 1943-1953. Matériaux à granulométrie hétérogène (graviers cm à fines (mm)). Mesure NITON : Zn &gt; 1%.  Surface = 450 m<sup>2</sup>. Epaisseur = 1 à 2 m env. <i>Prélèvement (concentrations en mg/kg) : 2 410 Pb ; 9 250 Zn (1%)</i></p>
	
<p><b>n°217</b></p>	<p>Stériles de creusement (supposés) en sortie d'une poudrière, déversés dans la pente. Non végétalisés. Granulométrie hétérogène, principalement mm à cm. Mesure NITON : Zn = 8%.  Surface = 350 m<sup>2</sup>. Epaisseur &lt; 1 m. <i>Prélèvement (concentrations en mg/kg) : 6 730 Pb ; 24 800 Zn (2,5%)</i></p>
	
<p><b>n°218</b></p>	<p>Stériles de creusement en sortie d'un ouvrage de reconnaissance (supposé), déversés dans la pente. Non végétalisés. Granulométrie hétérogène, principalement mm à cm. Mesure NITON : Zn = 2%.  Surface = 300 m<sup>2</sup>. Epaisseur &lt; 1 m. <i>Prélèvement (concentrations en mg/kg) : 11 600 Pb (1,2%) ; 23 200 Zn (2,3%)</i></p>
	

**Tableau 26 : Dépôts de stériles de creusement sur le site de Bentaillou**

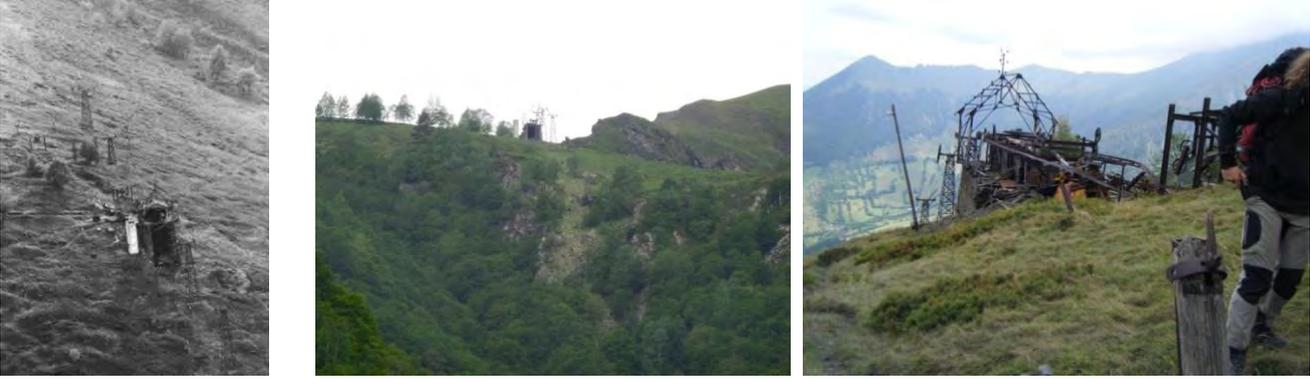
n°126	Laverie souterraine de Narbonne, 1950-1953. Traitement par milieu dense (concassage, broyage, criblage, séparation au ferrosilicium). L'ensemble des structures ont été démantelées, il ne reste que les structures bétonnées de confortement, la trémie métallique d'alimentation et le broyeur.		
			
n°214	Résidus de la laverie souterraine de Narbonne non végétalisés, déversés dans le talweg de Coume Longue. UMP, 1950-1953. Matériaux très homogènes, sables moyens brun à noir. Surface = 3000 m <sup>2</sup> . Epaisseur env. 5 m. <i>Prélèvement (concentrations en mg/kg) : 487 As ; 7 300 Pb ; 23 200 Zn (2,3%)</i>		
			
n°259	Trémie d'alimentation de la laverie souterraine par milieu dense. UMP, 1950. Mise en sécurité en 2002 : Remblai avec ferrailles et décombres de la station Narbonne + haldes et terre pris sur place.		
			
n°213	Stériles de creusement de la galerie de Narbonne, non végétalisés, déversés dans le talweg de Coume Longue. Nescus, 1900-1906 > UMP, 1943-1953 Effet de décharge important dans le ruisseau. Surface = 6000 m <sup>2</sup> . Epaisseur : 5 m à +. <i>Prélèvements (x 2) (concentrations max en mg/kg) : 1 750 Pb ; 2 930 Zn.</i>		
			

**Tableau 27 : Laverie souterraine de Narbonne et dépôts miniers associés**

<p><b>n°219</b></p>	<p>Minerai supposé, associé à une installation de transport (selon photo aérienne de 1942 = « trace blanche » et pylônes). Reconnaissance sur le terrain du fait du développement de mousses.  <i>Mesure NITON (concentrations en mg/kg) : 2 000 As ; 33 300 Pb ; 135 600 Zn (13%)</i>  <i>Ci-dessous, à gauche : extrait de la photo aérienne de 1942, Géoportail ®IGN</i></p>
	
<p><b>n°220</b></p>	<p>Minerai supposé, associé à l'un des deux câbles allant de Narbonne à Eylie (de 1900 ou de 1904), en base d'un pylône. Granulométrie principalement mm-cm.  <i>Prélèvement (concentrations en mg/kg) : 80 Sb ; 250 As ; 285 Cd ; 62 600 Pb (6%) ; 170 000 Zn (17%)</i></p>
	
<p><b>n°221</b></p>	<p>Sols entre les anciennes installations de surface de Bentaillou. Tracé d'après les résultats des mesures NITON, avec Pb environ 1000 mg/kg. Mélange de matériaux de granulométrie hétérogène avec végétation rase.</p>

**Tableau 28 : Dépôts de minerai supposé, et mélange de sols et de résidus sur le site de Bentaillou**

### 3.6.3.4 Rouge

n°166	Monocâble Etcheverry allant de Narbonne au Bocard d'Eylie (Narbonne - Cataouère - Station de Rouge – « Bocard »). Construit par la Nescus Company en 1904 (d'après Dubois, 2004).
n°167	Station téléphérique de Narbonne. Station de tête du monocâble de Narbonne au Bocard d'Eylie de 1904. Mise en sécurité par MICA Environnement : Entrée fermée par un mur béton. Reconnaissance sur le terrain.
	
n°168	Station de téléphérique de Rouge. Station intermédiaire du monocâble Etcheverry de 1904, allant de Narbonne au Bocard d'Eylie. Poste électrique et de transformation présents. Reconnaissance sur le terrain. <i>Ci-dessous, à gauche : Non daté, post-activité minière (source : boîte n°87 des archives de la DREAL MPY)</i>
	
n°225	Minerai supposé, associé à la station téléphérique de Rouge (ainsi qu'à la station intermédiaire du câble de 1900), déversés dans la pente. Reconnaissance sur le terrain du fait de la présence de zones à nu et du développement de mousses. <i>Mesures NITON : Zn jusqu'à 13% et Pb, jusqu'à 3%</i> <i>Prélèvement (en haut du dépôt) (concentrations en mg/kg) : 145 As ; 14 500 Pb (1,4%) ; 24 600 Zn (2,5%)</i>
	

**Tableau 29 : Installations de transport aériennes reliant Narbonne à Eylie (monocâble de 1904) – tronçon Narbonne – Rouge et dépôts miniers associés**

n°223	Sols de la plateforme de Bentailou avec rare développement herbacé, reposant sur le dépôt de stériles du TB de Rouge. Matériaux de natures très différentes (résidus, stériles, vestiges métalliques, etc.). Surface = 2500 m <sup>2</sup> . Prélèvements (x 3) (concentrations max en mg/kg) : 287 As ; 100 Cd ; 4 710 Pb ; 57 000 Zn (5,7%) Ci-dessous, à gauche : Non daté, post-activité minière (source : boîte n°87 des archives de la DREAL MPY)
 	
n°288	Bâtiment en préfabriqué (anciens logements et cantine ?) (N°18) <sup>47</sup> Le vestige ne dispose plus de toiture, ni d'ouvertures. Entre les pans de murs qui subsistent se sont accumulés des gravats, des débris de mobilier et d'électroménager, des morceaux de charpente, etc.
	
n°289	Bâtiment en préfabriqué (anciens logements et cantine ?) (N°19) <sup>47</sup> Ci-dessous, à gauche : Non daté, post-activité minière (source : boîte n°87 des archives de la DREAL MPY)
n°290	Unité de concassage en sortie de voie ferrée sur la plateforme de Rouge (N°20) <sup>47</sup> L'unité de concassage est constituée : d'une trémie métallique en tôle devant laquelle une corde fine a été installée pour prévenir la chute de personne ; sous la trémie, d'un concasseur à marteaux et d'un tapis roulant en pièces détachées (il s'agirait de pièces héliportées en 1963, (DUBOIS, 1996) ; d'un broyeur à mâchoires Neyret-Beylier (probablement également héliporté depuis la laverie souterraine par milieu dense de Narbonne (DUBOIS, 1996) qui se situe sur une pile en béton et semble en équilibre instable.
	

**Tableau 30 : Installations de surface au droit de la plateforme de Rouge**

<sup>47</sup> cf. Rapport GEODERIS S2014/015DE – 14MPY2410

n°222	Stériles de creusement associés au TB de Rouge, déversés dans la pente. Non végétalisés. Granulométrie très hétérogène (avec blocs pluri-dm), mais globalement mm à cm. Surface = 6500 m <sup>2</sup> . Epaisseur de 5 m à +. Prélèvements (x 3) (concentrations max en mg/kg) : 260 As ; 60 Cd ; 288 Pb ; 31 400 Zn (3,1%)
	
n°224	Stériles de creusement associés aux travaux de Rouge (chantiers est de la zone), déversés dans la pente. Non végétalisés. Mesures NITON : Zn jusqu'à 1%. Surface = 1000 m <sup>2</sup> . Prélèvements (x 2) (concentrations max en mg/kg) : 1 480 Pb ; 36 000 Zn (3,6%)
	
n°291	Poste de transformation de la station téléphérique de Rouge <sup>48</sup> dans lequel est installé T5
n°292	Transformateur T5 <sup>48</sup> , en bon état (cf. ci-dessous, à gauche)
n°293	Cuve C4 <sup>48</sup> . Cuve de 5000l fermée, contenant vraisemblablement du fuel, nécessaire au fonctionnement du locotracteur diesel et aux installations de chauffage des baraquements (cf. ci-dessous, au centre)
n°294	Cuve C5 <sup>48</sup> . Deux fûts d'huile ouverts, vraisemblablement de l'huile de transmission (cf. ci-dessous, à droite)
	

**Tableau 31 : Dépôts de stériles de creusement ainsi que cuves et transformateurs sur le site de Rouge**

<sup>48</sup> cf. Rapport GEODERIS S2014/015DE – 14MPY2410

### 3.6.3.5 Tartereau

n°144	Voie ferrée pour le transport du minerai depuis Chichoué vers la glissière hydraulique. Kaulek, 1862-1870 (d'après DUBOIS, 2004 ; report d'après Ortho). LOCALISATION SUPPOSEE. <i>(cf. ci-dessous, à gauche)</i>
n°145	Petite station de départ de la glissière hydraulique (en amont du plan incliné). Kaulek, 1862-1870 (d'après DUBOIS, 2004 ; report d'après Ortho). <i>(cf. ci-dessous, au centre)</i>
n°146	Plan incliné entre la voie de chemin de fer (depuis Chichoué) et la glissière hydraulique. Kaulek, 1865-1867 (d'après DUBOIS, 2004 ; report d'après Ortho). <i>(cf. ci-dessous, à droite)</i>
	
n°147	Glissière hydraulique transportant le minerai de Chichoué à l'ouest du cirque de la Plagne (vers l'installation de décantation de Tartereau). Kaulek, 1865-1867 (d'après DUBOIS, 2004 ; report d'après Ortho). Reconnaissance sur le terrain.
n°148	Voie ferrée pour le transport du minerai depuis l'installation de décantation de Tartereau. Kaulek, 1865-1867
n°149	Plan incliné reliant la voie de chemin de fer (depuis l'installation de décantation de Tartereau) jusqu'au chemin menant à Eylie. Kaulek, 1865-1867 (d'après DUBOIS, 2004 ; report d'après Ortho). Reconnaissance sur le terrain.
n°150	Voie charretière menant de la base du plan incliné à la laverie d'Eylie. Kaulek, 1865-1867 (d'après DUBOIS, 2004 ; report d'après Ortho).

**Tableau 32 : Installations de transport entre Chichoué et Eylie, en passant par Tartereau (Kaulek, 1865-1867)**

n°125	Installation de traitement par décantation de Tartereau, 1865-1867. Traitement du minerai des travaux de Chichoué, transporté par la glissière hydraulique de Kaulek.
    	
n°206	<p>Résidus de décantation (associées aux travaux de Kaulek ; 1865-1867). Matériaux non végétalisés de couleur rouge-orangé très fins (« farineux »). Surface = 2000 m<sup>2</sup>. Epaisseur supposée = 1 m (voire plus).  <i>Prélèvements (x 4) (concentrations max en mg/kg) : 391 Sb ; 423 As ; 53 Cd ; 57 300 Pb (5,7%) ; 44 200 Zn (4,4%)</i></p>
  	
n°207	<p>« Cône » de dépôt qui prolonge les bassins de décantation. Matériaux végétalisés, peu visibles sur site mais présence de résidus très fins (infra mm) dans les zones à nu. <i>Confirmation avec NITON : Pb &gt; 1%</i>. Surface supposée = 4500 m<sup>2</sup>. Epaisseur supposée = 2 à 5 m.</p>
  	

**Tableau 33 : Installation de traitement par décantation de Tartereau et résidus miniers associés**

### 3.6.3.6 Eylie

	<p><i>Carte postale non datée (Edit. du SI de Castillon)</i></p> <p>L'organisation du site correspond à celle présentée sur le plan de 1889. De plus, sur cette vue la laverie étagée de 1900 n'a pas encore été construite. La date de ce document est comprise entre 1890 et 1900.</p> <p>Du grand bâtiment central (au centre) partent trois conduites alimentant des stockages de résidus (« sables » sur le plan de 1889).</p> <p><b>Il s'agit des dépôts (qui ne sont plus visibles aujourd'hui) n°236, 237 et 238 (décrits ci-après)</b></p>	
<p><b>n°236</b></p>	<p>Résidus miniers (non visibles aujourd'hui) associés à la période 1880-1900. Tracé (supposé) d'après une carte postale d'époque. Surface et épaisseur supposées : 2000 m<sup>2</sup> / 2 à 5 m.</p>	
<p><b>n°237</b></p>	<p>Résidus miniers (non visibles aujourd'hui) associés à la période 1880-1900. Tracé (supposé) d'après une carte postale d'époque. Surface et épaisseur supposées : 1500 m<sup>2</sup> / 2 à 5 m. <b>À l'ouest : horizons de résidus très indurés encore visibles.</b> <i>Mesure NITON à proximité (concentrations en mg/kg) : 2300 Pb ; 4 000 Zn</i></p>	
<p><b>n°238</b></p>	<p>Résidus miniers (non visibles aujourd'hui) associés à la période 1880-1900. Tracé (supposé) d'après une carte postale d'époque. Surface et épaisseur supposées : 7000 m<sup>2</sup> / 5 m.</p> <p><b>À l'ouest : horizons de résidus très indurés encore visibles.</b></p> <p>Contrairement aux autres dépôts (n°236 et n°237) qui ont été déplacés (?) pour les besoins associés aux nouveaux équipements de la laverie, le dépôt n°238 est resté au moins 20 ans sur site.</p> <p><i>Prélèvement (concentrations en mg/kg) : 116 As ; 135 Cd ; 18 300 Pb (1,8%) ; 64 400 Zn (6,4%)</i></p> <p><i>Cartes postales ci-dessous : Labouche et frères à Toulouse ; à gauche : N°939 et à droite : N°937.</i></p>	

**Tableau 34 : Dépôts de résidus associés aux installations de 1880-1900 sur le site d'Eylie**

n°226	Minerai supposé, associé au câble de 1904 (Narbonne - Bocard). Tracé d'après ORTHO et d'après photo aérienne de 1942 (« trace blanche »), en concordance avec tracé du câble (cf. flèches noires ci-dessous) <i>Ci-dessous, à gauche : extrait de la photo aérienne de 1942, Géoportail ©IGN</i>
	
n°169	Station « du Bocard ». Station de recette du monocâble Etcheverry de 1904, allant de Narbonne au Bocard d'Eylie (d'après Dubois, 2004). <i>Ci-dessous, à droite : Extrait d'une carte postale, vers 1910 (Labouche frères à Toulouse ; N°930bis)</i>
	
n°239	Minerai supposé, en base de recette du monocâble de 1904 provenant de Rouge. Granulométrie hétérogène, mm à cm. Etalement des matériaux dans la pente vers la laverie. Surface = 3000 m <sup>2</sup> , Epaisseur inconnue. <i>Mesures NITON Zn jusqu'à 1% ; Pb, 1%.</i> <i>Ci-dessous, à droite : Extrait d'une carte postale, vers 1910 (Labouche frères à Toulouse ; N°936)</i>
	
n°170	Glissière en plastique mise en place par la SMFS vers 1950 pour le transport de la calcite au Bocard d'Eylie. Reconnaissance sur le terrain.

**Tableau 35 : Installations de transport aériennes reliant Narbonne à Eylie (monocâble de 1904) – tronçon Rouge – Eylie et dépôts miniers associés**

n°257	<p>Fours à calamine installés en 1901-1902 pour traiter le minerai oxydé provenant des chantiers ouest de Chichoué</p> <p><i>Ci-dessous, en haut à gauche : extrait de carte postale, non daté (entre 1900 et 1910, d'après la nature des installations) (Labouche frères à Toulouse ; N°936bis)</i></p>
	
n°258	Magasin à minerai de la laverie du Bocard d'Eylie
n°295	Bâtiments administratifs, magasins et cantine de la mine.
n°296	<p>« Château d'Eylie »- Logement de l'ingénieur en Chef de la mine (et de sa famille)</p> <p>À noter la présence de matériaux résiduaire (granulo mm à infra-mm) en bordure de l'édifice.</p> <p><i>Prélèvement (concentrations en mg/kg) : 128 Sb ; 211 As ; 284 Cd ; 47 300 Pb (4%) ; 155 000 Zn (15,5%)</i></p>
	
n°297	<p>Installations d'élevage pour la mine (porcherie, poulailler, etc.). À noter la présence de matériaux résiduaire tout autour des édifices ruinés</p> <p><i>Prélèvement (concentrations max en mg/kg) : 162 As ; 141 Cd ; 38 300 Pb (3,8%) ; 67 500 Zn (6,8%)</i></p>
	
n°298	Logements de mineurs construits vers la fin de l'activité minière, restés inachevés.
	

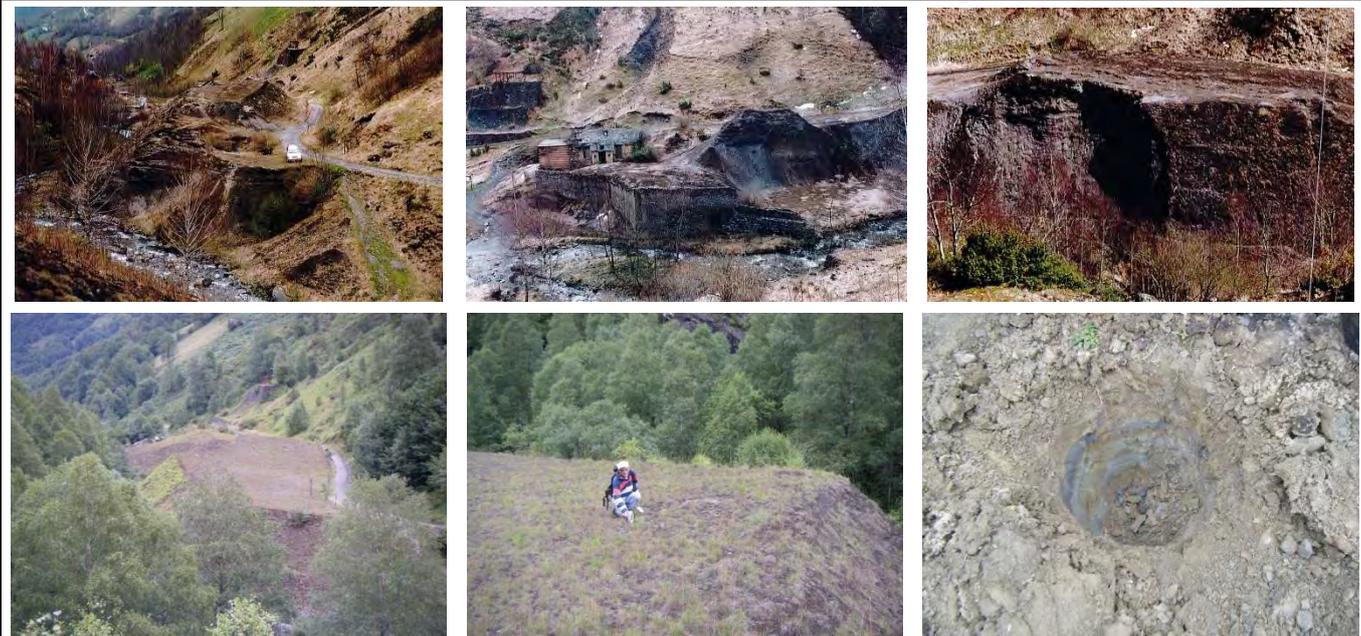
**Tableau 36 : Installations de surface et fours à calamine sur le site d'Eylie**

n°124

Laverie du Bocard d'Eylie, la principale du secteur minier. Ayant fonctionné pendant plus d'un siècle (de mi-XIX<sup>ème</sup> à mi-XX<sup>ème</sup>) avec dispositifs de concassage, broyage, tri, flottation, etc.  
Le site contient aujourd'hui les vestiges des différentes installations de traitement (réaménagées et améliorées au fur et à mesure du temps, selon les changements d'exploitants). Dans l'usine étagée (unité de traitement du minerai en tant que tel) subsistent de nombreux vestiges industriels (cf. ci-dessous, 2<sup>ème</sup> ligne) Bien que les bâtiments aient fait l'objet d'une opération de nettoyage en 1999, le sol est recouvert de matériaux résiduaire fins dans les bâtiments fermés (cf. ci-dessous, 3<sup>ème</sup> ligne)  
Prélèvements (x 2) sur des produits fins dans l'usine (cf. ci-dessous, 3<sup>ème</sup> ligne, à gauche et au centre) (concentrations max en mg/kg) : 248 As ; 434 Cd ; 24 800 Pb (2,5%) ; 196 000 Zn (20%)



Tableau 37 : Laverie d'Eylie (installation de traitement, ateliers, magasins, etc.)

<p><b>n°232</b></p>	<p>Résidus de traitement fins « <i>Amont Laverie Sud</i> », sables et limons. Matériaux proviendraient principalement des opérations gravimétriques de la laverie d'Eylie. V = 60000 m3 (hauteur max = 18 m ; pente d'équilibre = 34°). Mise en sécurité par MICA Environnement en 2004 (gabions, reprofilage, végétalisation).  Actuellement : végétalisation ralentie + décharge partielle dans le Lez (notamment sur la façade sud).  <i>Ci-dessous, en haut : Avant travaux de réhabilitation (MICA environnement, 2003)</i>  <i>Prélèvements (x 2) (concentrations max en mg/kg) : 83 As ; 1 790 Pb (4%) ; 13 400 Zn (1,3%)</i></p>
	
<p><b>n°233</b></p>	<p>Résidus de traitement fins « <i>Amont Laverie Nord</i> », sables et limons. Matériaux proviendraient principalement des opérations gravimétriques de la laverie d'Eylie. V = 30000 m3 (hauteur max = 13 m ; pente d'équilibre = 34°). Mise en sécurité par MICA Environnement en 2004 (gabions, reprofilage, végétalisation). Actuellement : végétalisation ralentie mais pas d'évolution en surface.  <i>Ci-dessous, en haut : Avant travaux de réhabilitation (MICA environnement, 2003)</i>  <i>Prélèvements (x 4) (concentrations max en mg/kg) : 165 As ; 135 Cd ; 40 700 Pb (4%) ; 49 500 Zn (5%)</i></p>
	

**Tableau 38 : Dépôts majeurs de résidus miniers d'Eylie, situés à l'amont de la laverie**

**n°234** Résidus de traitement fins « *Aval Laverie Sud* », sables et limons. Matériaux proviendraient principalement des opérations par flottation de la laverie d'Eylie. V = 80000 m3 (hauteur max = 26 m ; pente d'équilibre = 33°). Mise en sécurité par MICA Environnement en 2004 (réparation des gabions existants ou installation de nouveaux, végétalisation). Actuellement : végétalisation ralentie et développement de ravines pluri-dm.  
*Ci-dessous, en haut à gauche : avant travaux de réhabilitation (MICA environnement, 2003)*  
*Prélèvements (x 3) (concentrations max en mg/kg) : 158 As ; 4 860 Pb ; 6 970 Zn (1,5%)*



**n°235** Résidus de traitement fins « *Aval Laverie Nord* », sables et limons. Matériaux proviendraient principalement des opérations par flottation de la laverie d'Eylie. V = 44000 m3 (hauteur max = 13 m ; pente d'équilibre = 35°). Mise en sécurité par MICA Environnement en 2004 (réparation des gabions existants ou installation de nouveaux, végétalisation). Actuellement : végétalisation ralentie et **affouillement par le ruisseau de Laspé (en limite NE du dépôt) du fait de l'absence de structure de protection** (cf. ci-dessous, en bas à droite)  
*Ci-dessous, en haut à gauche : Avant travaux de réhabilitation (MICA environnement, 2003)*  
*Prélèvements (x 4) (concentrations max en mg/kg) : 222 As ; 4 020 Pb ; 15 200 Zn (1,5%)*



**Tableau 39 : Dépôts majeurs de résidus miniers d'Eylie, situés à l'aval de la laverie**

### 3.6.3.7 Sentein

<p><b>n°171</b></p>	<p>Voie charretière avec relais ferrés pour le transport du minerai d'Eylie à Sentein. Pas de donnée précise sur le parcours, seulement des indications ponctuelles (à Moulin et au sud de Pont de l'Isard notamment). Par défaut, tracé de la route actuelle.</p> <p>Cartes postales ci-dessous, à gauche : « SENTEIN - Chemin du Bocard » 1919 (Labouche frères à Toulouse ; N°1298) et à droite : Extrait de « SENTEIN – Route du Bocard, un train de minerai » non daté (Labouche frères à Toulouse ; N°1295)          Ci-dessous, à droite : vestiges de la voie de chemin de fer en rive gauche du Lez, à l'ouest des habitations de Moulin-d'en-Bas.</p> <p>Mesure NITON réalisée sur l'ancienne voie ferrée (ci-dessous, à droite) (concentrations en mg/kg) : 217 Pb ; 809 Zn.</p>
	 
<p><b>n°172</b></p>	<p>Station d'arrivée de la voie charretière/ferrée depuis le Bocard d'Eylie. Quai de chargement. Vestiges visibles (dalle béton). Point sur le « Chemin de la mine » (cf. dispositifs audio de l'Office du tourisme) – cf. BURGUIERE, 1996, p 169. Matériaux résiduels fins (prélèvement : 1400 mg/kg Pb et 4000 mg/kg Zn)          Cartes postales ci-dessous, à gauche : « Chargement du minerai venant du Bocard, non daté (Labouche frères à Toulouse ; N°934) et à droite : « Arrivage du minerai sur chemin de fer Decauville et quai » (Fauré et ses fils à St-Girons)          Prélèvement (concentrations en mg/kg) : 1 410 Pb ; 3 890 Zn</p>
	
	 
<p><b>n°173</b></p>	<p>Voie ferrée de prolongement entre l'ancien quai de chargement et la gare de tramway installée en 1922. POSITION SUPPOSEE – cf. BURGUIERE, 1996 ; p. 186: « prolonge[ment] de la voie du petit train du Bocard à travers le village [...] ».</p>
<p><b>n°241</b></p>	<p>Matériaux de composition inconnue sur quai de chargement de l'ancienne gare de Sentein (non visible aujourd'hui). Tracé supposé d'après « traces blanches » sur photo aérienne de 1942 + carte postale d'époque montrant la gare de tramway (qui transportait le minerai vers Saint-Girons, cf. BURGUIERE, 1996)</p>

**Tableau 40 : Installations de transport entre Eylie et Sentein et dépôts miniers associés**

### 3.7 Cas particulier de la laverie de la Plagne

Ce nom désigne d'une façon générale le cirque glaciaire du Haut Lez, en amont du Bocard. Le verrou est situé à 1 km des usines minéralurgiques d'Eylie et le cirque lui-même s'allonge en est-ouest sur 1,5 km de longueur. Plus précisément, ce microtoponyme s'applique au site de moraine localisé juste après le verrou, au confluent du Lez et de l'Urets, en rive droite du Lez et gauche de l'Urets, à 1100 m d'altitude (DUBOIS, 1996) ; (DUBOIS, 2004).

#### 3.7.1 Situation

La laverie de la Plagne se situe sur le titre de Sentein, au droit de la confluence entre le Lez et le ruisseau d'Urets (Figure 73). Les données minières recueillies pour ce site sont issues des travaux de CLAUDE DUBOIS (DUBOIS, 1996).

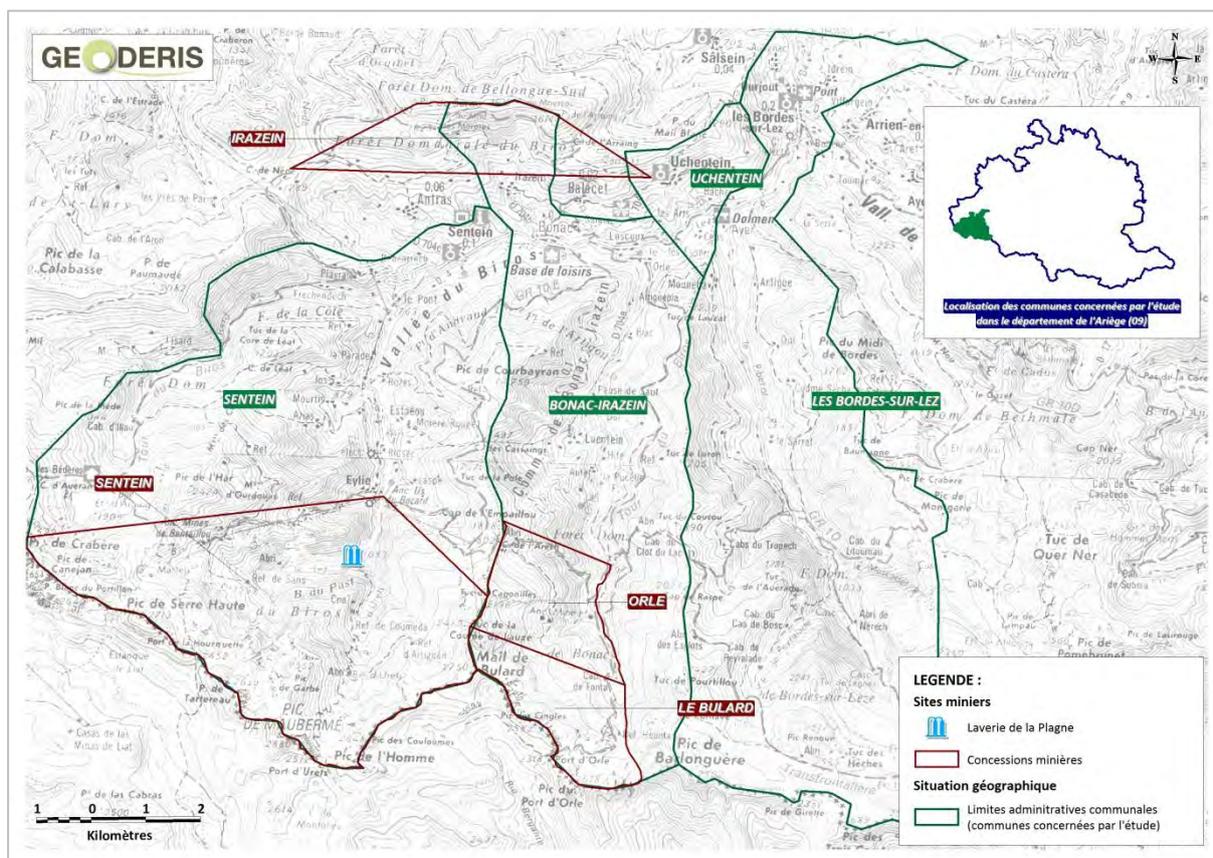


Figure 73 : Localisation du site de La Plagne au sein de la concession de Sentein et sur la commune éponyme, sur fond SCAN 100 © IGN

Le versant sud des Pyrénées entre la Mail de Bulard à l'est et le pic de Crabère à l'ouest comporte plusieurs gisements métallifères qui firent l'objet d'exploitations à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle et au début du XX<sup>ème</sup>. Le district de Montoliu s'étend du sud de la Mail de Bulard et du pic de Maubermé (celui de Liat) au sud des pics de Tartereau et de Crabère.

*« Ces exploitations étaient indépendantes des mines de Sentein, mais l'on note, au fil des archives, l'existence de quelques liens [...], par un accord pour se partager un territoire de recherches et de concessions minières (vallée d'Orle en 1903) et par le fait que quelques-unes de ces mines espagnoles traitaient leurs minerais en France non loin de Sentein (La Plagne, Orle) » (DUBOIS, 1996).*

Des travaux miniers sont connus dans les environs d'Urets et de Pic de l'Homme depuis 1860. Mais ce n'est qu'en 1890 que la mine d'Urets est concédée à M. Plubel. Les travaux miniers consisteront simplement à exploiter l'affleurement, sans travaux miniers souterrains ; et le minerai brut (blende) est simplement stocké à La Plagne (descendu le long d'une voie muletière). Plubel fondera en 1897 la Société anonyme des mines métalliques du Val d'Aran (SAMMVA) et installera immédiatement des installations aériennes et une laverie, la laverie de la Plagne.

Cette première installation comprend : un concasseur à mâchoire et un broyeur, un autre avec un unique trommel à toiles perforées et une installation de 6 batteries de cribles à piston à deux bacs.

La SAMMVA amodie la mine et ses installations à la société Vieille Montagne en 1903 qui restaure l'ensemble des installations de surface et de transport. Une nouvelle installation aérienne Etcheverry est mise en place à l'abri des couloirs d'avalanches entre la Port d'Urets et la laverie de la Plagne. Une vingtaine de pylônes jalonnent le parcours de 6 à 7 km (*Figure 74*).

Un second monocâble de 110 m de long, sur 4 pylônes, relie les laveries de la Plagne et d'Eylie.

L'amélioration de la laverie consiste en l'ajout de : *« une table de triage, un second broyeur à cylindres de 700 mm de marque Morel, 5 trommels dont 4 en cascade à la place du trommel unique, 2 cribles à piston à 3 compartiments. Pour traiter les boues, un hangar est construit qui renferme : 2 tables planes en caoutchouc à secousses de la Maison Siller & Dubois, 2 tables Ferraris, 1 table ronde à sole en 2 pièces en fonte de la Maison Siller & Dubois ou table Bartsch, 3 grands spitzkasten en chêne et 4 bassins de décantation » (DUBOIS, 2004).*

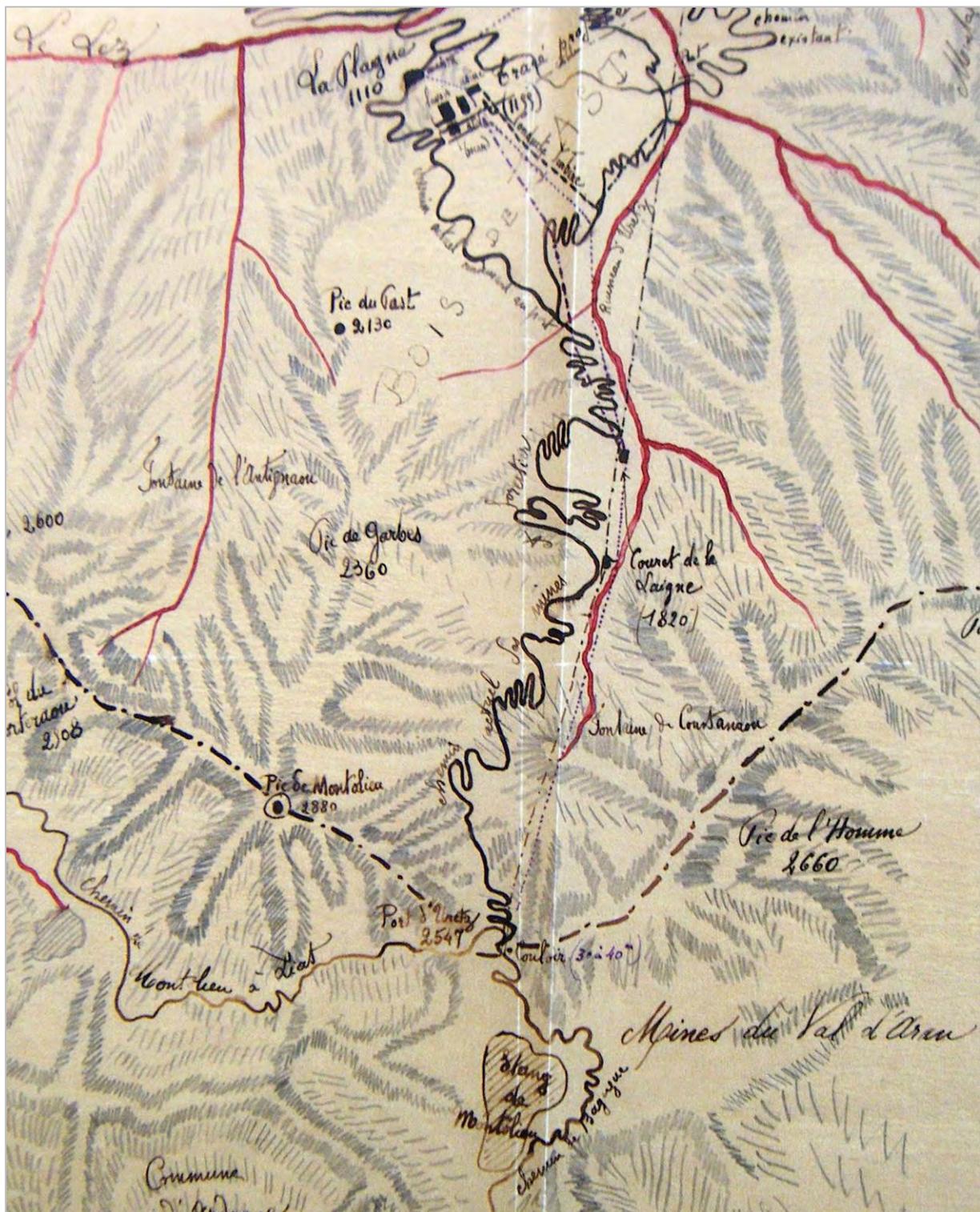


Figure 74 : Croquis à main levée de la vallée de l'Urets et de ses installations minières (plan non daté, vers 1900) [SEN-AD-61]

### 3.7.2 Etat actuel du site et sources de pollution

L'état actuel du site, de ses vestiges et des sources de pollution associées sont décrites dans les *Tableau 41 à Tableau 44*. Ces éléments sont cartographiés sur la carte des exploitations minières de Sentein (*Annexe B3-1, hors-texte*) et sur la carte informative de la Plagne (*Annexe B4-5, hors-texte*).<sup>49</sup>

**Ce paragraphe constitue la synthèse de la phase informative, des observations de terrain et des principaux résultats analytiques obtenus lors de la caractérisation des sources de pollution identifiées.**

n°260	Logements ou bureaux en ruines sur le site minier d'Urets, en bordure du Port d'Orle et de la station de tête du monocâble Etcheverry (Urets - La Plagne) (positionnement : selon Ortho)
n°261	Logements ou bureaux en ruines sur le site minier d'Urets - Pic de l'Homme (positionnement : selon Ortho)
n°262	Logements ou bureaux en ruines sur le site minier d'Urets - Pic de l'Homme (positionnement : selon Ortho)
n°127	Voie ferrée entre les mines d'Urets - Pic de l'Homme et la Station du Port d'Urets (d'après DUBOIS, 2004 ; report d'après Ortho).
n°128	Voie ferrée supposée (d'après reportage ALCAZAR, 2014 et Dubois, 2004 ; report d'après Ortho).
n°129	Station du Port d'Urets. Tête du monocâble Etcheverry d'Urets à La Plagne (d'après DUBOIS, 2004 (page 576 et plus) ; et report d'après Ortho).
n°130	Glissière en bois de 30 m entre la Station du Port d'Urets et la première tête de va-et-vient du monocâble Etcheverry d'Urets à La Plagne (d'après DUBOIS, 2004 ; report d'après Ortho).
n°131	Installation aérienne de 6 à 7 km reliant Urets à La Plagne, comportant un monocâble Etcheverry de 3km (Tracé supposé d'après DUBOIS, 2004 ; report d'après Ortho).
n°132	Va-et-vient de tête de l'installation aérienne d'Urets à la Plagne (d'après DUBOIS, 2004 ; report d'après Ortho)
n°133	Station intermédiaire du Roc de la Saou - Installation aérienne d'Urets à la Plagne (d'après DUBOIS, 2004 ; report d'après Ortho).
n°134	Pylône intermédiaire - Installation aérienne d'Urets à la Plagne (d'après DUBOIS, 2004 ; report d'après Ortho).
n°135	Pylône intermédiaire - Installation aérienne d'Urets à la Plagne (d'après DUBOIS, 2004 ; report d'après Ortho).
n°136	Pylône / Petite station intermédiaire - Installation aérienne d'Urets à la Plagne (d'après DUBOIS, 2004 ; report d'après Ortho).
n°137	Pylône intermédiaire - Installation aérienne d'Urets à la Plagne (d'après DUBOIS, 2004 ; report d'après Ortho).
n°138	Petite station de recette (supposée) du Couret de Bes « située sur la pente face à la laverie » - Installation aérienne d'Urets à la Plagne (d'après DUBOIS, 2004 ; report d'après Ortho). LOCALISATION SUPPOSEE.
n°139	Station de la Plagne. Station de recette de l'installation aérienne d'Urets à la Plagne. Départ du câble allant à Eylie. Reconnaissance sur le terrain : vestiges métalliques ( <i>à noter la présence d'autres structures de ce type effondrées dans la pente, en aval</i> )



**Tableau 41 : Installations de transport entre la mine d'Urets et la mine du Pic de l'Homme (non visitées) et la laverie de la Plagne**

<sup>49</sup> Les références précisées dans les tableaux sont celles reprises sur les cartes.

<p><b>n°123</b></p>	<p>Laverie de la Plagne reprise et améliorée par la société la Vieille Montagne en 1904. Traitement gravimétrique du minerai des mines d'Urets et (potentiellement) du Pic de l'Homme. Tables de Linkenbach (cf. ci-dessous, en bas à gauche). La structure murée en pierre est conservée mais ruinée. Au droit des différents compartiments de l'usine, se trouve des résidus très fins orangés.  <i>Mesure NITON (concentrations en mg/kg) : 500 As ; 7 000 Pb ; 30 000 Zn (3%)</i></p>
	
<p><b>n°204</b></p>	<p>Résidus de traitement associés à la laverie gravimétrique. Plusieurs monticules superposés qui constituent le promontoire de la laverie. Résidus les plus visibles : sables moyens (env. 0,5 mm). Surface = 25000 m<sup>2</sup>. Epaisseur inconnue  <i>Prélèvements (x 4) (concentrations max en mg/kg) : 270 As ; 2 480 Pb ; 13 300 Zn (1,3%)</i></p>
	
<p><b>n°205</b></p>	<p>Résidus de décantation au droit des étages inférieurs de la laverie de la Plagne. Non végétalisés. Matériaux infra-mm (« farineux »). Surface de 200 m<sup>2</sup>. Epaisseur de 2 m au plus. Ravines pluri-dm.  <i>Prélèvement (concentrations en mg/kg) : 117 Cd ; 10 400 Pb (1%) ; 74 600 Zn (7,5%)</i></p>
	

**Tableau 42 : Laverie de La Plagne, traitement du minerai gravimétrique, dépôts de résidus et bassins de décantation associés**

n°263	Bâtiments administratifs + ateliers probables au droit de la laverie de la Plagne (cf. carte postale d'époque). Structure murée en pierres ruinées. <i>Ci-dessous, à droite : carte postale, 1910 (Fauré à Saint-Girons ; N°7bis)</i>
	
n°264	Atelier probable au droit de la laverie de la Plagne
n°265	Cuve C6 (cf. Rapport GEODERIS S2014/015DE – 14MPY2410). Cuve de section carrée d'une profondeur d'au moins 1 m, ouverte partiellement et recouverte par une plaque métallique. Usage non connu.
	  

**Tableau 43 : Installations de surfaces de la laverie de La Plagne et cuve d'hydrocarbures non démantelée**

n°140	Monocâble de 1100 m de long sur 4 pylônes qui relie la laverie de la Plagne à l'extrémité du sud du Bocard d'Eylie (tracé supposé d'après DUBOIS, 2004 ; report d'après Ortho)
n°141	Station intermédiaire du monocâble reliant La Plagne au Bocard d'Eylie (d'après DUBOIS, 2004 ; report d'après Ortho). Reconnaissance sur le terrain.
n°142	Station intermédiaire du monocâble reliant La Plagne au Bocard d'Eylie (d'après DUBOIS, 2004 ; report d'après Ortho). LOCALISATION SUPPOSEE.
n°143	Station de recette du monocâble reliant la laverie de La Plagne au Bocard d'Eylie. Reconnaissance sur le terrain.
	
n°229	<p>Minerai + matériaux de construction, en base de recette du monocâble provenant de la Plagne. Maigre dépôt de granulométrie grossière (principalement cm). Présence localement de sables moyens (0,5 mm de diamètre environ).</p> <p><i>Prélèvement (concentrations en mg/kg) : 375 Pb ; 3 940 Zn</i></p>
	

**Tableau 44 : Installations de transport entre la laverie de la Plagne et le Bocard d'Eylie, et dépôt minier associé à la station de recette**



## 4 PHASE INFORMATIVE - ETUDE DE VULNERABILITE

### 4.1 Préambule sur la présentation des données

Pour rappel, les **cartes informatives**, en *Annexes B4-1 à B4-15 (hors-texte)*, illustrent par zone investiguée les sources potentielles de pollution (dépôts miniers, émergences minières, stations et pylônes associées aux installations de transport, installations de surface) et les usages et enjeux (captages d'eaux, zones de pâturages, résidences permanentes et temporaires, aires de jeux, etc.).

Le **recueil de données géoréférencées** en *Annexe B5 (hors-texte)* est un fascicule qui fournit la description de l'ensemble des objets géoréférencés, en particulier des **196 éléments ayant fait l'objet d'un enregistrement à l'issue de l'étude de vulnérabilité (Tableau 45)**.

Eaux utilisées pour la boisson ou à usage domestique	16
Activités de loisirs	60
<i>Gîte</i>	5
<i>Refuge ou résidence temporaire isolée</i>	6
<i>Caravaning, camping ou bivouac</i>	7
<i>Aire de jeux</i>	1
<i>Aire de pique-nique</i>	7
<i>Chemin de randonnée</i>	14
<i>Visite du patrimoine</i>	12
<i>Zone de pêche</i>	7
<i>Aire de cueillette des myrtilles</i>	1
Activités « quotidiennes »	107
<i>Espaces publics accueillant des enfants</i>	8
<i>Résidence permanente</i>	17
<i>Résidence temporaire</i>	27
<i>Jardin potager</i>	25
<i>Pelouse ou plateforme enherbée</i>	8
<i>Grange ou local agricole</i>	22
Activités pastorales	13
<i>Zone de pastoralisme (étudiée)</i>	9
<i>Installation d'élevage</i>	4

**Tableau 45 : Eléments ayant fait l'objet d'un enregistrement géoréférencé à l'issue de l'étude de vulnérabilité**

## 4.2 Contexte démographique et social

En 2010, les communes de Sentein et Bonac-Irazein comptaient respectivement 150 et 135 habitants. À Sentein, 18% de la population a moins de 20 ans, 30% a plus de 65 ans ; ces valeurs s'élevant respectivement à 22% et 15% pour la commune de Bonac-Irazein (Figure 75).



Figure 75 : Structure de la population des communes de Sentein (à gauche) et Bonac-Irazein (à droite) avec : les statistiques démographiques générales entre 1968 et 2010 (en haut) ; la distribution de la population par grandes tranches d'âge (au centre) et les types d'activités représentés (en bas) (INSEE, 2010)<sup>50</sup>

Le pastoralisme reste l'activité économique prédominante avec la mise en estive de plusieurs milliers d'ovins par an (cf. paragraphe 4.4).

Le secteur d'étude ne comporte pas d'activité industrielle majeure. On notera cependant la forte présence d'infrastructures hydroélectriques gérées par EDF, dont les principales sont : le barrage de l'étang d'Araing et l'usine hydroélectrique d'Eylie, le barrage de Bonac et l'usine hydroélectrique des Bordes-sur-Lez (cf. paragraphe 4.6).

Après les activités agricoles d'élevage extensif et la production hydroélectrique, le tourisme est la troisième activité économique de la zone (cf. paragraphe 4.7). L'Office de tourisme du Biros<sup>51</sup> est d'ailleurs basé à Sentein.

<sup>50</sup> Site de l'INSEE consulté en mai 2014

<sup>51</sup> Le Biros fait partie du Couserans, à l'extrême ouest de l'Ariège, jouxtant la frontière espagnole et le Val d'Aran. Il comprend les communes de Sentein, Antras, Bonac-Irazein, Uchentein, Balacet.

### 4.3 Eaux utilisées pour la boisson et les usages domestiques

*Le recueil de données est principalement basé sur les informations fournies par les mairies de Sentein et Bonac-Irazein ; ainsi que sur les échanges avec l'ARS en avril 2013. Lors des investigations de terrain, la mairie de Sentein a permis aux intervenants d'être accompagnés par un employé municipal pour l'accès et l'échantillonnage de certains captages de sa commune.*

#### 4.3.1 Commune de Sentein

16 captages, de taille plutôt réduite, sont répartis sur la commune de Sentein. La zone d'intérêt se trouvant en montagne, les captages sont majoritairement superficiels ; en effet, les aquifères sont essentiellement constitués par des altérites. La commune de Sentein a réalisé le bilan analytique complet nécessaire à l'ouverture de ces captages. Elle gère elle-même les compétences d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement. Les captages de la commune de Sentein sont localisés sur la *Figure 76 (données fournies par l'ARS en mai 2013)*.

**À Sentein, les eaux du captage du Bois de Rouge, à l'ouest d'Eylie, se situent en aval des travaux miniers de Rouge et des dépôts miniers associés.** Ce captage alimente les hameaux d'Eylie-d'en-Haut (dont le gîte d'étape) et d'Eylie-d'en-Bas.

Une nouvelle station d'épuration a été aménagée par la commune de Sentein en 2013-2014. Elle se situe à mi-chemin entre Sentein et Bonac-Irazein (là où la route nationale est la plus proche du Lez, « PN » sur la carte IGN à l'échelle du 25 000<sup>ème</sup>). Cette zone a fait l'objet d'aménagements par l'équipe « Sentiers-rivières » de la Communauté de communes du Castillonnais ; à savoir la mise en place de saules afin de stabiliser les berges du Lez. En effet, son lit peut varier de position latéralement, d'un mois sur l'autre, au gré des crues et des profonds creusements étaient constatés dans la zone de méandre.

L'installation dispose d'une station de relevage et d'une station de lagunage. Les eaux ainsi purifiées seront rejetées directement dans le Lez. Le dimensionnement est basé sur une population égale au maximum de la population estivale enregistrée à Sentein.

#### 4.3.2 Commune de Bonac-Irazein

La commune de Bonac-Irazein a choisi de transférer les compétences d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement ainsi que la propriété des ouvrages, au Syndicat mixte départemental eau et assainissement de l'Ariège (SMDEA). La commune de Bonac-Irazein ne dispose pas à l'heure actuelle de dispositif d'assainissement.

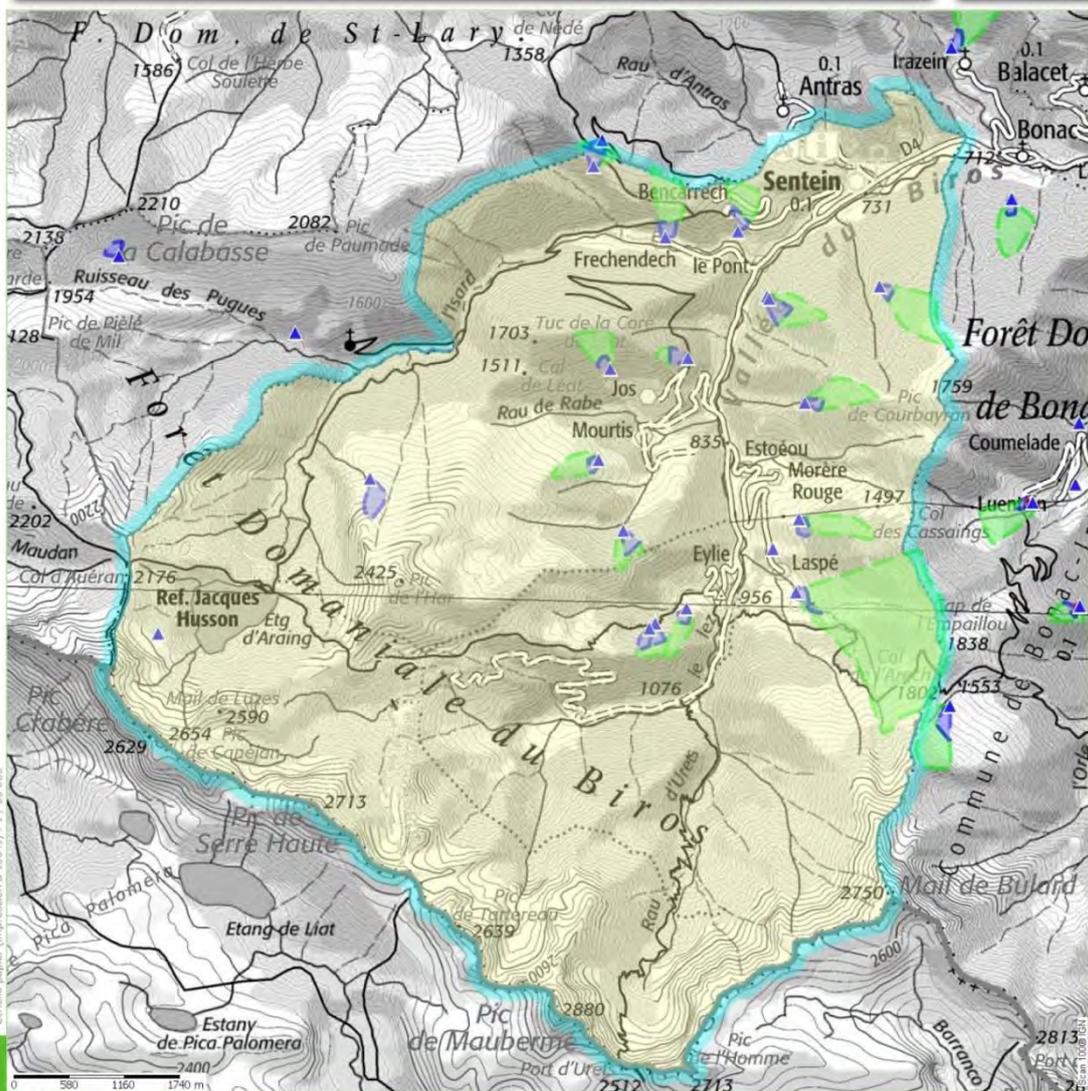
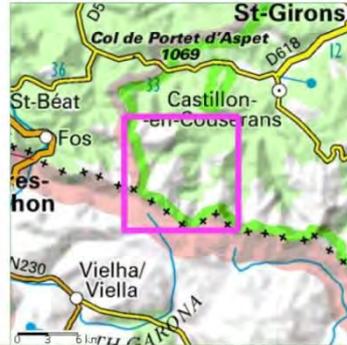
Sur cette commune, on retiendra les informations suivantes :

- trois principaux captages alimentent les hameaux de la vallée d'Orle ;
- la résurgence d'Irazein alimente les hameaux d'Irazein et de Samiac à Bonac-Irazein, ainsi que le village de Balacet (moins de 100 personnes au total) ;
- la source du Peyrot, à Bonac, est utilisée de manière rituelle au moment de la fête du village.

Les captages de la commune de Bonac-Irazein sont localisés sur la *Figure 77 (données fournies par l'ARS en mai 2013)*.

# Captages\_SENTEIN\_ARS

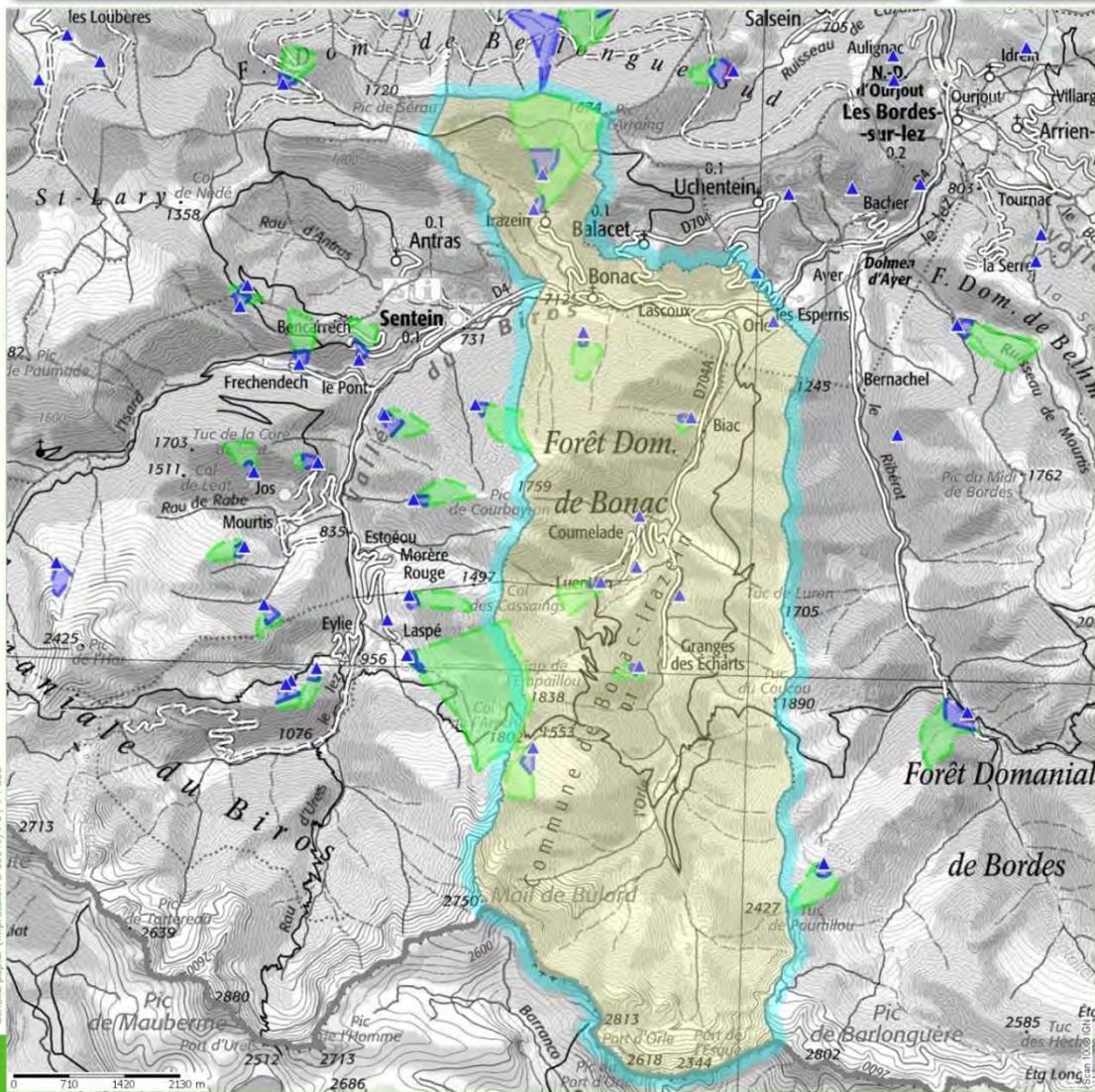
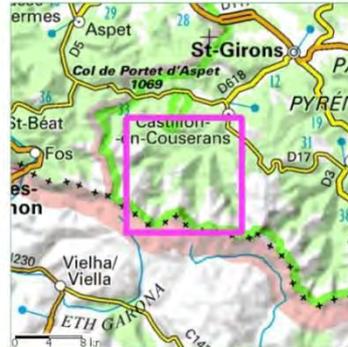
- Région (Bd Topo®) (mp)
- Commune (Bd Topo®) (mp)
- Périmètre de protection AEP**
- Type juridique
  - PPE
  - PPR
  - PPI
- ▲ Point de captage AEP



Échelle papier (impression à 100%) : 1 / 60 000

**Figure 76 : Captages d'adduction en eaux potables référencés par l'ARS sur la commune de Sentein (données de mai 2013)**

- Région (Bd Topo®) (mp)
- Commune (Bd Topo®) (mp)
- Périmètre de protection AEP**
- Type juridique
- PPE
- PPR
- PPI
- Point de captage AEP



**Figure 77 : Captages d'adduction en eaux potables référencés par l'ARS sur la commune de Bonac-Irazein (données de mai 2013)**

## 4.4 Pastoralisme

Le recueil de données est principalement basé sur les échanges avec les responsables de groupements pastoraux<sup>52</sup> et le document d'objectifs Natura 2000 (ONF, 2004).

### 4.4.1 Situation par rapport à l'emprise de l'étude

L'activité pastorale a subi une déprise depuis quelques décennies, mais reste néanmoins l'un des piliers de l'activité économique du secteur.

L'emprise de l'étude est concernée par l'installation de quatre groupements pastoraux (GP) qui occupent une surface de 6000 hectares, principalement dans les étages subalpin et alpin (Figure 78) le **GP de Bonac - Vallée d'Orle (commune de Bonac-Irazein)**, le **GP de l'Isard (commune d'Antras)** et le **GP d'Urets-Bentaillou (commune de Sentein)**.

L'étage collinéen est principalement concerné par l'installation de prairies de fauche : « Les prairies permanentes fauchées pour constituer les réserves fourragères hivernales (foin et regain) constituent l'essentiel des surfaces de fond de vallée actuellement entretenues » (ONF, 2004).

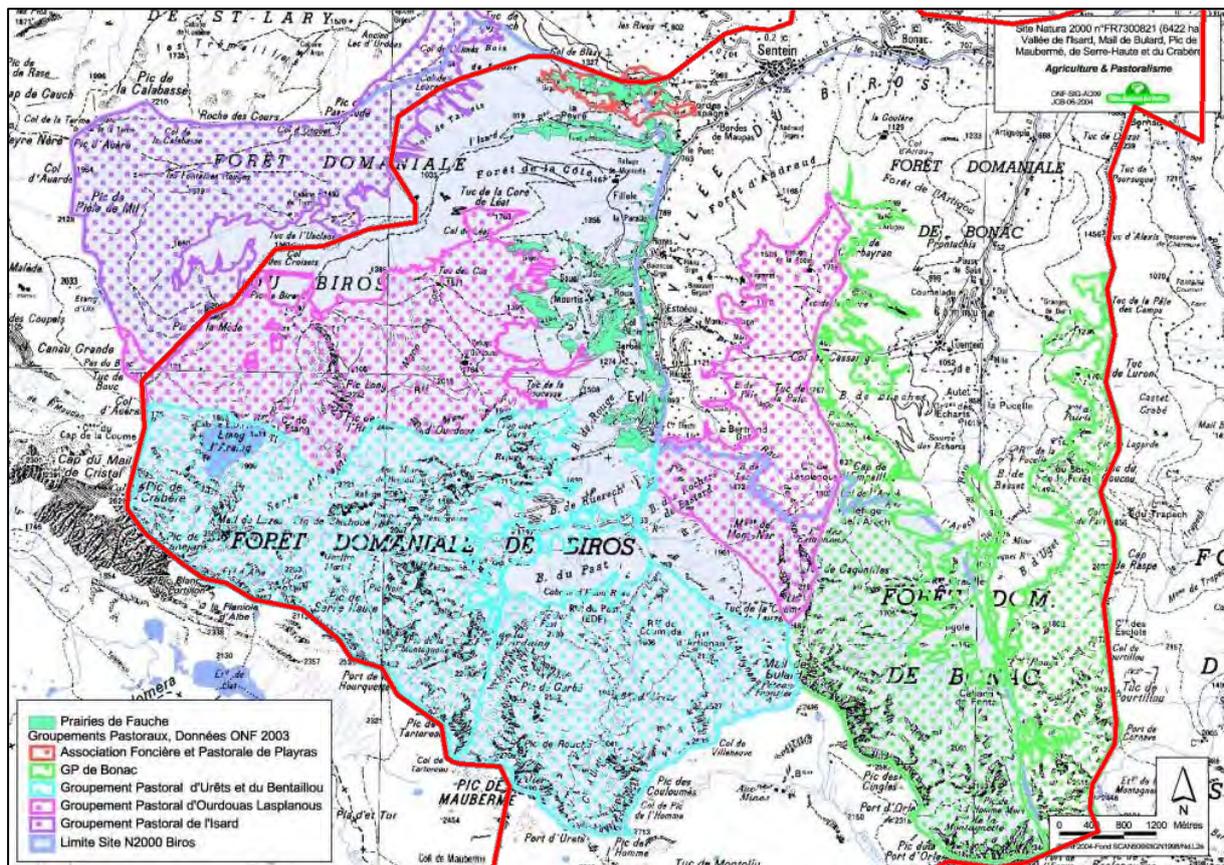


Figure 78 : Situation des activités de pastoralisme sur le secteur étudié (ONF, 2004)  
[emprise de l'étude en rouge]

<sup>52</sup> Michel ESTREME, le responsable du GP Bonac Vallée d'Orle, a été rencontré à Sentein le 24 avril 2013 à Sentein. Francis ANE, le responsable du GP de l'Isard, a été rencontré à Sentein le mardi 30 avril 2013. Thierry ESTREME, co-responsable du GP d'Urets-Bentaillou a été contacté par téléphone en juillet 2013 et a été rencontré à plusieurs reprises lors des investigations de terrain, en août 2013 et en juin 2014.

L'activité pastorale est menacée par la présence de l'ours (40 bêtes tuées et autant de disparues par an pour le GP Bonac-Vallée d'Orle ; 35 bêtes sur 1200 ont été tuées sur l'estive de Bentaillou en 2012).

Les troupeaux d'ovins sont affectés par une maladie, la pestivirose, qui entraîne une déficience du système immunitaire et un avortement au stade embryonnaire. Cette maladie est connue aussi chez les isards, sans pour autant qu'une transmission entre les deux espèces n'ait pu être démontrée.

Cette situation est étudiée par le Groupement de défense sanitaire (GDS) et la Direction départementale de la cohésion sociale et de la protection des populations (DDCSPP) (anciennement Direction départementale des services vétérinaires (DDSV)). Cette maladie ne présenterait pas de risque pour la santé humaine. Il a été envisagé de fournir un vaccin aux animaux testés positivement à la pestivirose : cette mesure n'était pas encore entrée en application en avril 2013.

#### **4.4.2 Organisation des activités pastorales**

En Vallée du Biros, l'utilisation des estives ou « bas-vacants » est collective, au regard de contraintes en termes d'équipement d'élevage tels que les clôtures et les structures de stabulation. Il existe néanmoins des surfaces en propriété privée avec une gestion individuelle de parcelles clôturées. Traditionnellement, ces espaces sont utilisés durant les mois de mai (pré-estive) et d'octobre (post-estive). Pendant les mois d'hiver (de novembre à mars), les animaux redescendent dans les hameaux où se trouvent les exploitations et où ils sont nourris, notamment de fourrage.

**Les bovins et les ovins sont uniquement élevés pour leur viande** et vendus à des éleveurs, à des fournisseurs ou à des abattoirs. Au GP d'Urets-Bentaillou, les transactions avec les éleveurs se font principalement lors de la *Fête de transhumance*, le premier week-end de juin et lors de la *Foire de la descente*, le premier samedi d'octobre.

**La transhumance (ou estive) est conduite de juin à septembre.** Les animaux se nourrissent alors principalement des plantes herbacées (notamment de la réglisse herbacée). Elles peuvent parfois se nourrir de feuilles tendres et d'arbustes.

**Aucune zone d'abreuvement n'est spécifiquement délimitée**, les animaux s'abreuvent aux points d'eaux qu'ils rencontrent sur leur trajet.

Les groupements sont concernés par des **bovins**, des **ovins** et des **équins**. Les vaches sont pour la plupart allaitantes. Dans le Biros, trois races sont élevées (Limousines, Gasconnes, Charolaises).

##### **4.4.2.1 Groupement pastoral de Bonac-Vallée d'Orle**

Créé en 2002, ce groupement s'inscrit sur une surface de 1 490 hectares, entre la cabane de l'Arech (au nord) et la Mail du Bulard (au sud). 17 éleveurs sont concernés. Le cheptel est constitué d'environ **1000 à 1200 ovins, 200 bovins et 100 équins**. Seules les brebis se déplacent au-dessus de 2 000 m d'altitude. Le principal refuge pastoral est la cabane de l'Arech.

Certains agneaux sont envoyés dans des ateliers d'engraissement, notamment dans l'Aude, qui les ramènent sur la filière d'abattage. Quelques éleveurs engraisent eux-mêmes les agneaux et les vendent aux bouchers. Les « brebis de garde » sont destinées à la reproduction et à l'élevage de leur progéniture. Les brebis âgées de 4 à 5 ans sont vendues pour leur viande.

#### **4.4.2.2 Groupement pastoral de l'Isard**

Créé en 1982, il représente une surface de 832 hectares qui accueille en moyenne **1500 à 2000 ovins**. L'estive accueille également **une vingtaine d'équins et une soixantaine de bovins**, qui appartiennent à des usagers individuels.

Deux circuits de transhumance sont réalisés : le premier consiste à remonter le ruisseau de l'Isard (*200 ovins, 20 équins, 20 bovins en 2013*) ; et le second, à partir de Saint-Lary et en remontant la rivière de Bellelongue (*1 000 ovins et 40 bovins en 2013*). Le principal refuge pastoral se situe à la chapelle de l'Isard.

#### **4.4.2.3 Groupement pastoral d'Urets-Bentailou**

Créé vers 1995, ce groupement réunit deux montagnes, sur lesquelles deux estives de 1 000 à 1 500 ovins chacune, sont menées. La totalité du groupement représente une surface de 2 940 hectares, pour une surface réellement pacageable de 1 400 hectares environ. Six cabanes pastorales sont utilisées, celles d'Urets, de Bentailou et de l'étang d'Araing, étant toutes équipées d'un enclos à proximité. Une vingtaine à une quarantaine de bovins et d'équins sont également accueillis sur l'ensemble du groupement, notamment à la Plagne et au Tartereau.

##### **ESTIVE D'URETS :**

- Parcours de transhumance : *Cabane de l'Haou → Coumeda → Urets (1 900 à 2 000 m d'altitude)*
- 4 éleveurs (*3 pour 750 ovins et 1 pour 25 bovins ; en 2013*)

##### **ESTIVE DE BENTAILLOU**

- Parcours de transhumance : *Cirque de la Plagne → Cabane de Sens → Mines du Bentailou (ovins) ou → Rouge (bovins)*
- 6 éleveurs (*5 pour 1200 ovins, 1 pour une vingtaine de bovins et 1 pour une vingtaine d'équins ; en 2013*)

À noter la présence d'une installation de pré- et post-estive à Eylie pour des ovins (au droit du dépôt de résidus miniers « *Aval laverie Nord* »), entretenue et occupée durant plusieurs mois (4 mois à plus) au printemps et à l'automne.

## 4.5 Agriculture (hors pastoralisme)

Le recueil de données est principalement basé sur les échanges avec la DDT (Service économie agricole) en avril 2013 et sur les données fournies par la Direction départementale de la cohésion sociale et de la protection des populations (DDCSPP), transmises à GEODERIS en mai 2013.

Le territoire agricole des communes de Sentein et de Bonac-Irazein se compose quasi-exclusivement de prairies, **principalement des prairies de fauche** (Figure 79). Quelques cultures ou prairies temporaires sont aménagées dans la vallée du Lez, plus fertile. Selon les données de la DDCSPP, quatre activités de culture de céréales ou cultures industrielles sont déclarées sur la commune de Sentein, aucune sur la commune de Bonac-Irazein (certaines ont été fermées).

Il n'y a pas de déclaration d'irrigation sur les deux communes. Les demandes pour les parcelles de subsistance doivent théoriquement être réalisées par les administrés auprès de la mairie. Dans ces zones d'altitude, l'irrigation est uniquement gravitaire ; on la remarque notamment par la présence de canaux.



**Figure 79 : Prairies de fauche sur les communes de Sentein (en haut ; à Eylie) et de Bonac-Irazein (en bas ; à gauche à Lascoux et à droite, à Irazein)**

## 4.6 Hydroélectricité

Le recueil de données est principalement basé sur les échanges avec EDF en avril 2013.

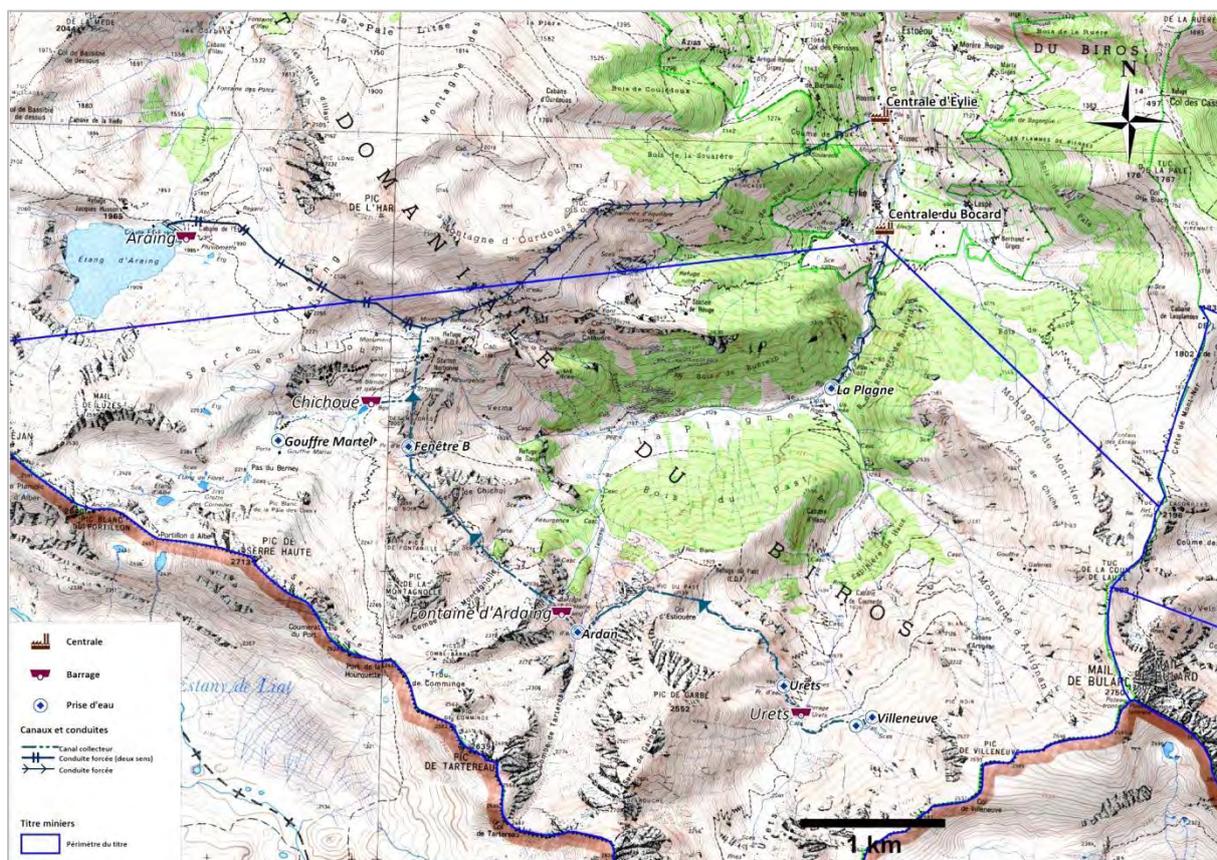
À la connaissance du RTM, interrogé à ce sujet par GEODERIS en avril 2013, il n'existe pas sur le secteur d'autres installations hydroélectriques que celles d'EDF (telles que des bassins écrêteurs de crues sur les torrents, par exemple).

### 4.6.1 Deux principaux systèmes hydroélectriques

Sur le périmètre de la zone d'étude, deux systèmes hydroélectriques principaux, appartenant à EDF, sont installés.

Le premier se situe sur la commune de Sentein (*Figure 80*) et se compose :

- d'un canal collecteur drainant les eaux et alimentant l'amont du bassin versant du Lez, par l'intermédiaire de trois barrages (Urets, Ardaing et Chichoué) et de cinq prises d'eau (Villeneuve, Uretz, Ardaing, Fenêtre B, Gouffre Martel) ;
- d'une station de pompage à Chichoué transférant ces eaux vers l'étang d'Araing ;
- d'une conduite forcée qui permet l'écoulement des eaux de l'étang d'Araing vers l'usine d'Eylie.



**Figure 80 : Installations hydroélectriques d'EDF sur la commune de Sentein, sur fond SCAN 25® IGN (carte établie par GEODERIS à partir des informations transmises par EDF en avril 2013)**

Le second se situe sur la commune de Bonac-Irazein (Figure 81) et se compose :

- d'un barrage à Bonac et de deux prises d'eaux (Orle et Riberot) ;
- d'une conduite forcée qui permet l'écoulement des eaux du barrage de Bonac vers l'usine de Bordes.

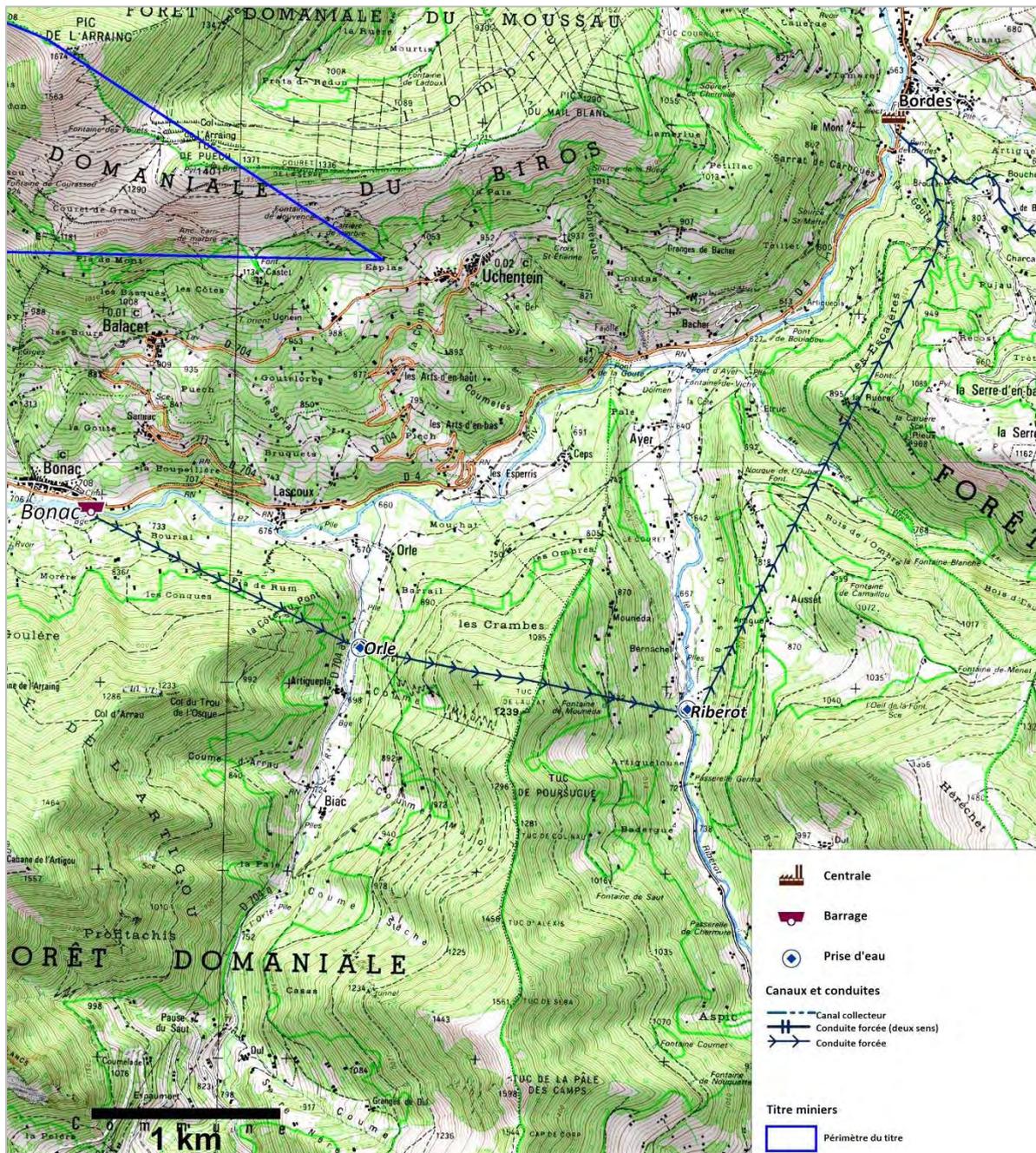


Figure 81 : Installations hydroélectriques d'EDF sur les communes de Bonac-Irazein et des Bordes-sur-Lez, sur fond SCAN 25 © IGN (carte établie par GEODERIS à partir des informations transmises par EDF en avril 2013)

#### 4.6.2 Centrales électriques à Eylie et à Bordes

La centrale d'Eylie est implantée au hameau éponyme, à 870 m d'altitude. Elle est télécommandée depuis la centrale d'EDF des Bordes-sur-Lez. Son alimentation est réalisée par une canalisation à flanc de montagne, une conduite forcée, dont le diamètre est réduit d'amont en aval, permettant d'augmenter la pression sur les turbines. Elle est reliée à une cheminée d'équilibre qui permet d'amortir les fluctuations d'eau et d'éviter son explosion. À noter la présence d'une petite installation hydroélectrique, au Bocard, alimentée par une prise d'eau sur le Lez qui est située en aval immédiat de la confluence entre le Lez et l'Urets.

La centrale des Bordes-sur-Lez reçoit les eaux du Lez (retenues par le barrage de Bonac) ainsi que celles de l'Orle et du Riberot. À noter que le détournement maximal au niveau du barrage de Bonac est de 4 m<sup>3</sup>/s.

#### 4.6.3 Etang d'Araing

L'étang d'Araing constitue un réservoir de plusieurs millions de mètres cubes d'eau. Le canal collecteur et la station de pompage de Chichoué permettent de remplir l'étang d'Araing dès que le niveau d'eau y a atteint une certaine cote.

Les lâchers qui sont effectués au niveau de l'étang d'Araing permettent à l'usine d'Eylie de produire de l'énergie selon les besoins, ainsi que de réguler les cours d'eau (le Lez notamment). Les lâchers représentent des débits allant jusqu'à 3,6 m<sup>3</sup>/s par l'intervention de trois groupes (jusqu'à 1,2 m<sup>3</sup>/s chacun). Un tel débit supplémentaire représente une montée des eaux du Lez d'environ 20 cm au niveau de Lascoux (commune de Bonac-Irazein, en aval du barrage de Bonac). Cependant, les lâchers d'eau peuvent entraîner une asphyxie de la faune et de la microflore aquatique<sup>53</sup>. Dans le cadre du renouvellement de la concession d'Eylie, les services Recherche et développement et Environnement d'EDF, ainsi que la Fédération de pêche et l'Institut de recherche de Toulouse étudient actuellement des solutions afin de limiter l'impact de ces lâchers sur l'environnement.

#### 4.6.4 Gestion des installations

Certaines prises d'eau peuvent très ponctuellement présenter des déversements (en particulier au niveau des barrages d'Urets et d'Arday). À noter que la prise d'eau de la Serre d'Araing communique avec les travaux miniers. Le conduit d'adduction de cette prise descend dans l'escalier qui conduit à la galerie principale.

Des vidanges sont effectuées régulièrement en période d'accessibilité (1 à 3 fois par an). Il est nécessaire d'en effectuer au moins une pour la maintenance annuelle, afin de restituer la capacité maximale des prises d'eau. La colonne d'eau est alors entièrement vidangée, emportant également les sédiments grossiers s'étant accumulés au fond de la retenue.

Une à deux crues en moyenne sont enregistrées annuellement au niveau du barrage de Bonac (parfois aucune, comme en 2012). La dernière a eu lieu en mars 2013. En période de crue, la procédure consiste à « effacer les ouvrages (barrages) », c'est-à-dire à faire en sorte qu'ils n'aient pas d'impact sur l'écoulement naturel des eaux. Cette opération passe par l'ouverture des vannes ; les hauteurs d'eau en amont et en aval s'équilibrent alors.

---

<sup>53</sup> Dans le cas du transfert d'un polluant stocké à l'amont, de remise en mouvement d'un sédiment pollué, etc.





**Figure 83 : Randonneurs à Bentaillou (à gauche ; en août 2013) et sur les dépôts miniers de Chichoué (à droite ; en juillet 2013)**

La randonnée s'effectue aussi bien en été qu'en hiver mais la plus forte fréquentation est observée de juin à octobre. Les randonneurs effectuent la plupart du temps de courts séjours dans les différents gîtes d'étape présents sur le parcours (refuge de l'étang d'Araing, gîte d'étape d'Eylie à Eylie-d'en-Haut notamment). Les autres installations touristiques sur la zone sont le camping municipal à Sentein et l'aire de caravanning, située en bordure de la retenue d'eau, à Bonac-Irazein. Quelques personnes peuvent se baigner dans les étangs d'altitude, voire le Lez (notamment au camping de Sentein situé en bordure immédiate de ce cours d'eau) mais cette pratique reste très occasionnelle. Il n'y a aucune zone de baignade déclarée sur les deux communes. Dans une moindre mesure, le VTT, le ski et les raquettes sont également pratiqués.

#### 4.7.2 Valorisation du patrimoine minier

L'Office de Tourisme du Biros a créé le « **Tour du Biros - patrimoine minier** » (tracé sur les cartes à l'échelle du 1/25 000 de l'IGN). Il s'agit d'un parcours d'une durée de 3 à 5 jours utilisant des chemins pastoraux ou d'estives, des sentiers muletiers voire d'anciennes voies minières. Il traverse Eylie, Araing, Graullès, la vallée d'Orle, le col de l'Arch, les mines de Bulard.

L'Office de Tourisme du Biros propose également des dispositifs audios qui fournissent des informations sur le passif minier du secteur, entre Sentein et La Plagne. Le parcours audioguidé ainsi proposé, intitulé « **le chemin de la mine** », s'articule autour de quelques points remarquables de l'activité minière du titre minier de Sentein : ancien quai de chargement du minerai à Sentein, laverie d'Eylie, dépôt de résidus situés à l'amont du Bocard d'Eylie et laverie de La Plagne, notamment (*Figure 84*).

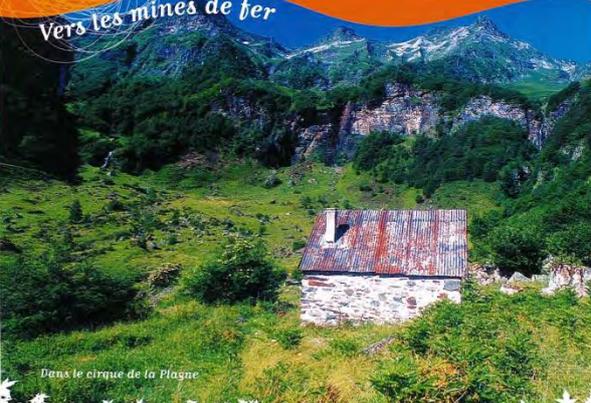


**Figure 84 : Points d'arrêts sur le parcours audioguidé « Le chemin de la mine » (à Eylie, à gauche ; et à la Plagne, à droite)**

Les « **Sentiers d'Emilie** » ® sont des parcours de promenade référencés dans des guides spécialisés ; adaptés aux familles avec enfants (facilité d'accès, dénivelé faible, etc.). Sur le secteur, ils proposent un parcours entre la laverie d'Eylie et le Cirque de la Plagne, dans le but notamment de sensibiliser les enfants aux activités industrielles passées. Ce parcours s'achève à la Cascade de Tartereau, en bordure des anciennes installations de décantation (Kaulek, 1865-1867) (Figure 85).

## Le cirque de 5 la Plagne

Vers les mines de fer



Dans le cirque de la Plagne

**L**allure fantomatique des bâtiments du Bocard, abandonnés depuis des années, nous laisse une drôle d'impression. La ferraille tordue et rouillée semble nous raconter dans un effort désespéré toute l'histoire du combat des hommes pour extraire le minerai des entrailles de la montagne, là-haut, dans les mines du Bentaillou, à plus de 1900 m d'altitude. Nous n'irons pas

aussi haut, mais juste au fin fond de la vallée du Biros, encaissée mais jamais austère. C'est là que le cirque de la Plagne étale son paysage unique, fait de couleurs tranchées, de la roche foncée au vert tendre de la pelouse et des arbres. Sur les pentes vertigineuses glissent en cascade l'eau pure des sources inaccessibles, créant une chevelure bouillonnante au pied du cirque. Une simple petite cabane de berger semble être le gardien de cet espace, au creux des montagnes.



Depuis **Saint-Girons**, prenez la direction de **Luchon** par la D 618, puis la D 4 pour traverser **Castillon-en-Couserans**. Continuez par les **Bordes-sur-Lez**, puis remontez la vallée du **Biros** au-delà de **Sentein**, jusqu'à **Eylie**. A la bifurcation (gîte d'étape vers la droite), vous allez tout droit pour dépasser la **centrale EDF** et vous garer près de l'usine désaffectée.



Vous marcherez 2h15 aller et retour  
Dénivelé 200 m

Après l'usine, vous traversez la rivière le Lez pour suivre le chemin qui s'enfonce dans la vallée en laissant les balises du GR 10 monter à gauche, un peu plus loin. Le chemin repasse le torrent à proximité d'une chute d'eau artificielle.

Au-delà d'un captage, ignorez à gauche ❶ l'accès à d'autres ruines et la direction du port d'Urets. Vous entrez dans le cirque de la Plagne.

❷ À la hauteur du virage en épingle, quittez la piste : tout droit vous atteignez la cabane ou le pied des cascades, un peu plus loin (alt. environ 1200 m).

Revenez par le même chemin.



**Figure 85 : Fiche explicative dédiée au parcours Eylie – Cirque de la Plagne dans le guide « Les Sentiers d'Emilie » © (SIREJOL, 2013)**



Les lacs sont régulièrement pêchés. Les activités de pêche sont traditionnellement menées de mars à septembre. Le nombre de poissons prélevés quotidiennement est soumis à réglementation. De plus, seule la pêche à la ligne est autorisée, la pêche aux engins est interdite.

De façon générale, la valeur piscicole des cours d'eau du secteur est faible : « *Selon le conseil Supérieur de la Pêche, la valeur piscicole des ruisseaux est assez moyenne avec des truites de petite taille, probablement à cause d'une nourriture peu abondante compte tenu de l'altitude et d'une faible minéralisation des eaux* » (ONF, 2004).

De plus, la faune piscicole semble diminuer depuis 15 à 20 ans. Différents facteurs pourraient en être la cause :

- l'apparition de prédateurs, notamment le héron (consommation de poissons et d'œufs) et le cormoran ;
- **le réaménagement des dépôts de stériles** : alors que les stériles sont présents depuis le début de l'activité minière, la diminution du nombre de poissons pourrait concorder avec le réaménagement des stériles pratiqué en 2004. En amont des stériles, la quantité de poissons n'a jamais évolué. Le confortement des berges par des gabions n'est pas adapté à la faune aquatique (*selon le témoignage des représentants de l'AAPPMA rencontrés*) ;
- les installations hydroélectriques et le curage des barrages.

Une passe à dévalaison a été installée au Bocard d'Eylie afin de permettre la migration de certains poissons vers l'aval. Au niveau du barrage de Bonac, la remontée vers l'amont du Lez est souvent impossible, ce qui entraîne la mort de nombreux poissons.

## 4.9 Chasse

Le recueil de données est principalement basé sur les échanges avec la mairie de Sentein et l'Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS) en avril 2013.

L'Association communale de chasse agréée (ACCA<sup>54</sup>) de Sentein est composée de 50 adhérents, tous chasseurs. Elle formule des plans et des interdictions de chasse, en fonction des espèces concernées, selon les recommandations de l'ONF et de l'ONCFS.

Sur le territoire de la commune de Sentein sont chassés : des cervidés (cerfs, biches, chevreuils et des isards, soumis à des plans de chasse) ; des sangliers (sans limitation) ; des perdrix grises (plan de chasse en vigueur), des bécasses et des lièvres. Le Grand Tétràs et le Lagopède alpin ne sont pas chassables.

Sur le périmètre de l'étude, se trouvent le lot de chasse BIROS\*8 et la réserve de chasse de Monteillé (Figure 87).

La consommation est uniquement personnelle, la vente du gibier reste très marginale.

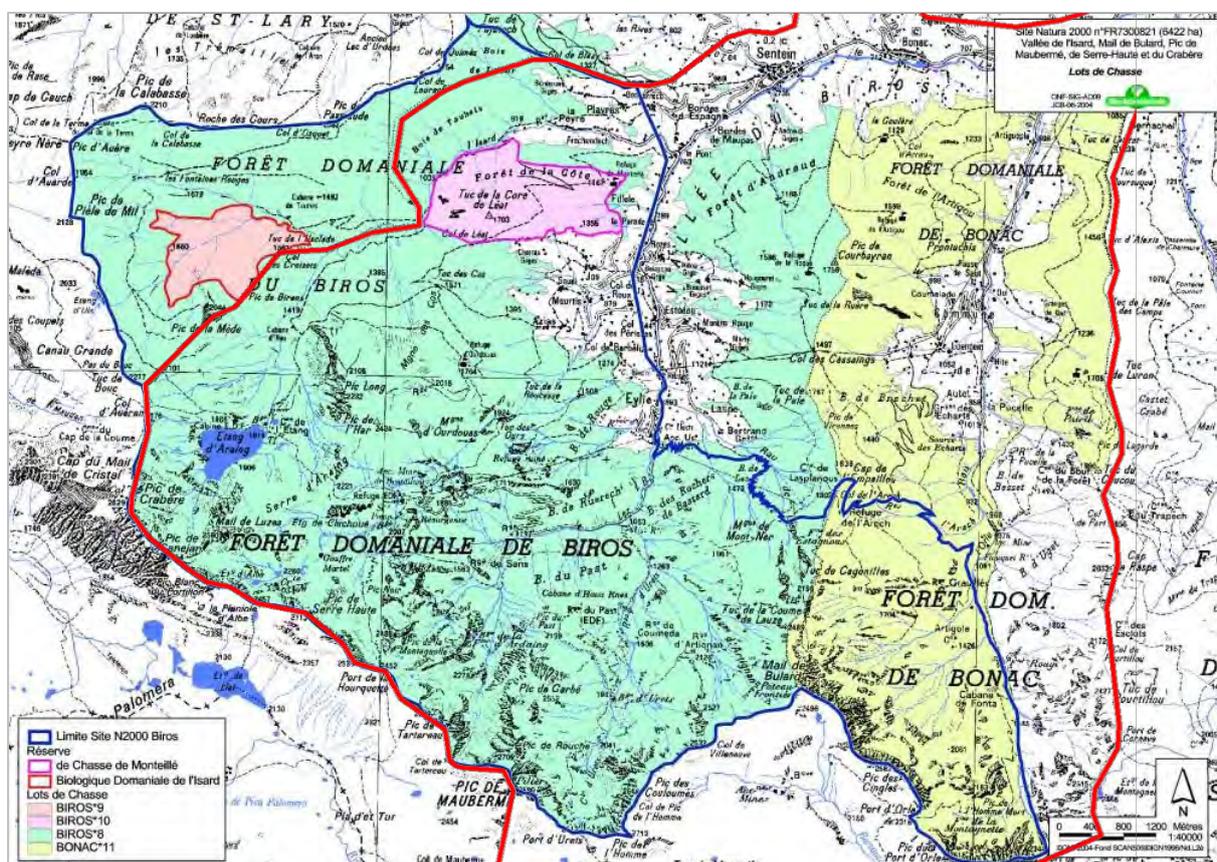


Figure 87 : Situation des réserves et lots de chasse sur le secteur étudié (ONF, 2004)  
[emprise de l'étude en rouge]

<sup>54</sup> Les ACCA sont regroupées en AICA (Association intercommunale de chasse agréée). Elles dépendent de la Fédération de chasse de l'Ariège.

## 4.10 Zones naturelles protégées

*Le recueil de données est principalement basé sur les échanges avec le Parc Naturel Régional des Pyrénées Ariégeoise (PNR-PA), l'ONF et l'Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS) en avril 2013.*

La zone de protection spéciale FR 7312001, instituée en regard de la directive Oiseaux n°79/409 du 6 avril 1979, et la zone spéciale de conservation FR 7300821, instituée en regard de la directive Habitats n°92/43 CEE du 21 mai 1992, sont deux des douze zones du réseau Natura 2000 présentes sur le territoire ariégeois. Elles sont délimitées par le même périmètre : « **Vallée de l'Isard, mail de Bulard, pics de Maubermé, de Serre-Haute et du Crabère** ».

Elles sont gérées par l'application d'un document d'objectifs (DOCOB) approuvé en décembre 2004 (ONF, 2004). Le DOCOB liste tous les habitats d'intérêt communautaire (zone terrestre ou aquatique qui se distingue par ses caractéristiques géographiques, physiques ou biologiques, étant en situation de danger ou possédant une aire de répartition réduite) présents sur le site du Biros et indique leur aire de répartition. L'un de ces habitats, les « **pelouses métallicoles montagnardes** », est caractéristique des sols à forte teneur en métaux lourds et est présent au droit des anciens sites miniers de Bentailou et de Rouge.

Des **espèces d'intérêt communautaire** sont également référencées dans le DOCOB. Le Lézard des Pyrénées (*Figure 88*) et le Desman des Pyrénées (*Figure 89*) sont à prendre en compte en priorité, ainsi que l'Euprocte et l'Ecrevisse à pattes blanches (hors DOCOB).

En raison de la déprise pastorale, la fermeture de certains milieux est devenue préoccupante et certains habitats s'en voient d'autant plus menacés. Des actions de restauration ou de gestion courante d'habitats naturels ont été mises en œuvre. Des accords ont été passés avec certains agriculteurs afin d'établir un contrat pluriannuel dans lequel sont définies des « mesures agro-environnementales ».

Le DOCOB liste également les espèces d'intérêt communautaire prises en compte dans le cadre de la directive « Oiseaux » :

- **des rapaces, en particulier le Gypaète barbu**, espèce en danger protégée au niveau national. Un couple s'est fixé sur le site du Biros depuis 2009. Une surveillance spécifique a été mise en place afin d'assurer la tranquillité de cette espèce. *Il est à noter que les mesures requises ont été mises en œuvre par GEODERIS lors des investigations de terrain pour respecter les prescriptions relatives à la protection de cette espèce (notamment en termes de plans de vol par hélicoptère) ;*
- **des galliformes : Grand Tétras** (*Figure 90*), **Lagopède alpin** (*Figure 91*), **Perdrix grise des Pyrénées**. Les trois espèces font l'objet d'un suivi chaque année (printemps et été). La chasse du Tétras est très réglementée ; il fait l'objet de mesures spéciales de conservation.

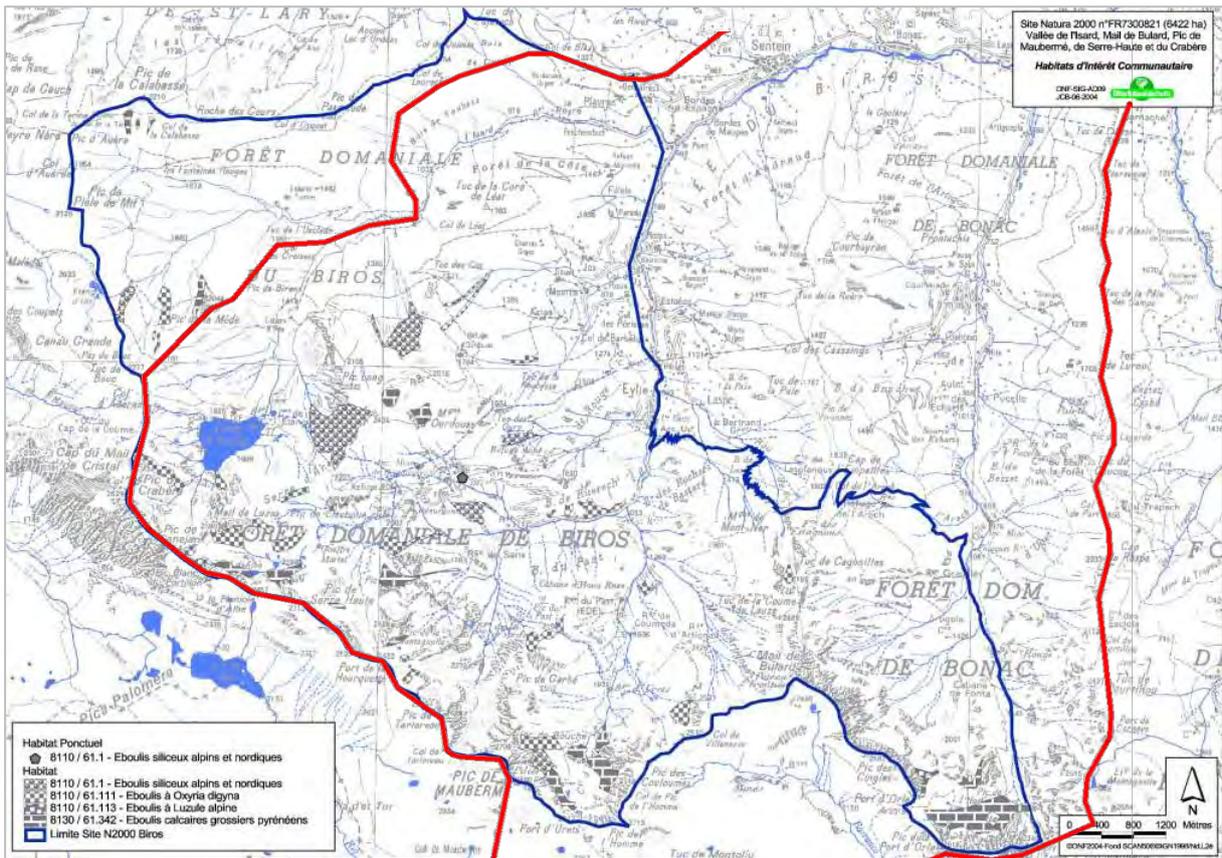


Figure 88 : Aires de répartition du Lézard des Pyrénées (ONF, 2004) [emprise de l'étude en rouge]

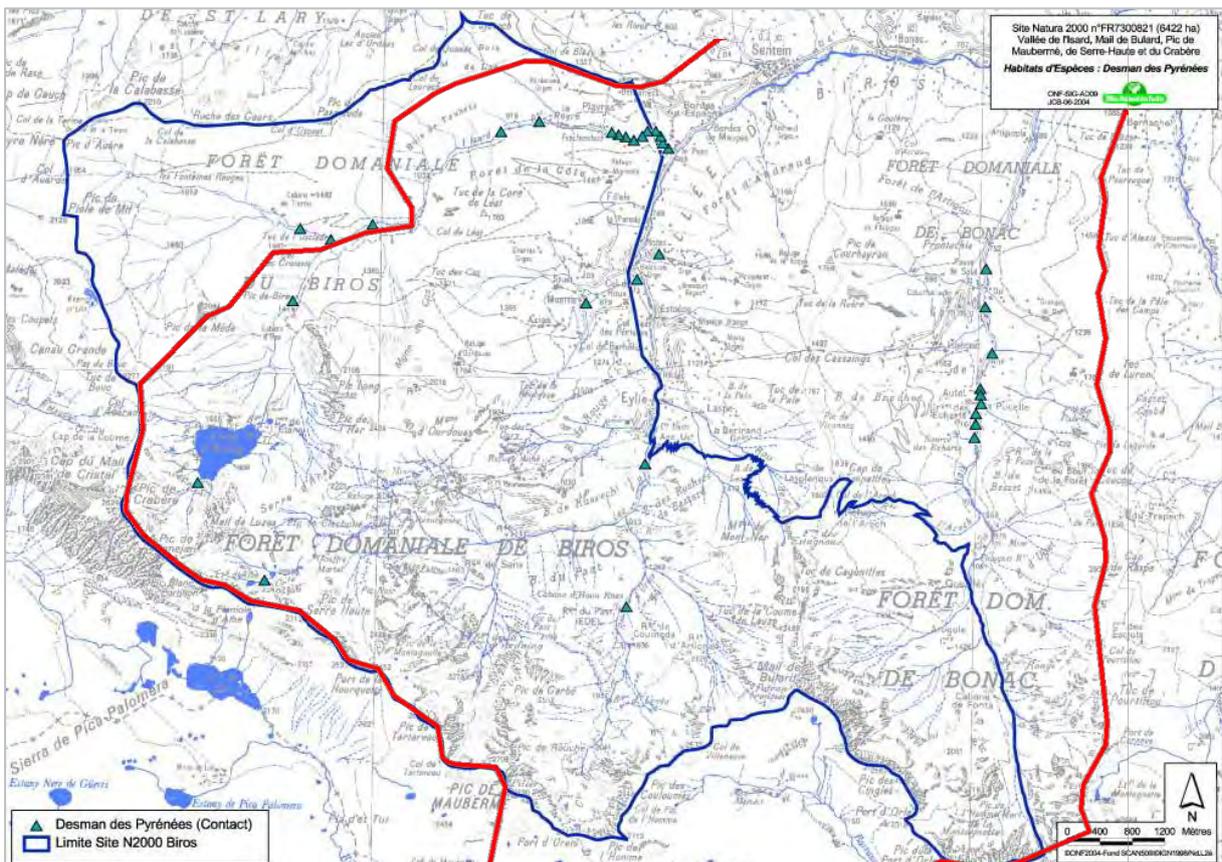


Figure 89 : Aires de répartition du Desman des Pyrénées (ONF, 2004) [emprise de l'étude en rouge]

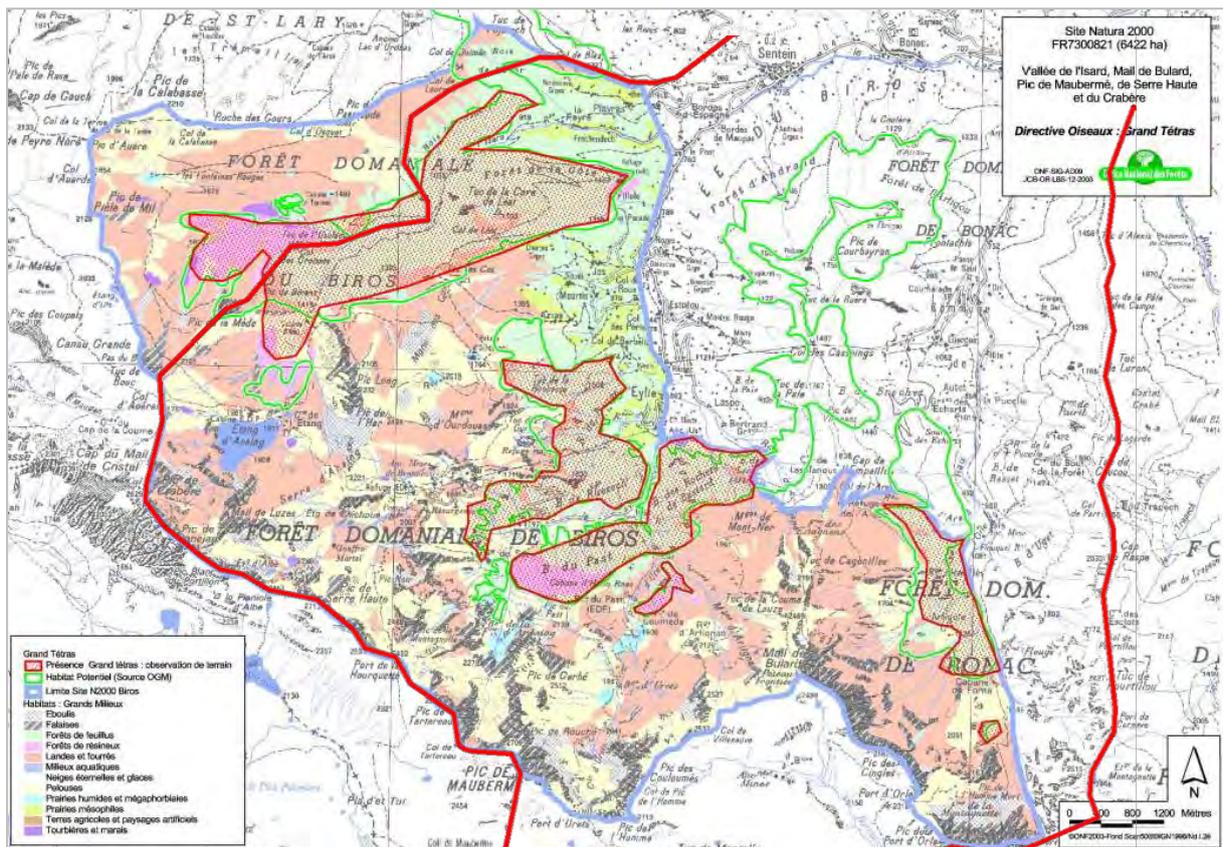


Figure 90 : Aires de répartition du Grand Tétrás (ONF, 2004) [emprise de l'étude en rouge]

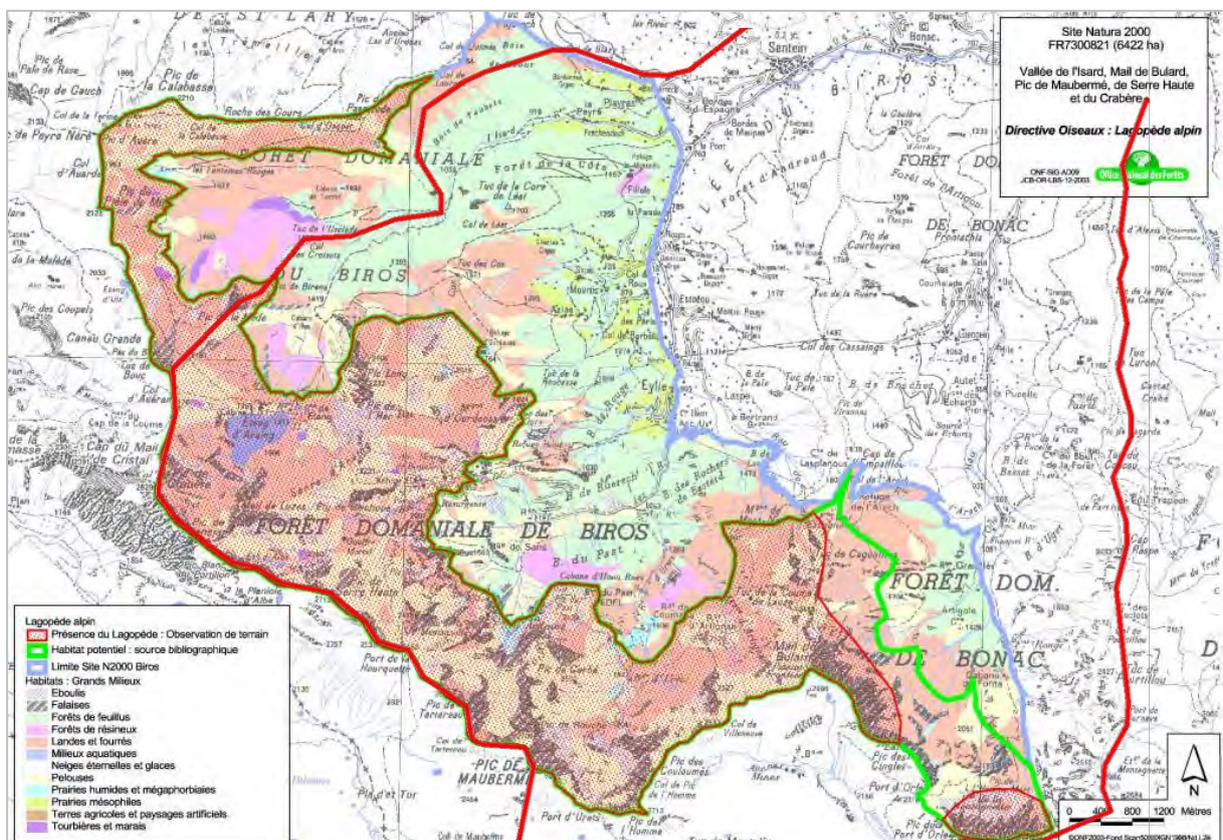


Figure 91 : Aires de répartition du Lagopède alpin (ONF, 2004) [emprise de l'étude en rouge]

## 4.11 Grotte de la Cigalère

Le recueil de données est principalement basé sur les échanges d'avril 2013 avec Alain MANGIN, Ancien directeur de recherche au CNRS et ancien directeur du laboratoire souterrain de Moulis.

Cette grotte, située en altitude (1700 m) est un site géologique et naturel remarquable, en raison notamment des superbes concrétions de gypse et d'aragonite (carbonates de calcium) qui s'y trouvent (*Figure 92 et Figure 93*).



**Figure 92 : Concrétions dans la Grotte de la Cigalère lors d'une visite du site le 07/08/2013 à laquelle GEODERIS a été convié par le Comité technique de la Cigalère**

Elle se situe à proximité des gisements miniers de Bentaillou, ce qui, selon A. MANGIN, n'est pas sans lien avec la formation des concrétions. En effet, le fait que les calcaires de Bentaillou soient minéralisés en sulfures pourrait expliquer la formation de sulfates (par oxydation des sulfures), dont le gypse.

### 4.11.1 Classement du site

En 1964, des spéléologues ont prélevé des concrétions dans la grotte. Suite à ces événements, le Préfet a demandé au laboratoire de Moulis de gérer le site qui est depuis lors le garant de la grotte. L'association ARSHaL<sup>55</sup> a été créée en 1969 pour en réaliser le suivi.

En 1968, le CNRS prend l'initiative de faire classer la grotte. M. DAUBIAN-DELISLE, alors propriétaire de la concession minière, provoque un ralentissement des procédures. Cependant, le classement a été acté par décret ministériel du 24 avril 1981. Une fois le site classé, il a été possible de mettre en place une procédure de gestion. Un comité de gestion, le « **Comité technique de la Cigalère** », a été instauré en 1984. Une porte blindée, dont A. MANGIN possède les clés, a été installée cette même année.

<sup>55</sup> Association de recherche souterraine du Haut-Lez

Un projet de classement à l'UNESCO a été amorcé simultanément, mais n'a pas pu aboutir. En effet, il serait nécessaire, pour justifier ce classement, de publier sur cet objet afin d'élargir sa notoriété.

Un comité technique dit « de la Cigalère » a en charge la surveillance et la gestion de la grotte. Les travaux sont soumis à autorisation, sans pour autant que le site soit voué à la sanctuarisation. Le Comité est représenté par les organismes suivants : les services de l'Etat : MM. Le Préfet et Le Sous-Préfet ; la DREAL (UT 09) ; la DREAL Midi-Pyrénées ; EDF (en tant que partie prenante) ; les Bâtiments de France (qui gèrent les sites classés) ; la gendarmerie ; l'ONF (gérant les terrains domaniaux) ; la mairie de Sentein ; l'ARSHaL ; la Fédération française de spéléologie et le Secours spéléologique.

#### 4.11.2 Activités sur le site de la grotte de la Cigalère

L'ARSHaL effectue chaque année un camp d'été, d'une durée d'environ 20 jours, pour 30 à 50 personnes. Pendant ce camp, une journée est réservée à une visite de la grotte, à la demande du Comité technique, permettant à quelques invités de découvrir le site. 12 à 15 personnes participent à cette visite chaque année.

Il n'y a, en dehors de ce camp, pas d'autres activités sur le site. Le site n'est naturellement pas accessible de septembre à juin. En effet, il n'est pas possible de s'y déplacer tant que les eaux sont en crue. De plus, l'entrée de la Cigalère est située à proximité d'un couloir d'avalanches. Pour s'y rendre, il est donc préférable de passer par les sites de Rouge et de Bentailou.

EDF n'accède pas à la grotte de la Cigalère car ils n'y œuvrent pas. Il n'y a aucune prise d'eau ni conduite qui traverse le site. Le barrage souterrain, identifié sur certains plans d'époque, mis en place par EDF au centre de la grotte, n'aurait pas fonctionné pour l'usage hydroélectrique, mais pour la réalisation de mesures permettant de mieux caractériser le torrent.

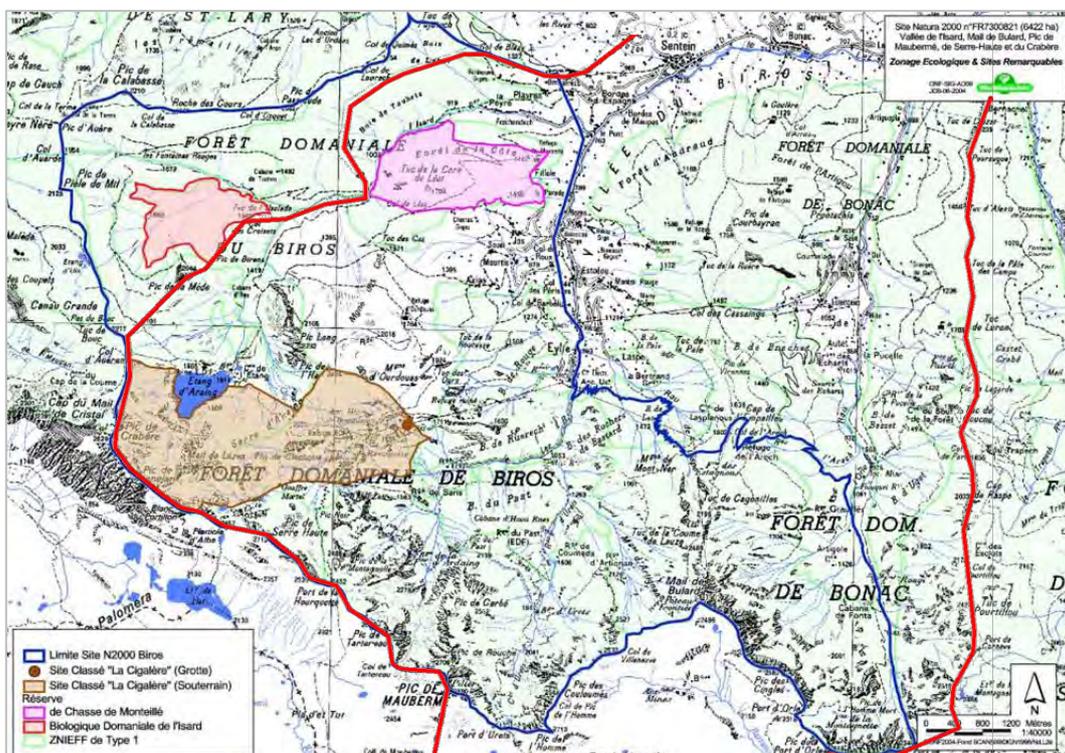


Figure 93 : Zonage écologique et site classé de la Cigalère (ONF, 2004) [emprise de l'étude en rouge]



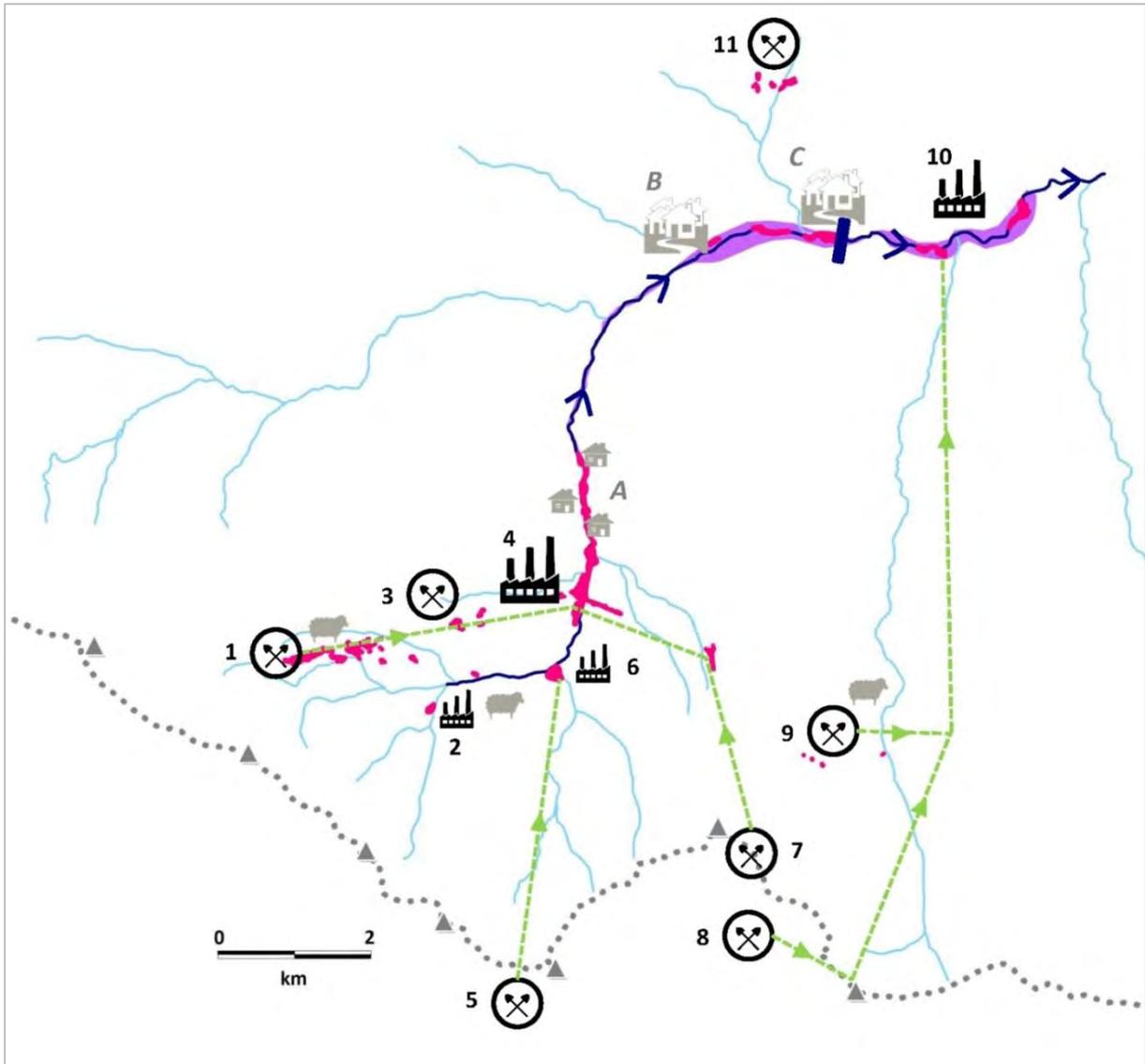
## 5 SCHEMA CONCEPTUEL PRELIMINAIRE

### 5.1 Configuration générale du secteur minier

Comme vu précédemment, la phase informative a notamment permis d'identifier les principaux sites d'exploitation et de traitement du minerai, par rapport à l'unité hydrographique étudiée ; à savoir le bassin versant du Lez depuis son origine jusqu'à sa confluence avec le Riberot.

Le schéma de principe associé (*Figure 94*) met en évidence les multiples contributions aux processus de contamination de la plaine alluviale du Lez. Schématiquement :

- les exploitations situées en moyenne à haute altitude sont principalement caractérisées par la présence de dépôts miniers de type stériles de creusement ou associés à des installations de transport. Ces dépôts sont soumis à l'action des eaux météoriques et certains se déchargent dans des affluents du Lez. À noter également la présence d'émergences minières qui rejoignent le réseau hydrographique ;
- les installations de traitement installées dans la vallée, en moyenne altitude et alimentées par les exploitations précédentes. Les vestiges de ces installations sont associés à des résidus de traitement fins, encore visibles ou ayant été érodés (partiellement ou totalement) par les eaux de surface ;
- les zones habitées situées en aval de ces installations ont été, au gré des épisodes de crue, partiellement inondées par des eaux chargées de matériaux résiduaux transportés par les eaux de surface ; en particulier les hameaux situés en aval immédiat du Bocard d'Eylie ;
- **en définitif, la plaine alluviale est sous l'influence indirecte des sources potentielles de pollution situées en altitude (dépôts et émergences minières) mais aussi sous l'influence directe des sources situées dans la vallée (du fait principalement de la présence d'unités de traitement du minerai).**



**Figure 94 : Configuration générale du secteur minier de Sentein, bassin versant du Lez**

Légende de la Figure 94 :

	Rivière Le Lez
	Barrage de Bonac
	Affluent du Lez
	Zone inondable du Lez
	Chaîne montagneuse et sommets (frontière franco-espagnole)
	Hameaux dispersés et habitations installés en bordure du Lez
	Principaux villages : B = Sentein ; C = Bonac
	Principales zones de pastoralisme étudiées
	Principaux sites d'exploitation : 1 = Chichoué et Bentailou ; 3 = Rouge ; 5 = Urets / Pic de l'Homme ; 7 = Le Bulard ; 8 = Fourcaye ; 9 = Bularic ; 11 = Irazain
	Usines de traitement du minerai : 2 = Installations de décantation de Tartereau ; 4 = Laverie gravimétrique et par flottation d'Eylie ; 6 = Laverie gravimétrique de la Plagne ; 10 = Laverie gravimétrique de Lascoux
	Principales installations de transport du minerai
	Emprise en surface des dépôts miniers ou des mélanges de sols et de résidus



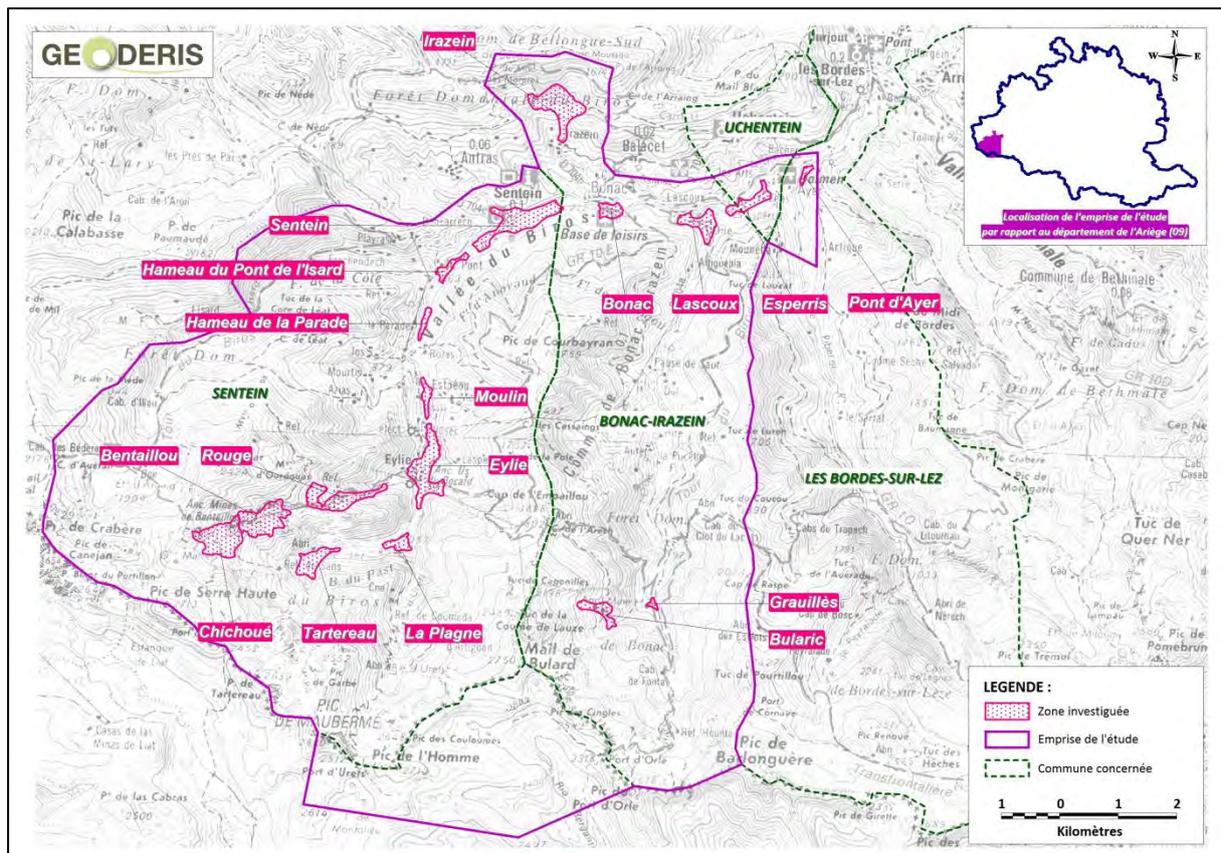
## 5.2 Zones investiguées

Compte tenu de la taille importante de l'emprise de l'étude (100 km<sup>2</sup>) et de la diversité des sites concernés (site de moyenne à haute altitude ou dans la vallée, site concerné ou non par des activités minières, etc.), GEODERIS a dû recentrer ses investigations sur des zones d'intérêt. Au regard des incompatibilités milieux-usages potentielles, identifiées à l'issue de la phase informative, GEODERIS a donc défini **17 zones sur le secteur minier étudié**.

D'autres sites ont été étudiés, comme la concession du Bulard, la mine d'Urets ou la mine de Fourcaye. Elles ne sont associées à aucune zone investiguée étant donné qu'elle n'ont fait l'objet d'aucune visite de terrain dans le cadre de la présente étude.

Contrairement au reste de l'emprise de l'étude, les zones investiguées ont été parcourues de façon détaillée, pour une surface totale de 3 km<sup>2</sup>. Leur forme tient compte des itinéraires réalisés et de l'existence d'obstacle naturels (zone pentues difficiles d'accès, cascades, etc.). Mis à part quelques très rares exceptions (moins de 1%), les 1044 prélèvements et mesures se trouvent dans les limites géographiques de ces zones.

**Ces 17 zones investiguées constituent les entités géographiques de référence pour cette étude (Figure 95).** Elles seront désormais appelées régulièrement dans le corps du texte et serviront d'élément contextuel pour toutes les cartes concernées.



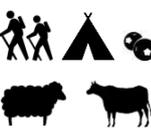
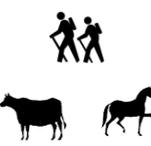
**Figure 95 : Situation des 17 zones investiguées par rapport à l'emprise de l'étude, sur fond SCAN 100 © IGN**

### 5.3 Schéma conceptuel simplifié

Chaque zone investiguée est spécifique au regard des activités minières qui s'y sont déroulées (ou qui ont eu un impact indirect sur la qualité des milieux qu'elle comprend) mais aussi des usages qui la caractérisent. Les *Tableau 46 à Tableau 49* présentent les vestiges miniers remarquables et les principaux usages identifiés sur chaque zone investiguée.

Pour rappel, les **cartes informatives**, en *Annexes B4-1 à B4-15 (hors-texte)*, illustrent, par zone investiguée, les sources potentielles de pollution (dépôts miniers, émergences minières, stations et pylônes associées aux installations de transport, installations de surface) et les usages et enjeux (captages d'eaux, zones de pâturages, résidence permanentes ou temporaires, aires de jeux, etc.). Il s'agit d'une représentation cartographique qui permet d'appréhender le schéma conceptuel détaillé par zone investiguée (sans visualisation des voies de transfert potentielles pour autant).

**Ces tableaux constituent une présentation schématique du schéma conceptuel pour chaque zone investiguée et viennent en appui aux cartes informatives.**

Z. Investiguée	Description des vestiges miniers (et des sources potentielles de pollution) et des usages et enjeux	
<b>CHICHOUE</b> 		<p>Principaux travaux d'exploitation (en souterrain), réalisés de 1850 à 1950. Présence de ruines en pierres (installations de transport principalement) et de plusieurs centaines de milliers de mètres cubes de stériles miniers déversés dans la pente, en aval des ouvrages débouchant au jour (mis en sécurité en 2002)</p>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Zone traversée par le GR10 (Eylie - Etang d'Araing). Etang de Chichoué avec bivouacs fréquents en bordure. Etang utilisé pour la pêche locale, aleviné tous les deux ans.</li> <li>◦ Pâture d'ovins du Groupement pastoral d'Urets-Bentaillou (estive).</li> </ul>
<b>BENTAILLOU</b> 		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Dynamique minière forte de 1850 à 1950. Quelques ouvrages débouchant au jour mis en sécurité en 2002 (en particulier le travers-banc Saint-Jean).</li> <li>◦ Installation de traitement du minerai souterraine par gravimétrie de Narbonne. Nombreux vestiges bâtis (logements des mineurs, ateliers, forge, poste de transformation, etc.) ; certains ayant été réaménagés.</li> <li>◦ Présence de cuves à hydrocarbures et de transformateurs non démantelés.</li> <li>◦ Stériles et résidus miniers en quantité importante.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Logements temporaires et refuges (travailleurs EDF, cabane pastorale, refuges de la mairie de Sentein et de l'ONF). Points d'alimentation en eaux utilisées pour la boisson et les usages domestiques.</li> <li>◦ Zone traversée par le GR10 (Eylie - Etang d'Araing) et régulièrement visitée par les randonneurs. Bivouacs fréquents. <i>Patrimoine minier connu et référencé.</i></li> <li>◦ Pâture d'ovins du Groupement pastoral d'Urets-Bentaillou (estive). Emergence minière du TB Saint-Jean servant occasionnellement à l'abreuvement.</li> </ul>
<b>ROUGE</b> 		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Chantiers d'exploitation relativement peu développés (quelques centaines de mètres). Prolongement est des travaux miniers de Chichoué et Bentaillou, réalisé de 1940 à 1963 environ.</li> <li>◦ Nombreux vestiges bâtis en pierre et structures métalliques.</li> <li>◦ Présence de cuves à hydrocarbures et de transformateurs non démantelés.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Zone traversée par le GR10 (entre Eylie et l'étang d'Araing) et régulièrement visitée par les randonneurs. Bivouacs occasionnels.</li> <li>◦ Zone de cueillette de myrtilles (consommation locale).</li> <li>◦ Pâture d'ovins et de bovins. Abreuvement à l'émergence du travers-banc de Rouge.</li> </ul>
<b>TARTEREAU</b> 		<p>Bassins de décantation en sortie d'une glissière hydraulique installée par l'Ingénieur Kaulek de 1865 à 1867 pour prétraiter le minerai de Chichoué avant transfert au Bocard d'Eylie. Présences de résidus de décantation et vestiges ruinés des murs de confinement en pierres.</p>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Cirque de la Plagne et Cascade de Tartereau : Zone de promenade facile d'accès et très fréquemment visitée (parcours référencé dans tous les guides touristiques).</li> <li>◦ Zone de pâture pour les bovins et les chevaux de deux éleveurs de Sentein. Présence d'un petit lac au droit du bassin principal servant à l'abreuvement.</li> <li>≡ Confluence entre les ruisseaux de la Coume Longue, de Tartereau et de la Cigalère qui forment le Lez.</li> </ul>
<b>LA PLAGNE</b> 		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Laverie de La Plagne traitant principalement le minerai provenant de la mine d'Urets (sur le versant espagnol) et de quelques autres mines du Val d'Aran.</li> <li>◦ Nombreux vestiges bâtis en pierre et structures métalliques. À noter la présence d'une cuve d'hydrocarbures.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Cirque de la Plagne : Zone de promenade facile d'accès et très fréquemment visitée (parcours référencé dans tous les guides touristiques). <i>Patrimoine minier connu et référencé.</i> Sur la branche du GR 10 menant au Port d'Urets.</li> <li>◦ Zone de pâture pour les bovins et les chevaux de deux éleveurs de Sentein.</li> <li>≡ Confluence entre le ruisseau d'Urets et le Lez.</li> </ul>

**Tableau 46 : Schéma conceptuel schématique sur les zones de Chichoué, Bentaillou, Rouge, Tartereau et la Plagne (commune de Sentein)**

Z. Investiguée	Description des vestiges miniers (et des sources potentielles de pollution) et des usages et enjeux	
<p><b>EYLIE</b></p> 		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Site de traitement du minerai historique du secteur minier de 1850 à 1965. Très nombreuses installations minéralurgiques (gravimétriques, de flottation, etc.) et métallurgiques (fonderie et fours à calamine) et vestiges associés. <i>Patrimoine minier connu et référencé.</i></li> <li>◦ Présence de quatre dépôts de résidus fins (215 000 m<sup>3</sup> au total). Présence de bassins de décantation semi-enterrés.</li> <li>◦ <b>Reconnaissance sur la photo aérienne de 1942 de matériaux résiduaire déposés sur les berges du Lez, confortée sur le terrain par l'identification de résidus miniers sous quelques centimètres de sols, en rive droite du Lez.</b></li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Hameaux d'Eylie-d'en-Haut et d'Eylie-d'en-Bas. Résidences permanentes (occupées par des personnes à la retraite) et résidences temporaires. Pelouses accueillant des enfants en bas âge pour des jeux en extérieur. Activités de jardinage et autoconsommation des productions.</li> <li>◦ Départ du GR10 pour Col de l'Arch ou Port d'Urets ou Etang d'Araing. Gîte d'étape pour les randonneurs. Aires de pique-nique aménagées ou non.</li> <li>◦ Réserve de pêche et bassin piscicole pour alevinage (consommation locale). Alimentation des deux hameaux avec des captages situés dans le Bois de Rouge (boisson et usages domestiques).</li> <li>◦ Pâtures d'ovins et de bovins (en particulier durant les périodes de pré- et post-estivage).</li> </ul> <p>≡≡≡ <i>Confluence entre le ruisseau de Rouge et le Lez.</i></p>
<p><b>MOULIN</b></p> 		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Site en aval hydraulique et topographique immédiat du site d'Eylie (à quelques centaines de mètres).</li> <li>◦ <b>Reconnaissance sur la photo aérienne de 1942 de matériaux résiduaire déposés sur les berges du Lez, confortée sur le terrain par l'identification de résidus miniers sous quelques centimètres de sols, en rive gauche du Lez.</b></li> </ul>
<p><b>HAMEAUX DE LA PARADE ET DU PONT DE L'ISARD</b></p> 		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Hameaux avec quelques résidences permanentes et résidences temporaires. Activités de jardinage et autoconsommation des productions.</li> </ul> <p>≡≡≡ <i>Confluence entre le ruisseau de l'Isard et le Lez</i></p>
<p><b>SENTEIN</b></p> 		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Anciennes stations de transport des concentrés (venant d'Eylie) à l'entrée sud-ouest du village et au centre-village (pour transport ferroviaire vers Saint-Girons).</li> <li>◦ <b>Reconnaissance sur la photo aérienne de 1942 de matériaux résiduaire déposés sur les berges du Lez, confortée sur le terrain par l'identification de résidus miniers sous quelques centimètres de sols, en rive droite du Lez.</b></li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Principal village de la commune de Sentein. Résidences permanentes et résidences temporaires. Pelouses accueillant des enfants en bas âge pour des jeux en extérieur. Activités de jardinage et autoconsommation des productions.</li> <li>◦ Ecole maternelle et primaire accueillant une quinzaine d'enfants de 2 ans à 12 ans. Centre de loisirs (CLAE) avec jeux pour enfants. Camping municipal. Office de tourisme avec aire de pique-nique aménagée.</li> </ul> <p>≡≡≡ <i>Confluence entre le ruisseau de l'Antras et le Lez.</i></p>

**Tableau 47 : Schéma conceptuel schématique sur les zones d'Eylie, de Moulin, du hameau de la Parade, du hameau de Pont de l'Isard et de Sentein (commune de Sentein)**

Z. Investiguée	Description des vestiges miniers (et des sources potentielles de pollution) et des usages et enjeux	
<b>IRAZEIN</b> 		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Seule zone connue d'exploitation du titre minier d'Irazein. Travaux miniers souterrains menés de 1909 à 1914, pour l'exploitation du cuivre gris. Plusieurs ouvrages débouchant au jour (pénétrables) en sortie desquels ont été déversées d'importantes quantités de stériles de creusement.</li> <li>◦ Petits dépôts de résidus de traitement gravimétriques grossiers, associés à des installations rudimentaires et des opérations de scheidage.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Dans zone boisée, fréquentée occasionnellement par des promeneurs.</li> <li>◦ Résidences temporaires isolées. Pâtures et prairies en aval topographique des dépôts miniers.</li> </ul>
<b>BONAC</b> 		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <b>Reconnaissance sur la photo aérienne de 1942 de matériaux résiduaire déposés sur les berges du Lez.</b></li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Principal village de la commune de Bonac. Résidences temporaires et permanentes avec parcelles de subsistance, mais situées hors des zones inondables du Lez.</li> <li>◦ Retenue de Bonac (gérée par EDF pour l'alimentation de l'usine hydroélectrique des Bordes-sur-Lez) dont les bordures ont été aménagées récemment (avec tous les équipements nécessaires). Aire de jeux pour enfants et aire de caravaning.</li> </ul> <p>≈≈≈ Confluence entre le ruisseau d'Irazein et le Lez.</p>
<b>BULARIC</b>  <b>ET</b> <b>GRAUILLES</b> 		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Travaux de recherche de faible ampleur menés de 1903 à 1907 (puits et galeries mis en sécurité en 2006). Quelques émergences minières à débit faible. Zone connue pour ses vestiges miniers mais surtout pour ceux situés sous la Mail du Bulard (<i>concession du Bulard, qui acheminait son minerai à la laverie d'Eylie</i>).</li> <li>◦ <i>Le principal chantier d'exploitation du titre minier d'Orle est la mine de Fourcaye, située sur le versant espagnol.</i></li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Zone traversée par des chemins de randonnée empruntés occasionnellement sur le site de Bularic (accessible par un sentier à flanc de topographie depuis la cabane de l'Arech) et sur le site de Grauillès (accessible par un chemin longeant l'Orle qui mène ensuite au Port d'Orle). Refuge de la Cabane de Grauillès.</li> <li>◦ Pâturage occasionnelle d'ovins du Groupement pastoral Bonac en Vallée d'Orle (estive).</li> </ul> <p>≈≈≈ Confluence entre le ruisseau de Bularic, le ruisseau de Bularède et l'Orle.</p>
<b>LASCOUX</b> 		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Laverie gravimétrique ayant fonctionné de 1900 à 1910 pour le traitement des minerais issus de la concession d'Orle.</li> <li>◦ Les matériaux résiduaire auraient été déversés en sortie de l'usine, en bordure et en rive droite du Lez mais n'ont pas été retrouvés ailleurs qu'au droit des vestiges bâtis de l'usine.</li> <li>◦ <b>Reconnaissance sur la photo aérienne de 1942 de matériaux résiduaire déposés sur les berges du Lez, confortée sur le terrain par l'identification de résidus miniers sous quelques centimètres de sols, en rive droite du Lez.</b></li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Résidences permanentes et résidences temporaires (deux d'entre elles ayant été construites au droit d'ateliers de la mine et au droit de la laverie). Pelouses accueillant des enfants en bas âge pour des jeux en extérieur (certaines propriétés étant dotées de jeux pour enfants). Activités de jardinage et autoconsommation des productions.</li> <li>◦ Nombreuses prairies (parcelles principalement dédiées à la production de fourrage).</li> </ul> <p>≈≈≈ Confluence entre l'Orle et le Lez.</p>

**Tableau 48 : Schéma conceptuel schématique sur les zones d'Irazein, de Bonac, de Bularic, de Grauillès et de Lascoux (commune de Bonac-Irazein)**

Z. Investiguée	Description des vestiges miniers (et des sources potentielles de pollution) et des usages et enjeux	
<b>ESPERRIS ET PONT D'AYER</b> 		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Site en aval hydraulique et topographique du secteur.</li> <li>◦ <b>Reconnaissance sur la photo aérienne de 1942 de matériaux résiduaire déposés sur les berges du Lez, confortée sur le terrain par l'identification de résidus miniers sous quelques centimètres de sols, en rive droite du Lez.</b></li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <u>À Esperris</u> : Résidences permanentes et résidences temporaires. Pelouses accueillant des enfants en bas âge pour des jeux en extérieur. Activités de jardinage et autoconsommation des productions.</li> <li>◦ <u>Au Pont d'Ayer</u> :</li> <li>◦ Prairies et pâtures (certaines parcelles étant dédiées à la production de fourrage).</li> <li>≡≡≡ <i>Confluence entre le Lez et le Riberot, point le plus en aval du bassin versant étudié.</i></li> </ul>

**Tableau 49 : Schéma conceptuel schématique sur les zones d'Esperris et de Pont d'Ayer (commune de Bonac-Irazein)**

Légende (pour les Tableau 46 à Tableau 49) :

	Zone en haute montagne (Altitude > 1 500 m)		Randonnée ou promenade et pique-nique sur une aire de repos non signalée
			Refuge ou résidence temporaire isolée
	Zone située en moyenne montagne 1 000 m < Altitude < 1 500 m		Bivouac ou camping
			Caravaning
	Zone située dans la vallée Altitude < 1 000 m		Pique-nique sur une aire de repos signalée et équipée
			Pâturage d'ovins, de bovins ou d'équins
	<i>Situation hydrographique notable</i>		Captage d'eaux pour la boisson et/ou pour les usages domestiques
			Résidence permanente ou temporaire dans hameau
	Chantier d'exploitation minière		Pelouses accueillant des enfants en bas âge pour des jeux en extérieur
	Installation de traitement du minerai gravimétrique		Activité de jardinage et autoconsommation des productions
	Cuve ou transformateur non démantelé		Village ou centre-bourg
	Bassin de décantation		Aire de jeux équipée et signalée
	Installation minéralurgique et métallurgique principale		Ecole
	Installation de transport ferroviaire principale		Pêche
	Résidus miniers transportés par le Lez en aval des sites de traitement		Cueillette de myrtilles

## 5.4 Substances retenues pour l'étude

### 5.4.1 Hypothèses

Les principales minéralisations identifiées sur les gîtes exploités et indices des titres miniers de Sentein, Le Bulard et Orle sont décrites dans le *paragraphe 2.5.4*. Pour déterminer les éléments présents dans les sources potentielles de pollution imputables à l'activité minière, les hypothèses de travail suivantes sont faites :

- les sources potentielles de pollution associées aux travaux d'extraction et d'exploitation contiennent les éléments naturellement présents dans les **faciès minéralisés**, c'est-à-dire la paragenèse minérale d'intérêt (*appelée « minéralisation »*) ;
- les sources potentielles de pollution associées au traitement du minerai contiennent les éléments naturellement présent dans les **faciès minéralisés traités ainsi que les réactifs chimiques** utilisés dans l'unité de traitement ;
- les sources potentielles de pollution associées au transport du minerai contiennent les mêmes éléments qui caractérisent les unités d'exploitation ou de traitement dont ils proviennent géographiquement ;
- les **éléments présents dans le réseau cristallin des minéraux les plus abondants** sont pris en compte (*argent d'une galène argentifère par exemple*) ;
- les **minéraux « traces » et les minéraux rares**, mentionnés pour certaines minéralisations, ne sont pas pris en compte, du fait des très faibles quantités qu'ils peuvent représenter au sein des minéraux (et donc des sources potentielles de pollution qui les concentrent) ;
- la composition des roches encaissantes de la minéralisation n'est pas prise en considération ; tenant compte du type de travaux d'extraction réalisés. En effet sur les sites étudiés, l'extraction des faciès minéralisés se faisait par travaux miniers souterrains, en sélectionnant les matériaux d'intérêt.

## 5.4.2 Métaux associés aux faciès minéralisés

À l'exception des minéraux abondants, différencier les phases minérales peu fréquentes de celles qui sont rares est une évaluation qui n'est pas systématique et qui est basée sur des études minéralogiques détaillées (qui peuvent d'ailleurs présenter des conclusions différentes selon les auteurs).

GEODERIS propose dans le *Tableau 50* une liste des principales phases minérales des gîtes exploités, qui prend en compte également la taille des travaux d'exploitation (plus les chantiers exploités sont importants, plus les phases occasionnellement présentes risquent de se concentrer dans les sources de pollutions potentielles associées.)

Gîte exploité	Minéraux abondants	Minéraux en quantités plus faibles	Minéraux occasionnels
<b>Chichoué &amp; Bentaillou</b>	Blende (riche en cadmium) et galène argentifères Hydrozincite, calamine, cérusite	Pyrite et graphite associé Pyrrhotite, ilménite, sphène	Chalcopyrite, goethite, magnétite, arsénopyrite, cuivres gris, rutile
<b>Rouge</b>	Blende, arsénopyrite, pyrrhotite	Galène, pyrite	Chalcopyrite, cuivres gris, magnétite, ilménite, rutile
<b>Urets</b>	Blende et galène	Chalcopyrite, limonite	
<b>Bularic</b>	Blende, magnétite, pyrrhotite	Pyrite, arsénopyrite, goethite	
<b>Grauillès</b>	Blende (avec cadmium), galène argentifère (riche en antimoine et en cadmium), pyrrhotite		
<b>Fourcaye</b>	Blende, arsénopyrite, pyrrhotite		Magnétite, chalcopyrite, galène, pyrite Malachite, azurite, smithsonite
<b>Bulard</b>	Blende, galène, pyrrhotite, magnétite	Chalcopyrite, arsénopyrite, ilménite	
<b>Irazein</b>	Cuivres gris, riches en argent	Pyrite, azurite, chalcocite, malachite et stibiconite	

**Tableau 50 : Phases minérales retenues pour chaque gîte exploité (étudié sur le secteur de Sentein)<sup>56</sup>**

**Ces phases minérales retenues pour l'étude, sont porteuses des éléments potentiellement contaminant sélectionnés pour la mise en œuvre de l'évaluation des risques sanitaires (et plus largement de la démarche IEM).**

<sup>56</sup> **arsénopyrite** : arsénio-sulfure de fer ; **azurite** : carbonate cuivre ; **blende** : sulfure de zinc ; **calamine** : mélange d'oxydes de zinc et d'oxydes ferriques ; **cérusite** : carbonate de plomb ; **chalcocite** : sulfure de cuivre ; **chalcopyrite** : sulfure de cuivre et de fer ; **cuivres gris** : arsénio à antimonio-sulfures de cuivre et de fer ; **galène** : sulfure de plomb ; **goethite** : oxy-hydroxyde de fer ; **graphite** : forme stable du carbone à température et à pressions ordinaire ; **hydrozincite** : hydrocarbonate de zinc ; **ilménite** : oxyde de fer et de titane ; **limonite** : amas d'hydroxydes de fer microcristallin ; **malachite** : carbonate anhydre de cuivre ; **magnétite** : oxyde de fer ferrimagnétique ; **pyrite** : sulfure de fer ; **pyrrhotite** : sulfure de fer ; **rutile** : oxyde de titane ; **smithsonite** : carbonate de zinc ; **sphène** : silicate calcique de titane ; **stibiconite** : oxyde d'antimoine

Il est à noter que **le cadmium a systématiquement été considéré lorsque la blende était abondante**, tenant compte que la littérature signale des enrichissements significatifs en cet élément pour les blendes exploitées du secteur (Directeur du BRGGM, 1958 ; FERT, 1976 ; VERNHET, 1981). Il en est de même pour la galène, le plus souvent argentifère sur le secteur de Sentein : **l'argent a systématiquement été pris en compte lorsque la galène était abondante** (LOUGNON, 1954 ; Directeur du BRGGM, 1958 ; DE GRAMONT X., 1963 ; FERT, 1976 ; VERNHET, 1981).

Le gisement de Bentaillou est surmonté par les faciès géologique du Silurien. Le Silurien se manifeste, dans la vallée du Lez, par des schistes noirs graphiteux et pyriteux qui peuvent contenir des anomalies en chrome, uranium, vanadium et tungstène (VERNHET, 1981) (*cf. paragraphe 2.5.1*). L'enrichissement en vanadium de ces roches peut s'élever à 3 000 ppm. Des essais d'extraction du vanadium ont donc été réalisés par le BRGM en 1969 (CARLY, 1969).<sup>57</sup>

Cependant, la mise en œuvre d'une telle récupération n'a pas été considérée comme économiquement rentable (CARLY, 1969). De plus, aucun minéral vanadifère n'a été décrit dans la minéralisation des gîtes exploités (exception faites de quelques minéraux rares) ; **le vanadium n'a donc pas été retenu pour cette étude.**

---

<sup>57</sup> Les techniques de flottation, d'attaque sulfurique sur schistes grillés et d'attaque sulfurique sur matériaux bruts, ont mis en évidence que le meilleur rendement était obtenu avec la dernière technique.

### 5.4.3 Métaux et métalloïdes retenus pour l'étude

Le *Tableau 51* présente les métaux et métalloïdes potentiellement contaminants retenus pour chaque site investigué.

Site investigué	Eléments potentiellement contaminant retenus*							
	Sb	Ag	As	Cd	Cu	Pb	Ti	Zn
<b>COMMUNE DE SENTEIN (de l'amont vers l'aval du bassin versant)</b>								
Bentaillou**								
Chichoué**								
Tartereau								
<i>Urets**</i>	-		-				-	
La Plagne	-		-				-	
Rouge**		-						
Eylie								
Moulin								
Hameau de la Parade								
Hameau du Pont de l'Isard								
Sentein								
<b>COMMUNE DE BONAC-IRAZEIN (de l'amont vers l'aval du bassin versant)</b>								
Irazein**				-		-	-	-
Bonac								
<i>Le Bulard**</i>	-							
<i>Fourcaye**</i>	-	-					-	
Bularic**	-	-			-	-	-	
Grauillès**			-		-		-	
Lascoux							-	
<b>COMMUNE D'UCHENTEIN</b>								
Esperris								
<b>COMMUNE DES BORDES-SUR-LEZ</b>								
Pont d'Ayer								

**Légende :**

Les sites *marqués de gris* n'ont pas été investigués, leur caractérisation est basée sur la littérature consultée.

	Elément potentiellement abondant en termes de concentrations
	Elément potentiellement présent, à des concentrations variables
	Elément potentiellement présent associé aux résidus miniers (organisation des installations de traitement : Tartereau pour le minerai de Chichoué ; Eylie pour le minerai de Chichoué, Bentaillou, Rouge et Le Bulard ; La Plagne pour le minerai d'Urets ; Lascoux pour le minerai de Bularic, de Grauillès, de Fourcaye et probablement d'Irazein)
	Elément potentiellement présent (à des concentrations variables) associé indirectement à l'activité minière
-	Elément présent à l'état de traces (à de très faibles concentrations)

\* Sb : Antimoine ; Ag : Argent ; As : Arsenic ; Cd : Cadmium ; Cu : Cuivre ; Pb : Plomb ; Ti : Titane ; Zn : Zinc

\*\* Site associé à l'extraction et au transport du minerai sur des gîtes exploités

**Tableau 51 : Métaux et métalloïdes retenus pour l'étude sur chaque zone investiguée**

#### 5.4.4 Cas particuliers du titane et de l'argent

Comme indiqué dans le paragraphe précédent, le titane et l'argent sont associés à la minéralisation des faciès exploités sur la plupart des sites exploités du secteur. **Ces substances ont été prises en compte dans l'évaluation des risques sanitaires mais n'excèdent jamais des concentrations associées à des risques sanitaires potentiels**, tel qu'en attestent les simulations menées par l'INERIS<sup>58</sup> (HULOT, 2015).

#### 5.4.5 Autres substances

##### 5.4.5.1 Eléments chimiques associés au traitement du minerai

Selon les données informatives recueillies sur le fonctionnement de la laverie du Bocard d'Eylie et en particulier sur l'unité de traitement par flottation, l'un des réactifs chimiques utilisés était du cyanure de potassium. Des contrôles de la concentration en cyanures totaux ont donc été réalisés en 2013 sur les prélèvements de matériaux résiduels à Eylie et en priorité sur les dépôts de résidus miniers « *Aval laverie Nord* » et « *Aval laverie Sud* ». La concentration maximum mesurée est de 2,7 mg/kg pour le prélèvement de sol SE-13-EILS-SOL-01-0-3, réalisé au droit de ce dernier dépôt. **Ces concentrations faibles ne justifiaient pas d'évaluation du risque sanitaire associé aux cyanures totaux**<sup>59</sup>.

##### 5.4.5.2 Eléments chimiques associés à l'adduction en énergie sur les sites associés à l'exploitation et au transport du minerai

À la demande de Monsieur le Sous-Préfet en novembre 2014, GEODERIS a réalisé un état des lieux de cuves et transformateurs non démantelés ainsi que de vestiges miniers dégradés sur les sites miniers de Bentaillou, Rouge et La Plagne. L'étude est disponible dans le rapport S2014/015DE-14MPY2410 (GEODERIS, 2014), joint en **Annexe F (hors-texte)** du présent rapport.

Cette étude détaille la situation de ces vestiges et décrit notamment :

- la composition en substances hydrocarbonées des prélèvements d'huiles, effectués au sein de transformateurs ou des cuves non traités (et dont les fluides étaient accessibles) ;
- la composition en substances hydrocarbonées des prélèvements de sols et d'eaux réalisés dans l'environnement des vestiges en question.

---

<sup>58</sup> « En tenant compte de la concentration la plus élevée [mesurée dans un sol], de 135 mg/kg pour l'un des prélèvements du site de Tartereau (SE-13-TART-SOL-03) et [...] pour le cas de la voie ingestion de sol par un jeune enfant âgé de 6 mois à 6 ans, et une durée d'exposition annuelle de 234 jours, le QD est de 0,1. Cette valeur très faible, ne [modifie] pas les conclusions des scénarios [...] pour les autres substances étudiées ».

« En tenant compte de la concentration la plus élevée [mesurée dans un sol], de 120 mg/kg pour l'un des prélèvements du site de Bonac (SE-13-BABO-SOL-52-0-3) et [...] pour le cas de la voie ingestion de sol par un jeune enfant âgé de 6 mois à 6 ans, et une durée d'exposition annuelle de 234 jours, le QD est de 0,002. Cette valeur très faible, ne [modifie] pas les conclusions des scénarios [...] pour les autres substances étudiées » (HULOT, 2015).

<sup>59</sup> Les dépôts étudiés sont stockés en extérieur, à l'air libre, et soumis à un ruissellement météorologique régulier. Les conditions physico-chimiques ne sont pas favorables à un dégagement de cyanure d'hydrogène. C'est pourquoi cette substance n'a pas été retenue dans l'évaluation des risques sanitaires de la présente étude.

## 6 DIAGNOSTIC

### 6.1 Préambule sur la présentation des données

Pour rappel, l'**Annexe C** constitue le volet complémentaire au présent rapport, relatif aux investigations de terrain.

Les résultats des campagnes de mesures NITON ® sont décrites dans les rapports BRGM associés, respectivement en *Annexes C1* (AUGER, 2014)<sup>60</sup> et *C2* (AUGER, 2014)<sup>61</sup>. Les **cartes thématiques des résultats bruts des mesures NITON ®**, en *Annexe C5-1 à C5-16* (*hors-texte*), illustrent par zone investiguée les teneurs en plomb et en zinc mesurées.

Les conditions dans lesquelles ont été effectués les **588 prélèvements** et les **433 mesures NITON ®** (date, zone, type de matériaux échantillonné, etc.) font l'objet d'une description dans un fascicule dédié, en *Annexe C3* (*hors-texte*).

Les **cartes du schéma d'échantillonnage réalisé – milieux sols et végétaux**, en *Annexes C4-1 à C4-16* (*hors-texte*), illustrent par zone investiguée la situation des prélèvements de sols, de matériaux résiduels et de végétaux ainsi que celle des mesures NITON ® réalisées (sur site) sur les sols.

Pour rappel, les **cartes du schéma d'échantillonnage réalisé – milieux eaux et sédiments**, en *Annexes C6-1 à C6-4* (*hors-texte*), illustrent par unité hydrographique (dans le bassin versant du Lez) la situation des prélèvements d'eaux souterraines, d'eaux de surface et de sédiments ainsi que celle des mesures NITON ® réalisées (sur site) sur les sédiments et les mesures de débits.

**Les résultats analytiques n'ont pas été intégrés dans ce rapport pour des raisons de lisibilité, au regard du nombre total d'analyses réalisées** : une trentaine de paramètres analysés pour les 588 prélèvements, **soit plus de 17 000 résultats**. Ces données sont fournies dans le *DVD 2 joint, dossiers « Investigations de terrain \ C3 - Description prélèvements et mesures »*. Pour autant, les résultats analytiques utilisés pour les interprétations en termes de risques environnementaux, en termes de risques sanitaires ou sur les zones de pastoralisme étudiées, seront systématiquement précisés dans le corps du texte (et les références des échantillons associées seront précisées).

Dans le dossier « Résultats Analytiques par Site », et pour chaque zone investiguée, des tableaux Excel © de résultats analytiques ont été construits, en contextualisant les prélèvements. Chaque fichier dispose d'un onglet dédié par milieu investiguée (*eaux de surface « ESU », eaux souterraines « ESO », sols « SOL », végétaux « VEG », sédiments « SED » et huiles « OIL »*).<sup>62</sup>

Dans le dossier « Bordereaux Eurofins », sont fournis les 53 bordereaux analytiques du Laboratoire, dont sont issus les tableaux susmentionnés.

<sup>60</sup> « Campagne d'analyses de sol à l'aide du spectromètre de fluorescence X portable NITON® XLt 999 KWy sur le secteur minier de Sentein situé dans le département de l'Ariège (19 au 30 août 2013) ». Rapport d'essais BRGM 022-2014-PA-LAB-EXP.

<sup>61</sup> « Campagne d'analyses de sol à l'aide du spectromètre de fluorescence X portable NITON® XLt 999 KWy sur le secteur minier de Sentein situé dans le département de l'Ariège (10 au 21 juin 2014) ». Rapport d'essais BRGM 102-2014-PA-LAB-EXP.

<sup>62</sup> En mauve, sont mis en évidence les échantillon(s) et substances sélectionnés pour l'évaluation quantitative des risques sanitaires sur les scénarios d'exposition retenus (si un échantillon a été retenu pour l'étude d'un scénario, le numéro de ce dernier est indiqué en face de la référence de l'échantillon).

## 6.2 Campagnes de terrain

### 6.2.1 Préparation des interventions

Les titres miniers de Sentein, du Bulard, d'Orle et d'Irazein avaient fait l'objet de visites de terrain dans le cadre de l'inventaire DDIE en août 2010 puis en juillet 2011 (*cf. paragraphe 1.1.1*). Ces reconnaissances avaient été réalisées à pied ; les conditions d'accès aux sites étaient donc connues.

Plusieurs zones d'accès difficile ou présentant des obstacles (pente, installations) ou des instabilités (haldes), ont été identifiées sur le secteur d'étude. Les opérateurs, lorsqu'ils se sont rendus sur les zones concernées, ont été **accompagnés de professionnels de la société ACROSYS, spécialiste des chantiers en conditions difficiles**.

Une **mission de reconnaissance** avec les représentants de GEODERIS et d'ACROSYS s'est tenue les 29 et 30 juillet 2013 sur les sites de Bularic, de Tartereau, de Chichoué, de Bentaillou et de Rouge, un mois avant la première campagne de terrain de l'étude.

Lors de la seconde campagne de terrain, en juin 2014, des éleveurs ont indiqué à GEODERIS que le taux d'enneigement à Chichoué était particulièrement important. Une mission de reconnaissance par hélicoptère avec un représentant de GEODERIS et un représentant d'ACROSYS a donc été menée le 13 juin 2014, 4 jours avant la montée des intervenants sur la zone montagneuse. L'objectif était de vérifier si les prélèvements d'eaux, de sols et de végétaux pouvaient être réalisés et si le risque d'avalanche était nul à très faible. Au regard des éléments alors recueillis (*Figure 96*), la mission a été maintenue.



**Figure 96 : Etang de Chichoué (à gauche) et entrée de la grotte de la Cigalère (à droite) le 13 juin 2014 (durant la mission de reconnaissance)**

Comme demandé par M. le Sous-Préfet lors de la réunion de lancement de l'étude du 8 avril 2013, les **programmes d'intervention prévisionnels** (détaillés par jour) ont été remis à la DREAL Midi-Pyrénées, à EDF, à l'ONF et à la Gendarmerie de Castillon, pour une bonne coordination des services.

EDF peut être amené à intervenir sur les installations hydroélectriques en modifiant leur fonctionnement normal, parfois en urgence. Ces interventions peuvent provoquer des changements importants sur l'hydrodynamique des cours d'eau situés en aval des usines et barrages et présenter un danger pour un opérateur qui se trouverait alors au sein du cours d'eau.

De plus, l'accès à la piste menant d'Eylie à Bentaillou (commune de Sentein) ou celle menant de Luentein à la cabane de l'Arech (commune de Bonac-Irazein) sont soumises à autorisation par l'ONF.

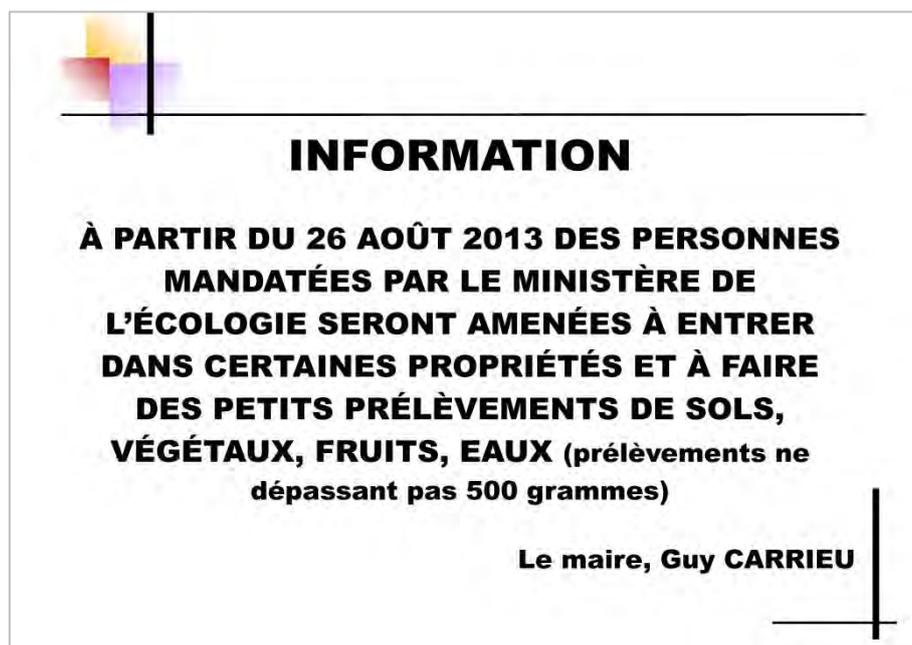
Pour les deux campagnes de terrain, un **plan de prévention des risques** a été rédigé par GEODERIS puis distribué aux opérateurs concernés.

**Les conventions signées entre EDF et GEODERIS, les autorisations fournies par l'ONF et les plans de préventions sécurité rédigés par GEODERIS sont détaillés en *Annexe A (hors-texte)*.**

## 6.2.2 Communication

La Sous-Préfecture de Saint-Girons a informé par courrier les mairies concernées (Sentein et Bonac-Irazein en 2013 ; puis Sentein, Bonac-Irazein, Uchentein et Les Bordes-sur-Lez en 2014) de la tenue des deux campagnes de terrain et du programme prévisionnel des interventions de terrain (*deux de ces courriers sont fournis en Annexe A, hors-texte*). Ces courriers ont été affichés en mairie pour l'information des administrés.

En 2013, la mairie de Sentein a, de plus, affiché des plaquettes dans le village et au niveau des principales intersections routières (*Figure 97*).



*Figure 97 : Plaquette d'information de la mairie de Sentein sur l'intervention de terrain de GEODERIS et ses partenaires, en août 2013*

De plus, suite à une décision de la réunion technique intermédiaire du 12 mai 2014 et à l'initiative de la DREAL Midi-Pyrénées, des plaquettes d'informations décrivant l'étude et les caractéristiques des interventions de terrain ont été réalisées par la DREAL Midi-Pyrénées et GEODERIS (*Figure 98*). 450 exemplaires de ces documents ont été envoyés aux mairies concernées puis distribuées dans les boîtes à lettres des administrés. Lors des investigations de terrain qui ont suivi, les riverains avaient le plus souvent pris connaissance du document et ont témoigné à GEODERIS qu'ils avaient apprécié le caractère constructif et transparent de la démarche.

## Secteur minier de Sentein (09)

### Étude environnementale et sanitaire détaillée

Campagne de mesures et de prélèvements



Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Midi-Pyrénées  
www.midi-pyrenees.developpement-durable.gouv.fr

## Contexte et objectifs

### Historique

Le secteur minier de Sentein a fait l'objet d'une exploitation minière, principalement pour le zinc et le plomb, dès 1850, autour d'une dizaine de sites d'exploitation et de traitement du minerai. C'est l'arrêt des travaux miniers de Rouge, dans les années 70, qui marque la fin de cette activité.



### Étude environnementale et sanitaire détaillée en contexte d'après-mine

Un inventaire des dépôts miniers a été mené au niveau national entre 2009 et 2012. Une hiérarchisation des sites miniers a ensuite été proposée et a mis en évidence la nécessité d'investigations complémentaires sur le secteur de Sentein. Une étude environnementale et sanitaire détaillée a donc été lancée par la DREAL Midi-Pyrénées en 2013.

## Calendrier

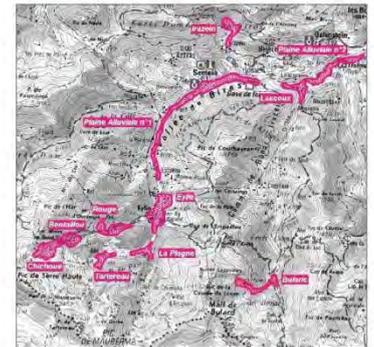
### En 2014

Une première campagne de prélèvements et de mesures a été réalisée du 20 août au 4 septembre 2013.

En 2014, une seconde campagne est programmée sur les communes de Sentein, Bonac-Irazein, Urchentein et Les-Bordes-sur-Lez du 11 au 25 juin (sauf si les conditions climatiques nécessitent un report en juillet).

Les maires ont été informés par la sous-préfecture de Saint-Girons.

### Localisation des zones d'investigations envisagées en 2014



## Nature des investigations

Ces investigations vont consister en des prélèvements (eaux, sols, végétaux) et des mesures sur site (sols et sédiments).

Ces prélèvements vont ensuite faire l'objet d'analyses en laboratoire. L'objectif est d'évaluer si l'état des milieux (eaux, sols et végétaux) est compatible avec les usages qui en sont faits (activités de loisirs, consommation de légumes et fruits autoproduits, etc.).

Une enquête de terrain est également réalisée par les intervenants auprès des personnes concernées.

### Prélèvements de sols

À l'aide d'une bêche ou d'une petite pelle inox, de la terre est prélevée au droit des zones de loisirs, des jardins potagers, etc. (le plus souvent en plusieurs endroits sur une même parcelle).



### Prélèvements d'eaux

Des échantillons d'eau sont prélevés avec des flacons (pour un volume total maximum de 2 l) au niveau des émergences minières, des sources naturelles mais aussi dans les cours d'eau (en particulier le Lez).



### Prélèvements de végétaux

Des fruits et légumes potagers peuvent être prélevés, uniquement si les espèces concernées sont abondamment présentes dans les jardins potagers. Localement, des plantes herbacées de pâturage peuvent être prélevées, par découpage des brins au-dessus des racines.

### Mesures sur site

Les mesures sont réalisées avec un appareil de fluorescence X portable de type NITON®.

## Questions-réponses

### Pourquoi intervenir des dizaines d'années après la fermeture du site minier ?

L'étude suit l'application d'une directive européenne de 2006. Dans le domaine de l'après-mine, la démarche d'évaluation des impacts liés aux anciennes activités minières sur l'environnement et la santé humaine est une thématique récente.

### Quels sont les impacts environnementaux et sanitaires potentiels des anciennes mines ?

Le plus souvent, il s'agit d'effets sur le long terme. Les sources de pollution principales sont les dépôts miniers (liés à l'extraction et au traitement du minerai) et les eaux d'origine minière qui peuvent libérer les métaux qui y sont contenus.

### En quoi consistent les enquêtes de terrain ?

Elles permettent de déterminer si les personnes concernées sont susceptibles d'être mises en contact direct ou indirectement avec ces métaux. Les questions posées portent principalement sur l'occupation des zones étudiées, la présence d'enfants, la consommation de légumes ou de fruits autoproduits, etc.

### Les prélèvements peuvent-ils endommager mon terrain ?

Les prélèvements de sols sont réalisés avec une bêche ou une pelle inox, sur une profondeur maximale de 30 cm et autant de large, dont est retirée une petite partie seulement. La terre restante est remise dans le trou. Les gazons ornementaux, au préalable proprement décapés, sont réinstallés. La trace visuelle après prélèvement est faible.

### Comment seront diffusés les résultats de l'étude ?

Les résultats acquis lors de l'étude seront remis à la DREAL Midi-Pyrénées. Une fois l'étude finie, sa diffusion sera à la charge des services de la Préfecture de l'Ariège et de la Sous-Préfecture de Saint-Girons.

## Les différents acteurs

### L'état

L'état finance les études et investigations complémentaires prévues pour évaluer l'impact environnemental et sanitaire des anciens sites miniers au niveau national, et notamment en Midi-Pyrénées sur le secteur minier de Sentein.

### GEODERIS

GEODERIS est l'expert de l'état dans le domaine minier à qui a été confiée la mise en œuvre de l'étude environnementale et sanitaire dans son intégralité. Un représentant de cet organisme sera présent pendant toute la campagne de terrain.

Certains aspects spécifiques sont confiés, sous la supervision de GEODERIS, à :

**BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières)** Il s'agit d'un établissement public (service géologique national), spécialisé dans les applications des sciences de la Terre pour gérer les ressources et les risques du sol et du sous-sol.

**INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques)**

Il s'agit d'un établissement public, spécialisé dans la prévention des risques des activités économiques sur la santé, la sécurité des personnes et des biens, et sur l'environnement.

## Contacts

### DREAL Midi-Pyrénées

Service Risques Technologiques et Environnement Industriel,  
1, rue de la cité administrative - CS 80002,  
31074 Toulouse Cedex 9  
srtei.dreal-midi-pyrenees@developpement-durable.gouv.fr  
Tel : 05 62 30 27 14

### GEODERIS

Antenne Sud - PIST OASIS 3 - Bâtiment A, Rue de la Bergerie  
- 30319 ALES Cedex  
Christian Vachette, Directeur Antenne Sud, 04 66 61 09 81  
Aurore STEPHANT-CHAMPIGNY, 04 66 61 09 89  
www.geoderis.fr

Figure 98 : Plaquette d'information de la DREAL Midi-Pyrénées sur la campagne de terrain de 2014

### 6.2.3 Organisation des campagnes

La première campagne de terrain s'est tenue du **19 août au 5 septembre 2013**, au moment de la période d'étiage (ou « basses-eaux ») du cycle hydrologique.<sup>63</sup>

La seconde campagne de terrain s'est tenue du **10 au 26 juin 2014**, au moment de la période de crue (ou « hautes-eaux ») du cycle hydrologique.

Au total, les investigations de terrain auront donné lieu à la réalisation de **588 prélèvements et 456 mesures sur site**, tel que présenté dans le *Tableau 52*.

TYPE	MILIEU	08/2013	06/2014	TOTAL
PRELEVEMENTS POUR ANALYSE	Eaux souterraines	32	20	52
	Eaux de surface	59	52	111
	Sols <sup>64</sup>	141	89	230
	Matériaux résiduaire (dépôts miniers)	51	15	66
	Sédiments	10	6	16
	Végétaux – Fruits et légumes	50	18	68
	Végétaux – Plantes herbacées de pâturage	30	9	39
MESURES SUR SITE	NITON <sup>65</sup> -- Sols	198	214	412
	NITON <sup>65</sup> - Sédiments	16	5	21
	Débit	-	23	23

**Tableau 52 : Prélèvements et mesures sur site réalisés lors des investigations de terrain en 2013 et 2014**

<sup>63</sup> Pour cause de conditions météorologiques exceptionnelles, le début de la première campagne de terrain a dû être reporté de mi-juin à mi-août. Des bilans prévisionnels météorologiques hebdomadaires (évolution des températures, de la limite pluie-neige, du risque d'avalanches, etc.) ont été réalisés avec Météo France pour déterminer la période la plus propice à l'intervention de terrain.

<sup>64</sup> Dans le cas des sols, un prélèvement correspond la plupart du temps à un composite de plusieurs prises à savoir le mélange de 2 à 6 sous-échantillons.

<sup>65</sup> Spectromètre de fluorescence X portable, communément appelé « NITON ® », du nom du modèle le plus répandu.

## 6.3 Méthodes

### 6.3.1 Protocoles de prélèvement

Les *Tableau 53 à Tableau 55* présentent les protocoles de prélèvement pour les milieux sols, eaux, végétaux et sédiments, illustrés de quelques exemples dans les *Figure 99 à Figure 102*.

CATEGORIE	HORIZON / ZONE	REALISATION DU PRELEVEMENT	CONSERVATION
<b>SOLS</b>			
<b>Sols associés à des activités de loisirs</b> <i>(extension de la référence de l'échantillon en « -0-3 »)</i>	0-3 (voire 0-5 ou 0-10 cm) au niveau des sols non remaniés, concernés par la voie d'exposition directe ingestion de sol.  Cette profondeur de prélèvement concerne les <b>activités de loisirs</b> (aires de jeux, pelouse, aire de repos ou de pique-nique, etc.).	<b>Spatule et/ou bêche</b> Selon l'homogénéité des sols au droit des points de prélèvement : - soit en une prise unitaire, - soit à partir de prélèvements composites ( <b>afin de minimiser l'incertitude sur la représentativité de l'échantillonnage des sols de surface</b> ) réalisés à partir de 2 à 6 prises unitaires (dont la disposition géographique dépend de la surface et de la forme de la parcelle à échantillonner), de volumes semblables homogénéisés.  <i>→ Certains de ces prélèvements ont pu faire l'objet de deux échantillons, l'un des deux étant fourni à l'INERIS pour la réalisation de mesures de bioaccessibilité.</i>	Flacons de 375 mL en verre fournis par le laboratoire et placés à l'abri de la lumière dans une glacière munie de pain de glace.
<b>Sols de jardin potager</b> <i>(extension de la référence de l'échantillon en « -0-30 »)</i>	0-30 cm au niveau des sols remaniés (potentiellement concernés par les mêmes voies d'exposition que celles citées ci-dessus), mais également par celle liée à l'ingestion de végétaux.	<b>Bêche et/ ou tarière manuelle</b> Prélèvements réalisés au regard de la superficie du jardin potager, à partir de prélèvements composites réalisés à partir de 2 à 4 prises unitaires réparties de façon homogène sur l'ensemble de la surface et <b>concernées par les végétaux prélevés en parallèle des échantillons de sols</b> .	
<b>Sol de pâturage</b> <i>(extension de la référence de l'échantillon en « -0-10 »)</i>	0-10 cm au niveau des sols remaniés dans les premiers cm par le passage des animaux.	<b>Spatule et/ou bêche et/ou tarière manuelle</b> Selon l'homogénéité des sols au droit des points de prélèvement : - soit en une prise unitaire, - soit à partir de prélèvements composites ( <b>afin de minimiser l'incertitude sur la représentativité de l'échantillonnage des sols de surface</b> ) réalisés à partir de 2 à 4 prises unitaires (dont la disposition géographique dépend de la surface et de la forme de la parcelle à échantillonner), de volumes semblables homogénéisés.	
<b>Matériaux résiduels</b> <i>(pas d'extension de la référence de l'échantillon)</i>	0-5 cm, 0-10 cm, 0-20 cm voire plus profond au niveau des matériaux non organisés et non remaniés (laissés en l'état par l'exploitant le plus souvent)	<b>Spatule et/ou bêche et/ou tarière manuelle</b> Selon l'homogénéité des sols au droit des points de prélèvement : - soit en une prise unitaire, - soit à partir de prélèvements composites ( <b>afin de minimiser l'incertitude sur la représentativité de l'échantillonnage des sols de surface</b> ) réalisés à partir de 2 à 4 prises unitaires (dont la disposition géographique dépend de la surface et de la forme de la parcelle à échantillonner), de volumes semblables homogénéisés.	

**Tableau 53 : Protocoles observés pour l'échantillonnage des sols**



**Figure 99 : Exemples d'échantillonnages réalisés sur des sols associés à des activités de loisirs et sur des sols de jardin potager**

CATEGORIE	HORIZON / ZONE	REALISATION DU PRELEVEMENT	CONSERVATION
<b>EAUX</b>			
<b>Eaux de boisson et/ou utilisées pour les usages domestiques et/ou utilisées pour l'arrosage</b>	En sortie des dispositifs d'adduction en eau (robinet, tuyaux, etc.)	3 protocoles peuvent être observés : - en remplissant directement le flaconnage fourni par le laboratoire <sup>66</sup> ; ou - via un contenant intermédiaire (type bécher) nettoyé au préalable à l'eau distillée et séché ; ou - via une seringue à utilisation unique.	Flacons en verre et en polyéthylène (type et quantités, selon substances à analyser), fournis par le laboratoire et placés à l'abri de la lumière dans une glacière munie de pain de glace.
<b>Cours d'eau</b>	Au sein du flux majeur	→ Certains points ont fait l'objet d'une filtration manuelle sur site à 0,45 µm. <i>(ajout de la lettre « F » devant le numéro dans la référence de l'échantillon)</i>	
<b>Résurgences naturelles ou minières</b>	En sortie de l'émergence	→ Dans le cas de l'échantillonnage d'un cours d'eau, Les sections choisies sont éloignées autant que possible des zones « mortes », et en privilégiant celles où le cours d'eau présente un écoulement régulier.  → Le pH, la conductivité, la température et le Eh ont été mesurés sur site.	
<b>Sédiments</b>	Dans des zones « mortes » du cours d'eau (méandre inactif par exemple)	2 protocoles ont pu être observés : - Identification de zones « mortes » du cours d'eau et ramassage sélectif de matériaux fins avec une spatule en acier inoxydable ( <i>la granulométrie moyenne recherchée étant inférieure à 200 µm, un test manuel était réalisé, en frottant les grains entre deux doigts et en ne conservant que les matériaux limoneux ; c'est-à-dire sans grains perceptibles</i> ) ; - grattage avec une fine spatule en acier inoxydable de galets ou de blocs recouverts d'une fine épaisseur de sédiments.	Flacons en verre brun d'1l fournis par le laboratoire et placés à l'abri de la lumière dans une glacière munie de pain de glace.
<b>HUILES</b>			
<b>Transformateurs</b>	Transformateurs non démantelés et dégradés dans des vestiges bâtis sur le site de Bentaillou	→ Des mesures de précaution spécifiques ont été prises pour l'échantillonnage : port de gants, lunettes, et masque).  Les transformateurs ont été ouverts dans leur partie supérieure (après ajout de dégrippant). À l'aide un tuyau de petit diamètre flexible et d'une seringue, les fluides contenus ont été prélevés puis directement versés dans des flacons fournis par le laboratoire. → Les dispositifs ont ensuite été soigneusement refermés à l'aide de clés pour empêcher toute ouverture manuelle ultérieure (à l'exception du transformateur T3 déjà ouvert).	Flacons en verre brun de 1L fournis par le laboratoire et placés à l'abri de la lumière dans une glacière munie de pain de glace.
<b>Cuves</b>	Cuves contenant des hydrocarbures identifiés dans des vestiges bâtis sur les sites de Bentaillou et de la Plagne	→ Des mesures de précaution spécifiques ont été prises pour l'échantillonnage : port de gants, lunettes et masque).  → À noter que les cuves échantillonnées étaient déjà ouvertes lors de l'arrivée sur les lieux. À l'aide un tuyau de petit diamètre flexible et d'une seringue, les fluides contenus ont été prélevés puis directement versés dans des flacons fournis par le laboratoire.	

**Tableau 54 : Protocoles observés pour l'échantillonnage des eaux et des huiles**

<sup>66</sup> Certains flacons fournis par le laboratoire étant pré-acidifiés.



*Echantillonnage d'eaux souterraines d'un captage d'eaux potables à l'aide d'un b cher préalablement nettoyé servant de contenant intermédiaire pour le remplissage des flacons fournis par le laboratoire. Captage du Bois de Rouge, commune de Sentein.*



*Echantillonnage d'un cours d'eau par remplissage direct des flacons fournis par le laboratoire ; en se plaçant dans une section en écoulement régulier et mesures des paramètres physico-chimiques sur site (pH, conductivité, Température, Eh). Ruisseau de l'Orle en amont du site de Grauillès.*



*Echantillonnage de sédiments à l'aide d'une spatule en acier inoxydable dans une « zone morte » du Lez (méandre inactif). Confluence entre le Lez et le Riberot au Pont d'Ayer.*

**Figure 100 : Exemples d'échantillonnages réalisés sur des eaux de surface ou des eaux souterraines**



*Echantillonnage des huiles contenues dans le transformateur T3 (déjà ouvert lors de l'arrivée sur les lieux) avec tuyaux flexible et seringue). Au droit du poste de transformation de Bentaillou.*



*Echantillonnage des huiles contenues dans le transformateur T2 avec tuyaux flexible et seringue. Remplissage immédiat des flacons en verre brun. Au droit du poste de transformation de Bentaillou.*



*Echantillonnage des huiles contenues dans la cuve C1 (moteur d'entraînement du compresseur) avec tuyaux flexible et seringue. Au droit du poste du compresseur de Bentaillou.*

**Figure 101 : Exemples d'échantillonnages réalisés sur des huiles de transformateurs et de cuves**

CATEGORIE	HORIZON / ZONE	REALISATION DU PRELEVEMENT	CONSERVATION
<b>VEGETAUX</b>			
<p><b>Plantes potagères</b> <i>(extension de la référence de l'échantillon avec l'abréviation en 2 à 3 lettres de l'espèce prélevée)<sup>67</sup></i></p>	<p>Jardins privés dont les propriétaires ont autorisé l'accès.</p> <p>Zones déterminées à partir de la diversité et de la quantité de végétaux potagers disponibles.</p>	<p><b>Ramassage des espèces conforme aux pratiques culturelles traditionnelles.</b></p> <p>Différents critères sont pris en compte :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diversité des légumes (légumes feuilles, légumes-tubercule, légumes racines, légumes fruits<sup>68</sup>) ;</li> <li>- Quantité de matrice suffisante pour, d'une part, constituer un échantillon représentatif et, d'autre part, disposer d'un volume d'échantillon suffisant pour réaliser les analyses ;</li> <li>- Maturité des espèces ;</li> <li>- Quantité de plans suffisante pour le propriétaire (en évitant de le priver de certaines de ses productions).</li> </ul> <p>→ <i>Les échantillons prélevés n'ont pas été nettoyés, à l'exception des particules de terre les plus grossières adhérentes aux racines ou aux parties aériennes.</i></p> <p>→ <i>Des règles de préparation ont cependant été fournies au laboratoire pour la préparation des matrices végétales avant analyse (en termes de lavage et d'épluchage, tel que traditionnellement pratiqué).</i></p> <p>→ <i>Certaines espèces, notamment la blette et l'oignon, peuvent faire l'objet d'une préparation sur le terrain : en isolant les bulbes/tiges des feuilles.</i></p> <p>→ <i>Certains de ces prélèvements ont pu faire l'objet de deux échantillons, l'un des deux étant fourni à l'INERIS pour la réalisation de mesures de bioaccessibilité.</i></p>	<p>Sachets plastiques type « sac de congélation » placés à l'abri de la lumière dans une glacière munie de pain de glace.</p>
<p><b>Plantes herbacées de pâturage</b> <i>(extension de la référence de l'échantillon avec la lettre « H »)</i></p>	<p>Prairies de fauche ou zones de pastoralisme, dans prairies enherbées (développement herbacé rase ou haut)</p>	<p><b>À l'aide d'un cutter préalablement nettoyé.</b></p> <p>Au droit et selon les mêmes modalités que l'échantillon de sol associé :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- soit en une prise unitaire,</li> <li>- soit à partir de prélèvements composites en 2 à 4 prises, de volumes semblables homogénéisés dans un sac en polyéthylène de grand volume (5 à 10L).</li> </ul> <p>Découpe de la plante en base.</p> <p>→ <i>Les échantillons prélevés n'ont pas été nettoyés, à l'exception des particules de terre les plus grossières adhérentes.</i></p> <p>→ <i>La règle de préparation suivante a été fournie au laboratoire pour la préparation des matrices végétales avant analyse : « Les plantes herbacées ne doivent pas être lavées, seuls les éventuels fragments flétris ou jaunis doivent être retirés ».</i></p>	
<p><b>Myrtilles</b> <i>(extension de la référence de l'échantillon en « -MYRT »)</i></p>	<p>Aire de cueillette de myrtille</p>	<p><b>À l'aide de gants.</b></p> <p>Ramassage manuel aléatoire des fruits sur une dizaine de plans de myrtilliers (<i>au droit desquels les prélèvements de sols associés ont été réalisés</i>).</p>	<p>Flacons de 375 mL en verre fournis par le laboratoire (pour éviter d'abîmer les fruits) et placés à l'abri de la lumière dans une glacière munie de pain de glace.</p>

**Tableau 55 : Protocoles observés pour l'échantillonnage des végétaux**

<sup>67</sup> Exemple : SE-13-SENT-VEG-16-TOP pour topinambour, SE-13-SENT-VEG-16-ROQ pour roquette, SE-13-SENT-VEG-16-HAR pour haricot, etc.

<sup>68</sup> Conformément au guide d'échantillonnage des plantes potagères dans le cadre des diagnostics environnementaux ; cf. Rapport INERIS (HULOT, 2015)



*Echantillonnage de plantes potagères par prise sur plusieurs plans puis mise en sac. Séparation des feuilles et tiges des blettes, ainsi que des feuilles et des bulbes d'oignons. Jardin potager au hameau de Moulin.*



*Echantillonnage de plantes herbacées de pâturage par découpe des brins d'herbe au droit des prises unitaires de l'échantillon associé. Prairie en aval de la station de téléphérique de Rouge.*



*Echantillonnage de fruits sur une aire de myrtiliers par ramassage manuel. Site minier de Rouge.*

**Figure 102 : Exemples d'échantillonnages réalisés sur des végétaux**

### **6.3.2 Protocoles de mesure**

Les protocoles des mesures de débit et des mesures NITON® réalisées sur site sont détaillés dans les rapports du BRGM disponibles sur le *DVD 2 joint* (AUGER, 2014 ; AUGER, 2014 ; GENEVIER, 2015).

### **6.3.3 Paramètres physico-chimiques et biologiques mesurés**

Les paramètres physico-chimiques présentés dans le *Tableau 56* ont pu être analysés dans les matrices sols, eaux, végétaux et sédiments. Pour chaque échantillon, la série analytique a pu être adaptée, compte tenu des caractéristiques du site et des voies de transfert identifiées.

Les unités, incertitudes et limites de quantification sont directement fournies dans les tableaux de résultats analytiques (*cf. DVD 2 joint, dossiers « Investigations de terrain \ C3 - Description prélèvements et mesures »*).

Il est à noter que la série analytique est élargie par rapport aux seules substances associées aux activités minières (*présentées en paragraphe 5.4*). Cette démarche est sciemment menée, afin d'obtenir des informations complémentaires sur la physico-chimie globale des prélèvements.

SUBSTANCE / PARAMETRE ANALYSE(E)		MATRICE			SUBSTANCE / PARAMETRE ANALYSE(E)		MATRICE		
Al	Aluminium				N	Naphtalène			
Sb	Antimoine				Acyl	Acénaphtylène			
Ag	Argent				Ace	Acenaphtène			
As	Arsenic				Fle	Fluorène			
Cd	Cadmium				Phen	Phénanthrène			
Ca	Calcium				Anthr	Anthracène			
Cr	Chrome				F	Fluoranthène			
Cu	Cuivre				Pyr	Pyrène			
Fe	Fer				B[a]A	Benzo[a]anthracène			
Mg	Magnésium				Chrys	Chrysène			
Mn	Manganèse				B[b]	Benzo[b]fluoranthène			
Mo	Molybdène				B[k]F	Benzo[k]fluoranthène			
Ni	Nickel				B[a]P	Benzo[a]pyrène			
Pb	Plomb				DB[ah]A	Dibenzo[a,h]anthracène			
K	Potassium				B[ghi]P	Benzo[g,h,i]pérylène			
Si	Silicium				I[cd]P	Indéno[1,2,3-c,d]pyrène			
Na	Sodium				Σ HAP	Sommes des 16 HAP			
Ti	Titane								
Zn	Zinc				Ind C10-C40	Indice hydrocarbure C10-C40			
					C10-C12	Hydrocarbures > C10-C12			
TA	Titre alcalimétrique				C12-C16	Hydrocarbures > C12-C16			
TAC	Titre alcalimétrique complet				C16-C21	Hydrocarbures > C16-C21			
CO3	Carbonates				C21-C35	Hydrocarbures > C21-C35			
NO3	Nitrates				C35-C40	Hydrocarbures > C35-C40			
N-NO3	Azote des nitrates ( <i>calcul</i> )								
NO2	Nitrites				MS	Matière sèche			
Cl	Chlorures				R 2 mm	Refus à 2 mm ( <i>granulométrie</i> )			
SO4	Sulfates				COT	Carbone organique total			
PO4	Ortho-Phosphates				MES	Matières en suspension			
DCO	Demande chimique en oxygène								
DBO5	Demande biochimique en oxygène								
Br	Bromures								
F	Fluorures								
					< 2µm	Pourcentage massique de grains contenu dans l'échantillon (tamisé préalablement à 2 mm) dont la taille s'inscrit dans la gamme indiquée.			
pH*					2 – 20 µm				
T° pH*	Température de mesure du pH				20 – 63 µm				
Cond.*	Conductivité				63 – 200 µm				
Eh*	Potentiel d'oxydo-réduction				200 – 2000 µm				

**Légende :**

\* Paramètres mesurés sur site pour les eaux souterraines et de surface.

	Matrice sols
	Matrice eaux (eaux souterraines et de surface)
	Matrice végétaux
	Matrice sédiments

**Tableau 56 : Paramètres physico-chimiques et biologiques mesurés dans les eaux, les sols, les végétaux et les sédiments**

## 6.4 Choix des parcelles échantillonnées

### 6.4.1 Caractérisation de l'environnement local témoin (ELT)

#### 6.4.1.1 Préambules méthodologiques (GEODERIS, 2015)

Tel que le définissent les textes de références du MEDD de 2007 : « *S'agissant des aspects sanitaires, ils consistent à comparer les résultats de l'état des milieux, à l'état initial de l'environnement, à l'état des milieux naturels voisins [...]* ».

L'état initial d'un site avant la mise en place des activités minières n'est très souvent pas défini (pas d'exception connue à ce jour de GEODERIS). Cette situation s'explique notamment par l'ancienneté des premiers travaux qui peuvent dater du début ou milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle, époque à laquelle ce type de caractérisation n'était pas réalisé.

Les milieux naturels voisins aux sites doivent donc être utilisés comme témoins. Ils doivent être choisis en prenant en compte les spécificités du contexte d'après-mine suivantes :

- **la complexité des lithologies en présence** : le plus souvent à l'origine d'occurrences minéralisées valorisables économiquement, cette variabilité des faciès géologiques amènerait à devoir multiplier le nombre de points d'ELT. Pour les secteurs à géologie complexe, ce type d'échantillonnage élargi est souvent rendu impossible par la taille restreinte des faciès géologiques concernés à l'affleurement sur un site d'investigation donné. De plus, même une étude géologique fine ne suffirait pas toujours à s'assurer du faciès géologique qui concerne une zone investiguée, en particulier dans les zones anthropisées (parcelle à l'échelle cadastrale au 1000<sup>ème</sup> ; tandis que les cartes géologiques disponibles fournissent des données au 50 000<sup>ème</sup>) ;
- **le contexte d'anomalie géochimique qui caractérise tout site minier** : quelles que soient les modalités de mise en place du gisement (imprégnations diffuses par des fluides minéralisés, remplissage de failles, etc.), un site minier exploité et son environnement seront systématiquement concernés par des faciès naturellement riches en métaux et métalloïdes, tels que des affleurements, des sols sus-jacents à la zone minéralisée, des eaux souterraines traversant des faciès enrichis, etc. Dans ce contexte, une zone investiguée, même d'emprise géographique restreinte, pourra se distinguer par des concentrations très variables, sans pour autant que l'origine de ces dernières soit identifiable. Il devient alors particulièrement complexe d'identifier l'échantillon le plus représentatif de « l'état de référence ».

Tel que le rappellent les textes de références du MEDD de 2007<sup>69</sup> : « *L'interprétation des résultats acquis par les diagnostics doit permettre d'identifier les pollutions attribuables au site, pour les différencier à la fois des pollutions anthropiques n'impliquant pas le site et des pollutions naturellement présentes dans les sols ou les eaux souterraines. Une caractérisation des éventuelles pollutions anthropiques locales proches du site ou de sa zone d'effet, mais ne l'impliquant pas, ainsi que celle d'un milieu représentatif de l'état initial de l'environnement [...] peuvent, dans certaines situations, s'avérer nécessaires. Cette caractérisation permet ainsi de ramener à sa juste dimension la gestion du site dans l'environnement qui lui est spécifique* ».

GEODERIS et ses partenaires ont caractérisé l'état des milieux hors de l'influence des pollutions attribuables au site minier<sup>70</sup> (sous réserve que les éléments contaminants

<sup>69</sup> Annexe intitulée « *Schéma conceptuel et modèle de fonctionnement* » (MEDD, 2007), page 17.

<sup>70</sup> Tenant compte que dans la majorité des cas, les autres pollutions anthropiques sont difficilement caractérisables, en particulier dans le cadre d'activités agricoles ou d'élevage.

libérés par les autres activités anthropiques locales soient différents de ceux générés par l'activité minière) ou milieux « **environnements locaux témoins** » (ELT).

Pour chacun des milieux investigués, la démarche suivante est proposée par GEODERIS et **a été mise en œuvre dans le cadre de la présente étude** :

- 1- Identification de toutes les sources potentielles de pollution et des voies de transfert potentielles (*cf. états actuels des sites : paragraphe 3.3.7 pour la concession du Bulard, paragraphe 3.4.7 pour la concession d'Orle, paragraphe 3.5.7 pour la concession d'Irazein, paragraphe 3.6.3 pour la concession de Sentein et paragraphe 3.7.2 pour le site de traitement de la Plagne rattaché aux mines du Val d'Aran*) ;
- 2- Identification des lithologies en présence, à partir de la carte géologique harmonisée au 50 000<sup>ème</sup> © BRGM (*cf. contextes géologiques régional et du secteur de Sentein, en paragraphes 2.4 et 2.5 ; ainsi que carte géologique du secteur en Annexe B2, hors-texte*) ;
- 3- Validation des zones supposées hors influence minière (ces zones doivent être concernées par des usages identiques à ceux auxquels l'ELT doit se rapporter) ;
- 4- Pour chaque combinaison [site / lithologie / usage / milieu], réalisation d'un à plusieurs points de prélèvements associés.

#### **6.4.1.2 Description des environnements locaux témoins retenus**

Tenant compte de la démarche précédemment décrite, GEODERIS a donc retenu :

- **27 prélèvements** considérés comme des environnements locaux témoins pertinents pour les eaux de surface (*décrits dans le Tableau 57*)<sup>71</sup> ;
- **59 prélèvements** considérés comme des environnements locaux témoins pertinents pour les sols et les espèces végétales associées (*décrits dans les Tableau 58 à Tableau 60*).

Il est à noter qu'aucun environnement local témoin n'a été retenu pour les eaux souterraines (de par la variabilité des lithologies aquifères) ni pour les sédiments (au regard des difficultés pour échantillonner des quantités suffisantes de matériaux au sein des affluents du Lez, qui sont tous concernés par des régimes torrentiels).

---

<sup>71</sup> La démarche précédemment décrite se réduit, dans le cas des eaux de surface, à l'étape 1 et à la recherche de zones à échantillonner situées en amont hydraulique des sources de pollution identifiées.

ZONE INVESTIGUEE	REFERENCE UNIQUE	REFERENCE DE TRAVAIL	DATE DE PRELEVEMENT	SITUATION DU POINT
AYER	P001	SE-13-AYER-ESU-01	04/09/2013	Ruisseau du Riberot, affluent du Lez ; à l'extrême est de l'emprise de l'étude.
AYER	P003	SE-13-AYER-ESU-F01	04/09/2013	
AYER	P380	SE-14-AYER-ESU-01	13/06/2014	
BNTE	P400	SE-14-BNTE-ESU-02-2	17/06/2014	Ruisseau de la Cigalère, en amont hydraulique et topographique des travaux miniers de Chichoué et de Bentailou ( <i>altitude du point = 1 980 m</i> )
BULC	P053	SE-13-BULC-ESU-01	20/08/2013	Ruisseau de Bularic, en amont hydraulique et topographique des travaux miniers éponymes ( <i>altitude du point = 1 740 m</i> )
BULC	P416	SE-14-BULC-ESU-01	23/06/2014	
BULC	P056	SE-13-BULC-ESU-04	20/08/2013	Ruisseau de Bularic, branche située dans un autre talweg que celle traversant les travaux miniers
BULC	P418	SE-14-BULC-ESU-04	23/06/2014	
CHIC	P070	SE-13-CHIC-ESU-01	22/08/2013	Ruisseau de Chichoué, alimentant l'étang éponyme, en amont hydraulique des travaux miniers
CHIC	P424	SE-14-CHIC-ESU-01	17/06/2014	
EILE	P098	SE-13-EILE-ESU-05	31/08/2013	Ruisseau de Laspé, en amont hydraulique et topographique de l'usine et de ses dépôts, sur le versant est du talweg formé par le Lez ( <i>altitude du point = 1 000 m</i> )
EILE	P102	SE-13-EILE-ESU-F05	31/08/2013	
EILE	P437	SE-14-EILE-ESU-05	12/06/2014	
GRAL	P057	SE-13-BULC-ESU-05	20/08/2013	Ruisseau de l'Orle, en amont hydraulique et topographique des travaux miniers de Grauillès ( <i>altitude du point = 1 160 m</i> )
PLAG	P272	SE-13-PLAG-ESU-03	03/09/2013	Ruisseau de l'Urets, affluent du Lez, en amont hydraulique et topographique de la laverie de la Plagne ( <i>altitude du point = 1 100 m</i> )
PLAG	P274	SE-13-PLAG-ESU-F03	03/09/2013	
PLAG	P514	SE-14-PLAG-ESU-03	20/06/2014	
POIS	P295	SE-13-POIS-ESU-01	24/08/2013	Ruisseau de l'Isard, affluent du Lez, à l'extrême est de l'emprise de l'étude
POIS	P494	SE-14-PLA1-ESU-01	13/06/2014	
RGEE	P308	SE-13-RGEE-ESU-03	30/08/2013	Ruisseau de Rouge, en amont hydraulique et topographique des travaux miniers de Rouge ( <i>altitude du point = 1 720 m</i> )
RGEE	P309	SE-13-RGEE-ESU-04	30/08/2013	
RGEE	P531	SE-14-RGEE-ESU-04	19/06/2014	
SENT	P333	SE-13-SENT-ESU-02	24/08/2013	Ruisseau de l'Antras, à l'extrême nord de l'emprise de l'étude.
SENT	P543	SE-14-SENT-ESU-02	13/06/2014	
TART	P369	SE-13-TART-ESU-01	03/09/2013	Ruisseau de Tartereau, en amont topographique et hydraulique de l'installation de décantation de Tartereau ( <i>altitude du point = 1 360 m</i> )
TART	P374	SE-13-TART-ESU-F01	03/09/2013	
TART	P572	SE-14-TART-ESU-01	20/06/2014	

**Tableau 57 : Points d'environnements locaux témoins retenus pour la caractérisation des eaux de surface**



ZONE	REFERENCES	DATE	HORIZON DE SOL	LITHOLOGIE	SITUATION
Bonac	P016 / SE-13-BABO-SOL-54-0-3	31/08/2013	0-3 cm ; Sol associé à des activités de loisirs	Silurien	Sur le versant nord, en amont topographique du Lez <i>(env. 20 m au-dessus de la zone inondable du Lez)</i>
Bonac	P389 / SE-14-BABO-SOL-101-0-3	25/06/2014		Alluvions du Quaternaire	Pelouse sur le versant sud, en amont topographique du Lez <i>(env. 10 m au-dessus de la zone inondable du Lez)</i>
Bonac	P390 / SE-14-BABO-SOL-102-0-3	25/06/2014			Chemin de petite randonnée, en amont topographique du Lez <i>(env. 15 m au-dessus de la zone inondable du Lez)</i>
Bentaillou	P406 / SE-14-BNTE-SOL-104-0-3	18/06/2014	0-3 cm ; Sol associé à des activités de loisirs	Ordovicien Supérieur O3C	Sur crête rocheuse située en amont topographique des travaux miniers de Bentaillou et de ses vestiges <i>(env. 30 m au-dessus de la plateforme minière de Bentaillou)</i>
Bularic	P060 / SE-13-BULC-SOL-02-0-10 ; P068 / SE-13-BULC-VEG-03-H	20/08/2013	0-10 cm ; Sol de pâturage et plantes herbacées de pâturage associées	Ordovicien Supérieur O3A	En amont topographique des travaux miniers dans vaste zone de prairie (landes à Rhododendron et pelouses denses à Gispet) <i>(env. 70 m au-dessus de la partie sommitale des travaux miniers)</i>
Bularic	P420 / SE-14-BULC-SOL-101-0-10 ; P422 / SE-14-BULC-VEG-101-H	23/06/2014			
Chichoué	P427 / SE-14-CHIC-SOL-103-0-10	17/06/2014	0-10 cm ; Sol de pâturage	À l'interface entre Ordovicien Inférieur et Calcaire de Bentaillou	Dans vaste zone de prairie (landes à Rhododendron et pelouses denses à Gispet), sur versant sud de la zone montagneuse, face aux travaux miniers <i>(env. 30 m au-dessus de l'étang de Chichoué)</i>
Eylie	P443 / SE-14-EILE-SOL-102-0-3	11/06/2014	0-3 cm ; Sol associé à des activités de loisirs	Eboulis et colluvions récents	Sur chemin de petite randonnée à l'extrême nord-ouest du hameau d'Eylie-d'en-Haut ; sur le versant ouest de la vallée du Lez <i>(env. 110 m au-dessus de la zone inondable du Lez)</i>
Eylie	P143 / SE-13-EILS-SOL-13-0-10 ; P153 / SE-13-EILS-VEG-13-H	30/08/2013	0-10 cm ; Sol de pâturage et plantes herbacées de pâturage associées	Eboulis et colluvions récents	Dans prairies de fauche sur le versant est de la vallée du Lez, en amont topographique des dépôts de résidus miniers associés à la laverie d'Eylie <i>(env. 140 m au-dessus des dépôts miniers)</i>
Eylie	P444 / SE-14-EILE-SOL-103-0-10 ; P461 / SE-14-EILE-VEG-103-H	11/06/2014		Eboulis et colluvions récents	Dans prairie de fauche à Eylie, sur le versant est de la vallée du Lez, à 150 m de l'emprise supposée des dépôts associés au câble aérien reliant la mine du Bulard à la laverie d'Eylie <i>(env. 180 m au-dessus de la zone inondable du Lez)</i>
Eylie	P146 / SE-13-EILS-SOL-16-0-30 ; P164 / SE-13-EILS-VEG-16-ARR P165 / SE-13-EILS-VEG-16-BLE-F P166 / SE-13-EILS-VEG-16-BLE-T P167 / SE-13-EILS-VEG-16-CAR P168 / SE-13-EILS-VEG-16-HAR P169 / SE-13-EILS-VEG-16-ROQ P170 / SE-13-EILS-VEG-16-TOP	30/08/2013	<b>JARDIN POTAGER TEMOIN</b> 0-30 cm ; Sol de jardin potager et plantes potagères associées	Eboulis et colluvions récents	Jardin potager à Eylie-d'En-Haut, à l'extrême ouest du hameau, en amont topographique de la laverie d'Eylie et de ses installations ; sur le versant ouest du talweg formé par le ruisseau de Rouge <i>(env. 120 m au-dessus de la zone inondable du Lez)</i>

**Tableau 58 : Points d'environnements locaux témoins retenus pour la caractérisation des sols et des espèces végétales associées ; pour les zones investiguées de Bonac, de Bentaillou, de Bularic (similaires pour Graüllès), de Chichoué et d'Eylie**



ZONE	REFERENCES	DATE	HORIZON DE SOL	LITHOLOGIE	SITUATION
Esperris	P470 / SE-14-ESPE-SOL-107-0-3	16/06/2014	0-3 cm ; Sol associé à des activités de loisirs	Moraines du Quaternaire	Sur le versant sud de la vallée du Lez, en amont topographique du Lez <i>(env. 40 m au-dessus de la zone inondable du Lez)</i>
Irazein	P486 / SE-14-IRAZ-SOL-103-0-10	21/06/2014	0-10 cm ; Sol de pâturage	Silurien	Dans vaste zone de prairie, à l'extrême ouest de la zone investiguée, à 300 m à l'ouest des travaux miniers d'Irazein (Travaux Occidentaux)
Lascoux	P207 / SE-13-LCXS-SOL-12-0-30 ; P227 / SE-13-LCXS-VEG-12-COUR P228 / SE-13-LCXS-VEG-12-PDT-C	26/08/2013	<b>JARDIN POTAGER TEMOIN</b> 0-30 cm ; Sol de jardin potager et plantes potagères associées	Alluvions du Quaternaire	Jardin potager à l'extrême est de la zone investiguée, en amont topographique de la laverie du Bocard d'Orle <i>(env. 10 m au-dessus de la zone inondable de l'Orle et env. 20 m au-dessus de la zone inondable du Lez)</i>
Lascoux	P208 / SE-13-LCXS-SOL-13-0-10 ; P229 / SE-13-LCXS-VEG-13-H	26/08/2013	0-10 cm ; Sol de pâturage et plantes herbacées de pâturage associées	Alluvions du Quaternaire	Prairie de fauche entretenue à l'extrême est de la zone investiguée, en amont topographique de la laverie du Bocard d'Orle <i>(env. 5 m au-dessus de la zone inondable de l'Orle et env. 15 m au-dessus de la zone inondable du Lez)</i>
	P215 / SE-13-LCXS-SOL-20-0-10 ; P233 / SE-13-LCXS-VEG-20/21-H	26/08/2013			Prairie de fauche entretenue sur le versant est de la vallée de l'Orle <i>(env. 5 m au-dessus de la zone inondable de l'Orle)</i>
	P218 / SE-13-LCXS-SOL-23-0-10 ; P234 / SE-13-LCXS-VEG-23-H	27/08/2013			Prairie de fauche entretenue sur le versant est de la vallée de l'Orle <i>(dans la zone d'aléa inondation faible de l'Orle)</i>
Moulin	P507 / SE-14-PLA1-SOL-111-0-3	25/06/2014	0-3 cm ; Sol associé à des activités de loisirs	Silurien	Prairie entretenue sur le versant est de la vallée du Lez <i>(env. 20 m au-dessus de la zone inondable du Lez)</i>
Moulin	P238 / SE-13-MOUL-SOL-03-0-10 P247 / SE-13-MOUL-VEG-03-H	30/08/2013	0-10 cm ; Sol de pâturage et plantes herbacées de pâturage associées	Silurien	Prairie entretenue sur le versant est de la vallée du Lez <i>(env. 20 m au-dessus de la zone inondable du Lez)</i>
La Plagne	P280 / SE-13-PLAG-SOL-03-0-3	27/08/2013	0-3 cm ; Sol associé à des activités de loisirs	Ordovicien Inférieur	Branche du GR Transfrontalier du site de la Plagne vers le Port d'Urets, en amont topographique de la laverie de La Plagne et de ses vestiges <i>(env. 10 à 20 m au-dessus de la partie sommitale de la laverie)</i>
	P521 / SE-14-PLAG-SOL-101-0-3	20/06/2014			
La Plagne	P288 / SE-13-PLAG-SOL-11-0-10	27/08/2013	0-10 cm ; Sol de pâturage	Eboulis et colluvions récents	Zone de pâture avec installation d'élevage en rive droite du Lez, en amont topographique de ce cours d'eau et hors influence potentielle en cas de crue (en l'absence d'aléa tracé dans cette zone) <i>(env. 15 m au-dessus de la zone inondable supposée du Lez)</i>
Pont de l'Isard	P510 / SE-14-PLA1-SOL-114-0-3	25/06/2014	0-3 cm ; Sol associé à des activités de loisirs	Dévonien Inférieur	Chemin de petite randonnée, au-dessus du hameau de Pont de l'Isard, sur le versant ouest de la vallée du Lez <i>(env. 20 m au-dessus de la zone inondable du Lez)</i>

**Tableau 59 : Points d'environnements locaux témoins retenus pour la caractérisation des sols et des espèces végétales associées ; pour les zones investiguées d'Esperris, d'Irazein, de Lascoux, de Moulin, de La Plagne et de Pont de l'Isard**



ZONE	REFERENCES	DATE	HORIZON DE SOL	LITHOLOGIE	SITUATION
Rouge	P319 / SE-13-RGES-SOL-02-0-3	30/08/2013	0-3 cm ; Sol associé à des activités de loisirs	Silurien	Sur promontoire rocheux, en amont topographique (à l'ouest) des travaux miniers de Rouge et de ses vestiges <i>(env. 20 à 30 m au-dessus de la plateforme de Rouge)</i>
	P535 / SE-14-RGEE-SOL-102-0-3	19/06/2014			
Rouge	P318 / SE-13-RGES-SOL-01-0-10 ; P327 / SE-13-RGES-VEG-01-MYRT	30/08/2013	0-10 cm ; Sol de myrtilliers et myrtilles	Silurien	Dans landes à Myrtille, en amont topographique des travaux miniers de Rouge et de ses vestiges <i>(env. 40 m au-dessus de la plateforme de Rouge)</i>
Rouge	P534 / SE-14-RGEE-SOL-101-0-10 ; P540 / SE-14-RGEE-VEG-101-H	19/06/2014	0-10 cm ; Sol de pâturage et plantes herbacées de pâturage associées	Silurien	Sur promontoire rocheux, en amont topographique (à l'ouest) des travaux miniers de Rouge et de ses vestiges <i>(env. 35 m au-dessus de la plateforme de Rouge)</i>
Sentein	P341 / SE-13-SENT-SOL-55-0-3	31/08/2013	0-3 cm ; Sol associé à des activités de loisirs	À l'interface entre les Alluvions du Quaternaire et le Silurien	À l'extrême ouest de la zone investiguée, sur le versant ouest de la vallée du ruisseau de l'Antras, en amont topographique du Lez <i>(env. 40 m au-dessus de la zone inondable du Lez)</i>
	P549 / SE-14-SENT-SOL-103-0-3	24/06/2014		Alluvions du Quaternaire	À l'extrême ouest de la zone investiguée, en rive gauche du ruisseau de l'Antras (eaux de surface environnement local témoin) <i>(env. 30 m au-dessus de la zone inondable du Lez)</i>
	P497 / SE-14-PLA1-SOL-101-0-3	14/06/2014		À l'interface entre les Alluvions du Quaternaire et le Dévonien Inférieur	Sur le versant ouest de la vallée du Lez, en amont topographique du Lez <i>(env. 10 m au-dessus de la zone inondable du Lez)</i>
Sentein	P344 / SE-13-SENT-SOL-58-0-30 ; P354 / SE-13-SENT-VEG-58-BET P354 / SE-13-SENT-VEG-58-BET P355 / SE-13-SENT-VEG-58-BLE-F P356 / SE-13-SENT-VEG-58-BLE-T P357 / SE-13-SENT-VEG-58-COUR P358 / SE-13-SENT-VEG-58-OIG P359 / SE-13-SENT-VEG-58-PDT	31/08/2013	<b>JARDIN POTAGER TEMOIN</b> 0-30 cm ; Sol de jardin potager et plantes potagères associées	À l'interface entre Alluvions du Quaternaire et le Silurien	À l'extrême ouest de la zone investiguée, sur le versant ouest de la vallée du ruisseau de l'Antras, en amont topographique du Lez <i>(env. 20 m au-dessus de la zone inondable du Lez)</i>
Tartereau	P582 / SE-14-TART-SOL-101-0-3	20/06/2014	0-3 cm ; Sol associé à des activités de loisirs		Dans zone boisée en amont topographique de l'installation de décantation de Tartereau, sur le versant est de la vallée du ruisseau de Tartereau <i>(env. 60 m au-dessus des installations de décantation)</i>
Tartereau	P583 / SE-14-TART-SOL-102-0-10	20/06/2014	0-10 cm ; Sol de pâturage		Dans zone de prairie, sur le versant est de la vallée du ruisseau de Tartereau <i>(env. 25 m au-dessus des installations de décantation)</i>

**Tableau 60 : Points d'environnements locaux témoins retenus pour la caractérisation des sols et des espèces végétales associées ; pour les zones investiguées de Rouge, de Sentein et de Tartereau**

