

Rapport de stage en collectivité

Année 2012-2013

## Etude de l'impact des mines de Penarroya sur les espèces aquatiques et semi-aquatiques des Gaves de Pau et de Cauterets



Photo : Le dépôt minier de la Galène à droite et la piste cyclable à gauche

*Présenté par*  
**Elisabeth DUCLOUX**

Stage réalisé au sein du SMDRA  
(Syndicat Mixte pour le Développement Rural de l'arrondissement d'Argelès-Gazost)  
Du 2 avril au 30 Aout 2013  
Maitre de stage : Emilie MANSANNE

## I. Sommaire

Introduction .....	1
I. Présentation de la zone d'étude : localisation, géologie et qualité de l'eau.....	2
A. Situation géographique et géologique .....	2
B. Les mines de Penarroya.....	3
C. Qualité de l'eau.....	7
II. Les espèces visées par l'étude : présence sur le site et connaissances actuelles de l'impact des métaux sur ces espèces .....	13
A. La loutre européenne ( <i>Lutra lutra</i> ).....	13
1. Caractéristiques.....	13
a. Généralités .....	13
b. Description de l'espèce.....	13
c. Habitat.....	14
d. Alimentation .....	14
e. Présence .....	14
2. L'impact connu des métaux sur les loutres.....	15
a. Le zinc.....	16
b. Le cadmium .....	16
c. Le plomb .....	16
3. Etat des connaissances sur le site.....	17
a. Collecte des cadavres .....	17
b. Les études scientifiques .....	18
B. Le desman des Pyrénées ( <i>Galemys pyrenaicus</i> ).....	18
1. Caractéristiques.....	18
a. Généralité.....	18
b. Description de l'espèce.....	18
c. Habitat.....	19
d. Période d'activité .....	19

e.	Alimentation.....	19
f.	Présence.....	19
2.	Etat des connaissances sur le site.....	19
a.	Suivi.....	20
b.	Métaux.....	20
III.	Réflexion autour de la mise en place d'un suivi sur l'impact des mines de Penarroya sur le desman et la loutre.....	20
A.	Zone d'influence.....	21
B.	Loutre.....	21
1.	Excréments.....	21
a.	Répartition des points.....	22
b.	Prospection.....	22
c.	Dosage des métaux.....	22
2.	Poils.....	23
C.	Desman.....	23
1.	Excréments.....	24
2.	Poils.....	24
IV.	Proposition de nouveaux indicateurs de suivi.....	24
A.	Biofilm.....	24
a.	Prospection.....	25
b.	Préparation des échantillons.....	25
c.	Analyse.....	25
i.	Réaction en chaîne par polymérase (PCR).....	25
ii.	Electrophorèse sur gel d'agarose.....	25
iii.	Electrophorèse sur gel à gradient dénaturant (DGGE).....	26
B.	Cinque plongeur ( <i>Cinclus cinclus</i> ).....	26
a.	Répartition des points de prospection.....	27

b. Prospection.....	27
c. Préparation de l'échantillon .....	27
d. Analyse .....	27
C. Poissons .....	28
Conclusion.....	29
Bibliographie :.....	30
Présentation de la collectivité.....	34
Annexe 1 : Evolution de la qualité de l'eau des sédiments, des eaux brutes et des bryophytes .....	35
Annexe 2 : Carte de prélèvements du traçage de Zn, Cd, Pb et Cu sur le Gave de Cauterets sur 2km tout les 200m .....	37
Annexe 3: Concentration en Zn, Cd et Pb dans les reins, les intestins, les œufs et les foies de poissons en aval et en amont de la mine de Penarroya.....	38
Annexe 4 : La zone d'influence des métaux issus de la mine sur le Gave de Pau et de Cauterets.....	39
Annexe 5 : Carte de la répartition des points de prospection des épreintes de loutre et des plumes et fèces de cincle plongeur .....	40

## Introduction

Ce stage s'inscrit dans le cadre de Natura 2000 qui est un réseau d'espaces naturels terrestres ou marins sur le territoire européen pour la protection des espèces et leurs habitats. Ces sites contiennent des espèces faunistiques, floristiques, ou des habitats naturels qui sont en régression ou en voie de disparition. L'objectif Natura 2000 est de concilier la conservation de la biodiversité avec l'activité économique, sociale et culturelle et non de d'isoler le site de toute présence humaine

Pour réaliser les actions de préservation sur les sites Natura 2000, la France opte pour la concertation et le volontariat. Un comité de pilotage « COPIL » regroupant les acteurs concernés (citoyens, élus, agriculteurs, propriétaires terriens, associations, usagers...) est donc mis en place sur chaque site. Il conduit et valide l'élaboration d'un document de référence pour la future gestion du site : le document d'objectifs ou « DOCOB ». Celui-ci contient un diagnostic écologique et humain qui permet de mettre en avant les problématiques liées à la biodiversité et aux activités anthropiques du site. Il dégager ensuite les enjeux et les objectifs de gestion et propose enfin une orientation et une aide à la décision pour la préservation ou la restauration de la zone concernée.

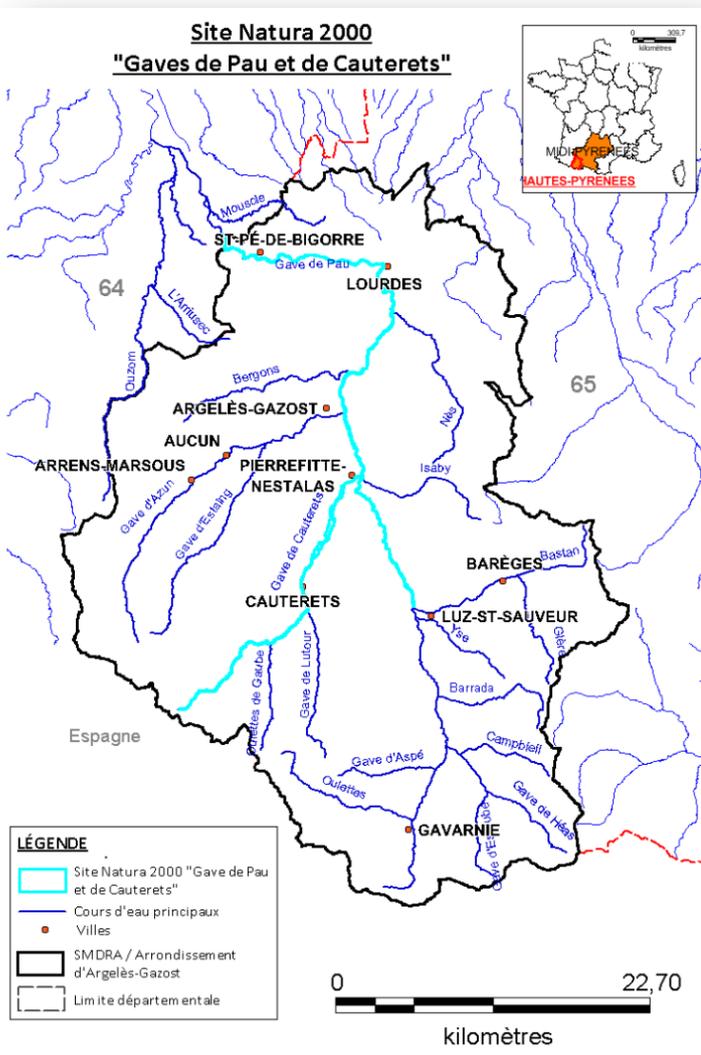
En 2007, le site « Gaves de Pau et de Cauterets (et gorges de Cauterets) » a été intégré au réseau Natura 2000. Le diagnostic réalisé lors de l'élaboration de son DOCOB a mis en évidence l'impact des mines de Penarroya sur la qualité des eaux du Gave de Pau et de Cauterets. Sur cette ancienne exploitation minière située sur la commune de Soulom, de nombreux dépôts et rejets riches en métaux lourds subsistent à proximité du Gave de Cauterets. Diverses études visant à évaluer l'influence des mines sur la biologie des espèces aquatiques ont déjà été réalisées. Cependant, les connaissances vis-à-vis des mammifères semi-aquatiques, notamment la loutre et le desman des Pyrénées (espèces visées par Natura 2000), restent limitées.

L'objectif de ce stage est de comprendre les pollutions dues aux mines de Penarroya et l'impact sur des espèces aquatiques et semi-aquatiques des Gaves de Pau et de Cauterets. Le site de l'étude sera présenté avec un état des lieux des analyses sur les métaux effectuées sur le Gave de Pau et de Cauterets. Ensuite, les espèces semi-aquatiques, loutre et desman, concernées par le site Natura 2000 seront présentées. Puis, une réflexion sur la mise en place d'un suivi de l'impact des mines sur ces deux espèces sera initiée. Enfin, de nouveaux indicateurs de suivis seront proposés.

# I. Présentation de la zone d'étude : localisation, géologie et qualité de l'eau

Le site se situe en altitude, il est donc important de vous présenter la géographie et la géologie qui jouent un rôle important dans la diffusion des métaux ainsi que le site minier. La qualité de l'eau du Gave de Pau et de Cauterets concernant les métaux sera aussi présentée afin comprendre les connaissances actuelles de l'impact des mines dans l'environnement aquatique.

## A. Situation géographique et géologique



Le site Natura 2000 « Gaves de Pau et de Cauterets » se situe dans la région Midi-Pyrénées, dans le département des Hautes-Pyrénées. Il correspond au lit mineur des Gaves de Pau et de Cauterets (Figure 1) qui est la partie du cours d'eau qui est délimitée par les berges. 26 communes d'une superficie de 44 000 ha sont concernées par le site Natura 2000 (1) qui ne comprend que 357 ha soit 0,8% de ces communes. Cela correspond à un linéaire de cours d'eau d'environ 60 km (2).

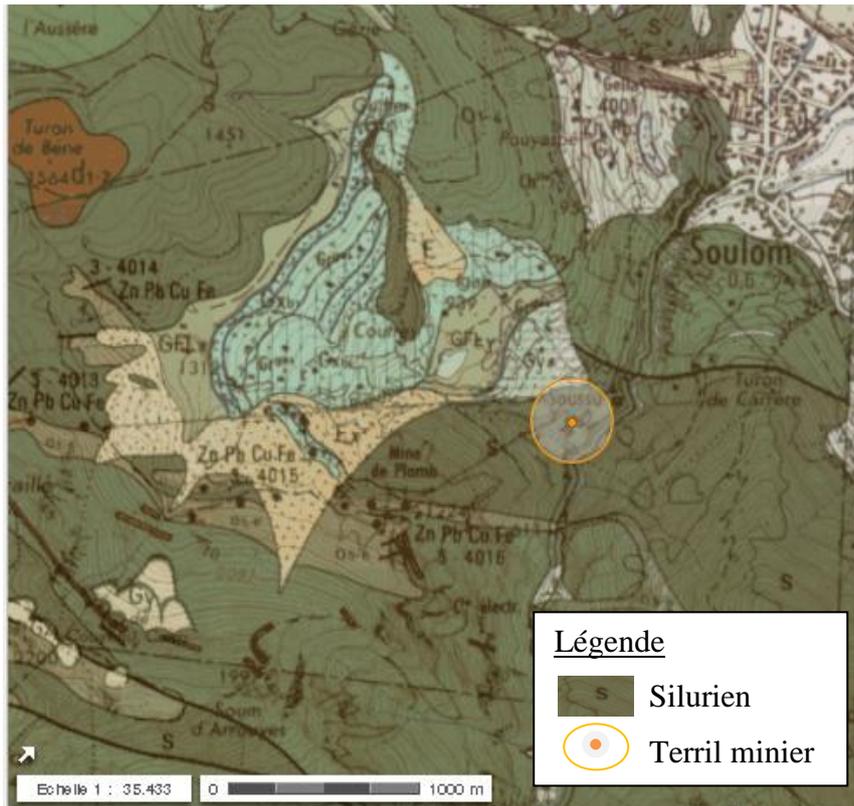


Figure 2 : Carte géologique du BRGM à l'échelle 1/50000

D'après la carte géologique du BRGM, à l'échelle 1/50000, la formation du site date du Silurien ou du Gothlandien (noté S sur la figure 2). Le schiste noir, l'ampéliteux, le quartzite et le calcaire sont présents dans cette zone. Ces formations sont généralement masquées par des produits d'altération et des éboulis à cause des fortes pentes.

Sur le site de la Galène,

où se trouve la mine, un dépôt de déchets miniers fin et sableux avec de gros blocs est présent (3). En dessous de ces résidus de traitement du minerai, on trouve des éboulis de schistes noirs (4). A la base des terrils, des dépôts morainiques issus des derniers épisodes glaciaires datés du quaternaire sont présents (5).

Le secteur est affecté par un glissement d'ensemble du versant qui est orienté vers la RD920 en aval. De plus, ce site est dans une zone sismique ce qui augmente les risques de glissement de terrain (3).

## B. Les mines de Penarroya

La société Penarroya (devenue Métaleurop en 1988 puis Recylex en 2007) donne son nom aux mines. Cette concession, d'une superficie de 2 400 ha, s'étend en partie sur 10 communes : Adast, Arcizansavant, Arras-en-Lavedan, Beaucens, Cauterets, Estaing, Pierrefitte-Nestalas, St-Savin, Soulom et Uz (Figure 3). Exploitée depuis l'époque romaine, elle a une activité industrielle entre 1880 à 1969, majoritairement pour le plomb et le zinc.

L'arrêt des travaux en 1969 signe la fin de l'exploitation minière et l'engagement dans des procédures administratives de cessation d'activité minière selon le code minier et sous la surveillance de la police des mines (DREAL). Pour suivre les travaux d'avancement, la

DREAL réalise des réunions annuelles où sont exposés les prélèvements d'eau annuels et les travaux de remise en état aux acteurs concernés (6).

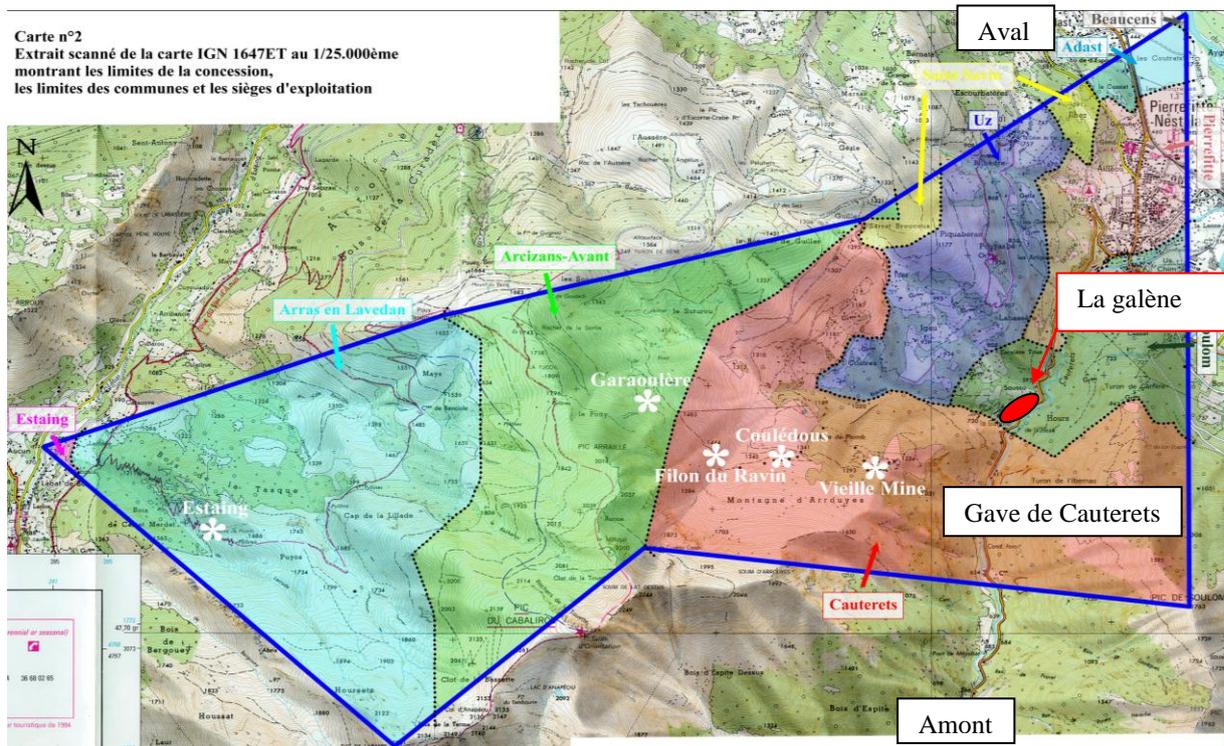


Figure 3 : Extrait de la carte IGN au 1/25000ème montrant les limites de la concession, des communes.

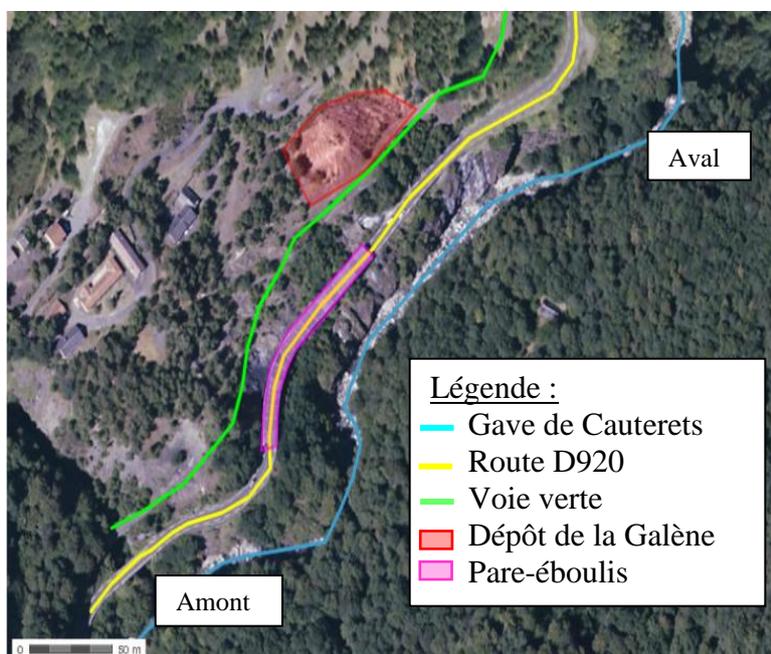


Figure 4 : Carte situant le dépôt minier par rapport à la voirie et au Gave de Cauterets

Le site qui contamine le Gave de Cauterets et qui nous intéresse pour notre étude se situe au lieu dit « la Galène » sur la commune de Soulom au nord de Cauterets et au sud de Lourdes (Point rouge sur la figure 3). Il est implanté sur un versant à forte pente (30 à 40%) entre les ruisseaux de Soussu et Rioutou. Il est situé en hauteur par rapport aux deux voies de circulation : la voie

verte qui est une piste cyclable qui suit le tracé de l'ancien tramway et la route départementale 920 qui passe respectivement à quelques mètres et à une cinquantaine de mètres du site. Au

pied du versant, le cours d'eau du Gave de Cauterets s'écoule dans un profil profondément encaissé à une centaine de mètres du site pollué (Figure 4).

Le site de la Galène ou digue de la Galène était un site de stockage du traitement du minerai. Deux laveries de minerai y ont été installées. La première a fonctionné de 1880 à 1893 et de 1897 à 1907 et la seconde de 1907 à 1914. 625Kt de tout venant et 97Kt de minerai connus étaient extraits de ce site. Lors de l'extraction de zinc (Zn), environ 50% correspondait au cadmium (Cd). Il est estimé entre 100 000 et 300 000 tonnes de résidus aussi appelés stériles laissés sur le lieu de la galène (3). Ces stériles sont des rejets fins de traitement des laveries (rejets de flottation) qui ont été accumulés (7). Cette accumulation de stériles forme ce qu'on appelle un terril.

A cause des quantités de métaux contenues dans les stériles, le sol du terril est devenu acide avec un pH d'une valeur de 3 à 4,1 (Figure 5). L'acidité du sol a pour effet d'augmenter la mobilité des métaux présents dans le terril. En cas d'infiltration, les métaux seront donc entraînés plus facilement par l'eau. Ils seront donc susceptibles de contaminer le milieu. Cependant, les teneurs en métaux dans le sol en profondeur du terril ne sont pas connues. Par contre, des analyses de concentration de métaux, de pH, de taux de calcaire et de la teneur en matière organique sur le sol en surface ont été réalisées sur trois types de surfaces : le sol dans une petite fascine, sur le stérile ocre en surface et le stérile argileux. Les résultats ont permis de savoir que le pH du sol en surface est acide, que le sol ne contient pas ou très peu d'éléments nutritifs (8).

<b>Echantillon</b>	<b>Sol d'une petite fascine</b>	<b>Stérile ocre en surface</b>	<b>Stérile argileux gris</b>
<b>Profondeur (cm)</b>	70	50	50
<b>Cailloux (%)</b>	0	0	0
<b>pH eau</b>	4,1	3	3,4
<b>Taux de calcaire (%)</b>	0	0	0
<b>Arsenic (mg/kg MS)</b>	521	728	68,4
<b>Cadmium (mg/kg MS)</b>	20,5	14,2	27,1
<b>Chrome (mg/kg MS)</b>	28,6	35,5	30,8
<b>Cuivre (mg/kg MS)</b>	334	388	125
<b>Nickel (mg/kg MS)</b>	12,0	13,5	81,4
<b>Plomb (mg/kg MS)</b>	51900	82800	4150
<b>Zinc (mg/kg MS)</b>	9180	16300	8510
<b>Mercure (mg/kg MS)</b>	1,28	3,09	<0,10
<b>Taux de matière organique</b>	bon	faible	faible

Figure 5 : Tableau récapitulatif des données sur le sol du dépôt minier

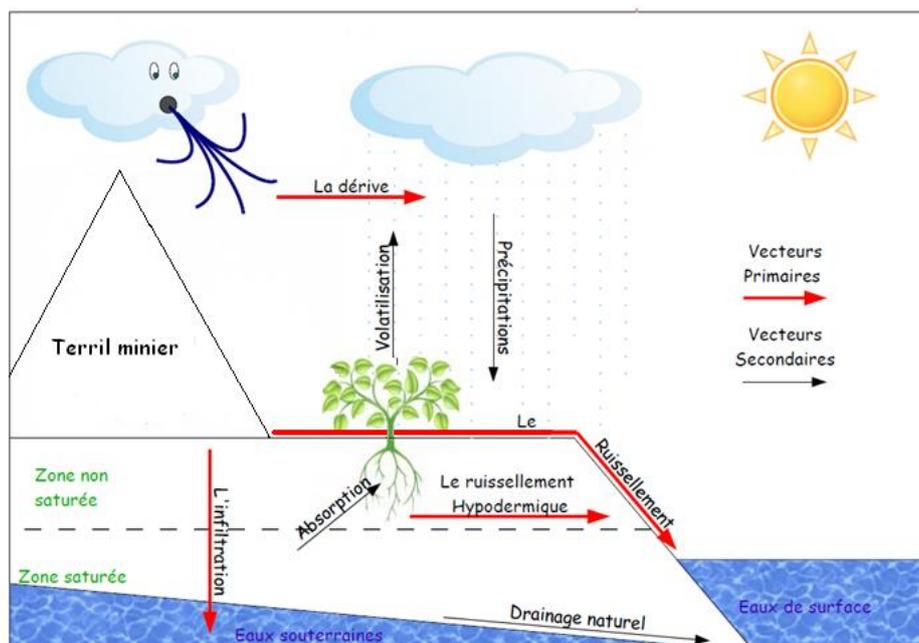


Figure 6 : Schéma explicatif des voies de contamination dans l'environnement

Ce terril contient donc des métaux lourds qui peuvent se disséminer dans l'environnement selon différentes voies. Avec le vent, des poussières peuvent être mises en suspension et emportées vers d'autres lieux. Dans notre cas, ce phénomène qui s'appelle la dérive, menace la voie verte et le Gave de Cauterets en aval lorsque le temps est sec et que les particules peuvent être transportées. En cas de pluie, les métaux peuvent être entraînés par l'eau de pluie en ruisselant ce qui peut contaminer les milieux environnants. Le terril n'est pas entièrement recouvert de végétaux. Ces derniers ne pourront donc pas retenir les polluants en cas de pluie ou de vent. Cela augmente donc le risque de contamination. L'infiltration de l'eau dans le sol qui entraîne les métaux dans les sols et dans le Gave de Cauterets est la pollution la plus forte. En effet, une source souterraine d'apport en Zn de 70% a été détectée autour de cet ancien site de stockage. Son origine est inconnue mais on peut fortement supposer que le site minier est impliqué (9).

En plus de ces risques, le site de la Galène est soumis à des tremblements de terre. La situation géologique fait que le terril n'est pas tout à fait stable ce qui peut être dangereux pour les installations en contrebas. En effet, des glissements de terrain et des coulées de boues ont par le passé pu atteindre les voies de circulation et le Gave de Cauterets. Le risque que ces coulées atteignent le Gave de Cauterets est donc important car il est en contrebas à quelques mètres. Dans les années 70, un pare-éboulis a été mis en place pour protéger la route des éboulements mais cela n'empêche pas les glissements de terrain derrière le pare-éboulis. Dans le cadre de la réhabilitation du site, la société de Penarroya a fait mettre en place divers aménagements dans le but de limiter les glissements de terrain. Cependant, la complexité du

sol (pH acide, peu de nutriments, forte pente, teneur élevée en métaux) limite la végétation qui est implantée dans ce but de stabilisation du terrain. En effet, les essais de réimplantation réalisées par la concession de Penarroya depuis 2005 ne sont pas concluants pour le moment. Beaucoup de zones laissent le sol sans aucune végétation.

## C. Qualité de l'eau

Classe d'aptitude ou qualité		Indice de qualité
Bleu	Très bon	80
Vert	Bon	60
Jaune	Moyen	40
Orange	Médiocre	20
Rouge	Mauvais	

Figure 7 : Classe d'aptitude et indice de qualité selon la norme SEQ-Eau

Pour comprendre l'impact de la mine dans le Gave de Cauterets, il est important de se pencher sur la qualité de l'eau. Grâce à des indicateurs biologiques et des analyses physico-chimiques, un état des lieux de la qualité de l'eau des

cours d'eau peut être déterminé. La norme SEQ-Eau permet ainsi d'évaluer la qualité de l'eau en déterminant un indice et une classe de qualité selon un code à 5 couleurs (Figure 7). On peut ainsi déterminer l'aptitude de l'eau à la biologie, l'aptitude aux usages qu'on fait de l'eau et la qualité de l'eau.

Afin d'élaborer par la suite un protocole pour évaluer l'impact des anciennes mines de Penarroya sur la biologie, il semble donc important de faire un état des lieux de la qualité générale des Gaves de Pau et de Cauterets. Cela nous permettra dans un premier temps de comprendre l'état actuel de qualité, l'impact éventuel de la mine et la dissémination des métaux dans les cours d'eau environnant.

Depuis 2002, dans le cadre du contrat de rivière, des suivis physico-chimiques, hydrobiologiques et des métaux sont réalisés chaque année. Dans le bassin du Gave de Pau, la physico-chimie hors métaux lourds est conforme à la norme SEQ-Eau (oxygène, nitrates, nitrites, phosphate, matière en suspension...). Cela s'explique par un fort débit et la bonne oxygénation de l'eau en tête de bassin. Par contre, la bactériologie avec *Escherichia coli* (*E. coli*) et les Streptocoques fécaux montre que les eaux ne sont pas conformes aux normes de baignade SEQ-Eau. Les sources de pollution bactériologique sont ponctuelles et correspondent souvent aux rejets des stations d'épuration pendant les périodes touristiques. Des travaux de réhabilitation des stations d'épuration ont donc été entrepris dans le passé afin de réduire cette pollution. (10).

Sur le Gave de Cauterets, pour l'usage eau potable, la classe d'aptitude est acceptable et nécessitera donc seulement une désinfection. Pour l'usage loisirs et sport aquatiques, les métaux n'entre pas en compte. L'usage de l'eau pour l'irrigation est acceptable ce qui permet une irrigation des plantes très sensibles et de tous les sols. Concernant, l'usage de l'eau pour l'abreuvement d'animaux, il peut se faire avec tout type d'animaux y compris les plus sensibles. L'usage de cette eau pour l'aquaculture est mauvais à cause de la concentration de Zn de 450µg/l qui dépasse très nettement la norme de 4µg/L. Cependant, dans le Gave de Cauterets aucune aquaculture n'est recensée dans la zone contaminée cela ne pose donc pas de problème immédiat.

Concernant la classe d'aptitude biologique, quelque soit le compartiment étudié (sédiments, eaux brutes et bryophytes), le Gave de Cauterets aval a la plus mauvaise qualité par rapport à tous les affluents du Gave de Pau selon la grille SEQ-Eau. En effet, pour les sédiments, la classe de qualité est mauvaise, pour les eaux brutes elle est bonne à mauvaise et pour les bryophytes très bonne à mauvaise selon les métaux (Annexe 1). Le Gave de Pau garde une bonne classe au niveau de la qualité biologique car les apports du Gave de Cauterets sont dilués avec le Gave d'Azun, de Gavarnie et les rivières du piémont pyrénéen. De plus, les métaux sont transférés vers d'autres substrats comme les sédiments. La Norme Qualité Environnement (NQE) est dépassée pour le Zn et le Cd total (dissous et particulaire)(11).

Afin de déterminer l'importance et la source des mines de Penarroya sur le Gave de Pau, une étude sur la quantification de la pression métallique en arsenic (As), cadmium (Cd), chrome (Cr), cuivre (Cu), Nickel (Ni), plomb (Pb) et zinc (Zn) sur le Gave de Pau et Cauterets est mise en place en 2008 par l'université de Pau.

10 sites répartis sur le Gave de Pau et de Cauterets ont fait l'objet de prélèvements d'eau de façon à analyser l'As, le Cd, le Cr, le Cu, le Ni, le Pb et le Zn dissous dans l'eau (Figure 8). Un

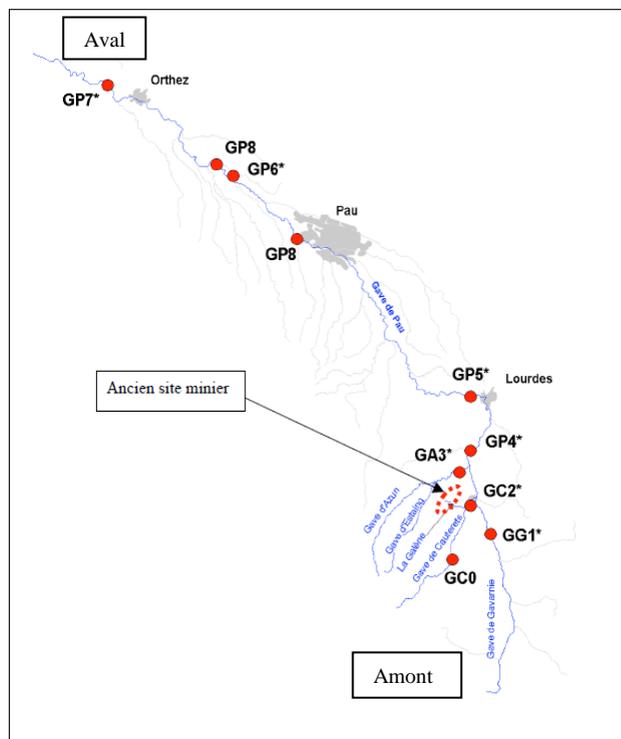


Figure 8 : Localisation des sites de prélèvements pour les matières en suspensions (les stations marqués d'un \* ont été suivi de façon journalière. (Extrait de source 11)

suivi journalier des matières en suspension est réalisé pendant un an.

Les résultats de cette campagne vont permettre de déterminer les flux des métaux des différents Gaves et de déminer le pourcentage dû à l'ancien site minier.

Sur le bassin de Cauterets (en rouge figure 9), la quasi globalité des flux de Zn, Cd, Pb, Ni et Cu proviennent du site minier de la Galène et donc du Gave de Cauterets. La zone minière contribue à 90% pour le Zn, le Cd, le Pb, et le Ni et 40% pour le Cu. Pour le Cr et l'As, le bassin amont de Cauterets est la source principale. La source principale en Cr et en As n'est pas la mine et se situe sur le bassin amont de Cauterets. Pour le Zn, le Cd et le Ni, les apports sont majoritairement en phase dissoute et donc dans l'eau. Le Pb se trouve principalement sous forme particulaire car il précipite beaucoup plus vite que les autres. Il se concentre donc dans les sédiments.

Sur le bassin en amont de Lourdes (Gavarnie, Azur, Cauterets, autres en jaune sur figure 9), 50% des flux de Zn et Cd ont pour origine l'ancienne mine. Pour le Cu, As, Cr, Ni, Pb, le Gave Cauterets apporte moins de 10% des flux ce qui est faible.

Le bassin en aval de Lourdes (violet sur la figure 9) contribue de 50 à 80% des métaux dont 50% d'As provient du sous bassin amont de Lourdes. L'origine est naturellement due à la géologie. 20% de Zn et de Cd sont issus du Gave de Cauterets. La majorité des métaux provient des rivières de piémont pyrénéen.

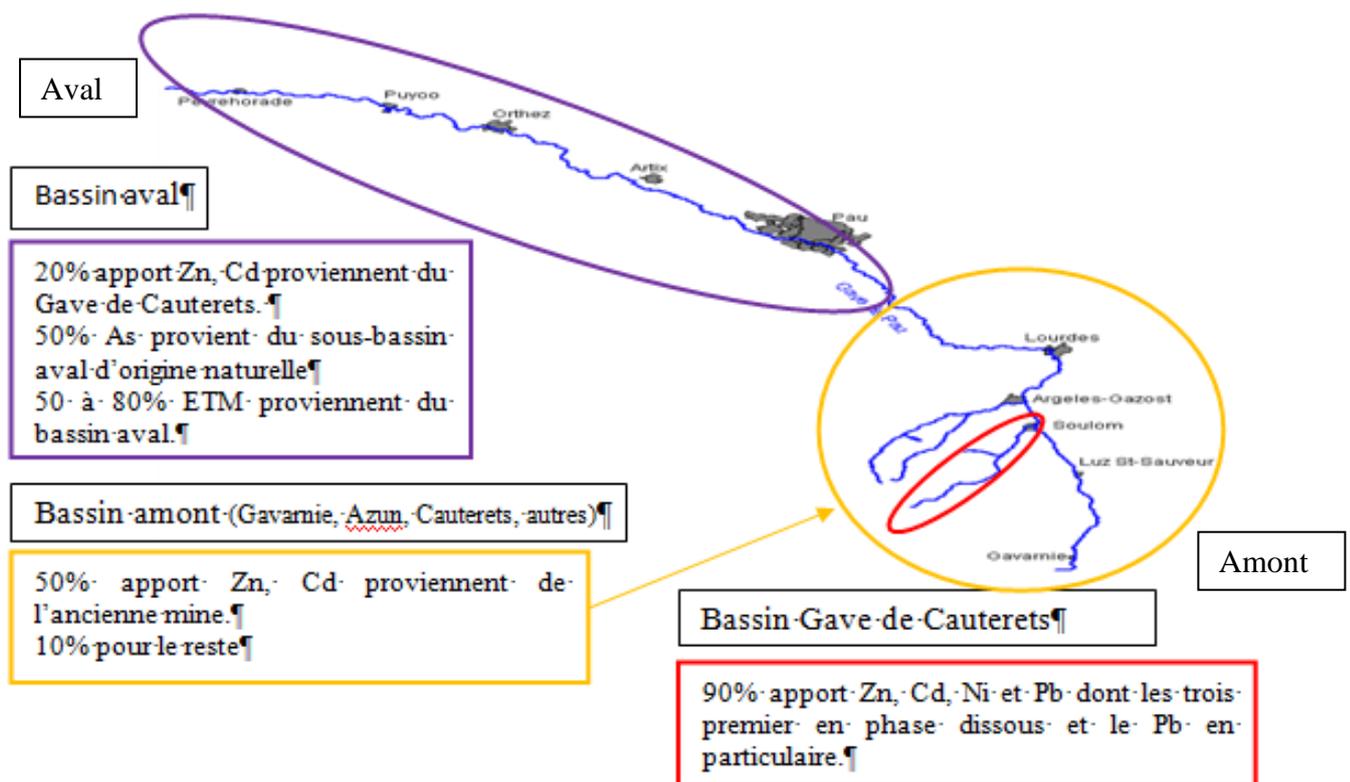


Figure 9 : Pourcentage des apports en métaux sur le Gave de Pau et de Cauterets

Sur le Gave aval de Cauterets, une grande variabilité temporelle existe sur les concentrations en Zn (Figure 10), Pb et Cd dissous et particulaire. Les fortes chutes de concentrations correspondent à la période de fonte des neiges et aux fortes crues (hachure sur la figure 10). Cette variabilité de concentration dépend donc du débit. La concentration en Zn, Pb et Cd sur l'année forme un cycle qui diminue à la fin de l'été puis reste stable à l'automne. Cela suggère qu'il existe une alimentation permanente du Gave de Cauterets aval par une source fortement chargée en Zn, Pb et Cd dissous (11).

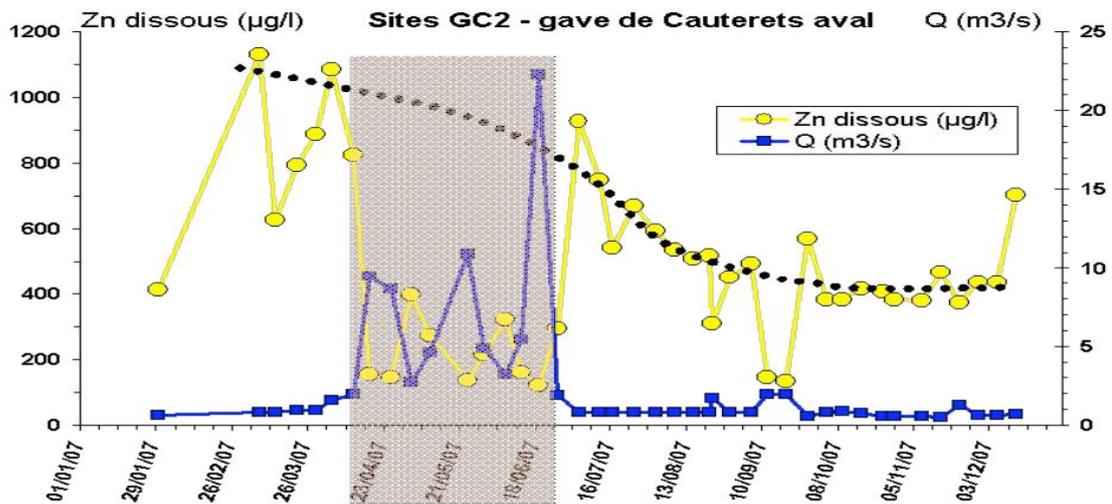


Figure 10 : Evolution temporelle des concentrations en Zn au niveau de Gave de Cauterets aval, relation avec le débit (q m3/s). Le trait en pointillé correspond à la tendance globale au cours de l'année, période de fonte exclue (hachuré)

La mauvaise qualité biologique au niveau du Gave de Cauterets a été déterminée ainsi que ces apports dans le Gave de Pau. Il a donc semblé important d'essayer de détecter la source exacte de la contamination en Zn, Cd et Pb qui provienne de la mine.

En Octobre 2008, la société de Penarroya a fait mettre en place un tracé pour le Zn, le Cd et le Pb dans l'eau sur 2km au niveau du Gave de Cauterets. Les prélèvements sont faits tous les 200 m entre le pont « Cacou » sur la D920 (amont) et le pont de la D921 à Soulom (aval) ainsi que les arrivées d'eaux latérales alimentant le Gave de Cauterets (Annexe 2). La teneur en Cd est inférieure à la limite de détection de 1µg/L. L'augmentation de Pb entre les prélèvements 10 et 12 ne s'explique pas seulement avec les apports d'affluents. L'hypothèse d'une décharge sauvage en bordure du Gave ou d'une erreur de prélèvement est donc évoquée.

Le Zn augmente entre les points 6 et 8 avec une concentration de 370µg/L. Le point 6 se situe à côté d'un site minier, mais cette augmentation n'est pas expliquée par les arrivées d'eau latérales. Il est donc supposé que 70% des apports en Zn proviennent d'une source souterraine d'origine et de localisation inconnue (9).

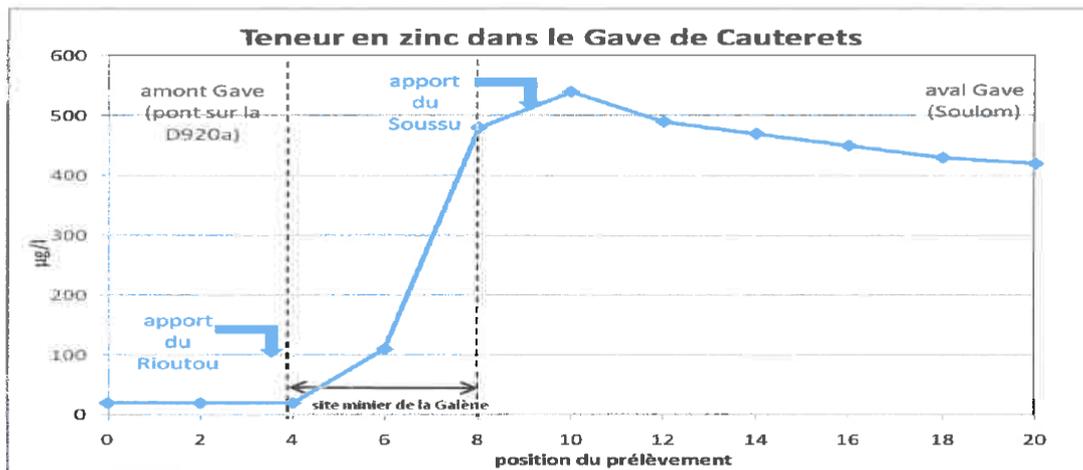


Figure 11 : Teneur en Zn dans le Gave de Cauterets

La mauvaise qualité biologique de l'eau en métaux dans le Gave de Cauterets a soulevé des questions. À de fortes concentrations, il existe un risque de contamination des poissons et d'accumulation des métaux dans leurs tissus. Dans cette zone, les poissons sont consommés par certains pêcheurs. Il semble donc important d'évaluer les concentrations des métaux dans les tissus des poissons pour la santé de ces personnes (12).

Des analyses métaux lourds (Pb, Cd, Zn, Hg et Cu), dans la chair de poissons sont réalisées à l'amont et à l'aval de la mine. Les poissons sont prélevés en 3 points : ruisseau de Penarroya et Gave de Cauterets aval et amont (Figure 12). Les teneurs en Pb et Zn dans les chairs entre amont et aval sont multipliées par deux. Pour le Cd, une légère augmentation entre l'amont et l'aval du Gave de Cauterets est constatée. Pour le Cu, on ne note pas de différence significative pour les trois points (13). Une analyse sur les habitudes alimentaires des pêcheurs complète les données obtenues en matière de concentration de métaux. Les normes de comestibilité dans les muscles de poissons ne sont pas dépassées avec les quantités ingérées par les pêcheurs. Le risque est donc écarté pour les adultes cependant le Hg est un risque pour les enfants forts consommateurs de poissons (14).

Moyenne sur 5 poissons	Cauterets amont	Ruisseau de la mine	Cauterets aval	LMR (mg/Kg)
Pb (mg/Kg)	<0,02	<0,02	0,04	0,2
Cd (mg/Kg)	<0,01	0,015	0,018	0,05
Zn (mg/Kg)	4,74	6,62	7,42	inexistant
Cu (mg/Kg)	0,75	0,67	0,68	inexistant

Figure 12 : Moyenne des concentrations en métaux dans les muscles de poissons

Les risques sanitaires sur les poissons sont écartés. Cependant, les espèces aquatiques restent en contact permanent avec l'eau contaminée. Elles peuvent donc accumuler des métaux dans leur organisme. Cette accumulation de polluant peut avoir une répercussion sur la reproduction, sur la croissance ou d'autre phénomène biologique. Le ralentissement de la croissance des salmonidés en lien avec les métaux peut être dû à la rareté de la nourriture (invertébrés aquatiques sensibles) et à l'altération du métabolisme de la truite. Pour détecter ces phénomènes, une étude de l'impact du site minier sur la répartition des espèces d'invertébrés, la densité de population des truites et leur croissance est faite en 2008. Dans ce but, la fédération des Hautes Pyrénées pour la pêche et la protection des milieux aquatiques réalise un IBGN (Indice biologique global normalisé) et une pêche électrique au niveau du pont D920 (à 300m en amont du site minier) et au niveau du pont de la D921 à Soulom (à 1km en aval).

L'IBGN a une classe de bonne qualité (note de 15) pour les deux points. Sur un plan qualitatif et quantitatif des invertébrés aquatiques, aucun impact n'est détecté par rapport aux métaux. L'environnement est peu perturbé et le peuplement d'invertébré présente une diversité importante et une répartition équitable. Au vue de ces résultats, la perturbation chimique des métaux n'est pas mise en évidence.

Les pêches électriques ont été réalisées selon la méthode de Lury. Les densités par hectare sont fortes au niveau amont (16/20) et fortes à très fortes au niveau aval (18/20). Les métaux ne semblent pas avoir d'impact sur la densité de la population de poissons. La répartition des truites fario en fonction de leur taille montrent que les stations sont globalement équilibrées (Figure 13). La croissance des truites fario est un peu plus faible sur le point amont, ce qui est normal pour une rivière alimentée toute l'année par des eaux froides et peu minéralisées. Les différentes analyses ne permettent donc pas de déceler un impact des métaux sur les poissons, ni sur les invertébrés (15).

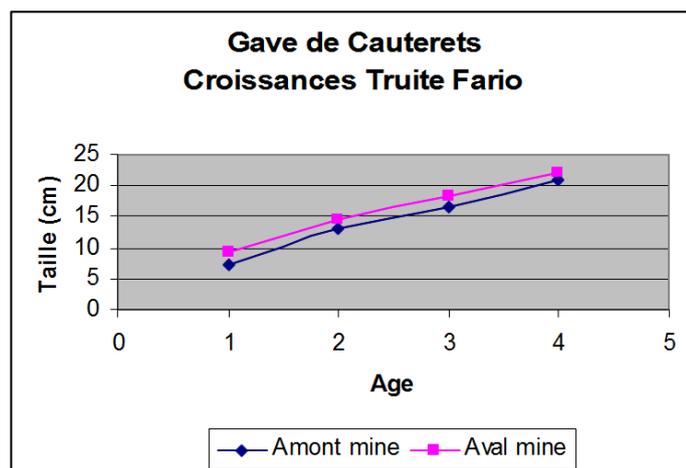


Figure 13 : courbe de croissance des truites fario en amont et en aval de la mine de Penarroya

Cette pollution métallique ne s'exprime pas en 2008 au niveau fonctionnement biologique, mais des analyses sur les organes des poissons ont montré une pollution nettement marquée dans les organes tels que le foie, les reins, les intestins et les œufs (Annex3).

## II. Les espèces visées par l'étude : présence sur le site et connaissances actuelles de l'impact des métaux sur ces espèces

Ce stage a pour but d'élaborer un protocole afin d'étudier l'impact des mines sur des espèces aquatiques et semi-aquatiques concernées par une conservation dans le cadre de Natura 2000. Les deux espèces étudiées dans ce cas sont la loutre et le desman. Dans cette partie, les deux espèces seront présentées, leurs habitats, leurs alimentations et comment observer leur présence sur le site. La conservation de ces espèces au niveau national et ce qui a été entrepris dans les Hautes Pyrénées et les différentes études concernant les métaux pour la loutre seront présentés.

### A. La loutre européenne (*Lutra lutra*)

#### 1. Caractéristiques

##### a. Généralités



Figure 14 : La loutre d'Europe (*Lutra lutra*)

Les loutres (Figure 14) font parties de la classe de Mammifères, de l'ordre des carnivores, de la famille des Mustélidés et de la sous-famille des Lutrinés. Dans la nature, la loutre vit environ 5 ans. Le record de longévité est de 17 ans mais en captivité.

##### b. Description de l'espèce

La loutre est un animal à corps allongé de 80 à 140 cm, la queue représentant la moitié de la longueur du corps. Elle a la tête plate portant de petites oreilles arrondies, avec un museau large et court. Elle possède un pelage ras, épais, imperméable, de couleur brun foncé. Des taches blanches sont parfois présentes sur la gorge, le menton et les lèvres. Le pelage est composé de deux types de poils. La bourre est très fine et courte assurant une protection thermique en retenant les bulles d'air. Les jarres sont les poils longs bruns qui donnent à la

fouffure son aspect soyeux et sa couleur. Le poids oscille entre 5 à 12 kg les mâles étant plus lourds et plus grands que les femelles (16).

#### c. Habitat

La loutre est un mammifère semi-aquatique qui, peut en fonction du climat et des facteurs environnementaux, fréquenter des milieux différents comme les cours d'eaux, les étangs, les lacs, les marais (17) sous réserve de trouver de la nourriture en quantité suffisante et des zones de repos (amas de brindilles, touffes d'herbes, des terriers, cavités dans des arbres...). Elle peut parcourir de longues distances à pieds (17). Les mâles ont un territoire très étendu, généralement plus de 20 km (de 20 à 40 km). Ils peuvent englober les territoires de plusieurs femelles (18). En effet, les femelles ont un territoire de 5 à 15 km. Cette valeur dépend surtout des ressources disponibles dans le milieu et de la largeur de la rivière.

#### d. Alimentation

Pour localiser ses proies la nuit ou dans les eaux troubles, elle possède des moustaches blanches, appelées vibrisses, qui mesurent environ 15 cm. La loutre mange majoritairement des poissons (70 à 90% du régime alimentaire) mais d'autres proies aquatiques peuvent l'intéresser (écrevisses, grenouilles, couleuvres...). Elle mange les proies présents dans le milieu, elle n'en cherche pas une proie en particulier. Sa consommation journalière est de 15 à 20% de son poids, soit 500g à 1kg d'aliments (19).

#### e. Présence

La loutre étant discrète et solitaire, il faudra donc repérer des indices pour en déduire sa présence. Les empreintes de pieds de la loutre (Figure 15) possèdent tous 5 doigts répartis en éventail de 6 sur 6 cm pour les pieds avant et 6 sur 7,5 cm pour les pieds arrière mais la taille varie en fonction du mode de déplacement, du substrat et des conditions météorologiques (20). Les matières fécales appelées épreintes peuvent être un marqueur de sa présence. Elles mesurent entre 1 à 3 cm de long ou de diamètre. Elles sont de couleur verdâtre à noirâtre et sont composées d'écailles, d'ossement de poissons. On y trouve aussi des ossement de batraciens et des carapaces d'écrevisses. Son odeur est reconnaissable car elle est assez douce et peut faire penser à un mélange de poisson et d'huile de lin (21)



Figure 15 : dessin d'empreintes de loutre

Les épreintes changent d'aspect avec le temps, ce qui permet de dater approximativement le dépôt. Une épreinte fraîche est molle et humide, généralement de couleur vert foncé. Après quelques heures à quelques jours, elle va durcir et prendre une

couleur noire et luisante. Au fil des jours, elle va se dissocier et sa couleur va s'éclaircir pour devenir blanc. Bien sur, ces caractéristiques dépendent du milieu et de la météo.

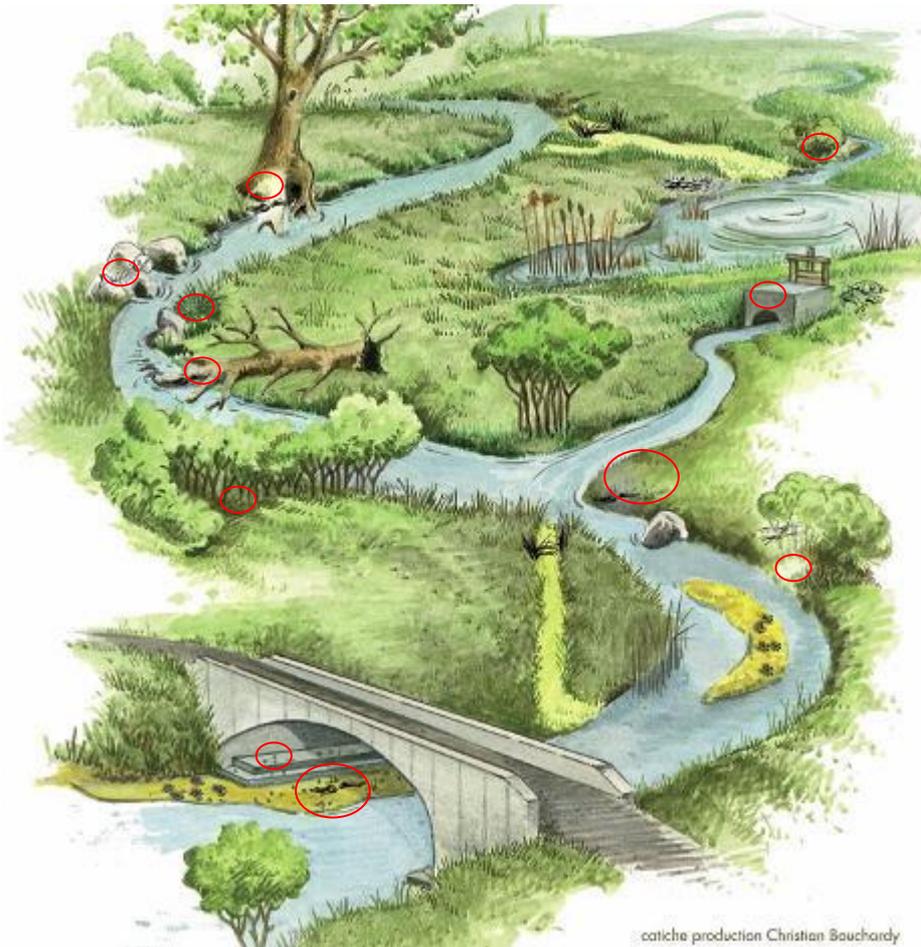


Figure 16 : Lieux propices à la présence d'épreintes de loutre dans les cercles en rouge

bultes herbeuses, les méandres, les confluences (Figure 16). Les lieux de dépôts vont pouvoir varier en fonction du niveau d'eau (22).

## 2. L'impact connu des métaux sur les loutres

Les métaux présents dans l'eau peuvent se concentrer dans les organismes vivants comme les poissons c'est ce que l'on appelle la bioaccumulation. Ce phénomène se concentre tout le long de la chaîne alimentaire. Les super-prédateurs qui sont en fin de chaîne alimentaire auront donc le plus de risque de concentrer les métaux. Les métaux sont présents en quantité importante dans le foie, les reins et les intestins chez les poissons issus du Gave de Cauterets. La loutre, qui consomme ces poissons est en fin de chaîne alimentaire et a donc plus de risque de bioaccumuler les métaux dans son organisme. En effet, dans son milieu naturel, elle n'a pas de prédateur direct. Seul l'homme peut représenter un risque. Des cas de collision de loutres par des voitures sont recensés régulièrement en France. L'impact des métaux (Zn, Cd et Pb) a donc été recherché dans la littérature et les études scientifiques.

On ne dispose que de très peu d'études sur les loutres européennes concernant les métaux. La plupart des données concernent la loutre américaine. Les données qui vont suivre sont donc issues des études réalisées sur des espèces proches de la loutre européenne afin de déterminer l'impact que les métaux peuvent avoir sur leurs organismes (23).

#### a. Le zinc

Le Zn est un des métaux qui ne sont pas étudié. En effet, le Zn peut être régulé par l'organisme. Les quantités que l'on trouvera dans les organismes ne seront donc pas représentatives de la proportion de Zn qui a été présent dans l'organisme. Les quantités de Zn seront donc difficiles à interpréter car une partie est éliminée.

#### b. Le cadmium

Seulement 5% du cadmium ingéré est absorbé par l'organisme. La principale source d'exposition est l'ingestion d'aliments d'origine aquatique qui sont plus riches en Cd (24 et 25) Le transport du cadmium est assuré par le sang. Le cadmium est ensuite accumulé principalement dans les reins et le foie. Les tissus représentent 50% de la charge totale de l'organisme en Cd (26).

Il existe un système de détoxification. Lorsque que l'élimination n'est plus proportionnelle à l'accumulation de cadmium, les effets toxiques apparaissent (27) comme des troubles rénaux, cardiovasculaire... L'élimination du Cd est très lente chez les mammifères, il s'accumulera avec l'âge dans les reins et le foie. C'est sur ces organes qu'il semble donc intéressant de connaître la concentration en Cd.

Chez la loutre américaine, les mesures de concentration en cadmium sont comprises entre 0,1 et 5,0 mg/kg dans les reins et entre 0,1 et 1,0 mg/kg dans le foie (28). Chez la loutre d'Europe, les concentrations sont de 0,3 à 0,8 µg/kg pour le foie et d'environ 0,7 µg/kg pour le rein (29,30 et 31). Dans l'alimentation des loutres, le seuil maximal conseillé est de 0,5 mg/kg (32).

#### c. Le plomb

Le plomb est absorbé par l'organisme par inhalation ou par ingestion, puis distribué par le sang à différents organes (33). Les tissus mous (reins, foie, rate...) retiennent 5 à 10 % et les os fixent plus de 90 % du Pb. L'élimination se fait principalement par les urines avec 75% et entre 15 à 20% par les fèces. Il semble donc intéressant de connaître la quantité de Pb contenu dans les os et l'urine et dans une moindre mesure dans les fèces, le foie, la rate et les reins.

Le plomb peut provoquer des cécités, des lésions du foie et des reins, des hémorragies, action neurotoxique et des troubles de la reproduction (34 et 29).

Chez les loutres américaines, les concentrations publiées vont de 0,4 à 55,0 mg/kg dans le foie et de 0,4 à 32,5 mg/kg dans les os (28). Chez la loutre d'Europe, les concentrations sont de 0,8 à 2 µg/kg dans le foie et d'environ 0,7 µg/kg dans le rein (29, 30 et 31).

Dans l'alimentation, très peu de données sont disponibles sur les limites maximales de polluants acceptables dans l'alimentation de la loutre. Seul (32) fixe une limite à 2,0 mg/kg de plomb dans les poissons, seuil à ne pas dépasser.

### 3. Etat des connaissances sur le site

La conservation de la loutre est réalisée par un plan national d'action en faveur de la loutre d'Europe *Lustra lutra* (PNA) 2010-2015. Ce plan a pour objectifs de permettre une meilleure protection, de favoriser la recolonisation dans l'ancienne aire de répartition, d'informer et de permettre une cohabitation entre la loutre et les activités humaines. Ce plan est mis en œuvre aux travers des fiches actions qui détaillent les actions à réaliser.

En 2011-2013, une action de réactualisation de la répartition des loutres a été réalisée en procédant en deux phases. L'objectif est de réaliser une prospection sur l'ensemble de la région Midi Pyrénées, en réalisant 1 point tous les 20km de cours d'eau, avec deux passages minimum par point. Ces points permettront de réaliser un suivi plus précis. Grâce à cette réactualisation des données, une cartographie sur la répartition de la loutre est actuellement en cours d'élaboration. (35)

Les premières données, nous confirment la présence de loutre sur le Gave de Cauterets et de Pau. Sur le Gave de Cauterets, elles semblent même implantées en amont de Cauterets. Pour notre étude qui se passe en aval de Cauterets et sur le Gave de Pau, les marqueurs de présence incitent à penser que notre étude d'impact des métaux sur les loutres est donc réalisable.

#### a. Collecte des cadavres

Dans la région Midi-Pyrénées, les cadavres retrouvés morts de façon passive sont autopsiés dans le cadre du PNA. Cette autopsie permet de connaître les causes de la mort. Dans le cas où la cause de la mort n'était pas connue après cette autopsie, des analyses étaient réalisées à titre indicatif. La détection du taux en As, Cd, Hg et Pb a été réalisée ainsi que des substances comme les pesticides, les PCB et anticoagulants. Le plomb a été notamment choisi à cause des plombs de chasse. La détection des métaux lourds a notamment été arrêtée à cause du coût.

Un protocole préliminaire concernant la collecte des cadavres a été rédigé en aout 2013 par Rachel KHUN (animatrice du PNA loutre). 3 niveaux de recherche sont décrits. Le premier niveau permet de rassembler les informations concernant la collecte afin de constituer une base de données SIG national sur la découverte de cadavres et une banque de prélèvements génétiques. Au ce niveau, le cadavre n'est pas collecté. Le deuxième niveau n'est applicable que si le réseau de collecte, de stockage et d'analyse des spécimens est structuré. Ce niveau sera réalisé en fonction des stratégies régionales, des informations déjà connues, de la densité de la population et de la mise en place d'étude plus spécifiques. Le dernier niveau consiste à réaliser une autopsie complète de l'animal qui n'est pas envisagé dans le cadre du PNA. Cependant, un organisme extérieur peut réaliser une étude s'il a les financements, les moyens techniques et qu'il n'empêche pas les démarches déjà enclenchées par le PNA.

#### b. Les études scientifiques

En France, des études sur la contamination des organes de loutres par les métaux ont déjà été réalisées dans le bassin de la Loire et dans la Drôme. Dans la région Midi-Pyrénées, aucune étude n'a été entreprise actuellement concernant les métaux sur la loutre.

## B. Le desman des Pyrénées (*Galemys pyrenaicus*)

### 1. Caractéristiques

#### a. Généralité



Figure 17 : Le desman des Pyrénées (*Galemys pyrenaicus*)

Le desman fait partie de l'ordre des Soricomorphes, appartenant à la famille des Talpidae et à la sous-famille des Desmaninae. La sous-espèce du desman des Pyrénées est *G. p. pyrenaicus*

#### b. Description de l'espèce

Il mesure entre 24 et 29 cm de long dont plus de la moitié concerne la queue. Sa vision est faible (37). Il porte

une trompe mobile et préhensible qui mesure un quart de sa longueur (Figure 18). Ses pattes antérieures sont armées de fortes griffes (Figure 18) et sont reliées par une ébauche de palmure qui va jouer un rôle important dans la nage. Sa fourrure est formée par



Figure 18 : En haut, une patte postérieure, au milieu, la fourrure et en bas, la trompe du desman

une couche interne composée d'un duvet et une couche externe constituée de longs poils (Figure 18). Son poids est compris entre 50 à 60g chez l'adulte.

### c. Habitat



**Figure 19 : Aire de répartition mondiale du desman des Pyrénées en 2008**

Le desman des Pyrénées est une espèce endémique du quart nord ouest de la péninsule ibérique et du massif pyrénéen (Figure 19). Le desman ne creuse pas de terrier. Il vit dans les cours d'eau en moyenne et haute altitude. Les études détaillées sur les habitats du desman sont rares.

Il établit son gîte dans des cavités naturelles des berges ou occupe un terrier abandonné. Il possède plusieurs gîtes dont l'entrée est toujours immergée.

### d. Période d'activité

Le desman a une activité essentiellement nocturne qui occupe 70 à 89% de la durée de la nuit durant les mois de juin et juillet (3). Trois pics d'activités diurnes sont suggérés : à l'aube, au crépuscule et entre 12h et 14h (38).

### e. Alimentation

La base de son régime alimentaire est composée d'invertébrés aquatiques benthiques et rhéophiles comme les trichoptères, les plécoptères, les éphéméroptères, les diptères et les gammarès (39 et 40). Ces espèces sont sensibles aux modifications physico-chimiques de l'eau (41 et 38). Le desman est donc sensible à toute modification du milieu. De plus pour attraper ses proies, il utilise sa trompe qui ne peut les détecter qu'à une distance inférieure à 4 ou 5 cm.

### f. Présence

Le desman est discret, rapide et vit surtout la nuit ce qui rend l'observation très difficile. Il faut donc trouver des traces laissées par le desman comme les fèces déposés sur les rochers. Ce type d'indice reste difficile à identifier car il peut être confondu avec celles de la Musaraigne aquatique si l'observateur n'est pas un spécialiste (42).

## 2. Etat des connaissances sur le site

La conservation du desman est réalisée par un plan national d'action en faveur du desman des Pyrénées (PNA) 2009-2014. Ce plan concerne 3 régions (Aquitaine, Languedoc-Roussillon et Midi-Pyrénées) dont 6 départements (Ariège, Aude, Haute-Garonne, Hautes-

Pyrénées, Pyrénées-Atlantiques et Pyrénées-Orientales). Il définit les enjeux de conservation et les stratégies du plan. Il va notamment s'axer sur l'acquisition de connaissances car le manque de données est un frein à sa conservation. Lorsque ces connaissances seront suffisantes, des actions de protection pourront être mises en œuvre aux travers des fiches actions qui détaillent les actions à réaliser.

#### a. Suivi

Les points à prospecter pour le suivi de desman sont d'anciens points effectués dans les années 80 afin de voir l'évolution de la population. D'autres points ont été rajoutés afin d'élargir la connaissance sur l'aire de répartition. En même temps que ce suivi, l'habitat environnant est décrit afin de voir s'il joue un rôle sur l'implantation du desman. Les fèces prélevées pendant ces prospections sont ensuite analysées génétiquement afin de confirmer l'espèce. Cette étude génétique a pour but de connaître le flux de population de desman.

Les desmans retrouvés morts sont autopsiés pour trouver la cause de la mort. Des prélèvements conservatoires sont réalisés afin de prévoir d'éventuelles coupes histologiques et des études parasitaires. Les dépouilles sont aussi conservées.

#### b. Métaux

Sur les cadavres de desmans, aucune analyse de métaux n'est réalisée. Sur un individu la quantité de foie n'est pas suffisante pour réaliser de telles analyses. Il est donc nécessaire de faire un pool de tissu avec plusieurs individus. Cependant, la quantité de muscle est suffisante.

Dans la zone de l'étude, un seul individu a été trouvé mort. Il semble donc compromis de rechercher des métaux sur plusieurs cadavres de desmans. De plus, le desman est une espèce qui n'est pas encore connue dans ces détails, les impacts des métaux sur les desmans sont donc méconnus. Cette méconnaissance est due au fait que les desmans en captivité n'ont pas le même comportement qu'à l'état naturel. En effet, en captivité, les desmans peuvent se nourrir de poissons alors qu'à l'état naturel ce phénomène est rare.

### **III. Réflexion autour de la mise en place d'un suivi sur l'impact des mines de Penarroya sur le desman et la loutre**

Dans cette partie, une zone d'influence est proposée afin de réaliser des études dans le secteur contaminé par l'ancien site minier. Les analyses qui ont été envisagées sur les

cadavres des deux espèces seront décrites ainsi que leurs faisabilité. Il sera proposé d'autres moyens de détecter la contamination par les excréments ou par les poils.

## A. Zone d'influence

Au vu des études menées dans le passé, seul le Gave de Cauterets est classé en mauvaise qualité selon la norme SEQ Eau pour la qualité biologique. En effet, 90% des flux de Zn, Pb et Cd proviennent de la mine dans le Gave de Cauterets. On suppose donc que la zone d'influence directe des métaux due à la mine sur la biologie se trouve en grande partie sur le Gave de Cauterets. Le Gave de Pau est classé en qualité moyenne. Les mesures seront donc plus étalées dans cette zone afin d'avoir une des valeurs de contamination à comparer avec la zone directement impactée par la mine. Les prélèvements seront donc compris entre l'aval de Cauterets et l'amont de Lourdes car au-delà de Lourdes, la dilution est trop forte. En effet, en amont de Lourdes les flux sont de 50% provenant de la mine contre 20% en aval de Lourdes. Le point en amont de la mine de Penarroya sera une valeur de référence où la mine n'a pas d'impact sur la concentration des métaux (Annexe 4)

## B. Loutre

Dans le cadre de ce stage, un protocole sur les individus retrouvés morts devait être réalisé. Les rapports d'autopsie avec les lieux de collecte ont été obtenus afin de connaître la quantité de loutres retrouvées sur le site. La loutre la plus proche de la zone d'intérêt a été retrouvée dans le Gave d'Aryens qui se trouve dans le bassin versant à côté à plus de 20km de la zone d'influence. Le nombre de cadavres retrouvés dans la zone qui m'intéresse étant très faible, il a donc fallu trouver d'autres pistes pour évaluer l'impact des mines sur les loutres.

Il a donc été envisagé de réaliser des analyses sur des indices indirects comme les épreintes et les poils car les analyses de métaux sur les cadavres semblent compromises. En effet, les épreintes semblent plus faciles à prélever et en quantité suffisante pour avoir des résultats.

Cependant, si une loutre est retrouvée morte sur le Gave de Cauterets, des analyses de métaux (Cd, Zn et Pb) peuvent être envisagées et comparées aux chiffres dans la littérature scientifique afin de voir une éventuelle contamination sur l'individu.

### 1. Excréments

Comme dit précédemment, les excréments semblent être une bonne alternative afin d'avoir une idée sur la contamination des loutres du site par les métaux. Pour collecter les

épreintes, le protocole UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) est repris sur l'aspect de la prospection. La répartition des points de prospections est adaptée à la zone étudiée.

#### a. Répartition des points

Il a été choisi de réaliser un point en amont de la mine afin d'avoir un point de référence sans contamination. Sur le Gave de Cauterets, les points sont resserrés sur la zone des 2 Km qui a déjà été prospectée pour découvrir la source de contamination en Zn et Cd. 3 points seront donc réalisés sur la Gave de Cauterets. La contamination étant plus faible dans le Gave de Pau, nous réalisons des points plus dispersés afin de voir une éventuelle diminution des métaux dans les organismes (Annexe 5).

#### b. Prospection

Pour chaque point, nous réalisons une prospection en amont et en aval du point sur 300 m sur les deux rives ce qui reprend le protocole UICN (43 et 44).

Les échantillons prélevés devront dans la mesure du possible être frais. Dans tous les cas, les vieilles épreintes desséchées ne seront pas prélevées car la contamination extérieure est augmentée et nous ne pouvons pas connaître la date exacte d'émission. Pour le prélèvement, il faut recueillir toute l'épreinte à l'aide d'une cuillère. Si des épreintes se superposent, il faut les séparer et noter avec quel autre prélèvement elles étaient superposées. L'échantillon est introduit dans un bocal en verre étiqueté avec la date, le lieu, les coordonnées géographiques, le nom du collecteur. Une fiche sera réalisée avec d'éventuelles remarques. Si les analyses ne sont pas réalisées dans l'immédiat, les échantillons seront congelés et mis à l'obscurité pour éviter la dégradation du matériel par des bactéries (45). Pour réaliser l'analyse toxicologique, il faut en moyenne trouver sur le site des échantillons de 2 à 5 g (42).

#### c. Dosage des métaux

L'échantillon est minéralisé à 700°C, en présence d'acide sulfurique afin d'éviter les pertes de plomb et cadmium. Les cendres sont dissoutes dans une solution d'acide nitrique à 10%. Chaque échantillon est réalisé en double.

Les solutions étalons de Pb et Cd sont réalisées à partir d'une solution dont la concentration est connue.

La concentration en métaux est analysée avec un spectromètre d'absorption atomique Zeeman utilisant des lampes spécifiques des métaux à différentes longueurs d'onde (plomb : 217 nm ; cadmium : 228,8 nm).

La concentration en Pb et Cd est calculées à partir de la courbe d'étalonnage et les résultats seront exprimés en µg/kg de poids sec.

## 2. Poils

Les poils peuvent stocker les polluants présents dans leur milieu comme les métaux. Chez la loutre, la mue est continue et sans variation saisonnière (46).

Pour récolter les poils de loutres, différents types de pièges à poils ont été testés. Il existe des pièges à mâchoires et des collets modifiés qui laissent s'échapper l'animal, tout en récupérant des poils. Cette méthode testée sur des loutres sauvages du Canada (*Lutra canadensis*) semble être efficace (47).

Sur le tronçon du Lot, les pièges sont des piquets entourés de papier adhésif. Aucun attractif n'a été employé au niveau des piquets car la Loutre n'est pas sensible à certains produits. Cette méthode ne permet pas de sélectionner les animaux pouvant entrer dans les pièges et donc, déposer leurs poils. Il faut donc installer également des pièges photographiques afin d'appréhender les espèces qui passent entre les piquets adhésifs. Une identification des poils par microscopie peut être réalisée. Dans cette étude, aucun poil de loutre n'a pu être prélevé en deux nuits de piégeage. L'étude de (47) révèle un taux de capture de 0,049 de poils de loutres par nuit de piégeage ce qui explique l'absence de poils dans cette étude.

La colle présente dans l'adhésif est susceptible d'être un biais dans l'analyse des métaux lourds. Les piquets peuvent être équipés de bandes velcro mais le dispositif n'a été essayé que sur des loutres captives. Ils avaient collecté 5 poils en 4 jours. Contrairement aux loutres captives, les loutres sauvages sont plus méfiantes. Il est donc supposé que ce dispositif sur des loutres sauvages ne permettra pas de récolter suffisamment de poils afin de réaliser une analyse avec les métaux (48). L'étude de la contamination des loutres par les métaux dans les poils n'est donc pas envisagée.

## C. Desman

Depuis 2010, dans le cadre du PNA desman, aucun individu n'a été trouvé mort dans la zone de contamination. Cependant, le desman est présent dans le secteur car des marques de présence ont été trouvées sur le Gave de Cauterets. Pour les analyses de métaux sur le desman, il faut faire un pool de plusieurs individus. Il semble donc plus judicieux de réaliser les analyses de métaux sur les fèces ou sur les poils que sur les cadavres de desman. Les analyses de poils sont écartées car il est difficile d'en prélever de façon non invasive.

### 1. Excréments

L'identification des excréments de desman reste complexe car il est possible de les confondre avec des fèces de Musaraigne aquatique (42). L'étude génétique qui est en cours permet de confirmer l'origine. Cependant, l'analyse génétique utilise l'intégralité des fèces sauf s'ils sont gros ce qui est très rare. De plus, la contamination des métaux sur cette espèce est très peu connue. Avec les informations récoltées, l'étude des métaux sur les excréments de Desman semble donc compliquer à mettre en place. Elle est donc écartée.

### 2. Poils

Les poils sont très peu voire absents dans les fèces. Il est donc difficile d'en trouver de cette façon. Concernant la capture de desman, celle-ci reste rare et doit se faire dans un encadrement bien spécifique. En effet, le desman est fragile et la capture peut lui être fatale. Avec de telles contraintes, cet indicateur est donc lui aussi écarté.

## **IV. Proposition de nouveaux indicateurs de suivi**

L'impact des mines sur les desmans ne peut pas être mis en évidence. Concernant la loutre, la quantification de la contamination des métaux est envisagée par l'analyse des épreintes cependant de telles analyses sont généralement faites directement sur les loutres. Il est donc important de trouver de nouveaux indices susceptibles de comprendre l'impact des mines sur la biologie. Cette partie propose donc des indicateurs qui peuvent être explorés dans ce but.

### A. Biofilm

Les biofilms sont des agrégats de microorganismes (bactéries, virus, ...), qui se forment sur des surfaces en contact avec l'eau. Les bactéries sont l'élément le plus souvent responsable de la construction du biofilm (49). La grande vitesse de croissance leur permet d'intégrer rapidement les changements environnementaux (50). Les biofilms filtrent et accumulent les métaux présents dans l'eau (51) et ont des mécanismes de détoxification. Les biofilms ont une diversité importante qui peut être perturbée par les polluants d'origine anthropique (52). En effet, le stress occasionné par les métaux fait varier la taille des différentes populations présentes dans le biofilm. Une étude en laboratoire a notamment montré qu'une exposition chronique des biofilms à des concentrations modérées en Cd et Cu

avait des effets sur l'organisation biologique. Le paramètre le plus sensible était la diversité (51).

#### a. Prospection

Cette étude consistera à comparer la diversité des biofilms. Ils seront prélevés sur 2km tous les 400 m sur le Gave de Cauterets (point 2, 6, 10, 14 et 18 Annexe 2). Sur le Gave de Pau, les 3 points pour la prospection des épreintes de loutres sur le Gave de Pau sont repris. Le point de référence en aval de la mine est le même que pour la loutre et le cincle.

Les prélèvements seront réalisés à l'étiage. Des galets immergés dans l'eau seront sortis de l'eau afin de les gratter avec une cuillère en plastique décontaminée et changée à chaque échantillon. Celui-ci sera ensuite stocké dans des tubes de 50 ml puis congelé jusqu'aux traitements et analyses.

#### b. Préparation des échantillons

Le biofilm est mis en suspension avec 10 ml d'eau, puis filtré. Il sera ensuite passé au vortex pendant 20 min puis centrifugé (12 000g à 4°C pendant 20min). Le culot sera conservé à -80°C jusqu'à l'analyse.

#### c. Analyse

La partie du biofilm qui va être utilisée sera celle contenant les bactéries. Elles doivent dans un premier temps être amplifiées par réaction en chaîne par polymérase (PCR)<sup>o</sup> pour augmenter leur qualité. Ensuite une évaluation par électrophorèse sur gel d'agarose sera réalisée pour quantifier et vérifier l'amplification des échantillons. Puis enfin une électrophorèse sur gel à gradient dénaturant (DGGE) est réalisée afin de déterminer la biodiversité.

##### i. Réaction en chaîne par polymérase (PCR)

La PCR a pour but d'amplifier le nombre de copie d'une séquence d'ADN à partir d'une petite quantité d'ADN. Elle est réalisée à l'aide d'un thermocycleur qui assure les changements de température pour avoir les phases de dénaturation, d'hybridation et d'élongation de l'ADN qui sont nécessaire (53).

##### ii. Electrophorèse sur gel d'agarose

Après la PCR, une électrophorèse sur gel d'agarose sera réalisée afin de quantifier les échantillons. Cela permettra de savoir si pour la DGGE il faut réaliser une dilution ou non. Le gel d'agarose est coulé dans l'électrophorèse avec un peigne adapté et avec un révélateur (Bromure d'éthidium à  $\mu\text{g/ml}$ ). Une solution tampon est ensuite ajoutée, puis les échantillons sont mis dans les puits réalisé par le peigne. Les échantillons vont ensuite migrer sur le gel

avec un courant électrique (100V pendant 45min). Le gel est exposé au rayon ultraviolet afin de révéler les séquences d'ADN. L'intensité des bandes lumineuses permettra de déterminer la quantité amplifiée pendant le PCR.

### iii. Electrophorèse sur gel à gradient dénaturant (DGGE)

La DGGE permet de séparer les échantillons selon la séquence ADN. Elle utilise la caractéristique de la biodiversité d'un échantillon environnemental (54 et 55). Le nombre de bandes est une sorte de mesure de la biodiversité. Chaque profil va correspondre à un échantillon. Dans ce profil, chaque fragment correspond au moins à une espèce de bactérie.

Les échantillons amplifiés par PCR vont ensuite servir pour la DGGE. Ils seront dilués selon la quantité trouvée par électrophorèse sur gel d'agarose. Ils sont déposés sur gel d'acrylamide contenant un gradient d'agent dénaturant (urée). Les séquences d'ADN vont ensuite migrer avec un courant électrique (100V pendant 16h à 60°C). Un révélateur est exposé aux ultraviolets afin de révéler des bandes lumineuses.

## B. Cincle plongeur (*Cinclus cinclus*)



Figure 20 : Le cincle plongeur (*Cinclus cinclus*)

Plusieurs études sur les oiseaux ont montré les effets néfastes sur leur reproduction sur des sites de fonderie pollués en métaux (56). Le cincle plongeur semble être un bon indicateur pour réaliser un suivi sur les métaux.

C'est une espèce d'oiseau qui vit à côté d'un cours d'eau où il réside toute l'année. Il ne réalise pas de réelle migration, cependant il se déplace saisonnièrement en période de froid. De plus, ses déplacements sont compris entre 1 à 16 km avec une moyenne de 5km ce qui reste intéressant dans notre cas (57). Il se nourrit d'aliments uniquement capturés dans les cours d'eau qui se composent d'invertébrés benthiques, de petits poissons et des œufs de poissons (58). Une étude au Canada a confirmé que le cincle plongeur est un modèle efficace de surveillance. Les cincles étaient contaminés par le plomb issu d'une mine par le biais d'invertébrés contaminés qui font partie de leur nourriture (59). Les métaux peuvent être détectés dans les plumes et les fèces (60 et 61). Au cours de la période de croissance des plumes, les métaux sont transmis par de petits vaisseaux sanguins (62 et 63).

Une étude sur la contamination des excréments de cincle plongeur dans la vallée d'Ossau dans les Pyrénées atlantiques a déjà été initiée sur les fèces. Une publication est en cours d'élaboration. Notre étude se basera sur cette étude afin d'avoir un point de comparaison d'un site peu pollué. Les échantillons seront donc traités de la même manière que dans cette étude. Cependant, la prospection se fera sur les fèces et les plumes de cincles afin d'avoir une quantité suffisante de matériels à analyser.

#### a. Répartition des points de prospection

La répartition des points de prospection se fera dans la même logique que pour les loutres. Un point en amont de la mine de Penarroya sera collecté afin d'avoir un point de référence non contaminé. A l'aval de la mine, sur le Gave de Cauterets, les points seront resserrés jusqu'à la confluence du Gave de Pau. La contamination de métaux étant plus faible dans le Gave de Pau, les points seront plus dispersés. Les points de prospection seront les mêmes que pour la loutre afin de pouvoir comparer les résultats (Annexe 5).

#### b. Prospection

Pour chaque point, nous réaliserons une prospection en aval et en amont sur 300m sur les deux rives. Les fèces pourront être collectées sur des rochers. Il faudra sélectionner les fèces fraîchement déposés. S'ils sont superposés, ils seront dans la mesure du possible séparés. Dans ce cas il faudra noter les autres échantillons qui ont été en contact. Les échantillons sont ensuite congelés dans des bocaux en verre rincé à l'acide. Une étiquette sera apposée sur le bocal avec la date, le lieu, le nom du collecteur et d'éventuelles remarques.

#### c. Préparation de l'échantillon

Les plumes seront rincées à l'acétone pure et rincées à l'eau distillée plusieurs fois. Les plumes et les fèces sont ensuite séchées à l'air, puis au four jusqu'à un poids constant. Elles sont ensuite pesées. Elles sont digérées avec l'ajout d'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>), puis chauffées lentement pour réduire le volume. Les échantillons sont réduits par la chaleur à <1 ml. Ils sont ensuite dilués dans de l'eau distillée, puis conservés au réfrigérateur dans des flacons en polypropylène jusqu'à l'analyse des métaux. Des blancs suivront la procédure pour garantir la qualité de l'analyse.

#### d. Analyse

L'analyse des métaux dans les plumes et les fèces se fera avec un spectromètre de masse. Des courbes d'étalonnage seront donc réalisées afin de connaître la concentration dans les échantillons.

## C. Poissons

Des analyses de métaux ont été réalisées dans le passé sur les poissons dans le Gave de Cauterets. Elles ont été réalisées dans le but de voir l'état sanitaire des poissons pour la consommation humaine (13). Il semble donc intéressant de faire ces analyses de métaux sur les poissons régulièrement, tous les 5 à 10 ans. Cela nous permettra dans un premier temps de surveiller l'état sanitaire des poissons et dans un deuxième temps de surveiller la progression des métaux chez les poissons (augmentation, diminution ou stagnation). Les points seront donc des points de contrôle. Il n'est donc pas nécessaire de réaliser des prélèvements jusqu'à Lourdes. De plus, les pêches électriques sur le Gave de Pau ne sont pas réalisables car le débit est trop fort. Deux points correspondant aux points déjà utilisés lors de l'étude sur les invertébrés aquatiques et les populations piscicoles seront réalisés (15) :

- Un point en amont du Gave de Cauterets pour avoir un point de référence non contaminé par les mines. Il sera situé au niveau du pont où la D920 passe. Il est situé à 300m en amont du site minier.
- Un point en aval des mines sur le Gave de Cauterets là où la contamination est la plus forte. Il sera situé à proximité du pont de la D921 à Soulom situé à 1km en aval du site de Penarroya.

Les truites fario seront prélevées afin d'avoir au moins 5 individus, dans chaque point de prélèvement et analysées pour connaître la concentration en métaux dans les muscles, le foie, les reins et les intestins. Ces données seront comparées aux résultats obtenus dans le passé (15).

Cette pêche électrique effectuée en deux passages successifs (méthode De Lurry) aura aussi pour but de réaliser un inventaire piscicole. Le poids, la taille, le nombre et l'âge seront relevés afin d'analyser les densités de population et la croissance des truites fario. Ces résultats seront comparés à ceux obtenus en 2008 afin de voir si on constate une évolution.

## Conclusion

Ce stage a permis de comprendre que seul le Gave de Cauterets avait une mauvaise qualité au niveau de la biologie pour le Zn, le Cd et le Pb. Pour les autres usages, la qualité est bonne sauf pour la pisciculture qui est mauvaise mais aucune n'est recensée dans le secteur. Sur le Gave de Pau, les apports en métaux du Gave de Cauterets sont dilués par les autres cours d'eau. La qualité du Gave de Pau a une qualité moyenne pour la biologie à cause des métaux. Cependant, 50% de Cd et Zn proviennent de la mine en amont de Lourdes. La zone d'influence reprend donc le Gave de Cauterets et la partie amont de Lourdes du Gave de Pau.

Ces métaux peuvent avoir des conséquences sur la biologie dans cette zone. Une réflexion sur la mise en place d'indicateurs sur le desman et la loutre a été entreprise. Pour le desman, les connaissances actuelles ne permettent pas d'élaborer un protocole de suivi des métaux. Pour la loutre, seules les épreintes sont retenues car les poils ne peuvent pas être collectés de façon suffisante. De plus, la quantité de cadavres retrouvée dans la zone ne permet pas non plus de réaliser un suivi. Cependant, la loutre élimine de façon biologique le Zn qui est le métal le plus concentré sur le Gave de Cauterets.

Au vu de ces difficultés, de nouveaux indicateurs de suivi ont été proposés. Pour le biofilm, l'impact sera décelé sur le changement de la biodiversité de l'agrégat de bactéries. Concernant le cincle, des études sur les métaux dans les fèces ont déjà été faites dans les Pyrénées Atlantiques (vallée d'Ossau). La réalisation des analyses sera semblable à cette étude afin de faciliter la comparaison des résultats. Il est proposé de compléter ces données avec les plumes de cincles. Enfin, les poissons ont fait l'objet d'une étude de croissance et de densité sur le Gave de Cauterets il y a 5 ans. Il est donc proposé de reprendre ce protocole et de le comparer aux résultats obtenus précédemment.

Les événements climatiques exceptionnels du mois de juin et la crue ont eu un impact sur les milieux et les espèces des cours d'eau. Les propositions des points de prélèvements sont basées sur les données réalisées avant la crue. Ces points seront donc à réajuster lorsque les travaux de réhabilitation du Gave de Pau et de Cauterets seront terminés.

Cette étude bibliographique s'est penchée sur le devenir dans le Gave de Cauterets et de Pau cependant on peut se demander quels sont les impacts des métaux sur des espèces qui vivent sur le dépôt minier. Des études sur les escargots dans un site minier en Franche Comté ont permis de voir un impact sur leurs coquilles (64). Cet indicateur peut être une piste pour une nouvelle étude.

## Bibliographie :

1. Sazartornil, H., juin 2010. Infosite Natura 2000 « Gaves de Pau et de Cauterets ». 6 p
2. Syndicat mixte de développement rural de l'arrondissement d'Argelès-Gazost, avril 2010. – Réseau Natura 2000 Document d'objectifs de la zone spécial de conservation Gaves de Pau et de Cauterets (et gorges de Cauterets), FR7300922, département des Hautes Pyrénées : document de synthèse, vol. 1 Etat des lieux. 229 p
3. GINGER CEBTP, octobre 2011. Recylex site de la Galène Pierrefitte (65), Etude de diagnostic géotechnique (G5), Dossier FLL2.B.0153.0001. 20 p
4. Duval, C., Caudron, M., 2008. Concession de pierrefitte, avis sur l'influence du dépôt minier au lieu-dit la galène sur l'instabilité du site. Rapport d'étude INERIS DRS-08-98707-12208A. 56 p.
5. BRGM, avril 2007. Note préalable à l'établissement d'un cahier des charges sur l'évaluation de l'impact des anciennes mines de Pierrefitte. 33 p.
6. Direction régionale de l'industrie de la recherche et de l'environnement de lorraine, Division mines sous-sol., 2006. La réglementation des activités minières et de l'après-mine. 28 p.
7. Cottard, F., Boulecc, I., Dutartre Ph., Fleury L., 2002. Audits environnementaux de six mines fermées ou abandonnées de la région Midi-Pyrénées. Rapport BRGM RP-51538-FR, 76 p., 8 fig., 20 tab., 3 ann.
8. Le Bourg, A., Decheneau, P., Rauber C., 2000. Communauté de commune de la vallée de st savin, site minier la galène commune de soulom (65), projet coulée verte Pierrefitte-Nestalas/Cauterets, analyse préliminaire des risques de pollution et des impacts sur le projet. 44 p.
9. Minelis., 2009. Concession de Pierrefitte, traçage des métaux dans le Gave de Cauterets (Hautes Pyrénées). 18 p.
10. Syndicat mixte de développement rural de l'arrondissement d'Argelès-Gazost, mai 2011. Bilan du contrat de rivière Gave de Pau 2002-2012 et perspectives d'avenir dans le cadre d'un avenant 2011-2012. 91 p.
11. Bareille, G., Mars 2008. Quantification de la pression polymétallique sur le Gave de Pau : origine et variabilité (approche flux), convention AEAG 930 64 0006. 97 p.
12. Syndicat mixte de développement rural de l'arrondissement d'Argelès-Gazost., juin 2004. Compte rendu de la réunion bilan sur les analyses métaux sur bryophytes, sur sédiments et sur poissons menées sur le bassin du Gave de Pau. 7 p.
13. Fédération de Pêche des Hautes-Pyrénées., 2004. Commentaires sur les analyses de métaux lourds dans les chairs de poissons du Gave de Cauterets et du ruisseau de la mine de Penarroya. 3 p.
14. Syndicat mixte de développement rural de l'arrondissement d'Argelès-Gazost., mars 2007. Compte rendu de la réunion du comité de pilotage « sites et sols pollués » à Tarbes. 7 p.
15. FDAPPMA (65), décembre 2008. Étude de l'impact des rejets des anciennes mines de Penarroya sur les invertébrés aquatiques et les populations piscicoles 12 p.
16. Duquet, M., 1992. Loutre d'Europe. In: Duquet M., MNHN (eds). Inventaire de la faune de France : vertébrés et principaux invertébrés. Nathan, Paris, 30 p.
17. Rosoux, R., Green, J., 2004. La loutre. Belin, Paris, 96 p.
18. Chanin, P., 1993. Otters. Ed. Whittet Books, Londres, 128 p.
19. Gutleb, A.C., Kranz, A., Nechay, G., Toman, A., 1998. Heavy metal concentrations in livers and kidneys of the otter (*Lutra lutra*) from Central Europe. Bull. environ. Contam. Toxicol., 60 (2): 273-279 p.
20. Bouchady, C., 1986. La loutre. Le sang de la terre éditeurs, Paris, 174 p.

21. Bouchardy, C., Rosoux, R. & Boulade, Y., 2001. La loutre d'Europe, histoire d'une sauvegarde. Catiche Productions et Libris, Clermont-Ferrand. 31 p.
22. Simonet, F., Désiré, S., 2011. La loutre d'Europe : Identifier les indices de présence de la Loutre d'Europe *Lutra lutra* 1- Epreintes et marquages. Livret « indices de présence ». GMB. 15 p.
23. Mazet, A., Keck, G., Berny, P, 2005. Concentrations of PCBs, organochlorine pesticides and heavy metals (lead, cadmium and copper) in fish from the Drôme river : potential effects on otters. *Chemosphere*, 61 (6) : 810-816 p.
24. Cossa, D. & Lassus, P. 1989. Le cadmium en milieu marin : biogéochimie et écotoxicologie. Rapport scientifique et technique de l'IFREMER, n°16, 111p.
25. Amin, O.A., Comoglio, L.I. & E.M. 2003. Toxicity of Cadmium , Lead and Zinc to larval stages of *Lithodes santola* (decapoda, Anomura). *Bul. Environ. Contam. Toxicol.* 71 : 527-534.
26. Lemarchand, C., 2007. Etude de l'habitat de la loutre d'Europe (*Lutra lutra*) en région Auvergne (France) : relations entre le régime alimentaire et la dynamique de composés essentiels et d'éléments toxiques. Thèse de Doctorat de l'Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, 225p.
27. Klaasen, C.D., Liu, J., 1997. Role of metallothionein in cadmium-induced hepatotoxicity and nephrotoxicity. *Drug. Metab. Rev.*, 29: 79-102.
28. Mason, C.F., Wren, C.D., 2001. Carnivora. In: Shore R.F., Rattner B.A. (eds). *Ecotoxicology of wild mammals*. John Wiley and Sons Ltd, Chichester, England, 315-370.
29. Mason, C.F., 1998. Decline PCB levels in otters (*Lutra lutra*). *Chemosphere* 36 : 1969-1971.
30. Gutleb, A.C., Kranz, A., 1998. Estimation of polychlorinated biphenyl (PCB) in livers of the otter (*Lutra lutra*) from concentrations in scats and fish. *Water, Air and soil Poll.* 106: 481-491.
31. Colas, C., Caurant, F., Rousoux, R., De Bellefroid, M.D.M., 2005. Contamination de la loutre d'Europe (*Lutra lutra*) par les polluants organiques (PCBs, OCPs) et métalliques (Cd, Hg, Se, Zn, Cu) dans l'ouest de la France. Synthèse des travaux 2005. Rapport MEDD, région Poitou-Charentes, ville de la rochelle.
32. Weber, D., 1990. La fin de la loutre en Suisse. Rapport final du « Groupe Loutre Suisse ». *Cah. Environ.* 128: 79-88.
33. Pain, D.J., 1995. Lead in the environment. In: Hoffman D.J., Rattner B.A., Burton G.A., Cairns J. (eds). *Handbook of ecotoxicology*, CRC Press, Boca Raton, 356-391.
34. Hoffman, D.J., Rattner, B.A., Scheunert I., Korte F., 2001. Environmental Contaminants. In: Shore R.F., Rattner B.A. (eds), *Ecotoxicology of Wild Mammals*, John Wiley and Sons Ltd, Chichester, England, 1-48.
35. Arthur C.P., 2005. Observatoire du Patrimoine naturel : veille écologique sur les espèces patrimoniales prioritaires. Programme loutre d'Europe. I suivi de la répartition. OPN/REP/CAR-LUT/001. 24 p.
36. Parc National des Pyrénées., 2011. Le journal du Parc national des Pyrénées, Epreintes. N°29. 5 p
37. Stone R.D., 1987b. The activity pattern of the Pyrenean desman (*Galemys pyrenaicus*) (Insectivora : Talpidae), as determined under natural condition. *Journal of Zoology*, London, 213 : 95-106.
38. Bertrand, A., 1994. Répartition géographique et écologie alimentaire du Desman des Pyrénées *Galemys pyrenaicus* (Geoffroy, 1811) dans les Pyrénées françaises. Diplôme Universitaire de Recherche, Toulouse, 217 p.
39. Puissegur, C., 1935. Recherches sur le Desman des Pyrénées. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 67 : 163-227.

40. Peyre, A., 1956. Ecologie et biogéographie du Desman (*Galemys pyrenaicus*) dans les Pyrénées françaises. *Mammalia*, 20: 405-418
41. Santamarina, J., 1992. Trophic resources of *Galemys pyrenaicus* (Geoffroy, 1811) in relation to water quality. in : Proceeding meeting on the Pyrenean desman, Lisboa, 1992 : 27-32.
42. Némoz, M., et Bertrand, A., 2008. Plan National d'Actions en faveur du Desman des Pyrénées (*Galemys pyrenaicus*), 2009-2014. Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères / Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire, 151p.
43. Lemarchand, C., Rosoux, R., and Berny, P., 2011. Ecotoxicology of the Eurasian Otter (*Lutra lutra*) along Loire River (France) and Predictable Trends due to Global Change. Proceedings of XIth International Otter Colloquium, IUCN Otter Spec. Group Bull. 28B: 5-14
44. Réseau loutre. Méthode d'inventaire de la loutre [en ligne]. Disponible sur <[http://www.reseau-loutres.org/methode\\_inventaire\\_loutre.php](http://www.reseau-loutres.org/methode_inventaire_loutre.php)> (Consulté le 25/05/2013).
45. Mercier, L., 2006. Méthode d'analyse du régime alimentaire de la Loutre d'Europe *Lutra lutra*. 24 p.
46. Kuhn, R., Jacques, H., 2011. Encyclopédie des carnivores de France : la Loutre d'Europe. SFPEM : 8.
47. Depue, J.E., Ben-David, M., 2007. Hair sampling techniques for river otters. *Journal of wildlife management*, 71 (2): 671-674.
48. Kuhn, R., 2010. Note on hair-sampling devices for Eurasian otters. *IUCN Otter Spec. Group Bull.*, 27(2).
49. Berthium, C., 2010. Caractérisation du biofilm en lien avec la dégradation des acides haloacétiques dans le réseau de distribution d'eau potable. 84 p.
50. Sabater, S., Guasch, H., Ricart, M., Romaní, A., Vidal, G., Klüder, C., Schmitt-Jasen, M., 2007. Monitoring the effect of chemicals on biological communities. The biofilm as an interface, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, vol. 387, p. 1425-1434
51. Behra, Renata., 2006. Influence des métaux sur les biofilms d'algues. *Eawag News* 60f : 16-20.
52. Barranguet, C., van Beusekom, S.A.M., Veuger, B., Neu, T.R., Manders, E.M.M., Sinke, J.J., Admiraal, W., 2004. Studying undisturbed autotrophic biofilms: still a technical challenge. *Aquatic Microbial Ecology* 34, 1-9.
53. Iribar, A., 2007. Composition des communautés bactériennes dénitrifiantes au sein d'un aquifère alluvial et facteurs contrôlant leur structuration : Relation entre structure des communautés et dénitrification. Thèse Université Toulouse III, 235p.
54. Welsh, A.K., McLean, R.J., 2007. Characterization of bacteria in mixed biofilm communities using denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE). *Curr Protoc Microbiol*. Chapetr 1, Unit IE 1
55. Muyzer, G., De Waal, E.C., and Uitterlinden, A.G., 1993. Profiling of complex microbial populations by denaturing gradient gel electrophoresis analysis of polymerase chain reaction-amplified genes coding for 16S rRNA. *Appl. Environ. Microbiol.* 59: 695-700.
56. Eeva, T., Belskii, E., Gilyazov, A.S., Kozlov, M.V., 2012. Pollution impacts on bird population density and species diversity at four non-ferrous smelter sites. *Biological Conservation*, Vol. 150, No. 1. 33-41.
57. Morrissey, C.A., 2003. The ecological and toxicological significance of altitudinal migration by the American dipper (*Cinclus mexicanus*). PhD Dissertation. Simon Fraser University, Burnaby, Canada.

58. Morrissey, C. A., Bendell-Young, L. I., Elliott, J. E., 2005. Assessing trace-metal exposure to American dippers in mountain streams of southwestern British Columbia, Canada. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 24(4), 836–845.
59. Strom, SM., Ramsdell, HS., Archuleta, AS., 2002. Aminolevulinic acid dehydratase activity in American dippers (*Cinclus mexicanus*) from a metal-impacted stream. *Environ Toxicol Chem* 21: 115–120.
60. Hahn, E., Hahn, K., Stoeppler, M., 1993. Bird feathers as bioindicators in areas of the German Environmental Specimen Bank— bioaccumulation of mercury in food chains and exogenous deposition of atmospheric pollution with lead and cadmium. *The Science of the Total Environment* 139/140, 259–270.
61. Denneman, W.D., Douben, P.E.T., 1993. Trace metals in primary feathers of the barn owl (*Tyto alba guttattus*) in the Netherlands. *Environmental Pollution* 82, 301–310.
62. Burger, J., 1993. Metals in avian feathers: bioindicators of environmental pollution. *Reviews in Environmental Toxicology* 5, 203–311.
63. Hughes, K.D., Ewins, P.J., Clark, K.E., 1997. A comparison of mercury levels in feathers and eggs of osprey (*Pandion haliaetus*) in the North American Great Lakes. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 33, 441–452.
64. Fritsch, C., Coeurdassier, M., Gimbert, F., Crini, N., Scheifler, R., de Vaufleury., 2011. Investigations of responses to metal pollution in land snail populations (*Cantareus aspersus* and *Cepaea nemoralis*) from a smelter-impacted area. *Ecotoxicology* 20, 739-759.

## Présentation de la collectivité

Le SMDRA (syndicat mixte pour le développement rural de l'Arrondissement d'Argelès-Gazost) est présidé par M. Jean-Pierre ARTIGANAVE, maire de Lourdes et administré par un Comité syndical qui est composé de 19 délégués titulaires des collectivités membres du syndicat. Ce comité est chargé de prendre toutes les décisions relatives à l'activité du syndicat : projets, personnel, budget... L'équipe du SMDRA est répartie sur des missions et services différents :

- Le **programme LEADER** (Liaisons Entre Actions de Développement de l'Economie Rurale) est une méthode pour développer des actions innovantes en répondant aux enjeux locaux du développement rural. Cette démarche s'appuie sur la coopération, la mise en réseau, le partenariat des acteurs locaux (publics et privés), et la définition d'une stratégie locale émergeant du territoire. Cela permet une grande liberté d'action au niveau local.
- Le **Contrat de Rivière** est un outil de gestion pour la ressource en eau d'un bassin hydrographique. Cette démarche est basée sur la concertation et la coordination entre les différents acteurs du bassin. Cela permet d'élaborer un programme d'actions pour restaurer, protéger et valoriser la qualité des cours d'eau. Au SMDRA, plusieurs thèmes ont été abordés comme la qualité de l'eau, l'état physique et écologique des rivières, la prévention contre les crues, la valorisation touristique...
- Le **SPANC** est le département qui s'occupe de l'assainissement non collectif. Tous les particuliers ne sont pas raccordés au réseau d'assainissement collectif. Le service SPANC contrôle la bonne exécution des travaux de conception, d'implantation des ouvrages neufs et sur leur bon fonctionnement et l'entretien de ces assainissements non collectif.
- **Natura 2000** est un réseau d'espaces naturels constitués sur le territoire de l'union européenne. Le SMDRA anime le site Natura 2000 « Tourbière et lac de Lourdes » et « Gave de Pau et de Cauterets (et gorges de Cauterets) ». Des mesures de conservation ou de restauration pour certaines espèces et habitats sont mises en place au niveau local.

## Annexe 1 : Evolution de la qualité de l'eau des sédiments, des eaux brutes et des bryophytes

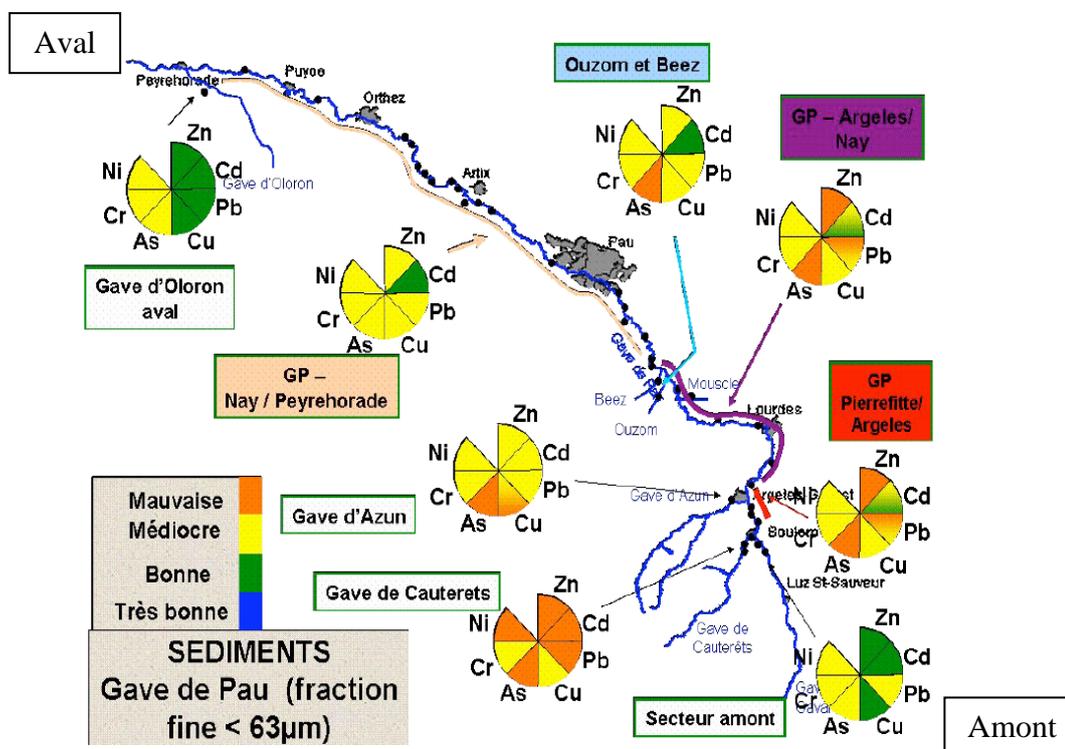


Figure 8 : Evolution de la qualité des sédiments (fractions <math>< 63\mu\text{m}</math>) du Gave de Pau au cours de l'année 2006 en 10 sites répartis de l'amont vers l'aval. (Extrait de source 11)

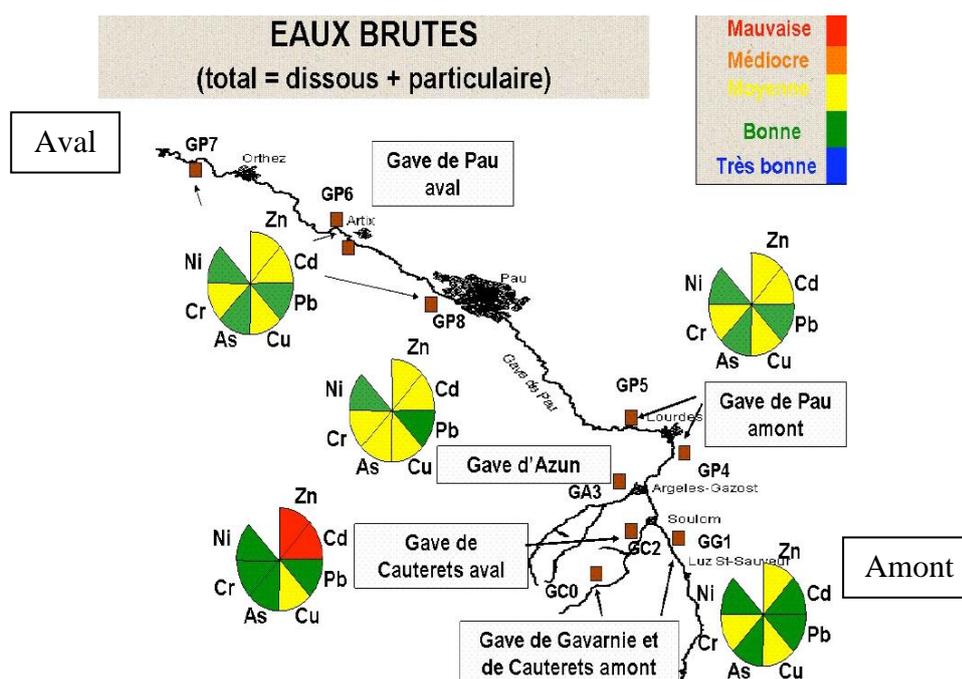


Figure 9 : Evolution de la qualité des eaux brutes du Gave de Pau au cours de l'année 2007 en 10 sites répartis de l'amont vers l'aval. (Extrait de source 11).

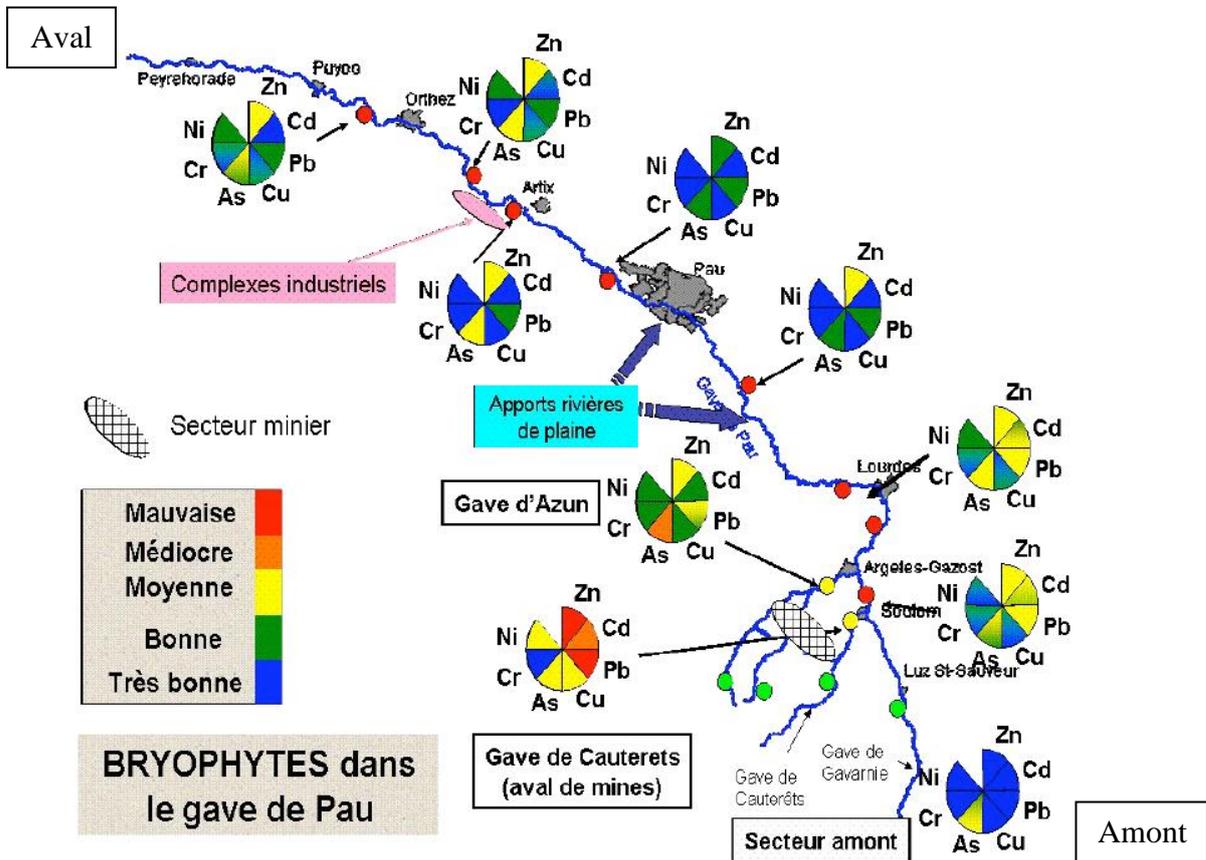
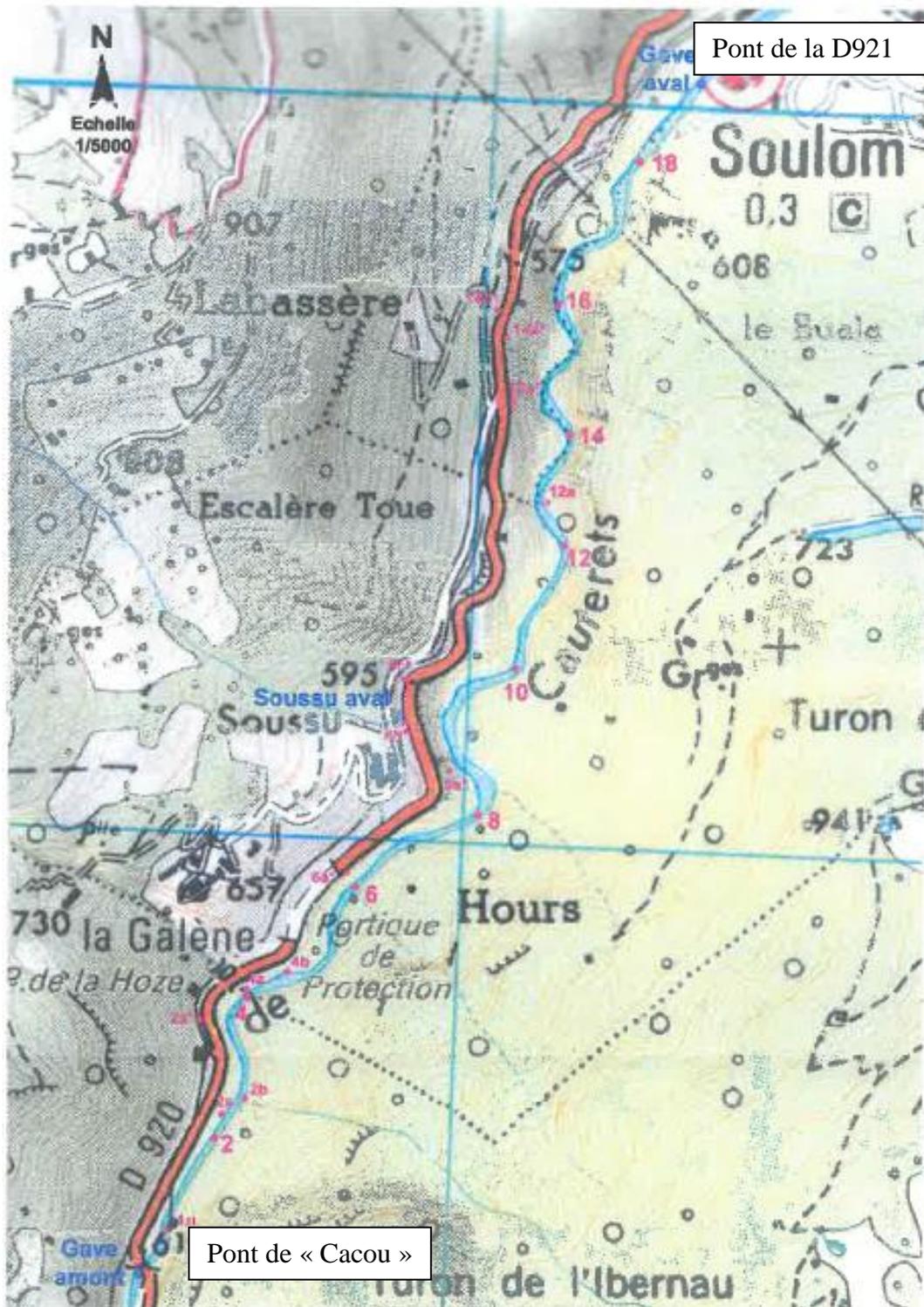
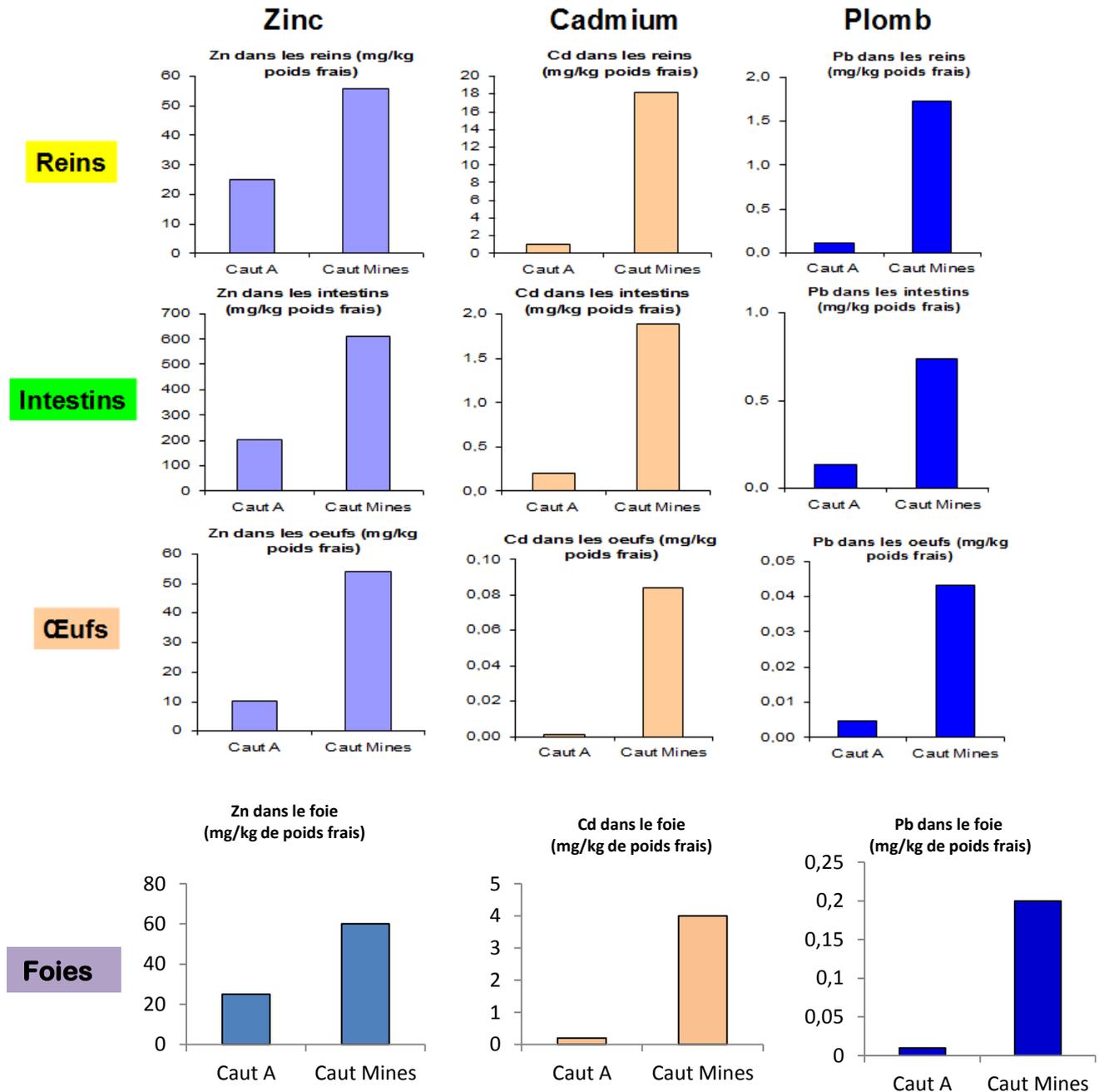


Figure 10 : Evolution de la qualité des eaux brutes du Gave de Pau grâce aux bryophytes (synthèse données AEAG 1997-2006 et contrat de rivière 2002-2006) (Extrait de source 11)

Annexe 2 : Carte de prélèvements du traçage de Zn, Cd, Pb et Cu sur le Gave de Cauterets sur 2km tout les 200m



## Annexe 3: Concentration en Zn, Cd et Pb dans les reins, les intestins, les œufs et les foies de poissons en aval et en amont de la mine de Penarroya



## Annexe 4 : La zone d'influence des métaux issus de la mine sur le Gave de Pau et de Cauterets



**Annexe 5 : Carte de la répartition des points de prospection des épreintes de loutre et des plumes et fèces de cincle plongeur**

