



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



L'expert public pour les risques
liés à l'après-mine

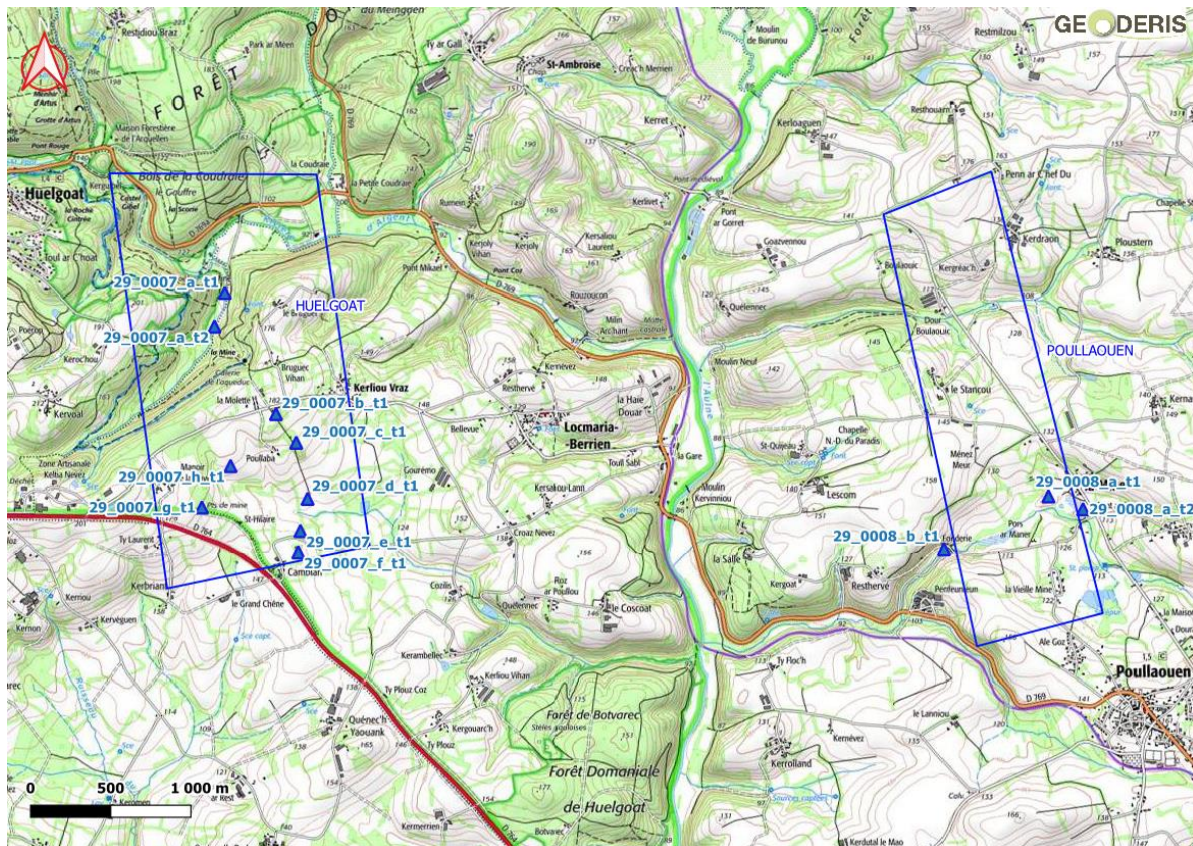
ETUDE SANITAIRE ET ENVIRONNEMENTALE SUR LE SECTEUR MINIER DU HUELGOAT (29)

Journée ESTIVAL ROCCH, IFREMER Nantes, 27/06/2023

Localisation du secteur du Huelgoat



Le secteur de Huelgoat - Localisation



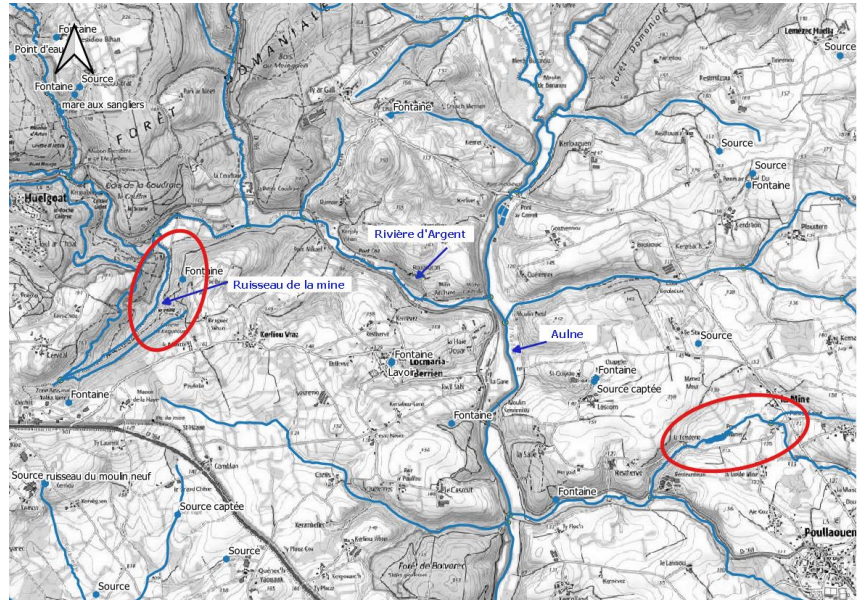
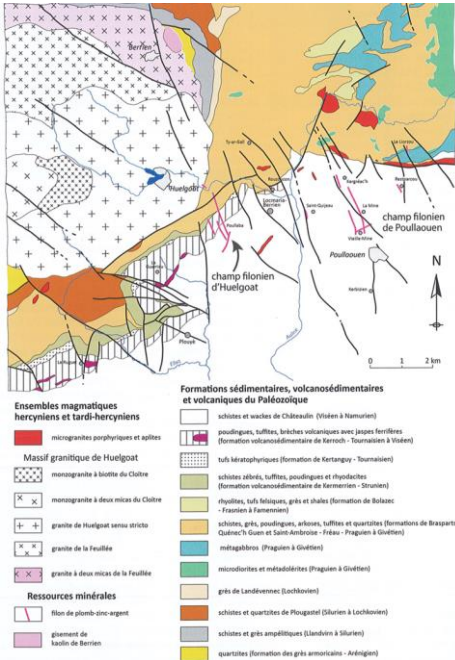
Rappel du contexte

- Réalisation en 2012 d'un inventaire effectué en application de l'article 20 de la Directive 2006/21/CE sur les Déchets de l'Industrie Extractive (DDIE).
- 2 secteurs identifiés en classe C en Bretagne : Huelgoat et Tremuson
- Réalisation d'une étude d'orientation en 2018 sur le secteur de Huelgoat



Nécessité de faire une étude sanitaire et environnementale

Contexte géologique et hydrologique

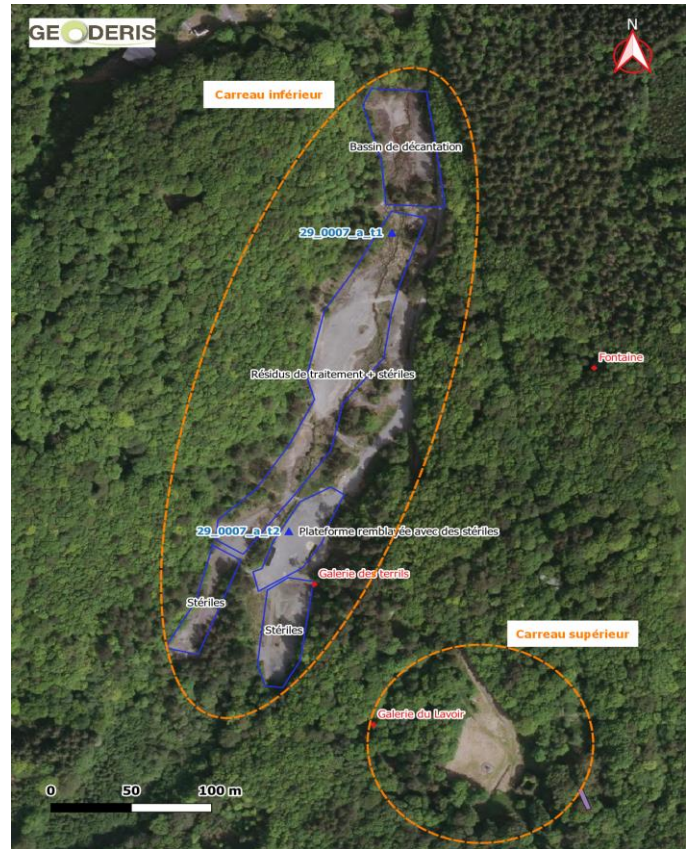


Minéralisations filoniennes localisées sur la bordure nord du bassin sédimentaire de Châteaulin (schistes du Carbonifère). Au nord, granite de Huelgoat (Hercynien)

Exploitation de plomb argentifère

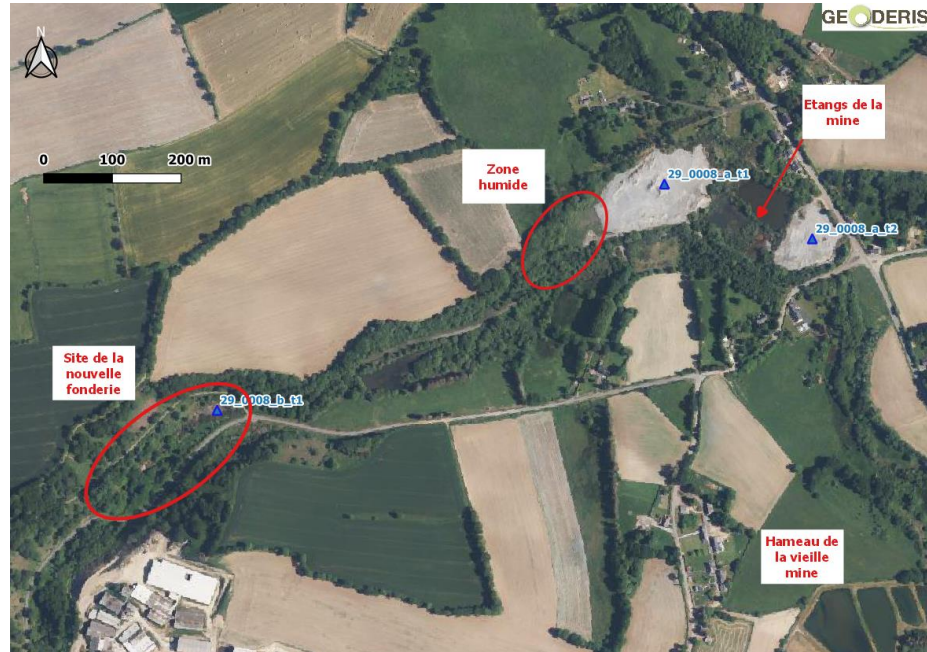
Secteur de Huelgoat – Site de la mine

- Premières traces d'exploitation significatives sur le site du Huelgoat au début du 15^{ème} siècle
- Véritable essor a lieu à partir de 1732 par la Compagnie des Mines de Basse-Bretagne jusqu'en 1869 avec l'épuisement du gisement et la liquidation de la Compagnie
- En 1897, la concession est attribuée à la société Malfidano qui reprend l'exploitation. En 1918, elle obtient l'autorisation d'exploiter la pyrite en plus de la blende et la sphalérite. Toutefois, la faible rentabilité de l'exploitation conduit à son arrêt définitif en 1930
- Des travaux de recherche ont enfin été entrepris entre 1960 et 1977 par le BRGM
- La production est estimée à 15 000 t Plomb et 25 t d'argent



Secteur de Poullaouën

- Début des travaux en 1732 sur le lieu-dit de la Vieille Mine, au niveau du filon de la Vieille Mine jusqu'en 1740. Quelques travaux peu importants antérieurement
- A partir de 1741, l'exploitation se concentre sur le site de la Nouvelle Mine (lieu-dit « la Mine »), avec la découverte du Filon Principal, jusqu'en 1865
- Quelques tentatives de reprise au 20^{ème} siècle. La mine a été ré-exploitée entre 1900 et 1908 autour des puits Pape et Sainte-Barbe
- Travaux de recherche entre 1960 et 1977 par le BRGM.
- La production des différents filons est estimée à 26 000 t de plomb et 6 t d'argent (au minimum).



Trois fonderies ont été construites à Poullaouën et ont fonctionné un temps en simultanément :

- la vieille fonderie et la 1^{ère} fonderie installée en 1733 sur la même zone, à proximité de la vieille mine
- la nouvelle fonderie construite en 1738-1739, Fonctionnement sur la période 1780-1868

Environnement de la mine de Huelgoat et usages

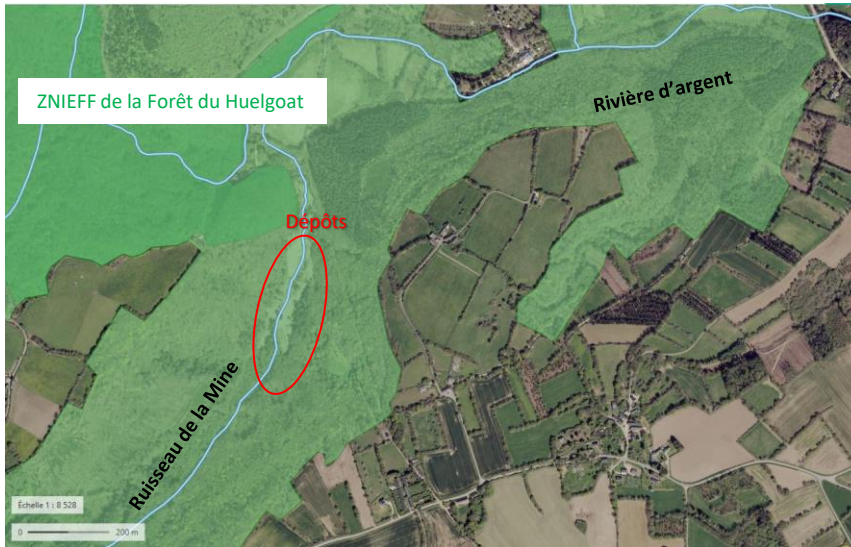
Site situé en milieu forestier

Ruisseau de la mine qui passe au centre de la partie basse du site, au niveau des haldes. Il rejoint la Rivière d'Argent qui se jette dans l'Aulne à 3 km en aval.

Peu d'information sur les eaux souterraines

ZNIEFF de type I (Chaos du Huelgoat) située en bordure Ouest du site minier du Huelgoat. La ZNIEFF de type II de la Forêt du Huelgoat couvre l'ensemble du site minier. La vallée de l'Aulne est classée en site Natura 2000.

Zone touristique, circuit de descente de VTT. Un camping en aval du site sur la Rivière d'Argent



2016/2017 le Télégramme

Coupe de Bretagne Descente à Locmaria-Berrien. Badouard fait le spectacle

La 2^e manche de la Coupe de Bretagne Descente se déroulera, hier, à Locmaria-Berrien où plus de 100 vélocistes ont assisté à la descente.

Le déplacement en Centre Finistère, pour en découvrir tout un parcours sur mesure tracé par les Descendeurs de la mine.

Les participants d'ailleurs se faisaient plaisir à découvrir le site de la descente, qui est un véritable lieu de vie et de rencontres pour les habitants de la commune. Les participants ont pu profiter de la vue sur la vallée de la rivière d'Argent, qui est un véritable lieu de vie et de rencontres pour les habitants de la commune.

Le 2^e manche de la Coupe de Bretagne Descente se déroulera, hier, à Locmaria-Berrien où plus de 100 vélocistes ont assisté à la descente.

Le déplacement en Centre Finistère, pour en découvrir tout un parcours sur mesure tracé par les Descendeurs de la mine.

Les participants d'ailleurs se faisaient plaisir à découvrir le site de la descente, qui est un véritable lieu de vie et de rencontres pour les habitants de la commune.

Reconstitution par l'ASAM de la roue de la grande machine hydraulique

Environnement de la mine de Poullaouën et usages

Site situé en milieu agricole

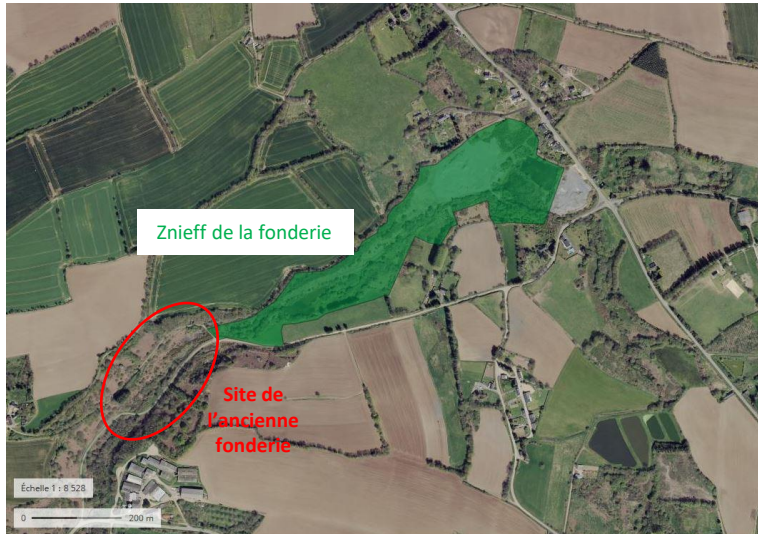
Ruisseau de la mine qui passe au niveau des haldes. Il rejoint un autre ruisseau qui se jette dans l'Aulne à 2 km en aval.

Peu d'informations sur les eaux souterraines

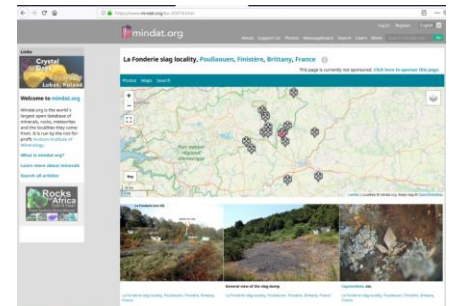
La ZNIEFF de type I de la Fonderie couvre en grande partie le site minier de Poullaouën. La vallée de l'Aulne est classée en site Natura 2000.

Présence d'habitations à proximité immédiate des dépôts

Activité de balade identifiée sur le site de la Mine, en partie sur la zone des dépôts, Ancien site de la nouvelle fonderie fréquentée par les touristes et les chercheurs de minéraux



Capture d'écran
d'un site internet
anglais dédié aux
minéraux



Maisons situées
face au dépôt

Etude sanitaire et environnementale

En accord avec le Ministère de la Transition Écologique et Solidaire et la DREAL Bretagne, l'étude sanitaire et environnementale sur le secteur de Huelgoat a été inscrite au programme 2019 de GEODERIS

Objectif : diagnostic approfondi des risques pour la santé humaine et l'environnement

Il s'agit de préciser et de réaliser :

- la description et la caractérisation des sources de pollution minières connues et de leur zone d'influence
- l'identification des zones à enjeux et usages, appuyée par des enquêtes auprès des collectivités locales et des riverains
- la réalisation de campagnes de terrain, comprenant la mise en œuvre de mesures sur site et de prélèvements, pour quantifier l'état des milieux et leur degré de pollution
- l'interprétation des résultats acquis et l'analyse des risques
- la mise en œuvre de volets d'étude spécifique : hydrogéologie et hydrologie, etc.

Communes concernées : Huelgoat, Poullaouën

Les investigations de terrain

Les campagnes de terrain se sont déroulées entre octobre 2019 et mars 2021.

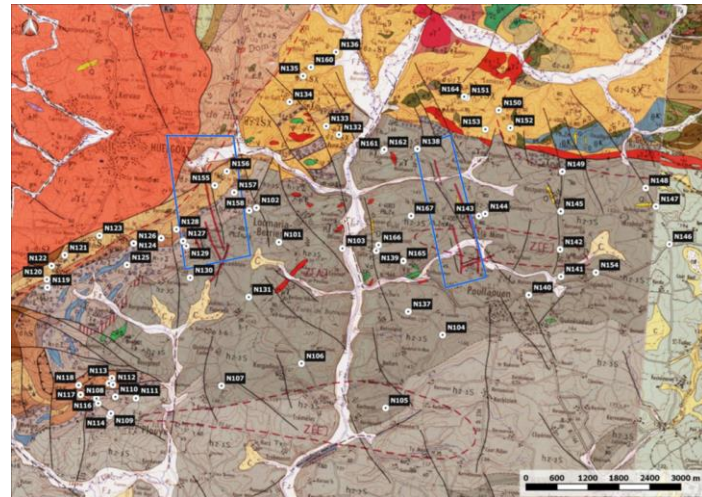
- 192 prélèvements de résidus et de sols (dont 10 pour l'évaluation des ELT).
 - 81 prélèvements de sédiments,
 - 74 prélèvements d'eaux superficielles et souterraines (eaux brutes et eaux filtrées en période de hautes eaux/basses eaux)
 - 30 échantillons de végétaux dont 10 dédiés à l'évaluation des ELT.
 - 17 mesures pXRF effectuées dans le cadre de la caractérisation des sources de pollution et des zones impactées,
 - 65 mesures pXRF dédiées à l'évaluation du fond pédogéochimique.
 - 519 mesures pXRF effectuées sur chaque point d'échantillon de sol prélevé dans le cadre du volet sanitaire (mesures réalisées sur les prélèvements unitaires et sur chaque fraction des prélèvements composites).
-

Fond pédogéochimique

- 65 points de mesures pXRF in situ et 14 analyses en labo pour la corrélation
- Les analyses ont porté a minima sur huit métaux (tungstène (W), arsenic (As), antimoine (Sb), cadmium (Cd), cuivre (Cu), fer (Fe), plomb (Pb) et zinc (Zn)).
- Certains éléments sont difficilement détectés en pXRF quand les teneurs sont faibles ou/et du même ordre de grandeur que la limite de détection des pXRF (ex : As, Cd, Cu, Sb, W).
- Fer : teneur entre 2,6 et 4,6%.
- Plomb : teneurs comprises 21 et 49 mg/kg. Les formations porteuses des filons minéralisés Pb-Ag (h2-3S et d2-4S) présentent des teneurs en plomb un peu plus élevées que les valeurs moyennes des sols en France (30 mg/kg ; Baize et al., 2007).
- Zinc : teneurs comprises entre 34 et 49 mg/kg ; elles sont comparables aux valeurs moyennes de sols en France (68 mg/kg ; Baize et al., 2007).
- Cuivre : les valeurs analysées au laboratoire sont comprises entre 8 et 27 mg/kg.
- Par ailleurs, les formations h1-2Σ et dhS qui ne sont pas porteuses des filons minéralisés présentent des moyennes et médianes en plomb et en zinc similaires et comparables à celles des sols en France.

Quatre formations identifiées :

- les formations schisto-gréseuses, volcano-sédimentaires et volcaniques Dévoniennes (d2-4S),
- les Schistes Zébrés (dhS),
- l'ensemble volcanique et volcano-sédimentaire Carbonifère de la formation de Kerroc'h (h1-2Σ),
- le membre de Locmaria-Berrien appartenant à la formation de Pont de Buis-Châteaulin d'âge Carbonifère (h2-3S).
- Les formations d2-4S et h2-3S sont les principales formations à l'affleurement autour des deux secteurs minéralisés.



Les sources de pollution Secteur de Huelgoat

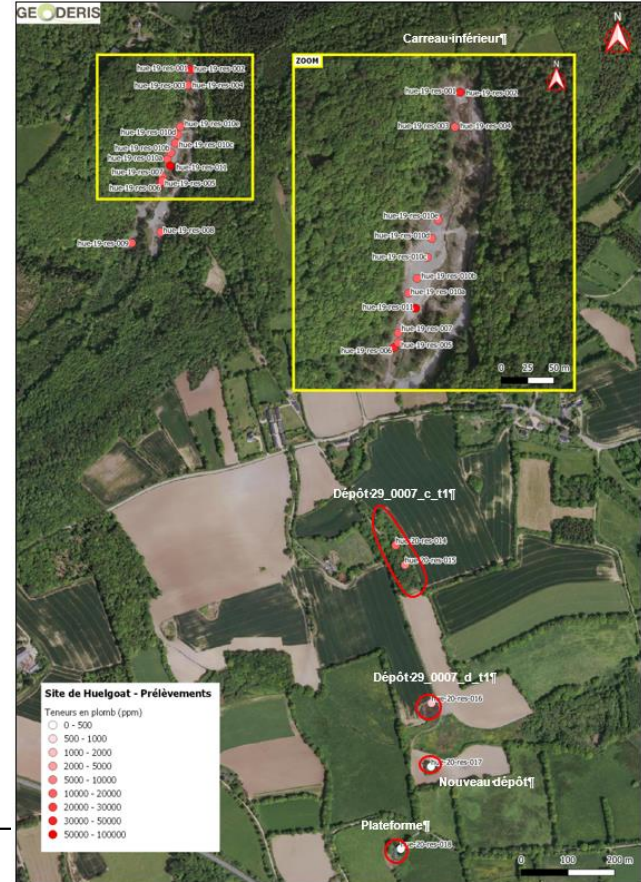
La source principale :

- les dépôts et bassins de décantation du carreau inférieur de la mine
- Stériles de creusement et résidus de traitement du minerai très peu végétalisés
- Teneur en plomb comprises entre 9100 et 52300 mg/kg, teneurs significatives en arsenic (entre 69 et 302 mg/kg), en cadmium (entre 1,24 jusqu'à 242 mg/kg), en cuivre (entre 188 et 1600 mg/kg) et en zinc (entre 383 et 37100 mg/kg).
- Présence de mercure : entre 5,3 et 211,6 mg/kg

Trois autres dépôts de stériles de creusement ont été identifiés :

- le dépôt associé au puits Poulaba. Stériles de creusement, jusqu'à 11600 mg/kg de Plomb
- le dépôt associé au puits de Humboldt. Stériles de creusement, jusqu'à 1690 mg/kg de Plomb
- Le dépôt associé au puits de la Haye. Entièrement végétalisé et très difficile d'accès, contours difficiles à identifier. Stériles miniers identiques aux deux autres tas.

Un nouveau dépôt identifié : tumulus à l'aplomb d'un ancien puits d'aérage. Les analyses en laboratoire montrent une signature différente des stériles de creusement



Les sources de pollution Secteur de Poullaouën

3 sources de pollution

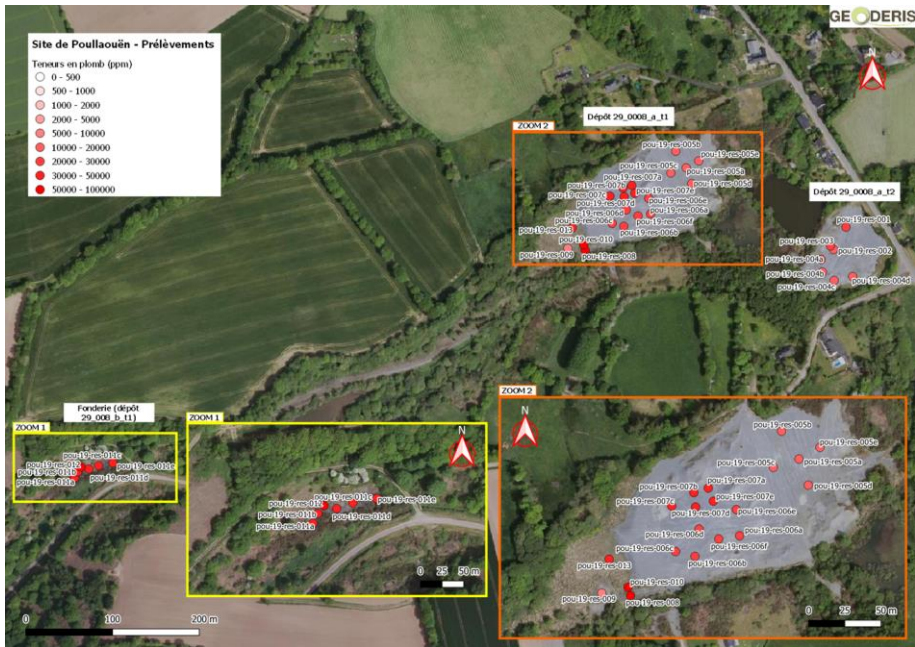
- 2 tas de stériles de creusement et résidus de traitement sur le carreau de la nouvelle mine
- Résidus de fonderie sur le site de la nouvelle fonderie

Carreau de la mine :

- Matériaux non végétalisés
- Jusqu'à 48000 mg/kg de plomb. Une zone spécifique où les teneurs montent à 85100 mg/kg
- zinc : entre 243 à 613 mg/kg, arsenic : entre 39,9 et 67,4 mg/kg, cuivre entre 33,2 et 43,8 mg/kg, cadmium entre 0,47 et 0,55 mg/kg

Site de la fonderie :

- teneurs en plomb, entre 33100 et 67500 mg/kg, en zinc (entre 12200 et 21100 mg/kg) et en cuivre (3620 et 84mg/kg).
- teneurs élevées en arsenic (312 et 337 mg/kg), en cadmium (7,1 et 7,8 mg/kg), en nickel (74,2 et 188 mg/kg) et en manganèse (1010 mg/kg).



Les sources de pollution Les émergences minières

3 émergences minières sur le site de Huelgoat

■ la galerie des chariotteurs :

- exhaure basse de la mine.
- en partie effondrée, l'entrée située dans une cavité, qui est presque entièrement colmatée.
- présence de plomb (jusqu'à 254 µg/l), cadmium (jusqu'à 15,1 µg/l), manganèse (jusqu'à 169 µg/l) et nickel (jusqu'à 30,3 µg/l)

■ la galerie des terrils sur C'hoat

- envasement de l'entrée avec formation d'un petit bassin en sortie avec Hydroxydes de fer au fond
- présence de plomb (jusqu'à 200 µg/l), cadmium (jusqu'à 28,7 µg/l), manganèse (jusqu'à 63,9 µg/l) et nickel (jusqu'à 42,2 µg/l)

■ la galerie du lavoir : écoulement diffus, pas de prélèvement possible

Puits de Poulaba (réservoir français)

- Cote piézo autour de 140 m NGF
- Ph = 4
- Teneurs en métaux plus faibles que pour les émergences du Pb : jusqu'à 49 µg/l, Cd : 9,68 µg/l

Galerie de l'Arquelen

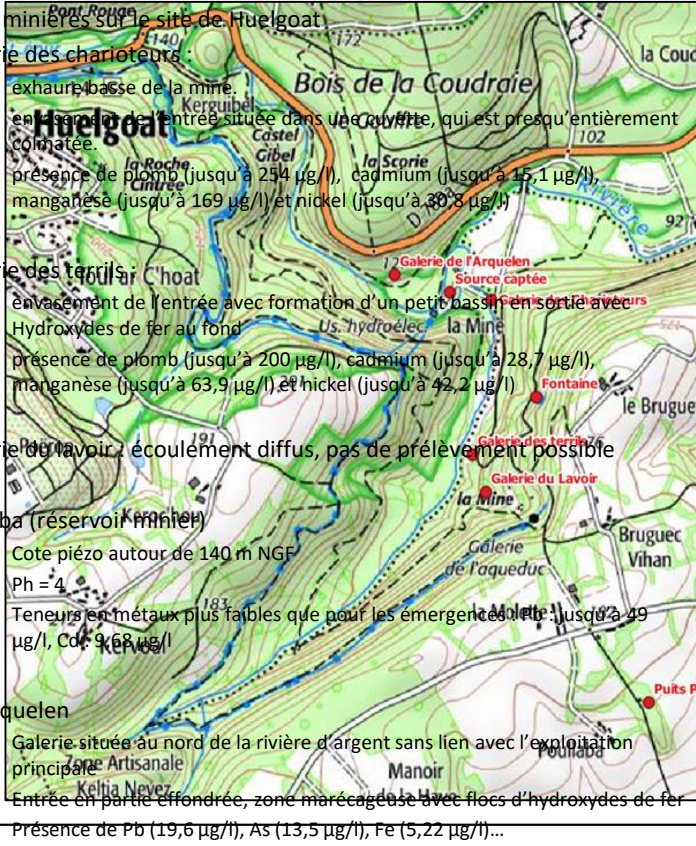
- Galerie située au nord de la rivière d'argent sans lien avec l'exploitation principale Artisanale
- Entrée en partie effondrée, zone marécageuse avec floes d'hydroxydes de fer
- Présence de Pb (19,6 µg/l), As (13,5 µg/l), Fe (5,22 µg/l)...



Galerie de l'Arquelen



Galerie des Charioteurs



Voies de transfert : les sols

Investigation des foyers présents dans les zones concernées ainsi que des sols des zones à usages spécifiques (circuits de randonnées et/ou de VTT, camping, etc.)

Sur Huelgoat

Contamination en plomb des sols situés à proximité du dépôt du puits Humbolt et du dépôt du puits Poulaba, (jusqu'à 1300 mg/kg pour le dépôt du puits de Humbolt), 456 mg/kg à proximité du dépôt du puits Poulaba.

Valeurs très nettement supérieures au fond pédogéochimique et aux gammes de teneurs mesurées dans les sols français ordinaires

Idem pour le zinc et le cadmium.

L'empreinte minière est donc visible dans les sols situés à proximité des dépôts.

Par contre, les teneurs en plomb mesurées dans les sols situés à proximité du dépôt associé aux stériles de creusement du puits d'aération sont situées dans la gamme du fond pédogéochimique (teneurs entre 34 et 81 mg/kg mesurées par fluorescence X), ce qui semble assez logique compte-tenu des faibles teneurs retrouvées dans les matériaux du dépôt. Ceci est également vrai pour les autres éléments métalliques.

Sur Poullaouën

les mesures réalisées sur les sols à proximité des dépôts miniers montrent des teneurs de plusieurs milliers de mg/kg en plomb et zinc.

Teneurs en cadmium, arsenic sont également supérieures au fond pédogéochimique et aux gammes de teneurs mesurées dans les sols français ordinaires.

L'empreinte de l'activité minière dans l'environnement proche des dépôts est fortement marquée.

Voies de transfert : les eaux souterraines

7 prélèvements d'eau souterraine :

- 6 sur Huelgoat dont 4 concernent le réservoir minier (galeries + puits Poulaba) et 2 sources dont une qui sert pour l'alimentation en eau potable
- 1 sur Poullaouën (ancien puits ayant servi comme source d'eau potable)

Source de la centrale hydroélectrique

- Alimentation en eau domestique de la maison du gardien
- Pas d'analyse récente effectuée par les habitants
- Teneurs proches de la limite de quantification pour As, Cd, Ag, Ni, Cr, Zn
- Pb = 5,69 µg/l et Cu = 237 µg/l
- Signature des eaux est clairement différente de celle du réservoir minier.

Source de la fontaine

- Source en bord de chemin forestier, identifiée sur les cartes IGN
- Pas d'indication de potabilité
- Teneurs proches de la limite de quantification pour Al, Cd, Ag, Ni, Cr, Zn
- As = 1,34 µg/l, 1,47 < Pb < 13,4 µg/l (essentiellement particulaire)
- Sédiments au fond de la fontaine fortement chargés, notamment en plomb

Puits privé sur Poullaouën

- Teneurs en éléments métalliques inférieures aux limites de quantification



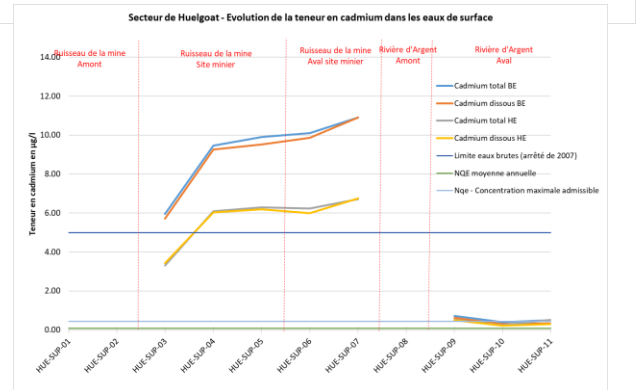
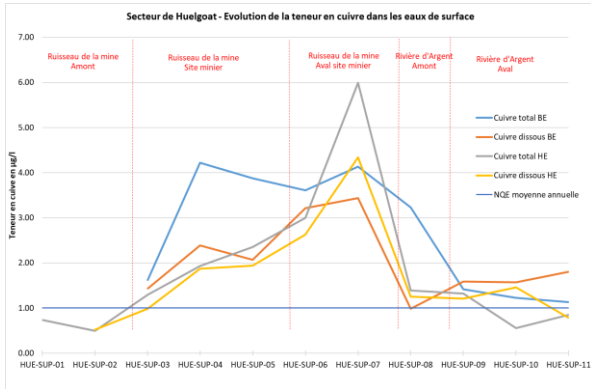
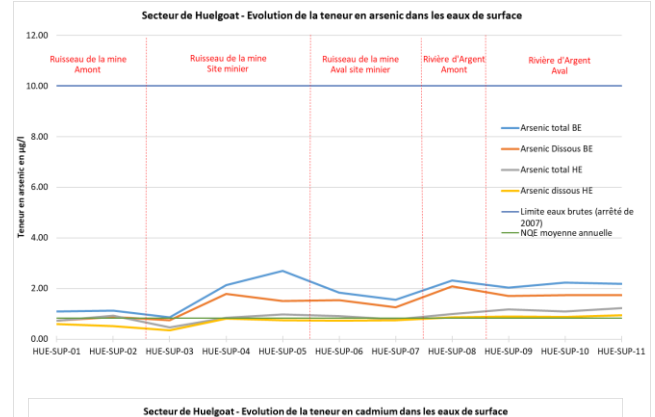
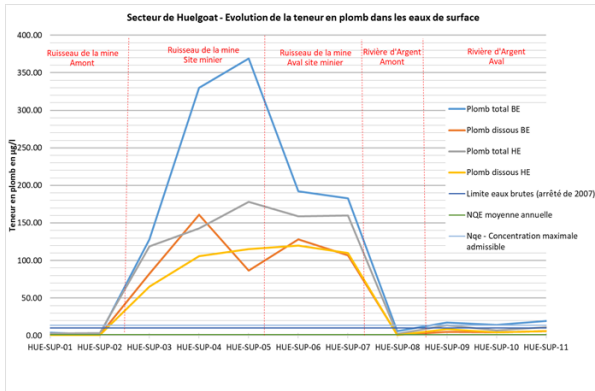
Source aménagée à flanc de talus

Voies de transfert Eaux superficielles

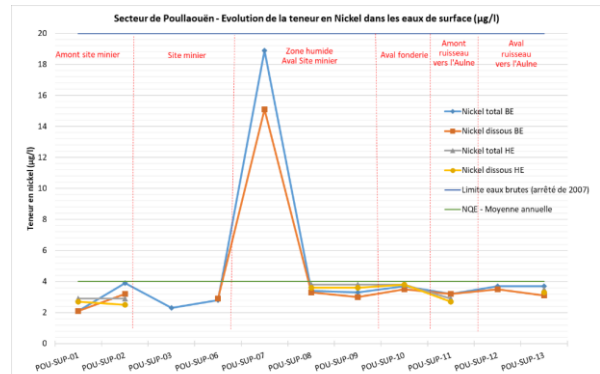
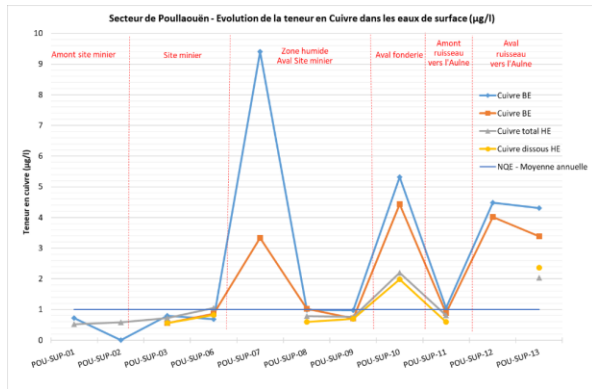
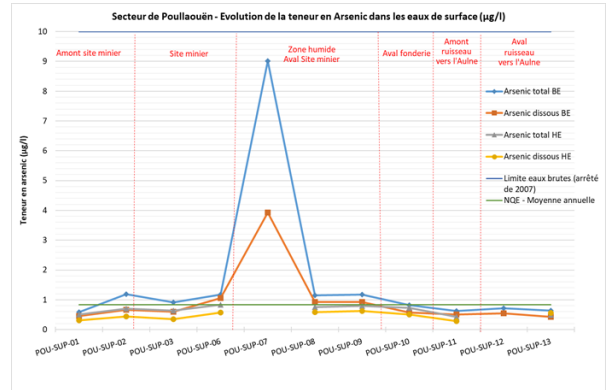
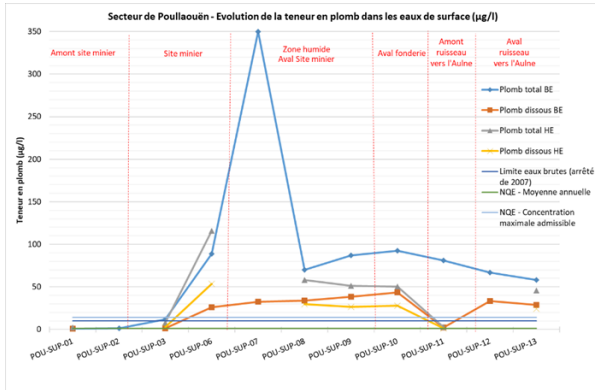
- Sur les deux sites, ruisseaux de la mine qui passent le long des dépôts.
- Le site minier de Huelgoat a un impact environnemental marqué sur le ruisseau de la mine : dépassement des valeurs de NQE pour le plomb, cadmium, nickel, arsenic et cuivre
- L’empreinte du site minier est également visible dans la rivière d’argent mais beaucoup moins marqué et concerne essentiellement le plomb
- Le site minier de Poullaouën et la fonderie ont un impact sur le ruisseau de la mine jusqu’à l’Aulne (plomb, cuivre, cadmium)
- Etat dégradé de la qualité des deux plans d’eau du site minier et du plan d’eau de la zone humide
- Hausse des teneurs en plomb sous forme dissoute et particulaire à l’aval des sites miniers, ainsi qu’en aval de la confluence avec l’Aulne canalisée. Elles sont supérieures à la NQE-MA.



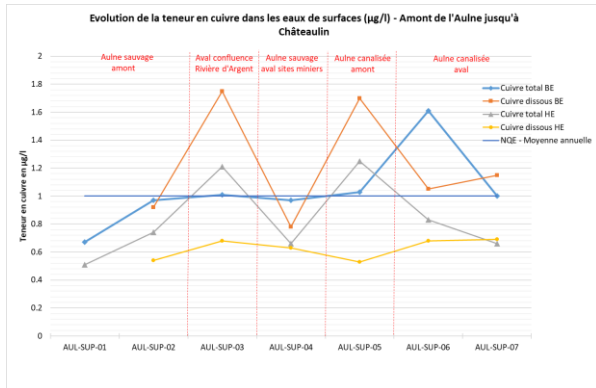
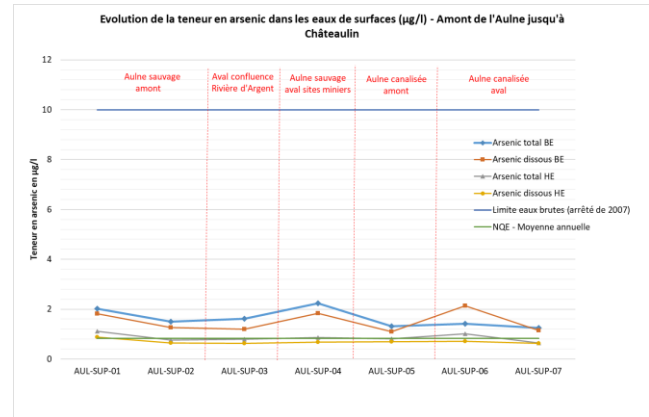
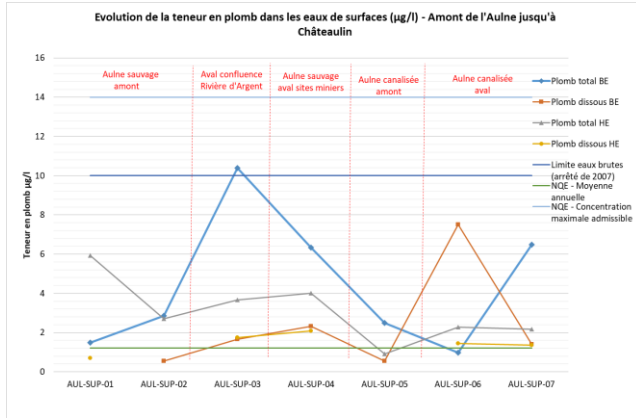
Voies de transfert Eaux superficielles



Voies de transfert Eaux superficielles



Voies de transfert Eaux superficielles

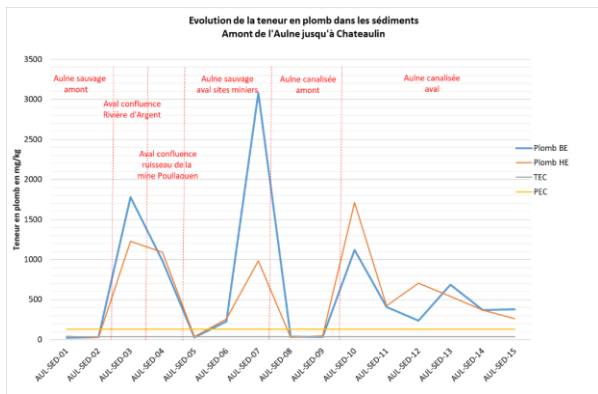
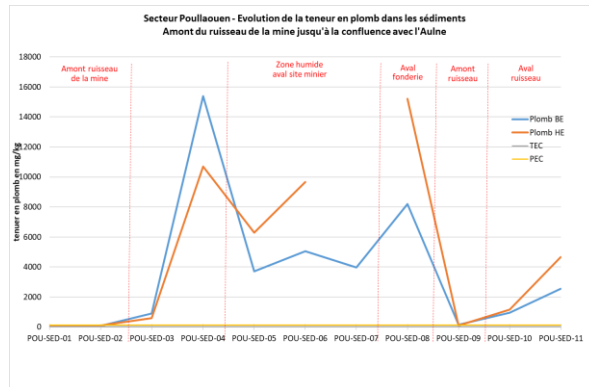
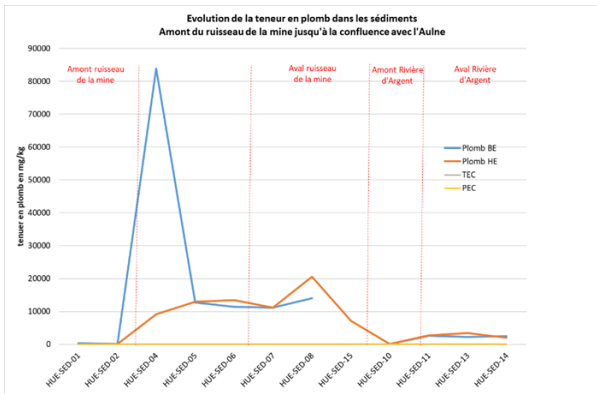


Voies de transfert – Les sédiments

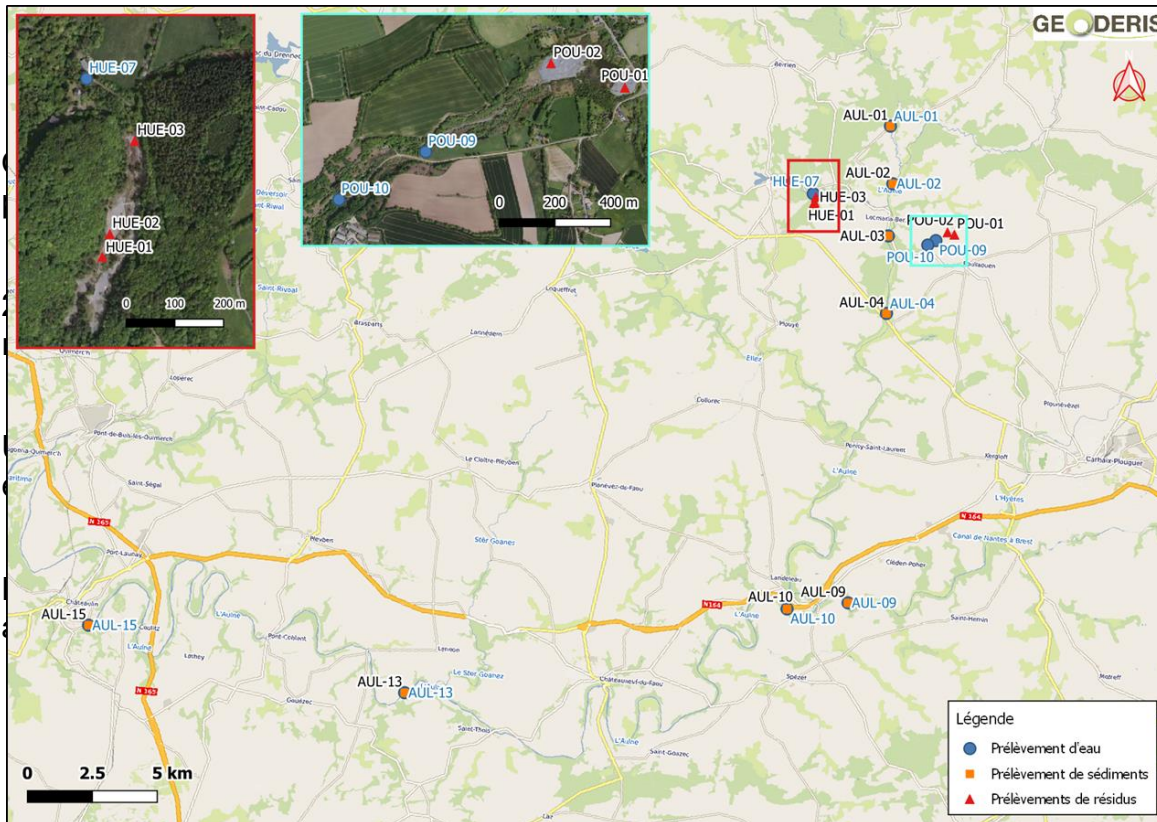
- Sur les deux sites, ruisseaux de la mine qui passent le long des dépôts.
- Départs de matériaux avérés
- Sédiments fortement chargés en plomb au niveau des sites miniers et en aval proche (rivière d'argent notamment : 184 mg/kg en amont de la mine, jusqu'à 3500 mg/kg en aval)
- Teneurs mesurées en Pb, Zn, Cu, Cd, As et Hg largement supérieures aux valeurs seuil des TEC (*Threshold Effect Concentration*) – PEC (*Probable Effect Concentration*) du CBSQGS (*consensus-based sediment quality guidelines*) au niveau du ruisseau de la mine à Huelgoat et à Poullaouën
- Enrichissement en plomb des sédiments de l'Aulne en aval de la confluence avec la rivière d'Argent. Forte variation d'un plomb à l'autre mais significative jusqu'à l'aval de Châteaulin



Voies de transfert – Les sédiments

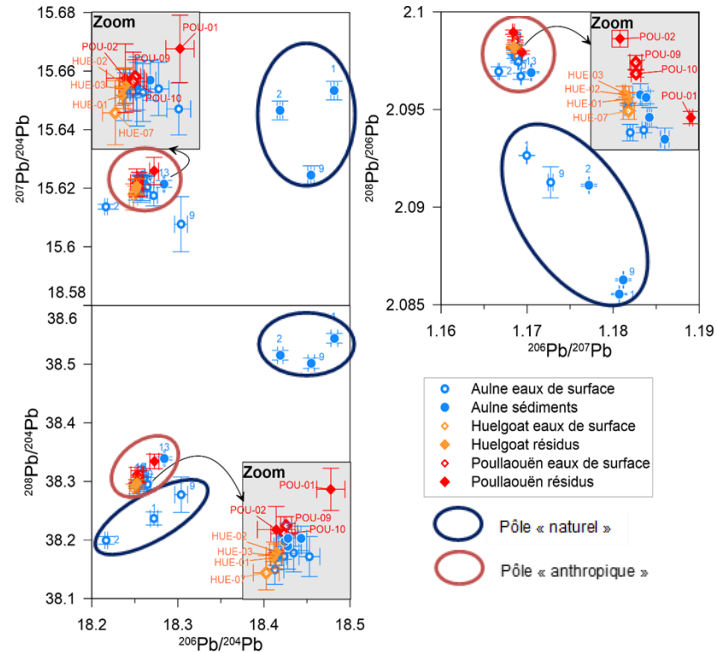


Etude isotopique des eaux et des sédiments de l'Aulne (1/2)



Etude isotopique des eaux et des sédiments de l'Aulne (2/2)

- 2 pôles bien distincts
 - Un pôle « naturel » représenté par les compositions isotopiques en plomb des sédiments de l'Aulne (AUL-01 et AUL-02, abrégé en 1 et 2 en figure 8) et du canal de Nantes à Brest (AUL-09) en amont des sites miniers.
 - Un pôle « anthropique » qui regroupe les compositions isotopiques en Pb des échantillons (solides et liquides) prélevés sur les deux sites miniers de Huelgoat et de Poullaouën
- Il n'est pas possible de déterminer la contribution de chaque site
- En raison de la teneur élevée de cet élément pour le pôle « anthropique » comparée au pôle « naturel », une faible contribution anthropique est suffisante dans les sédiments pour apporter une contamination conséquente.

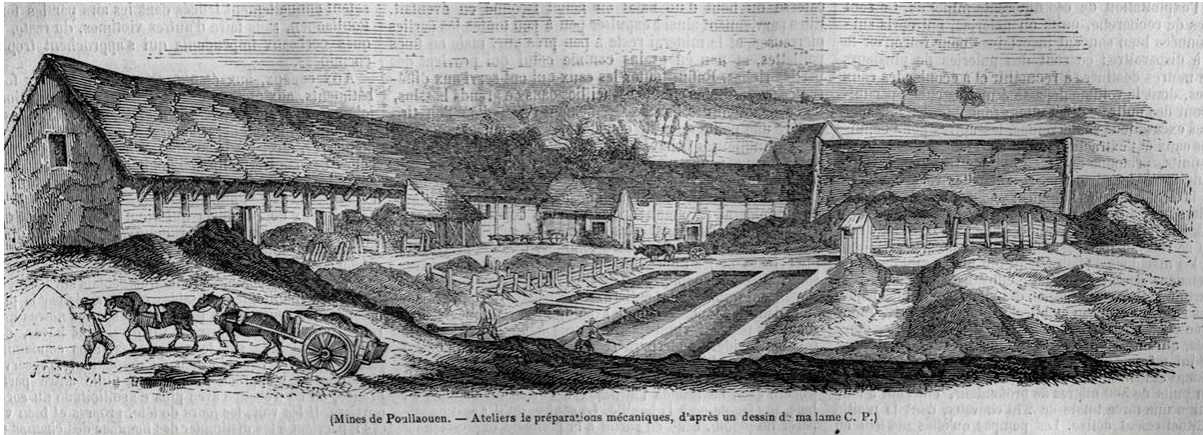


En conclusion, il est donc établi que les concentrations métalliques mesurées dans l'Aulne (sédiments et eaux de surface) en aval des sites miniers sont majoritairement attribuables au district minéralisé de Poullaouën-Huelgoat, cet impact perdurant dans l'Aulne jusqu'en amont de la ville de Châteauhin.

Recommandations – Mesures de gestion environnementales

- Interdire les emprunts de matériaux au niveau de l'ensemble des dépôts, sur les 2 sites, y compris les dépôts de stériles végétalisés au sud du carreau minier
 - Eviter le passage d'engins agricoles (charrue notamment) dans les dépôts de Poullaouën
 - Réaliser le curage des deux sorties des émergences sur Huelgoat et réaménager en particulier la galerie des charioteurs actuellement en charge. **La situation de cette galerie nous semble préoccupante car en cas de décharge brutale, la vague créée pourrait remobiliser les dépôts contaminés de la zone envasée jusqu'à la Rivière d'Argent et contaminer les sols environnants**
 - Revoir la sécurisation de la galerie des terrils (grillage détérioré, front de falaise) et sécuriser les abords de la galerie des charioteurs fortement envasés et située en contre-bas d'un chemin
 - Examiner la possibilité de mettre en place un traitement des eaux d'exhaure sur le site de Huelgoat
 - Détruire les bâtiments en ruine près de la fonderie qui présentent un danger compte-tenu de leur état de délabrement (des traces de passage ont été observées) et qui pourraient potentiellement être contaminés
 - Limiter voire supprimer les dépôts de matériaux dans les cours d'eau qui contribuent à la contamination des eaux superficielles et des sédiments. (ruisseau traversant le carreau inférieur de la mine de Huelgoat et ruisseau qui traverse les dépôts sur le site de Poullaouën)
 - Conserver la zone marécageuse située en aval du site minier de Poullaouën (ZNIEFF), cette zone constituant un milieu favorable pour limiter les transferts de matériel particulaire issus de ce dépôt vers le réseau hydrographique superficiel (en attendant une solution de gestion des tas)
-

MERCI DE VOTRE ATTENTION



AFFAIRE SUIVIE PAR :

Isabelle VUIDART, GEODERIS *isabelle.vuidart@geoderis.fr*

03 87 17 36 64 – mobile : 06 15 39 13 19
