

# MISE EN SECURITE D'UN DEPOT DE RESIDUS DE TRAITEMENT DE MINERAI DE PLOMB-ARGENTIFERE, PONTGIBAUD, AUVERGNE

## INTEGRATED SAFETY OPERATION OF LEAD-SILVER ORE PROCESSING RESIDUE DEPOSIT IN PONTGIBAUD, AUVERGNE, FRANCE

Arnaud PIDON<sup>1</sup>, Dominique NIEMIEC<sup>2</sup>, Philippe SABOURAULT<sup>3</sup>

<sup>1</sup> BRGM, Orléans, France

<sup>2</sup> DREAL Auvergne, Clermont-Ferrand, France

<sup>3</sup> BRGM, Orléans, France

**RÉSUMÉ** – Le BRGM, maître d'ouvrage, a réalisé pour le compte de l'État en 2013/2014, la mise en sécurité d'un site de dépôts de résidus de traitement de minerai de plomb-argentifère à Pontgibaud (Auvergne). Ces résidus ont un impact potentiel sur les populations et l'environnement du fait des teneurs résiduelles en plomb et en arsenic notamment. Ils ont été regroupés, remodelés et recouverts par une couverture végétale.

**ABSTRACT** – BRGM, as deputy controller, handled the safety works on a lead-silver ore processing residue deposit in Pontgibaud (Auvergne, France) between 2013 and 2014 and on behalf of the French State. These residues have a potential impact on population and environment due to, especially, residual concentration of lead and arsenic. Safety engineering work consisted in residue regrouping and reshaping, adding earth cover.

### 1. Introduction

Les fonctions opérationnelles en matière d'après-mine en France ont été attribuées par l'État au BRGM qui a créé, à cet effet, le Département Prévention et Sécurité Minière (DPSM). Les principaux objectifs du DPSM sont la garantie de la sécurité des biens et des personnes dans les anciennes zones minières ainsi que le maintien de compétences techniques minières. Pour cela, il s'est vu confier les principales missions suivantes :

- les travaux de mise en sécurité en qualité de maître d'ouvrage délégué,
- les interventions suite à une mesure d'expropriation,
- la surveillance d'ouvrages de sites miniers, au titre du code minier ou du code de l'environnement,
- la gestion du système d'information après-mine, dont la gestion des archives techniques intermédiaires minières et le concours au renseignement minier.

#### 1.1. Historique de l'exploitation minière aux alentours de Pontgibaud

Le district métallifère de Pontgibaud (20 km à l'ouest de Clermont-Ferrand) est connu pour avoir été au XIX<sup>ème</sup> siècle le principal centre de production de plomb argentifère et « la principale mine métallique » en France. De 1838 à 1849, 7 000 tonnes de concentrés et 1 200 tonnes de plomb ont été produites. Le développement industriel a eu lieu entre 1853 et 1897 où près de 50 000 tonnes de plomb et environ 100 tonnes d'argent ont été produites à partir d'un million de tonnes de tout venant et de 106 000 tonnes de concentrés. Près de 68 km de galeries et 3 km de puits dont près de 80 % sur le seul secteur de Roure ont été foncés dans les différentes mines souterraines du district (Marroncle, 2004). Quatre unités de traitement du minerai ont coexisté sur les sites d'extraction pendant près d'un siècle pour alimenter la fonderie fermée en 1905.

La principale unité associée à l'usine minéralurgique est située à Pontgibaud dans le quartier nord dénommé « Les Fonderies », à proximité du stade actuel de la commune. Les trois autres unités de concentration du minerai sont localisées sur une dizaine de kilomètres le long du faisceau filonien encaissé dans la haute vallée de la Sioule avec au sud, la laverie de Roure-les-Rosiers et, au nord, les laveries de Barbecot et Pranal. Les travaux ont porté sur des filons de galène argentifère dans un encaissant gneissique.

Le procédé minéralurgique comportait deux étapes successives essentielles :

- la préparation mécanique (fragmentation), par concassage et éventuellement broyage. Elle a pu s'effectuer en plusieurs scheidages pour enrichir le concentré ;
- la séparation des particules métalliques de la gangue par des méthodes purement physiques : gravimétriques (lavage, décantation, ...) ou par grillage.

Les trois concessions minières étaient détenues par la *Société des Mines et Usines de Pontgibaud* jusqu'en 1939, année de leur renonciation. En 1939 est créée la *Compagnie d'Exploitation et de Récupérations Minières* (COMIREX), en vue de récupérer le plomb et l'argent restant des dépôts de résidus de traitement de minerai des anciennes concessions. La COMIREX est mise en liquidation en 1947 après avoir produit quelques centaines de tonnes de concentrés de plomb sur le site de Roure-les-Rosiers.

## **1.2. Minéralogie du gisement (Cottard, 2009 et 2010)**

Les données minéralogiques des minerais renseignent directement sur la nature des éléments chimiques pouvant poser un problème environnemental potentiel et qui seront à rechercher ou à analyser dans les différents milieux affectés (eaux, sols, sédiments...).

Les minéralisations du district de Pontgibaud sont complexes et leur composition est variable en fonction des gisements et de leur localisation. De plus, les études minéralogiques réalisées dans les années soixante montrent que plusieurs phases minéralisées se succèdent à l'intérieur des mêmes filons. Ce qu'il faut retenir, est la présence d'une paragenèse sulfurée dominée par la pyrite et la marcasite, deux sulfures de fer fortement acidogènes et producteurs de drainage minier acide, associés au mispickel (FeAsS), source de l'arsenic dans l'environnement et à la galène argentifère (PbS) qui était le minéral recherché et valorisé.

Accessoirement on trouve de la blende (ZnS), de la chalcopyrite (FeCuS<sub>2</sub>), et surtout des sulfo-sels de cuivre (cuivres gris) et de plomb (sulfo-arséniures et sulfo-antimoniures) avec des minéraux de bismuth. Ces sulfo-sels constituent d'autres sources d'arsenic pour le milieu récepteur. La gangue est constituée de quartz et barytine (origine du baryum décelé dans les résidus) avec localement de la sidérite (carbonate de fer). Le cadmium a été décelé en inclusions dans la blende et explique les concentrations résiduelles trouvées dans les dépôts (Barranger, 2008). Dans de rares filons plus anciens ont été décrites des paragenèses à quartz, cassitérite (SnO<sub>2</sub>) et mispickel.

## **2. Le site au XXI<sup>ème</sup> siècle**

Le dépôt des Fonderies jouxtant l'ancienne usine minéralurgique, à présent disparue, est entouré d'enjeux dont des installations sportives fréquentées, des bois, la rivière Sioule et un poste de traitement/dégrillage des eaux usées de la commune (fig. 1 et fig. 2).

Les résidus de traitement de minerai constituant le dépôt sont issus de l'unité de concentration des Fonderies et ont été stockés à proximité. Le site était constitué sur 20 700 m<sup>2</sup> de plusieurs tas de résidus contenant des matériaux fins de couleurs jaunâtres (volume des résidus de l'ordre de 70 000 m<sup>3</sup>). En certains endroits, l'épaisseur du dépôt était d'une dizaine de mètres. Juxtaposant au sud la zone de dépôts sableux, une zone plus petite (2 100 m<sup>2</sup> pour un volume de 8 200 m<sup>3</sup>) était constituée d'un tas de scories

métallurgiques non végétalisés, inertes et non lixiviables provenant de la part rejetée du minerai traité au sein de la fonderie (culots de four de taille centimétrique à décimétrique).



Figure 1. Vue aérienne du site des Fonderies avant les travaux (source Google).  
Figure 2. Vue du site des Fonderies avant les travaux en 2013.

### 3. Interprétation des milieux et plan de gestion

En 2005, GÉODERIS a établi un rapport (Dommanget, 2005) mettant en avant l'impact potentiel des sites de résidus des concessions du secteur sur l'environnement et les populations du fait de leur forte teneur en métaux (notamment plomb : 1 à 80 g.kg<sup>-1</sup> et arsenic : 0,5 à 8 g.kg<sup>-1</sup>). Ces études ont été complétées en 2015 par une caractérisation des milieux d'expositions et de la bioaccessibilité des produits par l'INERIS (Hulot, 2015).

La DREAL Auvergne a missionné en 2009 le DPSM, pour réaliser des études préalables (dont le modèle conceptuel) à la mise en sécurité des quatre principaux sites de résidus de minerai de plomb argentifère présents à proximité de Pontgibaud.

Des investigations sur les compartiments « résidus », « eaux superficielles » et « sédiments » ont été réalisées entre 1995 et 2010 (Barranger, 2010). Les milieux ont été caractérisés et la compilation de ces données a permis de déterminer l'état des milieux.

Les résidus sont identifiables de par leur granulométrie et couleur qui tranche avec le contexte basaltique, de gneiss et schistes. Ils sont accessibles au public et sujets aux érosions diverses car dépourvus de couverture végétale. Ils représentent un risque potentiel pour la Sioule, surtout au cours d'épisodes pluvieux de forte intensité. Les eaux de la rivière ne sont pas impactées, étant donné son débit mais ses sédiments le sont par une contamination particulière. Les éléments du système Source – Transfert – Cibles identifiés (Sabourault *et al.*, 2015), conduisant à la représentation par le schéma conceptuel (et fig. 3) sont décrits dans le tableau 1.

Source	Transfert	Cible
Résidus de laverie : sable contenant du plomb et de l'arsenic	Entraînement particulaire par ruissellement vers les eaux et les sédiments de la Sioule	Faune et flore aquatique Pêcheurs
	Envol de résidus	Usagers et voisins du site
	Infiltration vers les eaux souterraines	L'arsenic des eaux captées provient en majorité du fond géochimique

Tableau 1. Système Source – Transfert – Cibles.

L'interprétation de l'état des milieux montrant un impact du dépôt de résidus, et les usages des milieux impactés étant fixés, un plan de gestion a été mis en place pour rétablir la compatibilité usage / état des milieux conformément à la politique de gestion des sites et sols pollués du ministère de l'environnement.

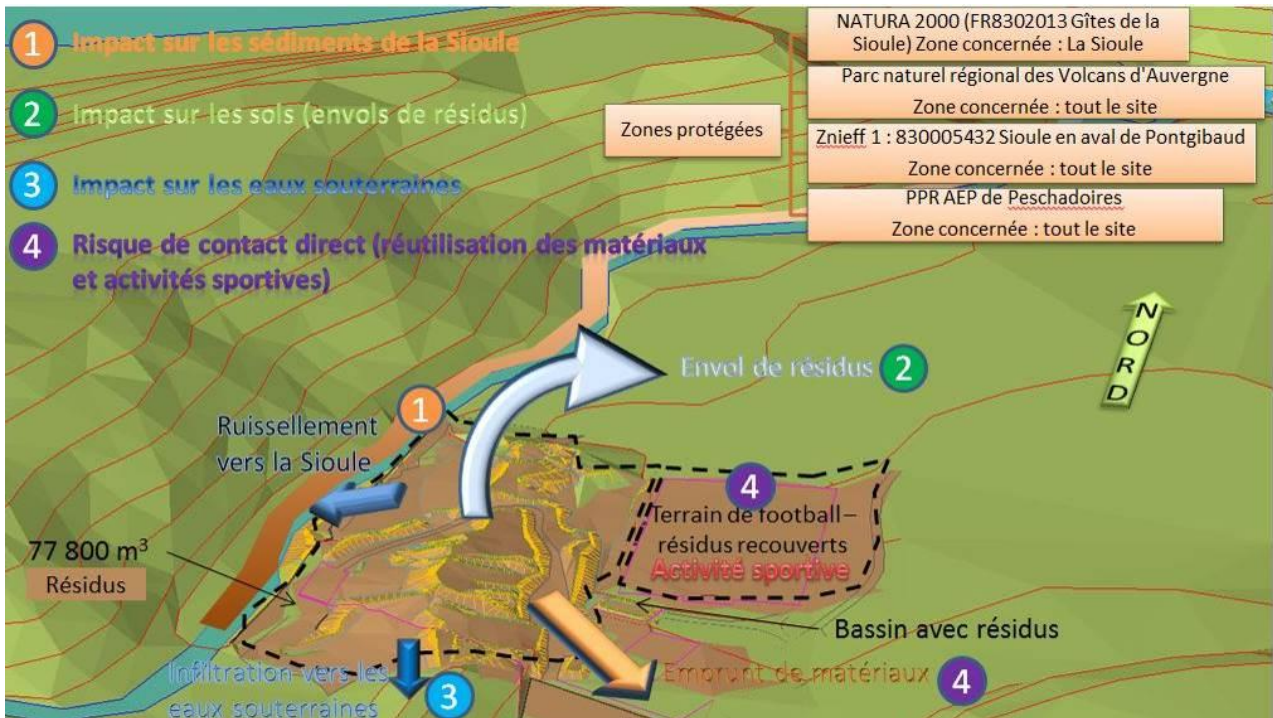


Figure 3. Schéma conceptuel du site des Fonderies.



Figure 4. Schéma conceptuel du réaménagement du site des Fonderies.

L'objectif de cette mise en sécurité est de mettre fin à la dispersion des résidus dans les milieux (eau superficielles, voisinage...) sous les divers effets de l'érosion ainsi qu'au

contact direct du public fréquentant les installations sportives. Les solutions permettant de rétablir cette compatibilité en rompant la chaîne Source-Transfert-Cible ont été choisies suite à un bilan coûts/avantages. Une solution durable et passive, ne nécessitant aucun entretien pour l'État, a été recherchée afin de pérenniser la solution de gestion. Il a été choisi un regroupement et un remodelage du dépôt suivi de la mise en place d'une couverture de terre ensemencée afin de pérenniser le remodelage et d'intégrer les résidus à leur environnement (Bellenfant, 2010). Les analyses montrant l'absence de dissolution des métaux par percolation ou par ruissellement, une couverture étanche n'était pas nécessaire. La gestion des eaux s'est donc portée sur des fossés étanchés isolant le site pour limiter les infiltrations risquant de déstabiliser le dépôt à long terme. Un schéma conceptuel du site avec les aménagements envisagés a donc été élaboré (fig. 4).

## **4. Mise en œuvre des travaux**

### **4.1. Phase de conception**

Fin 2011, la DREAL Auvergne a saisi le DPSM pour réaliser la mise en sécurité du site des Fonderies. Un marché de maîtrise d'œuvre pour la conception et la réalisation des travaux a été passé avec la société ANTEA Group afin de réaliser le projet. Cette phase a duré un an et a inclus les investigations préliminaires, la recherche des solutions techniques ainsi que le montage des dossiers réglementaires et leur soumission.

### **4.2. Dossiers réglementaires**

Différents dossiers réglementaires ont été établis afin de disposer des autorisations préalables nécessaires à la réalisation des travaux.

Le site étant limitrophe d'une zone Natura 2000, une étude d'incidence a été réalisée. Elle est composée d'un inventaire faunistique et floristique ainsi que des mesures de protections de la faune et de la flore à mettre en place en phase chantier pour limiter son impact environnemental. Le site se trouvant pour partie dans le lit majeur de la Sioule et les eaux de ruissellement collectées par les fossés étant rejetées dans la rivière, une déclaration au titre des articles L. 214-1 à L. 214-6 du code de l'environnement, autrement nommé « nomenclature eau », a été déposée.

Le projet était soumis à l'obtention d'un permis d'aménager au titre du code de l'urbanisme en raison de la superficie et des affouillements et exhaussements nécessaires à la réalisation du dépôt final. Le projet a été dispensé d'une étude d'impact lié au permis suite au dépôt d'une « demande d'examen au cas par cas » (art. R122-3 du code de l'environnement). Le permis a été accordé par arrêté préfectoral accompagné de préconisations de l'Agence Régionales de Santé (ARS) d'Auvergne (le site se trouvant dans le périmètre de protection rapproché du captage d'eau potable de Peschadoires). Ce service a demandé un suivi analytique de l'eau du captage avant, pendant et après le chantier et la prise de toutes les précautions nécessaires à la pollution sur le chantier (fuites...). Ces analyses d'eau ont été réalisées et les résultats n'ont révélé aucun écart significatif pour les paramètres analysés.

### **4.3. Déroulement du chantier**

Le dossier de consultation des entreprises a été mis en appel d'offre publique. Le chantier de mise en sécurité s'est déroulé de fin octobre 2013 à début avril 2014.

En novembre et décembre 2013, les opérations ont consisté en un curage des abords afin de retrouver le terrain naturel et en un regroupement des résidus en un unique dôme.

Les scories et les blocs de basaltes du site ont permis de réaliser des merlons périphériques (fig. 5) ayant pour rôle le maintien des pentes du dôme et la prévention de l'érosion en cas de crue de la Sioule. La partie interne des merlons a été recouvert d'un géotextile pour laisser circuler l'eau mais éviter le transfert des résidus au travers.



Figure 5. Remodelage (merlon en scories) côté stade.

Figure 6. Exutoire sud maçonné côté Sioule.

Entre janvier et février 2014, s'est déroulée la réalisation des fossés internes et périphériques étanchés par une géomembrane accroche-terre limitant les infiltrations et garantissant un maintien de la couverture végétale. Des exutoires nord et sud vers la Sioule ont été réalisés en enrochement maçonné (fig. 6) ainsi que la couverture en terre et la piste d'accès au poste de dégrillage.

De fin mars à début avril 2014, l'amendement, l'ensemencement, la couverture géotextile en jute et les clôtures ont été mis en place.



Figure 7. Dôme et fossé en mars 2014 (géomembrane, toile de jute, ...).

Figure 8. Site en août 2014.

La couche de terre, épaisse d'a minima 30 cm, permet à la végétation basse de s'enraciner et de croître (fig. 8). Elle a été recouverte d'une toile de jute biodégradable sur toutes les pentes et le dôme (fig. 7) pour garantir une meilleure résistance à l'érosion, au ravinement et assurer le maintien du profil des fossés. Les clôtures à moutons ont été disposées sur le pourtour du site pour en limiter l'accès à la faune et aux personnes et ainsi protéger l'intégrité des aménagements réalisés (fig.9).



Figure 9. Évolution du site.

Il était prévu pour ce chantier de décaper les résidus sur l'ensemble du pourtour du site jusqu'au terrain naturel. Il s'est avéré que les reconnaissances initiales n'étaient pas exhaustives et auraient nécessité des fouilles plus systématiques. Côté ouest du site le long de la Sioule, l'épaisseur attendue était de l'ordre de 50 cm à 1 m or durant le chantier des matériaux identifiés comme pouvant être des boues de décantation ont été découverts sous les résidus. Après fouille, il s'est avéré qu'elles étaient présentes sur des épaisseurs dépassant 4 m. Leur comportement fortement thixotropique a fait prendre du retard au chantier et a nécessité une adaptation du projet et donc une surproduction.

Globalement, les épaisseurs de matériaux aux abords du site ont été sous-estimées en phase de conception et des reconnaissances initiales plus poussées auraient permis d'éviter des adaptations et des retards en cours de réalisation.

## 5. Pérennité de la mise en sécurité et servitudes d'utilité publique

Les solutions choisies pour ce chantier avaient pour but de réaliser une mise en sécurité pérenne et cohérente à un coût économiquement acceptable. Les systèmes hydrauliques ont été réalisés pour résister au temps en utilisant des géocomposites garantissant un maintien des profils et une étanchéité. Les pentes du dépôt ont été calculées en fonction des caractéristiques géotechniques des résidus afin d'annihiler l'aléa glissement. La couverture en terre permet d'empêcher la mobilisation des résidus et la végétalisation ainsi que la toile de jute assure une protection contre l'érosion.

Afin de réduire strictement les usages sur le site, de protéger la couverture, d'assurer la pérennité des aménagements et de conserver la mémoire du site, des servitudes d'utilité publique (SUP) au titre du code de l'environnement ont été demandées par le Préfet. Elles ont été prises par arrêté préfectoral en février 2016 sur la base du dossier établi par le DPSM. Elles sont opposables au tiers et interdisent :

- tous travaux pouvant porter atteinte à l'intégrité du terrain et à la couverture du site,
  - toute construction même légère,
  - la réalisation de jardin d'enfants, de camping, d'aire de stationnement et tout nouvel aménagement destiné à des activités de loisirs,
  - les cultures de plantes, de fruits ou légumes à des fins alimentaires,
  - le pacage des animaux et toute utilisation à des fins agricoles.
- Ces servitudes feront l'objet d'un enregistrement à la Conservation des Hypothèques.

## 6. Conclusions

La mise en sécurité du dépôt de résidus de traitement de minerai de plomb-argentifère a été réalisée pour le compte de l'État afin de réduire autant que possible les impacts environnementaux des résidus à fortes concentration en métaux (Pb, As) sur les milieux suivant un schéma de regroupement-stabilisation-couverture. Il s'agissait également de mettre fin à la dispersion de ces produits à fort potentiel d'impacts sanitaires à proximité d'un secteur urbanisé et fréquenté.

Le retour d'expérience de ces travaux permet de poser les bases pour les travaux de mise en sécurité des deux autres sites importants de stockage de résidus du même district minier plomb-argentifère (Roure-les-Rosiers à St-Pierre-le-Chastel et Barbecot sur les communes de Bromont-Lamothe et de Chapdes-Beaufort).

## 7. Références bibliographiques

- Barranger Ph. (2008). Évaluation du niveau de contamination des 4 secteurs de stockage de résidus miniers et de laverie du district de Pontgibaud (secteurs de « Pontgibaud stade », Roure/Les Rosiers, Barbecot et bassins de Pranal. *GÉODERIS S 2008/85DE-08AUV3120*, 97 pages.
- Barranger Ph. (2010) Inventaire des résidus miniers à impact sanitaire potentiel – Application à la région Auvergne. *GÉODERIS S 2010/47DE-10AUV2120*, 404 pages.
- Bellenfant G. (2010). Étude préliminaire à la mise en sécurité des sites de résidus de laveries minières du district métallifère de Pontgibaud (63). Avant-Projet Sommaire de travaux. *BRGM/RP 58216-FR*, 54 pages.
- Cottard F. (2009). Synthèse documentaire sur le district plombo-argentifère de Pontgibaud (63). Phase 1. *BRGM/RP-57862-FR*, 33 pages.
- Cottard F. (2010). Résultats des caractérisations complémentaires effectuées sur différents milieux dans le district minier de Pontgibaud. *BRGM/RP-58571-FR*, 78 pages
- Dommanget A. (2005). Ouvrages débouchant au jour et résidus miniers des concessions de Barbecot, Combres et Roure (63) ; état des lieux et proposition de mise en sécurité. *GEODERIS R-05-AUV-2101-R01/AD*, 46 pages.
- Hulot C. (2015). Sites de stockage de résidus de traitement du district métallifère de Pontgibaud (Puy-de-Dôme) : Zones de « Pontgibaud-Stade » (commune de Pontgibaud) et de « Roure/Les Rosiers » (commune de Saint-Pierre-le-Chastel) - Caractérisation des milieux d'expositions - Apports de la bioaccessibilité. *INERIS DRC-14-142525-11715B*, 179 pages.
- Marroncle J.L. (2004). District plombo-argentifère de Pontgibaud (63). Concessions de Barbecot, de Combres et de Roure : Inventaire des vestiges miniers et préconisations de mise en sécurité. *BRGM/RP-53513-FR*, 296 pages.
- Sabourault P., Niemiec D., Dietz M., Pidon A., Girardeau I. (2015). Integrated safety operation management in the Pontgibaud lead-silver former mine district (France). *Poster, Mine Closure 2015*.