

mines & carrières

N° 299
février 2022
167^e année



Mine Rio Tinto de Diavik (diamant),
des Territoires du Nord-Ouest au Canada.

DOSSIER

RÉSILIENCE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE APRÈS LA CRISE SANITAIRE

Mise en sécurité d'un site orphelin

Protéger les riverains en dynamisant la biodiversité

Les stériles miniers constituent un substrat généralement peu favorable au développement végétal car pauvre en nutriments et riche en métaux. Pourtant aux Avinières, dans les Cévennes, des espèces végétales métallophiles arrivent à pousser. Au point de représenter "la" solution pour protéger les populations qui y vivent.

Sur la commune de Saint-Laurent-le-Minier, dans le Gard, en bordure sud des Cévennes, la présence de gisements de plomb et de zinc a permis l'essor d'une activité minière et industrielle de la fin du XIX^e à la fin du XX^e siècle (fermeture de la dernière mine en 1991). « Cette activité a laissé des traces et, parmi elles, l'ancienne mine de zinc des Avinières qui surplombe la vallée de la Vis nécessite d'être mise en sécurité », explique le géologue Pierre Rossler, chef de projets du bureau d'études Mica Environnement. Cette mine a été exploitée de 1875 à 1914, principalement à ciel ouvert. « Les stériles d'exploitation appelés aussi baldes minières étaient déversés à flanc de coteau, poursuit-il. Plus d'un siècle après la fin de l'exploitation et en l'absence de tous travaux de réaménagement, ces baldes sont soumises à une érosion active empêchant toute recolonisation naturelle du site par la végétation. » En effet, elles se trouvent sur un terrain en pente – de l'ordre de 30 à 35° – soumis aux épisodes pluvieux cévenols. « Leur mise en sécurité s'imposait d'autant plus qu'ils présentent une forte teneur en métaux, de 2 à 5 % de plomb et de 4 à 5 % de zinc », précise-t-il.

Les études préliminaires

Cette érosion génère l'envol de poussières, notamment vers le hameau de la Papeterie situé de l'autre côté de la Vis, en rive droite (où se trouvait l'unité de traitement des minerais par flottation), et la migration de sédiments riches en métaux en contrebas, vers la rivière. C'est ainsi qu'en 2004, un riverain du hameau de la Papeterie signalait la présence d'arsenic sur ses terres. S'ensuivirent des études d'évaluation simplifiée des risques conduites par le cabinet Budgeap et des préconisations pour la mise en sécurité vis-à-vis de la santé humaine de ces sols contaminés aux métaux lourds, formulées par l'Institut de l'environnement industriel et des risques (Ineris).



PR/Mica Environnement

Ingénieur en géologie diplômé de l'ENSG, Pierre Rossler bénéficie de 17 années d'expérience en prospection et en exploitation minière en Nouvelle-Calédonie, ainsi qu'en hydrogéologie et en géotechnique appliquée aux mines. Il intègre Mica Environnement en 2018 où il se spécialise en réaménagement de mines et de carrières : mise en sécurité des sites, projets de terrassement, gestion des eaux, lutte contre l'érosion et végétalisation. Il est maître d'œuvre et chef du projet de mise en sécurité de l'ancienne mine des Avinières.

Malgré des premiers travaux en 2006 (excavation de terres et apport de "terres saines" dans l'ensemble des jardins de la Papeterie), des études montrèrent des plombémies persistantes parmi les habitants des lieux. « Une étude menée par l'Ineris en 2009 a par ailleurs mesuré des flux de dépôts de métaux par les poussières sensiblement supérieurs au niveau du hameau de la Papeterie, par rapport à d'autres secteurs de la commune non impactés par l'activité minière. L'Ademe a alors été missionnée par arrêté préfectoral en 2011 pour mener des études complémentaires sur le territoire de Saint-Laurent-Le-Minier en vue de proposer des mesures de gestion », précise une plaquette de l'Agence de la transition écologique (Ademe) destinée à informer les riverains. Cette ancienne mine des Avinières relève en effet des "sites pollués à responsables défaillants" autrement dits orphelins dont, héritier, l'État confie la mise en sécurité à l'Ademe. Mandatée par l'État, représenté par le préfet du Gard, l'Ademe dû envisager des mesures de gestion permettant de réduire l'exposition des populations et d'assurer la mise en sécurité pérenne du site. C'est alors qu'un plan de gestion fut élaboré par le bureau d'études Tesora et le cabinet d'hydrogéologie Eau Géo. Remis par l'Ademe, il fut soumis à l'État en 2014



avant que soient définis des travaux à réaliser d'office par arrêté préfectoral. « Sur la base de ce plan de gestion, la préfecture du Gard a missionné l'Ademe dès 2016 pour la réalisation d'un programme de travaux au niveau des haldes des Avinières, des cinq bassins sis en contrebas le long de la Vis, du hameau de la Papeterie et de la zone du Martinet », précise ce même document.

Encourager une végétation endémique spécifique

« La solution de mise en sécurité du site retenue par l'Ademe consiste à supprimer les voies d'exposition afin de réduire les risques pour les riverains en mettant en place une couverture végétale permettant de bloquer les envols de poussières et l'érosion hydraulique des haldes, précise Pierre Rossler. La spécificité de ces travaux réside dans le choix d'une technique innovante de phytostabilisation du sol à l'aide d'espèces métallocoles présentes naturellement ici. » Cette solution a été retenue avec l'assistance à maîtrise d'ouvrage de la jeune pousse Fertil'Innov Environnement. « Les teneurs en métaux des haldes sont tellement élevées que les espèces végétales du commerce n'arrivent pas à se développer sur les haldes, souligne Pierre Rossler. En retenant cette solution de phytostabilisation, nous avons utilisé la biodiversité locale pour répondre à la problématique du site. » Ces espèces métallocoles constituant la strate herbacée (graminées, légumineuses, etc.) ont développé une tolérance et une résistance spécifiques au plomb, au zinc et aux autres métaux présents localement dans ces sols. « Cette tolérance s'est avérée être une contrainte, souligne Pierre Rossler. En effet, transplantées sur des sols sains, ces plantes perdaient leur tolérance. » Il a donc fallu envisager de les cultiver sur place.

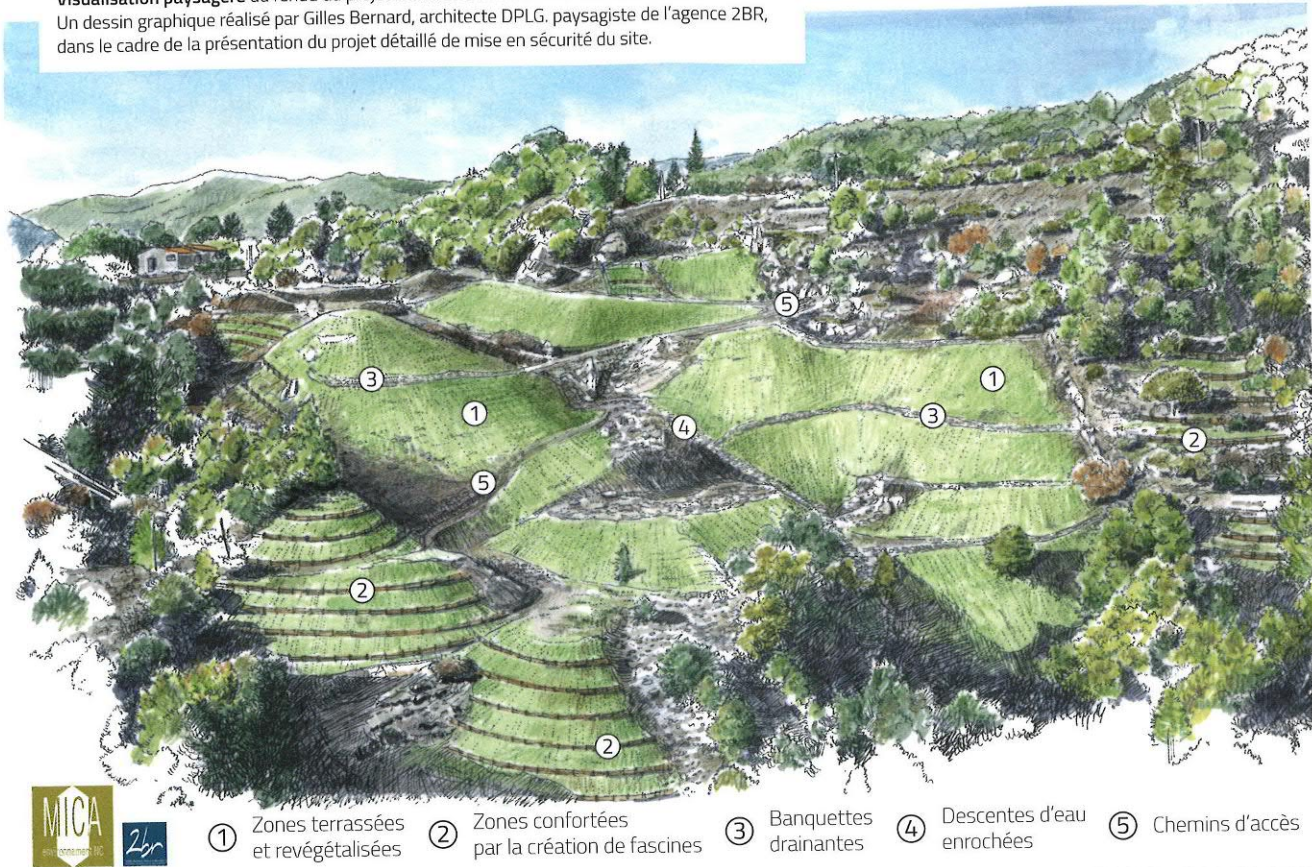
Halides de la mine des Avinières avant travaux de mise en sécurité.

La pépinière d'espèces métallocoles en aval des haldes des Avinières avec, derrière le cabanon, un pied d'ailante, une espèce envahissante.



PR/Mica Environnement

Visualisation paysagère du rendu du projet de mise en sécurité du site des Avinières.
Un dessin graphique réalisé par Gilles Bernard, architecte DPLG, paysagiste de l'agence ZBR,
dans le cadre de la présentation du projet détaillé de mise en sécurité du site.



- ① Zones terrassées et revégétalisées
- ② Zones confortées par la création de fascines
- ③ Banquettes drainantes
- ④ Descentes d'eau enrochées
- ⑤ Chemins d'accès

ZBR - MICA Environnement

Une pépinière a ainsi été installée dès 2019 en aval des haldes, au mas des Avinières où le sol contient à la fois des sédiments issus de l'érosion des haldes et des résidus du traitement du minerai par flottation. Et donc des teneurs importantes en métaux, ce qui fait qu'on y retrouve les mêmes plantes métallophiles que celles des haldes. Dans cette pépinière poussent encore les semences nécessaires à la mise en œuvre du programme de phytostabilisation. À terme, ces plantes seront laissées sur place, l'objectif étant qu'elles garantissent un couvert végétal pérenne favorable à la biodiversité. « *La dynamisation de la biodiversité va permettre le renforcement du couvert végétal conduisant à la réduction de l'émission des poussières et par conséquent à la protection des riverains* », souligne Patrick Jacquemin, chef de projets sites et sols pollués de l'Ademe et coordinateur territorial Nouvelle-Aquitaine, Occitanie, PACA, Corse.

Un site en zone sensible

Cette ancienne mine des Avinières se trouve dans le périmètre de deux zones Natura 2000 :

- la zone de protection spéciale (ZPS)¹ "gorges de la Vis et cirque de Navacelles", pour la conservation des oiseaux ;
- la zone spéciale de conservation (ZSC)² "gorges de la Vis et de la Virenque", pour la conservation des espèces (autre que oiseaux) et des habitats.

« *Cela nous a obligés à rédiger une notice d'évaluation des incidences Natura 2000 des travaux de mise en sécurité, souligne Pierre Rossler. Cette notice précise les mesures d'évitement, de réduction des impacts et d'accompagnement mises en place dans le cadre du suivi écologique du chantier.* » Il s'agit de :

- mesure d'évitement avec la mise en défense³ de secteurs écologiquement sensibles (pelouses métallophiles, ripisylve en bordure de la rivière Vis) ;
- mesures de réduction comme l'ajustement des périodes de travaux en fonction des contraintes écologiques du site, la "défavorabilisation" des anciennes galeries minières (voir ci-après), la mise en défens des arbres remarquables et de favoriser la reconquête de la végétation autochtone ;
- mesure d'accompagnement comprenant un plan de prévention des espèces végétales exotiques envahissantes (ailantes).

« *Avant même de procéder au terrassement, nous avons dû réaliser une opération de gestion des ailantes, poursuit Pierre Rossler. Cela a consisté à les arracher jusqu'à leurs systèmes racinaires dans l'emprise des terrassements afin d'éviter de les disséminer lorsque nous serons amenés à déplacer les déblais sur le site.* » >>>

1. Les ZPS sont des sites d'importance communautaire (SIC) intégrés au réseau Natura 2000 au titre de la directive "Oiseaux".

2. Les ZSC sont des SIC au titre de la directive "Habitats", listés par arrêté ministériel.

3. Servitude d'utilité publique visant à interdire l'accès d'un terrain pour en assurer la conservation et la restauration du sol.



MICA Environnement

Essais de phytostabilisation sur deux types de parcelles (horizontale et en pente) avec différents mélanges d'espèces testés.

Les espèces semées

Ces espèces proviennent de plantes récoltées localement, et choisies pour leur adaptation aux sols riches en métaux :

- *festuca arvernensis* (fêtuque d'Auvergne) ; ①
- *biscutella laevigata* (biscutelle commune) ; ②
- *koeleria vallesiana* (koélerié du Valais) ; ③
- *anthyllus vulneraria* (anthyllide vulnéraire) ;
- *armeria arenaria* (armérie des sables) ; ④
- *plantago lanceolata* (plantin lancéolé) ; ⑤
- *silene vulgaris* (silène enflé) ;
- *reseda lutea* (réséda jaune) ;
- *lotus corniculatus* (lotier corniculé) ;
- *cervaria rivini* (herbe aux cerfs). ⑥



Galerie de mine fermée par un mètre d'épaisseur de béton, avec une ouverture à barreaux de 13x50 cm pour les chiroptères, et des buses en bas pour l'écoulement des eaux et le passage de la faune rampante (Insectes, reptiles, batraciens et petits mammifères).



MICA Environnement

Exemple de défavorabilisation de galeries minières



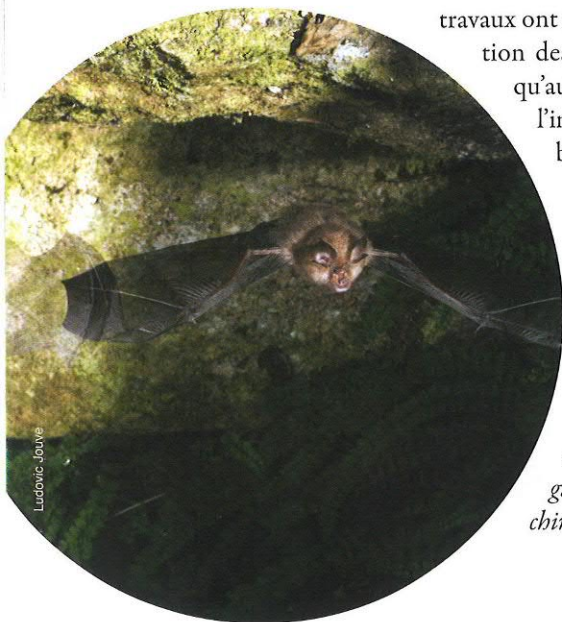
MICA Environnement

Protéger les chiroptères

Dans les galeries de l'ancienne mine des Avinières, les chiroptères sont surtout des Grands Rhinolophes ou *Rhinolophus ferrumequinum*, et des Petits Rhinolophes ou *Rhinolophus hipposideros* (photo).

Les anciennes galeries d'exploitation nécessitant également d'être mises en sécurité afin de prévenir toute intrusion humaine, elles ont été visitées et se sont avérées habitées. « Certaines sont en effet des gîtes intéressants pour les chiroptères dont toutes les espèces sont protégées en France, raconte Pierre Rossler. Nous avons dû les fermer par des murs en béton avec une ouverture à barreaux pour que les chauves-souris puissent continuer à accéder à l'intérieur des galeries. »

Pour d'autres galeries, jugées peu intéressantes comme habitat pour les chiroptères, il a été retenu une solution de mise en sécurité par remblayage. Ces travaux ont nécessité la défavorabilisation des galeries afin de s'assurer qu'aucun chiroptère ne soit à l'intérieur au moment du remblayage. « Nous avons attendu la nuit – lorsque les chiroptères sortent des galeries pour se nourrir –, pour poser des bâches à l'entrée de la galerie et en fermer temporairement l'accès, poursuit-il. Ainsi le lendemain, on pouvait remblayer complètement la galerie en étant sûr qu'aucun chiroptère n'y soit ».



Ludovic Jouve

Réduire les envols de poussières et l'érosion des haldes

La conception et le suivi de ces travaux, autrement dit la maîtrise d'œuvre a été confiée en mai 2018 au bureau d'études Mica Environnement, assisté de Fertil'Innov Environnement en ce qui concerne la phytostabilisation. En 2019, des travaux préparatoires ont permis la création d'une piste d'accès aux haldes et l'aménagement de deux zones d'essais de phytostabilisation. Cette entreprise innovante a en effet dû procéder à de nombreuses études botaniques et agronomiques sur place et en laboratoire afin de définir le protocole de phytostabilisation retenu.

Début septembre 2021, le chantier de mise en sécurité du site a enfin démarré. La réalisation des travaux est confiée à l'entreprise MTPS, la surveillance environnementale à Antea Group et enfin Alpes Contrôle coordonne la sécurité et la protection des salariés sur le chantier. Différentes méthodes sont utilisées pour mettre en sécurité les haldes en pente, selon l'accessibilité des lieux.

Là où l'accès des engins de chantier est possible, les haldes sont terrassées pour abaisser leur pente et améliorer leur stabilité. Du compost y est apporté pour être mélangé aux haldes terrassées avant de les revégétaliser par semis hydraulique des semences des plantes métallocoles cultivées en pépinière. Avant ensemencement, une toile en fibres de coco, biodégradable, est mise en place sur les talus afin de favoriser la germination des graines et de limiter leur lessivage au pied des talus.

Sur les zones où l'accès des engins nécessiterait la création de pistes à travers des zones déjà stabilisées et végétalisées naturellement, des techniques de confortement de l'érosion par mise en place de fascines en bois sont privilégiées. « Les fascines permettent de créer des micro-terrasses dans les zones érodées, précise Pierre Rossler. Ces travaux sont réalisés manuellement, afin de limiter l'empreinte des accès sur la végétation existante. ». Là aussi, du compost est apporté pour être mélangé aux haldes avant que les terrasses ne soient plantées d'espèces métallocoles.

Enfin, les ouvrages de gestion des eaux aménagés (banquettes drainantes, fossés, descentes d'eau enrochées, bassins de décantation), permettent de gérer les eaux de ruissellement sur le site.

Les travaux terminés, l'ensemencement aura lieu au printemps, avec une première correction à l'automne. Un suivi de deux ans est prévu afin de contrôler et éventuellement de corriger le développement de la couverture végétale. Pendant ce temps, la dynamique de la biodiversité contribuera à cicatiser les traces laissées par le passé industriel de la vallée. ■

Camille Saisset