

L'après-mine aux mines d'or de Salsigne

La Rédaction¹.

Rappel historique

Des débuts au dépôt de bilan de la Société des Mines et Produits Chimiques de Salsigne (SMPCS)

La mine d'or de Salsigne (Aude) est située sur le flanc sud de la Montagne noire, à 15 km au nord de Carcassonne et son exploitation remonte à l'époque gallo-romaine (Fig. 1). De cette époque jusqu'au XIX^e siècle, on a exploité sporadiquement le fer, la découverte d'or ne remontant qu'à la fin du XIX^e siècle.

Au total, le secteur de Salsigne aura produit environ 120 tonnes d'or et plusieurs usines pyrométallurgiques (fonderies) ont successivement fonctionné et laissé des déchets :

- Villanière (1912-1945).
- Malabau (1920-1935).
- Villardonnel (1925-1935).
- SMPCS à la Combe du Saut (1924-1992).

Le premier exploitant est la Société des mines de l'Aude, créée en 1904 et qui deviendra ultérieurement Société des mines de la Villanière. La Société des Mines et Produits Chimiques de Salsigne (SMPCS) est créée en 1924 et son activité porte sur la concession de Salsigne, Lastours (884 ha) et Villanière (684 ha) (Fig. 2).

Avant 1910, on faisait un simple triage du mispickel dont la teneur en or et en arsenic permettait l'exploitation et la vente en Grande Bretagne. Le premier

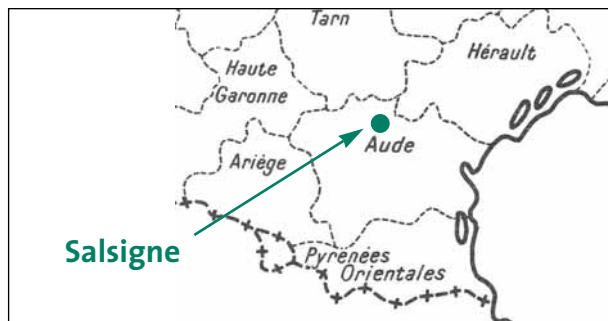


Figure 1. Localisation du site de Salsigne.

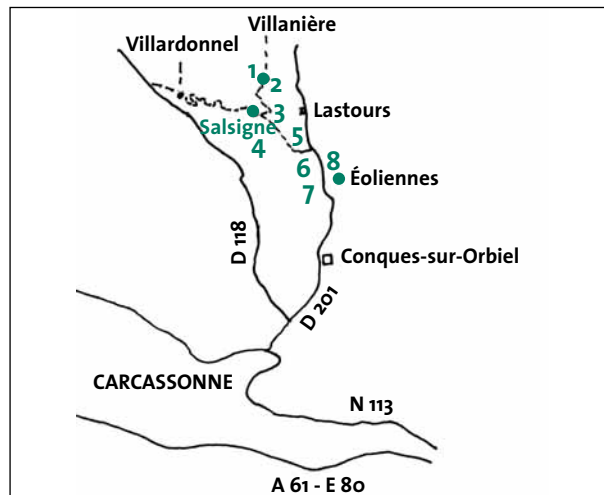


Figure 2. Localisation des principaux sites de Salsigne.
Légende : 1. Ciel ouvert MOS. 2. Puits Castan. 3. Usine de la Caunette. 4. Stockage de Montredon. 5. Exploitation Aude Agrégats. 6. Usine SEPS. 7. Confinement ADEME et usine de l'Artus. 8. Plages de l'Artus.

four à *water-jacket* pour la production de mattes fut mis en service en 1910, le second en 1929, le 3^{ème} en 1932. En 1928, on introduit la flottation et l'agglomération des concentrés. En 1939, un atelier de cyanuration est mis en service et permet de produire des lingots d'or d'abord mi-fins puis, en 1940, fins à 999/1000 livrés à la banque de France.

Vers le milieu des années 1950, la SMPCS est rachetée par la société canadienne Cuninghams Dunlop, via sa filiale Cheni. En 1966, un groupe américain, dont la principale société est Silver Eureka Corp, prend le contrôle de Salsigne. Treize ans plus tard, le 4 mars 1980, en application d'un accord intervenu le 23 novembre 1979, Silver Eureka cède ses droits à Coframines, filiale à 68% du BRGM. Divers ajustements ultérieurs conduiront Coframines à détenir directement quelques % du capital des MPCs et environ 44% via Cheni. À la date de 1982, on avait extrait 7,4 Mt de minerai ayant donné 71 t d'or, 200 t d'argent, 20 000 t de cuivre et 325 000 t d'anhydride arsénieux.

L'exploitation traditionnelle de la minéralisation de Salsigne a été conduite en souterrain, par traçages suivant les filons et les zones minéralisées, à partir des niveaux développés, d'abord tous les 20, 25 et 30 m, puis tous les 45 m, au mur, plus tardivement. Le premier puits (puits Bru), profond de 362 m, a atteint le 13^{ème} niveau, par phases successives de 1925 à 1967. Un 2^{ème} puits, Peyrebrune,

1. Remerciements à la DRIRE Languedoc-Roussillon et à l'ADEME pour leur aide dans l'élaboration de ce texte.

atteindra le 10^{ème} niveau en 1939 puis sera abandonné en 1944-45. Le 3^{ème} puits, le puits Castan, situé à 550 m à l'est du puits Bru, a permis d'atteindre l'aval du 13^{ème} niveau. Il sera foncé et mis en service entre 1975 et 1982. L'accès au fond se fera alors par une descenderie foncée jusqu'au 14^{ème} niveau. Le fond a ainsi été exploité jusqu'à une profondeur de 300 m environ.

Au total, à partir du début des années 1980, on distinguait cinq types de minerai :

- minerai traditionnel du fond à 9 g/t Au environ ;
- minerai pauvre du fond à 7 g/t Au environ ;
- minerai 2X à 14 g/t environ, très riche en arsenic ;
- minerai du ciel ouvert (MCO), dit « normal » à 13-14 g/t Au ;
- minerai du ciel ouvert, pauvre, à 6-7 g/t.

L'ensemble représentait un tonnage annuel d'environ 200 000 t de minerai dans une proportion de 2/3 à ciel ouvert et 1/3 en souterrain. En raison de son faible taux de concentration et de sa teneur en sulfures, le minerai 2X était traité séparément.

Chacun des cinq minerais faisait l'objet d'un concassage primaire (concasseur à mâchoires) et secondaire (concasseur giratoire) distinct, puis on mélangeait les minerais traditionnels pour obtenir un minerai moyen permettant un taux de concentration de 4-5. Venaient ensuite le broyage par voie humide, la flottation des sulfures, puis la calcination au four *water jacket* qui donnait une matte de cuivre et une scorie. La production était de l'ordre de 10-12 000 t/an de matte renfermant 10% Cu, 56% Fe, 20% S, 150 g Au, 250 g Ag et 0,5% SiO₂. En raison de la teneur en arsenic du minerai 2X, le tonnage pouvant rentrer dans le circuit industriel était limité à environ 60 000 t/an, ce qui permettait à Salsigne de rester dans sa fourchette de marché de 10 000-15 000 t/an d'arsenic. Le traitement des gaz de combustion permettait de récupérer Bi et Sb sur l'électrofiltre de dépoussiérage, As₂O₃ à partir des batteries de refroidissement, et SO₂, matière première de l'acide sulfurique.

Au début des années 1980, une nouvelle stratégie industrielle conduit à moderniser la pyrométallurgie (ajout d'un four de grillage en particulier) pour traiter des concentrés venant de l'extérieur et à mettre en place une unité de cyanuration pour traiter les concentrés de Salsigne.

Soixante ans de traitement par flottation du minerai de Salsigne ont conduit à un stock de rejets de 7 Mt renfermant 2,5 g/t Au. Pour les reprendre, la société SNC Lastours, filiale 50/50 Salsigne-Marc Rich (société suisse), est constituée. Les rejets sont traités par cyanuration avec récupération de l'or sur charbon actif.

L'installation de cyanuration est mise en place en 1988 et le traitement débute en 1989 au rythme de 1 Mt/an. En 1990, l'unité d'acide sulfurique, très vétuste, est arrêtée, augmentant d'autant les rejets de SO₂ dans l'atmosphère.

Malgré ces nouveaux investissements, la Société des Mines et Produits Chimiques de Salsigne est amenée à arrêter ses activités : elle dépose son bilan en 1991 et est mise en liquidation le 3 septembre 1992.

Réorganisation des activités dans les années 90

À la suite de la liquidation, les activités sont scindées en trois : pyrométallurgie, cyanuration des haldes et extraction minière, chacune relevant de trois opérateurs industriels différents.

La Société d'Exploitation Pyrométallurgique de Salsigne (SEPS), filiale d'Eco-Union, étant spécialisée dans le traitement de déchets, les pouvoirs public lui confient le traitement de 60 000 t de déchets résultant de l'activité pyrométallurgique de la SMPCS ; en outre, 166 ha de terrains lui sont alloués. Mise en liquidation judiciaire en 1996 (elle l'est toujours), elle laissera de nombreux déchets : 569 t provenant de producteurs français en vue d'un traitement par SEPS, 1 644 t provenant de l'étranger, 23 000 t de déchets divers, 3 800 t d'anhydride arsénieux, 500 t de boulets dans les trémies du bâtiment d'agglomération, sans oublier les déchets laissés par la SMPCS et non traités par la SEPS.

La **SNC Lastours**, qui dispose de 115 ha de terrains, poursuivra la cyanuration des haldes dans l'usine de l'Artus construite par la SMPCS en 1987. Marc Rich, partenaire à 50% dans la SNC initiale, reprendra la part de 50% détenue par MPCS, et la SNS elle-même sera reprise par le groupe Herbingen en décembre 1993. L'exploitation des haldes est achevée en 1997 et la SNC Lastours cède à Mines d'Or de Salsigne (MOS) l'usine de l'Artus, qui sera utilisée en station de transfert, ainsi que le droit d'exploiter la décharge dite « Plages de l'Artus » qu'elle utilisait. Sur les 115 ha qu'elle possédait, la SNC Lastours n'en garde que 33. Elle verse une contribution à MOS pour la remise en état finale des plages de l'Artus. L'exploitation montre que sous les 5,7 Mt de haldes traitées (et non 6,5 Mt selon l'estimation initiale), il existait environ 750 000 t de scories et 500 000 t de résidus mélangés provenant de l'activité ancienne de la SMPCS.

L'exploitation minière est reprise par la société **Mines d'Or de Salsigne** (MOS) dont l'actionariat est exclusivement australien (50% Orion Resources NL qui sera absorbée par Sons of Gwalia, 50% Eltin France Sarl, intégrée au groupe Henry Walker Eltin Group Ltd). Cette société



Photo 1. Le ciel ouvert de Salsigne (cliché Gérard Sustrac).

té met en place l'usine de traitement hydrométallurgique de La Caunette qui fonctionnera jusqu'en 2004.

L'exploitation est poursuivie à ciel ouvert pour le minerai traditionnel (filons et corps stratiformes) et l'on extrait environ 450 000 t/an à 5,6 g/t en moyenne (Photo 1). En souterrain (50 000 t/an environ), le minerai est exploité par sous-niveaux abattus ou tranches montantes remblayées pour les pendages de 40 à 70°, et chambres et piliers inclinés pour les pendages de 10 à 30°. En février 2001, la partie la plus profonde de la mine (entre les cotes -115 et +73) est noyée, ce qui conduit à ne plus remonter le minerai par le puits Castan, mais en camion par la descenderie qui débouche dans le ciel ouvert à la cote 310.

Après un premier concassage (200 mm) sur le site d'extraction, le minerai subit un 2^{ème} concassage (12 mm) puis un broyage à 25-75 microns dans l'usine de la Combe du Saut. La flottation permet ensuite de séparer un concentré de sulfures et or (de 20 à 30 g/t environ selon le minerai traité) des rejets (stériles) qui comportent toujours une petite quantité d'or (< 1 g/t). Ces rejets, qui ne sont plus cyanurés depuis début 2000, sont stockés sur l'aire dite des « plages de l'Artus ».

Les concentrés passent ensuite dans l'atelier de cyanuration dans lequel l'or est récupéré par adsorption sur charbon actif. Le cyanure est régénéré et réintroduit dans le circuit de traitement. Les concentrés, après stabilisation de l'arsenic rendu insoluble et destruction des cyanures par oxydation, sont stockés dans le bassin dénommé « plage de Montredon » dont la capacité est portée à 800 000 m³ en 1999. Ce bassin recevra au total environ 0,8 Mm³ de sables et 0,2 Mm³ de déchets exogènes. Les charbons, chargés à 2,5-2,8 kg Au/t sont ensuite élués dans de l'eau additionnée de soude (4%) et de cyanure (6%), puis réactivés et réintroduits dans le circuit de traitement. Les jus riches en or et argent sont traités par électrolyse et les cathodes refondues en

lingots de doré comprenant en moyenne 65% d'or, 25% d'argent, 10% de cuivre et autres métaux. La production de l'atelier de fusion est d'environ 1,5 à 1,6 t pour une capacité nominale de 3 t.

Malgré ses efforts, MOS est amenée à déposer son bilan en juillet 1999, puis, en accord avec les pouvoirs publics (11 juillet 2001), à mettre en place un plan de fermeture ordonné de l'exploitation à l'horizon 2004 pour un coût de 49,5 MF (7,6 millions d'euros environ), l'État en prenant en charge 54%. À ce coût se sont ajoutés les contrats État-MOS passés en 2004 pour la mise en sécurité de sites très anciens relevant de la responsabilité de l'État, pour un montant de 2,4 millions d'euros.

Bilan environnemental dans la vallée de l'Orbiel

Introduction

Ce bilan a été réalisé par le bureau d'études Horizons (Horizons, 2000) pour le compte du Syndicat intercommunal pour l'aménagement hydraulique des bassins et du Trappel. L'objectif était de réaliser un diagnostic général de la distributions des contaminations (régionalisation, modes de dispersion, hiérarchisation des sources de pollution) et de proposer des actions préventives et de surveillance. Rappelons qu'à la date de l'étude, l'exploitation de MOS était encore en activité.

L'étude s'est déroulée en trois phases :

- synthèse bibliographique et historique, conduisant à une sélection de points de prélèvement ;
- campagne de prélèvements, de mesures et d'analyses sur les sols (sols exposés aux vents, alluvions, boues et sédiments industriels) et les eaux (eaux de surface de l'Orbiel et de ses affluents, puits et sources, eaux industrielles) ;
- analyses complémentaires.

Le tableau ci-après résume les prélèvements réalisés.

Une partie des échantillons collectés a donné lieu à des analyses complémentaires et à des tests de lixiviation.

Résultats

Les analyses réalisées sur sols, alluvions et eaux ont montré que parmi les éléments mesurés (dont 11 principaux sur les eaux : cyanures libres et totaux, As, Bi, Cd, Cr total, Cu, Sn, Hg, Pb, Zn), seul l'arsenic était présent en quantité à l'état naturel et pouvait présenter des concentrations supérieures aux valeurs de constat d'impact (VCI)

Nature prélèvement	Date de 1999	Commentaires
Sols	15-17 juin	20 sites ayant fourni 51 échantillons à trois profondeurs (0-20, 20-40 et 40-60 cm) quand c'était possible.
Alluvions	17 mai- 2 juillet	23 sites ayant fourni 60 échantillons à la tarière à main, issus de quatre horizons : 0-20 cm, 1 m, 1,5 m et 2 m.
Eaux	- 4-6 mai (hautes eaux) - 28 juin - 1 ^{er} juillet (moyennes eaux) - 9-11 août (basses eaux)	Prélèvements : 19 de l'Orbiel et de ses affluents, 4 de sources, 3 de puits d'alimentation en eau potable, 5 d'eaux industrielles à l'aval des sites miniers.

définies par le ministère chargé de l'environnement.

L'arsenic est présent à l'état naturel dans les sols et les eaux à l'amont de toutes les sources anthropiques de pollution potentielle. Les études de lixiviation réalisés sur échantillons de sols et d'alluvions ont clairement montré une corrélation entre les résultats sur les supports et ceux sur lixiviats, sans critère quantitatif de proportionnalité. À partir des valeurs de fonds géochimique estimées (60 ppm pour les sols très rarement inondables, 110-115 ppm pour les alluvions, moins de 10 µg/l pour les moyennes et hautes eaux, 60 µg/l pour les basses eaux), les impacts sur l'environnement ont été évalués.

L'action du vent conduit à une augmentation maximale des teneurs en As des sols (300 ppm) sur une zone elliptique de 4 km de grand axe SE-NW. La pollution provient essentiellement des eaux de surface et plus particulièrement des affluents de rive droite de l'Orbiel :

- Grésillou et son affluent de rive droite (ruisseau de Villanière) en basses, moyennes et hautes eaux.
- Ru sec et ses affluents de rive gauche (ruisseau de Malabau, Gourg Peyris), seulement en période de hautes eaux.
- Aucune pollution n'est notée dans les affluents de rive gauche de l'Orbiel.

La pollution du Grésillou est en partie issue de l'ancienne mine de Nartau, mais principalement des rejets d'exhaure de la mine de MOS. À la Combe du Saut, la pollution est principalement liée aux fortes précipitations. Dans le Ru sec (hautes eaux), la pollution provient principalement du ruissellement des anciennes mines et des districts métallurgiques associés de Malabau, dans une moindre mesure de Gourg Peyris.

Le problème de l'irrigation dérive de cette situation et les contrôles ont, d'une façon générale, souligné une pollution supérieure dans les zones irriguées (par rapport à celles qui ne l'étaient pas).

Recommandations

Le rapport Horizons propose une diversité d'ac-

tions pour améliorer la situation. L'action prioritaire est la diminution des rejets d'eaux de mine dans le ruisseau de Vallanière, surtout en moyennes et basses eaux. En référence aux hautes eaux, il est proposé de consolider certains aménagements de la Combe du Saut (étude ADEME en cours à l'époque) afin d'éviter tout risque de rupture de digue et de diminuer la charge en arsenic des eaux de ruissellement des mines et industries métallurgiques de Malabau.

Sur le plan de l'irrigation, les solutions proposées comportent la réglementation de l'usage de l'eau en fonction du suivi de qualité et surtout la recherche de ressources alternatives en eau souterraine, ce qui implique d'améliorer la connaissance des aquifères et notamment des bassins d'alimentation de ceux-ci. En matière de surveillance, l'étude recommande de mettre en place un réseau de suivi pour vérifier, sur plus longue durée, les résultats obtenus.

Conclusion

L'étude réalisée par Horizons constitue la base de toute appréciation sur l'impact environnemental des pollutions minières et métallurgiques sur l'ensemble de la zone d'exploitation de Salsigne. Elle souligne l'ampleur de la zone polluée, la diversité des sources de contamination et la variabilité saisonnière (hautes, moyennes et basses eaux).

Suite à cette étude, la DRIRE a mandaté l'ADEME pour mettre en place un réseau de 7 stations de mesure (capteurs à pas variable) sur les eaux de l'Orbiel entre Lastours et Conques, durant l'année 2001 (ADEME, 2001). Les résultats ont confirmé les mesures faites par HORIZONS et l'expérience n'a pas été poursuivie au-delà de 2001.

Travaux de surveillance et de mise en sécurité

Surveillance sanitaire

En 1997, une enquête sur l'exposition de la popu-

lation aux polluants d'origine industrielle dans la région de Salsigne est mise en place par la DDASS de l'Aude en collaboration avec le Réseau National de Santé Publique et la Cellule Inter-régionale d'Épidémiologie. L'enquête, réalisée auprès de 681 personnes sélectionnées par tirage au sort dans 24 communes (20 dans le secteur de l'Orbiel et 4 communes témoins), comportait un questionnaire sur les habitudes alimentaires et le dosage pour arsenic organique et ses deux dérivés méthylés dans des échantillons d'urine et de cheveux. En dehors de cinq sujets, les dépassements par rapport à la valeur de référence (15 µg/g de créatine) restent faibles mais tous concernent des sujets de la zone exposée. Les sources de risque sont la consommation d'eau de puits ou de source et celle de fruits et légumes du jardin.

Les contrôles faits par la DDASS et par MOS sur les eaux de l'Orbiel et de ses affluents, ainsi que les analyses sur poissons par la Direction générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes (DGCCRF) montrent que le seuil de 50 µg d'arsenic par litre est fréquemment dépassé dans le Grésillou, affluent de l'Orbiel, ou dans des puits proches (notamment le puits communal de Conques). Les teneurs anormales en métaux et arsenic rencontrés dans des légumes conduisent à l'interdiction de mise sur le marché de légumes feuilles pour une durée d'un an (arrêté ministériel du 30 mai 1997, périodiquement reconduit depuis).

La surveillance des poussières alvéolaires a donné lieu à une première campagne de mesures par l'ADEME (BURGÉAP) en 2000, puis à une étude de l'INERIS en 2006. Cette dernière a mis en évidence la quasi absence de poussières alvéolaires, alors que les résultats de l'ADEME avaient été un peu plus pessimistes.

Mise en sécurité des installations minières et dépollution des anciens terrains sous responsabilité de l'État

Les travaux de mise en sécurité, réalisés par MOS entre 2002 et 2004, avaient pour objectif d'interdire l'accès des galeries et autres ouvrages présentant un danger et de garantir la stabilité géotechnique des terrains. Ils ont comporté :

- la fermeture du puits Castan et le démantèlement du concassage primaire ; le chevalement du puits a été conservé comme témoignage patrimonial (Photos 2a et 2b) ;
- la fermeture et la mise en sécurité de tous les ouvrages miniers connus : remblaiement de la descenderie, remblaiement partiel du fond du ciel ouvert (50 ha et environ 50 m de profondeur), stabilisation des flancs



Photo 2a. Le puits Castan en fonctionnement (cliché DRIRE Languedoc-Roussillon).



Photo 2b. Le puits Castan aujourd'hui (cliché Gérard Sustrac).

et clôture du site, fermeture de l'ensemble des galeries, puits et cheminées (plus de 50 ouvrages) répertoriés sur l'ensemble des concessions MOS.

En 2004-2005, il a été procédé à la mise en sécurité des terrains anciens de la responsabilité de l'État :

- destruction des restes de la fonderie de Malabau et transfert des déchets cyanurés et arséniés dans le stockage de Montredon (20 000 t environ) ;
- transfert de certains déchets anciens très concentrés du site de la Combe du Saut (plus de 200 000 t) dans le stockage de Montredon, celui-ci ayant été renforcé par des remblais de résidus peu pollués (400 000 t) ;
- transfert, également dans le stockage de Montredon, de déchets de divers sites : résidus anciens du stockage de La Caunette, arséniates de chaux (traitement des fines SMPCS), résidus cyanurés du site dit B3 (au-dessus de la Combe du Saut), résidus du Camp Magné, etc.

Les deux stockages (Artus et Montredon), propriété de MOS, ont été mis en sécurité par cette société. À l'Artus, les opérations ont comporté : modelage du site, mise en place d'une couverture d'argile et de marno-

calcaire, végétalisation et création de bassins d'évaporation en aval pour récupérer les eaux de percolation (capacité > 100 000 m³ pour une surface de 1,4 ha). À Montredon, après le modelage du site, il a été disposé deux couches drainantes encadrant une géomembrane, une couche de marno-calcaire, puis l'ensemble a étéensemencé (Photos 3 à 5). Le stockage de Montredon contient plus d'un million de m³ de résidus concentrés (25 microns) et celui de l'Artus, 7 millions de m³ de stériles fins (75 microns) peu concentrés (jusqu'à 0,5% As). La végétalisation a bien pris à l'Artus, ce qui n'est pas le cas à Montredon où les pluies diluviennes de septembre 2005 ont entraîné l'érosion des fines ; une reprise est nécessaire.

MOS a également assuré le démantèlement de l'ancienne flottation SMPCS, de l'usine de la Caunette (construite par MOS) et de celle de l'Artus (construite par SMPCS).

Depuis le 1^{er} juillet 2006, le BRGM assure la surveillance et l'entretien de l'ensemble des propriétés de MOS (installations classées et installations minières), notamment en matière de stabilité des stockages (dont la végétalisation du stockage de Montredon à reprendre) et de gestion des eaux. Pour l'Artus, le BRGM assure également le traitement des eaux résiduelles (traitement à la chaux) en utilisant l'installation de traitement des fumées de l'ex. SEPS, remise en état par l'ADEME pour traiter des eaux.

Globalement, dans le cadre de l'accord de fermeture ordonnée du 11 juillet 2001, passé entre l'État, les actionnaires de MOS et la société MOS elle-même, le coût pour l'État des opérations techniques menées par MOS a dépassé légèrement 7 millions d'euros.



Photo 3. Vue générale du site de la Combe du Saut prise depuis l'Artus ; au premier plan, la station de traitement des eaux ; au fond, le stockage de Montredon (cliché ADEME).



Photo 4. Vue du stockage de Montredon (cliché ADEME).



Photo 5. Vue du stockage de l'Artus (cliché ADEME).

Projet de l'ADEME : mise en sécurité du site SEPS

L'arrêt des activités de la SEPS a d'abord conduit la DRIRE, entre décembre 1996 et février 1998, à engager des procédures de consignation à l'encontre de la SEPS, pour un montant de 119 MF. Jusqu'en décembre 1997, le liquidateur a continué à assurer le gardiennage du site et la gestion des eaux mais il a considéré ne plus pouvoir le faire après le 1^{er} janvier 1998. Cette responsabilité a donc été reprise par l'État.

La DRIRE confie alors à ICF Environnement (deux mandats de 6 mois) le soin d'assurer le gardiennage du site, la gestion des eaux et le retour des déchets vers les producteurs. La DRIRE fait également réaliser le curage de la petite lagune près de l'Orbiel ; les déchets récupérés sont déposés dans le bassin de Montredon et le fond de la lagune est étanchéifié (coût total 1,7 MF). Par ailleurs, 330 t d'anhydride arsénieux sont envoyées en retraitement pour 0,6 MF.

L'ADEME, par arrêtés préfectoraux successifs, est alors mandatée pour mettre en place un programme de surveillance et de réhabilitation.

Ce mandat a d'abord englobé :

- la **surveillance** et la **maintenance** du site : entretien et gardiennage, surveillance des eaux (notamment de

l'Orbiel en amont et en aval du site), gestion des fossés et de la station d'épuration des eaux ; ces opérations sont confiées à ICF Environnement jusqu'en 2004 (arrêtés préfectoraux des 14 décembre 1998, 21 mai 1999, 4 août 2000 et 9 mai 2001) ;

- la réalisation d'une **étude hydraulique** en vue de la définition d'un schéma directeur de gestion des eaux superficielles et des essais pilotes de traitement des eaux ;
- le **nettoyage du site**, l'évacuation d'environ 5 000 t de déchets et leur traitement dans des centres spécialisés ; la démolition des bâtiments et installations du site de l'ex SEPS s'ils ne sont pas indispensables à sa sécurité (arrêté préfectoral du 17 juin 1999) ;
- la réalisation d'une **étude générale de la pollution** du site comportant un inventaire des déchets et sols pollués (localisation et caractérisation, suite à une première étude globale de l'INERIS, en 1995, qui a montré l'ampleur des sols pollués et la diversité des déchets répartis sur le site : arséniate de chaux issus du traitement des eaux, scories métallurgiques, déchets contenant de l'arsenic, du bismuth..., l'évaluation des risques liés à la présence de ces sources de pollution, une étude de réhabilitation comprenant l'étude d'un confinement sur site des produits non évacués (arrêté préfectoral du 17 juin 1999) ;
- *in fine*, la réhabilitation du site (arrêté préfectoral du 31 mars 2004).

La réhabilitation est rendue particulièrement complexe par l'imbrication des terrains relevant des différentes sociétés sur le site de la Combe du Saut et la complexité juridique de la situation. Le coût total est estimé entre 160 et 208 MF dans le rapport Barthélémy-Legrand.

Après évacuation des déchets les plus dangereux et démolition de l'usine SEPS, le projet de réhabilitation comprend deux phases successives :

- le confinement des déchets et des sols excavés les plus pollués ;
- la gestion des eaux de ruissellement et la phytostabilisation des sols dans le cadre d'un projet européen Life Environnement (Difpolmine).

Avec ce projet, il s'agit de faire la démonstration technique et économique qu'une approche adaptée de gestion des eaux de ruissellement polluées par des métaux ou des métalloïdes et de phytostabilisation des sols permet de réduire les transferts de pollution vers les eaux de surface.

Les études réalisées par différents bureaux d'études (IRH Environnement, Burgéap, Arcadis) ont permis d'évaluer les volumes de déchets et de sols pollués à 2 millions

de m³ environ, chiffre qui englobe l'ensemble des déchets (excavés par MOS et par l'ADEME) tandis que la concentration en arsenic des sols atteint par endroits 10 %. En outre, les sols sont fortement érodés par les eaux de pluie (caractère méditerranéen) entraînant une partie des eaux polluées (arsenic et matières en suspension) directement dans la rivière Orbiel.

Mise en place d'une couverture étanche

Les dépôts issus de l'exploitation minière reposent soit sur les formations tertiaires en place à l'ouest, soit sur les matériaux tertiaires glissés au sud-est, soit sur le socle primaire (grès, pélites, calcaires...).

Le projet prévoyait initialement la pose de drains dans le bassin B1 raccordés à ceux déjà réalisés en amont (bassin B2). Après vidange du bassin B1 par relevage des eaux vers la cheminée existante au sud et l'ancienne galerie de 250 m à l'est, il restait en fond un niveau d'environ 4 m de fines sédimentées qui rendait la réalisation du réseau prévu difficile en raison des très mauvaises caractéristiques mécaniques des boues de décantation. Après consolidation des boues par mélange avec des matériaux à confiner du site, il fut décidé de créer un réseau de drains dans le bassin B1, raccordé gravitairement à la galerie en aval de la cheminée existante.

Après estimation approximative du volume de déchets et terres polluées excavées, volume revu à la hausse par la suite, il a été décidé de confiner les matériaux excavés sur le site du bassin B1 sous une couverture comprenant, de bas en haut, une géomembrane étanche, un géocomposite de drainage et un mètre de terre végétalisable. Le dispositif d'étanchéité s'étend sur 10 ha environ, avec des pentes comprises entre 1 et 20%, garantissant la stabilité de l'ouvrage et l'évacuation des eaux météoriques. Le dispositif est ancré dans le substratum



Photo 6. Le stockage confiné de la Combe du Saut (cliché ADEME).



Figure 3. Le drainage du confinement (document ADEME).

rocheux de manière à garantir un isolement hydraulique optimum du site confiné (Photo 6 et Fig. 3).

Les travaux ont comporté :

- une phase préalable d'extraction de déchets et terres polluées par le groupement d'entreprises Bec (mandataire) – Cazal ; au total 475 000 m³ seront extraits puis confinés ;
- la pose, par Bec, de 100 000 m² de géomembrane en bitume élastomère sur le confinement, la protection de l'étanchéité étant assurée par une couverture d'un mètre de terre, ensemencée par voie hydraulique.

Gestion du ruissellement

Des orages périodiques s'abattent sur le site et peuvent conduire à un ruissellement dépassant 500 m³/h par hectare. Les événements de décembre 1996 et septembre 2005 par exemple ont entraîné l'interruption de la circulation sur le CD 101. En outre, le ruissellement transporte une grande quantité d'arsenic vers la rivière Orbiel : 1 300 kg/an en moyenne et 1 260 kg d'arsenic pendant le seul orage de 1999 (cf. Étude hydraulique de la zone du site SEPS pour la maîtrise des eaux pluviales, 2001, IRH). La maîtrise de ce ruissellement est donc un enjeu majeur du projet de réhabilitation.

Le système suivant a ainsi été mis en place :

- mise en place d'un réseau séparatif, optimisé à partir d'un modèle numérique de terrain (MNT) et des cartes d'occupation du sol, de texture et de pollution, et dont la capacité a été définie sur la base de la pluie centennale de septembre 2005 ; les eaux propres sont rejetées dans l'Orbiel ;
- traitement des eaux polluées dans deux stations utilisant des procédés différents :
 - coagulation-floculation avec des réactifs préparés en ligne, pour les petits événements ; traitement validé par un pilote de 200 m³/h ;

- précipitation à la chaux (usine reprise aujourd'hui par le BRGM pour le traitement des eaux de l'Artus (voir plus haut).

Le traitement des eaux de ruissellement par la 1^{ère} usine cessera lorsque l'objectif de rejet (1 mg/l As) sera atteint et c'est pratiquement aujourd'hui le cas. Les rejets d'eau traitée rejoignent l'Orbiel par infiltration en berge, tandis que les eaux polluées des orages majeurs décantent dans le bassin d'infiltration avant rejet par surverse. Des préleveurs automatiques permettent de suivre la qualité des eaux de ruissellement. La mission de surveillance de l'ADEME est prévue sur 2 ans (2007-2008), échéance à l'issue de laquelle un bilan sera fait. D'ores et déjà, il apparaît que les teneurs dans l'Orbiel amont sont tombées de 30-40 à 10 µg/l avec l'arrêt de l'exhaure de l'exploitation de MOS et que celles dans l'Orbiel aval sont passées de 50 à 25 µg/l (résultats mars 2007). Plus que le niveau de teneurs de fonds, ce sont les pics de pollution liés à des événements pluvieux qui sont à craindre.

Phytostabilisation

Cette technique, fondée sur l'apport d'un amendement immobilisant le polluant, favorisant le renforcement du couvert végétal, aide à diminuer le transfert des polluants et participe, en outre, à l'amélioration esthétique des sites concernés. La sélection des 18 espèces végétales retenues a été faite selon les principes suivants :

- inventaire des espèces caractéristiques identifiées localement ;
- mélange de différents groupes de plantes :
 - (a) graminées pour leur aptitude à couvrir le sol et leur système racinaire dense ;
 - (b) légumineuses pour leur propriété de fixation de l'azote de l'air ;
 - (c) certaines autres espèces pour leur caractère esthétique ou d'autres avantages (par exemple limiter l'accès des promeneurs) ;
- disponibilité commerciale des semences ;
- prise en compte des résultats de précédents ensemencements sur le site.

Différents tests réalisés en laboratoire et sur site (planches tests) ont permis de préciser la mobilité de l'arsenic et la phytotoxicité des sols. La grenaille d'acier s'est avérée de nature à réduire cette toxicité, confirmant les résultats de travaux disponibles dans la littérature.

Au total, 10 hectares ont été phytostabilisés, une opération pour laquelle 330 t de grenaille d'acier ont été utilisées. Les plantations et semis ont été effectués après au minimum un mois de stabilisation de la grenaille dans



Photo 7. Vue d'une aire phytostabilisée à la Caunette (cliché ADEME).

le sol. Il faudra plusieurs années pour évaluer pleinement les effets du projet terminé à l'automne 2006 (Photo 7).

Un dispositif de suivi a été installé sur l'ensemble des réseaux de façon à pouvoir mesurer les débits et les concentrations résiduelles dans les eaux. L'objectif est de mieux appréhender les effets réels de la phytostabilisation et de quantifier le flux résiduel de polluants qui migre encore vers l'environnement.

Après achèvement du projet Difpolmine, un nouveau consortium de recherche a été mis en place dans le cadre du projet Phytoperf (2007-2009) pour évaluer les performances de l'opération de phytostabilisation.

Conclusions

Le présent texte ne donne qu'un aperçu général du problème général de Salsigne qui s'enracine profondément dans le temps. L'étude du bureau d'études HORIZONS (2000) a permis de fournir une base d'évaluation sur la nature et l'ampleur de la pollution, soulignant la diversité des sources, un aspect sur lequel la DRIRE insistera beaucoup par la suite.

Il faut d'abord remarquer que le site est pollué naturellement à une échelle géologique et qu'il y a donc de l'arsenic dans les cours d'eau depuis la nuit des temps. Les activités minières et métallurgiques ont certes accru cette pollution, mais elles ont surtout créé quantité de déchets arséniés nocifs qui, jusqu'à une époque assez récente ont été stockés sans précaution particulière. C'est le cas des anciennes installations de Malabau, de Nartau (Villanière) et Villadonnel. Une ancienne fonderie (Nartau) a même été noyée sous un très gros volume de déchets miniers, ce qui rend pratiquement impossible aujourd'hui la mise en sécurité des déchets métallurgiques correspondants. Néanmoins, dans le cadre de l'accord de fermeture du 11 juillet 2001, MOS, sur mandat

de l'État a transporté et mis en sécurité dans le stockage de Montredon, des tonnages importants de déchets nocifs issus des divers sites d'exploitation anciens.

Il faut aussi dire que les idées ont évolué et qu'entre le rapport Barthélémy-Légrand de 1998 qui préconisait de se focaliser sur la Combe du Saut (objet du programme ultérieur de l'ADEME) et l'ensemble de travaux menés à partir de 2001, la mise en sécurité a concerné tous les anciens sites miniers du district. Cette approche multi-sites a été confirmée dans le nouveau rapport Barthélémy (2005).

Beaucoup a été dit et écrit sur le site de Salsigne. Le pragmatisme a prévalu dans les opérations de mise en sécurité, non seulement des travaux miniers, mais également dans le rassemblement des déchets métallurgiques dangereux dans le stockage de Montredon, dont il reste à refaire la couverture et la revégétalisation après les intempéries de 2005. Il convient également de se pencher sur l'aquifère sous-jacent aux plages de l'Artus, qui se déverse, au rythme de 10 m³/h environ, dans les bassins d'évaporation qui n'ont été prévus que pour accueillir les eaux percolant à travers le stockage. Il conviendra aussi de décider de la date à laquelle il paraîtra raisonnable d'arrêter la station de traitement des eaux.

Ce qui n'empêchera pas d'exercer une surveillance de contrôle, notamment pour mieux gérer les conséquences des événements orageux, potentiellement à l'origine de contaminations plus fortes. En ce qui concerne les impacts sur l'irrigation, l'absence d'exploitations maraîchères importantes à l'aval de l'Orbiel devrait permettre de traiter la question de façon plus localisée. Enfin, il y aura toujours des pollutions d'arsenic dans l'Orbiel, issues tout simplement du milieu naturel. Est-il déraisonnable de considérer que les dangers pour la santé humaine, après toutes les mises en sécurité réalisées, sont somme toute limités et, en tout état de cause, bien délicats à quantifier ?

Bibliographie

- ADEME, 2001: Réhabilitation du site de la Combe du Saut. Surveillance de l'Orbiel. Suivi automatisé de l'Orbiel durant l'année 2001. Rapport de synthèse.
- ADEME : nombreux rapports sur les travaux menés sur la Combe du Saut.
- Barthélémy F, Légrand H., 1998 : Rapport à Madame la ministre de l'Aménagement du territoire et de l'environnement et à Monsieur le Secrétaire d'État à l'industrie relatif à Salsigne (Aude).
- Barthélémy F., 2005 : Rapport IGE/04/058 du 29 mars 2005 concernant Salsigne. In Rapport d'activité de l'Inspection générale de l'environnement en 2005.