

☐ GEODERIS Est
15 Rue Claude Chappe – BP 95038
57071 METZ CEDEX 3
☎ : 03 87 37 78 09 – 📠 : 03 87 37 78 18

☐ GEODERIS Ouest
DRIRE B.Normandie. - Av. du Tsukuba
14209 HEROUVILLE ST CLAIR Cedex
☎ : 02 31 46 50 15 – 📠 : 02 31 46 50 56

☒ GEODERIS Sud
E.M.A – 6 Av. de Clavières
30319 ALES
☎ : 04 66 78 52 05 – 📠 : 04 66 78 52 07

Bernard COSTE

☎ 04 66 78 52 04

☎ 04 66 78 52 07

bernard.coste@industrie.gouv.fr

réf : 02-LRO-1300-R10/BC

Base de Données Environnementales de Languedoc-Roussillon (Programme Géodéris 2002)

Interprétation des résultats

GEODERIS, un service pour gérer l'après-mine

Avril 2003

Siège - 15 Rue Claude Chappe – BP 95038 - 57071 METZ CEDEX 3

☎ : 03.87.37.78.09 - 📠 : 03.87.37.78.18

Mél : geoderis@industrie.gouv.fr

GROUPEMENT D'INTERET PUBLIC - SIRET : 185 722 949 00012 - APE : 743B

GEODERIS

☐ GEODERIS Est
15 Rue Claude Chappe – BP 95038
57071 METZ CEDEX 3
☎ : 03 87 37 78 09 – 📠 : 03 87 37 78 18

☐ GEODERIS Ouest
DRIRE B.Normandie - Av. du Tsukuba
14209 HEROUVILLE ST CLAIR Cedex
☎ : 02 31 46 50 15 – 📠 : 02 31 46 50 56

☒ GEODERIS Sud
E.M.A – 6 Av. de Clavières
30319 ALES
☎ : 04 66 78 52 05 – 📠 : 04 66 78 52 07

	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
Nom	B.COSTE	A.DOMMANGET	A.DOMMANGET
Qualité	Ingénieur Responsable eau et environnement	Directeur-Adjoint Régional	Directeur-Adjoint Régional
Visa			

GEODERIS, un service pour gérer l'après-mine

Siège - 15 Rue Claude Chappe – BP 95038 - 57071 METZ CEDEX 3

☎ : 03.87.37.78.09 - 📠 : 03.87.37.78.18

Mél : geoderis@industrie.gouv.fr

GROUPEMENT D'INTERET PUBLIC - SIRET : 185 722 949 00012 - APE : 743B

Introduction

Les données environnementales de la région Languedoc-Roussillon, archivées sous forme papier, ont été saisies dans une base informatique afin d'en assurer la conservation et en faciliter le traitement et l'interprétation. Les fichiers Excel correspondant à ces données ont regroupés sur un CD joint à cette note.

L'interprétation qui en est faite ici se situe dans une optique d'évaluation des impacts environnementaux et des risques associés, elle ne tient aucun compte du contexte juridique ou limites administratives des sites étudiés. Ces sites miniers ont en commun d'avoir tous fait l'objet d'une exploitation sur des périodes de deux ans pour l'uranium des Bondons à un siècle pour l'or de Salsigne.

Dans le cadre de l'après-mine, les risques liés à la pollution des sols et des eaux doivent être évalués au même titre que les affaissements et effondrements de terrains, il se pose alors la question du type de données environnementales à prendre en compte en terme de paramètres et de niveaux de teneurs.

Les données ne sont pas interprétées seulement en terme de concentration mais en terme de flux pour l'ensemble des activités présentes sur un site. Les gisements ont été regroupés par familles de substances exploitées afin d'identifier les paramètres pertinents à retenir. En effet, si l'on peut dire que chaque exploitation minière constitue un cas unique avec des impacts environnementaux bien spécifiques, il apparaît judicieux de les regrouper pour permettre d'établir l'ébauche d'une typologie des pollutions. Cette approche permet en premier temps de caractériser et hiérarchiser les problèmes de pollution à l'échelle régionale. Il est possible ensuite d'extrapoler les conclusions à des sites similaires situés dans d'autres régions.

Un premier essai très ambitieux de caractérisation et de hiérarchisation de l'ensemble des sites miniers de LRO avait montré les limites d'une approche globale voulant intégrer tous les risques (corporels, géotechniques et pollution) et ce sans établir au préalable un regroupement des sites par grandes familles (Rapport BRGM/RP-50249-FR).

Les données environnementales présentées ici correspondent à une quinzaine de sites regroupés en 7 familles sachant qu'un site comme Salsigne, Escarro ou Batère peut constituer pour la région une famille à lui seul. Dans les autres cas, regroupant plusieurs sites miniers, il se détache généralement un leader régional soit par la taille du gisement soit par les données environnementales qui s'y rattachent. Dans le présent rapport, pour les familles de substances bien représentées dans la région, une analyse des données environnementales est présentée pour un « leader régional » ainsi que pour un deuxième site sélectionné comme très différent du premier. Par exemple, en ce qui concerne l'uranium, le cas de la petite mine des Bondons est présenté comme illustration des mines de Lozère dont le contexte est très différent de celui des exploitations de l'Hérault.

A noter que dans cette étude ne sont pas pris en compte ni le charbon ni le sel que l'on a jugé préférable à ce stade de traiter à une autre échelle régionale (HBCM pour le charbon), voire à l'échelle nationale dans le cas du sel.

Généralités

La région Languedoc-Roussillon se prête bien à un exercice d'évaluation des données environnementales à prendre en compte dans le cadre de l'après mine compte tenu de la diversité rencontrée en terme de substances exploitées et de taille des gisements (figure 1). Les concessions délivrées sont au nombre de 326 sur LRO dont 74 sont encore valides. Toutes les substances sont représentées ; ainsi, face à 99 concessions charbon-lignite, on compte 174 concessions « métalliques » essentiellement destinées à l'exploitation de métaux de base (Pb, Zn, Cu), d'amas pyriteux, ou d'or (et d'arsenic) comme Salsigne. La bauxite est présente avec 16 concessions, de même que l'uranium avec 13 concessions ou permis d'exploitation (bassin de Lodève et Lozère). Des exploitations de calcaire asphaltique dont une en cours de fermeture, et à terme le gisement de sel de Vauvert (Gard), nécessiteront également une attention particulière.

Fin 2001, les dossiers archivés à la DRIRE ont été examinés pour en extraire études et données environnementales. En 2002 ces données ont été saisies sous la forme de **fichiers Excel** à partir des tableaux de mesures et d'analyses contenus dans les différents rapports techniques transmis à la DRIRE par l'exploitant tout au long de la durée du projet minier, voire après celui-ci.

Pour la durée de vie d'un projet, les données vont **de l'étude d'impacts environnementaux**, nécessaires pour obtenir les autorisations de démarrage du projet, aux mesures préconisées par **les AP des DADT** en passant par tous les résultats transmis périodiquement à l'administration pendant l'exploitation et aussi après l'arrêt des activités.

Il est bien évident que, pour la gestion du risque environnemental dans le cadre de l'après mine, ce sont les données les plus récentes qui nous intéressent. Ces données fournissent un « état environnemental » au moment de l'arrêt des activités : situation à partir de laquelle il faudra évaluer l'évolution vers un retour à l'état initial.

Cependant les données acquises antérieurement, au cours de la vie d'un projet d'exploitation, sont très utiles pour :

- identifier toutes les **sources de pollutions** potentielles en ce qui concerne le volume et la nature des résidus produits et stockés sur site (activités régies par le code minier ou relevant des ICPE),
- connaître l'état zéro pour prévoir le retour à un équilibre en faisant référence aux **fonds géochimiques** naturels locaux concernant les eaux et les sols en se référant à l'état initial des études d'impact.

L'évaluation des risques liés à la pollution des eaux et des sols nous impose, pour chacun des sites miniers de LRO, une approche de type bassin versant. Afin d'**apprécier l'impact de l'ensemble des sources de pollution sur la ressource en eau à l'aval du site** toutes les activités sont prises en considération (extraction, traitement ou stockage).

1. Pb-Zn Bordure Cévenole (Gard)

En Languedoc-Roussillon, les minéralisations à plomb-zinc de la bordure cévenole ont été abondamment exploitées et prospectées pendant plus d'un siècle. La plus grosse production nationale vient de la mine des Malines exploitée de 1885 à 1991. Ce gisement de taille mondiale a produit plus de 1 Mt de zinc et 100 Kt de plomb. La production des autres gisements de la province est beaucoup plus faible.

Les autres gisements sont de taille plus modeste avec une production de :

- 80 kt de zinc et 34 kt de plomb exploités à La Croix de Paillères (30) entre 1911 et 1971,
- 45 kt de zinc et 20 kt de plomb exploités au Bleymard (48) entre 1950 et 1963,
- 40 kt de zinc et 20 kt de plomb exploités à Villemagne (30) entre 1966 et 1971,
- 30 kt de plomb exploités à St Sébastien d'Aigrefeuille (30) entre 1958 et 1963.

Pour illustrer les gisements de plomb-zinc de la bordure Cévenole de LRO, les deux sites étudiés plus en détail correspondent à la mine la plus importante, **Les Malines**, avec comme autre exemple **St Sébastien d'Aigrefeuille**. Dans les deux cas pris comme exemple, les données environnementales sont abondantes mais dans un contexte en tous points différent.

Certains autres dossiers contiennent peu de données environnementales mais le concessionnaire prend clairement position sur l'absence de problème de pollution en argumentant par « l'absence d'exhaure et l'absence de stocks de minerais » ; c'est le cas de la demande de renonciation de la Concession de pyrite, zinc et plomb de la Société Vieille Montagne de St Jean du Pin (Rapport UM 1995). Par contre, toujours dans le Gard, sur l'ensemble des concessions Vieille Montagne du groupe de **St Félix de Pallières et de Durfort** on dispose de dossiers environnementaux plus conséquents de 1983 à nos jours.

1.1 Les Malines (30)

La mine des Malines est comme il a été dit précédemment la plus importante du secteur et aussi celle qui a été fermée le plus récemment. Etant exploitée pendant un siècle, il est illusoire de vouloir rechercher une étude d'impact mettant en évidence un état zéro.

Pour la période récente, la quantité des données environnementales est très importante, permettant un traitement statistique (Réf: GEODERIS, Coste-C2001/07/02) pour mettre en évidence :

- les variations spatiales à partir d'une vingtaine de point de contrôle,
- l'évolution dans le temps (variations saisonnières et retour à l'équilibre).

Ces données acquises après la fermeture de la mine permettent de caler les prévisions par modélisation des études hydrogéologiques réalisées pour Metaleurop lors de la fermeture (Armines : Combes, Schmitt et Ledoux, octobre 1994).

Les données disponibles correspondent à celles contenues dans les différents rapports Metaleurop relatifs au bilan annuel des contrôles et suivis réalisés dans le cadre des prescriptions de **l'arrêté préfectoral N° 95 03418 du 26/12/95** (dossier d'arrêt définitif des travaux). Des modifications ont été apportées par **l'arrêté** du 12 avril 2000.

• Sources de pollution

Les sources de pollution identifiées sur le site des malines correspondent aux drainages des eaux d'exhaure des galeries de mine et des eaux de percolation de la digue à stérile.

Les **eaux d'exhaure sont actuellement traitées au niveau de la galerie Espérance** où en 2000 un volume de 54 800 m³ d'eau a été traité avant rejet dans le milieu naturel (débit moyen de 8 m³/h). Au cours de l'année 2000 :

1. la teneur d'entrée de station a évolué de 35 à 18 mg/l pour le fer et de 45 à 28 mg/l pour le zinc.
2. la teneur en sortie varie entre 0,1 et 2 mg/l pour le fer et 0,7 et 4 mg/l pour le zinc.

En dehors de ce point d'exhaure dont tous les rejets sont traités, **les trois principales sources de pollution sont en prenant en compte concentration en métaux et débit moyen** dans le bassin de la Crenze :

- le point de contrôle N° 4, TB aval, avec un débit moyen en 2000 supérieur à 40 m³/h,
- le point de contrôle N° 7, Galerie 330, débit moyen de l'ordre de 20 m³/h,
- le drain du dépôt de stérile avec un débit identique à celui d'Espérance de 8 m³/h.

Pour ces trois points de mesure les teneurs moyennes en zinc sur cinq ans sont toutes comprises entre 4 et 5 mg/l. A ce niveau de teneurs moyennes pour la période 1996-2000 correspond un niveau identique pour l'année 2000, ce qui laisse penser que cette concentration est à un niveau d'équilibre.

- **Impacts sur les eaux**

Le tableau 1, ci-dessous, illustre l'évolution sur 5 ans des teneurs en métaux par les moyennes annuelles de l'ensemble des points de rejets (exhaure) et des points d'impacts sur les eaux superficielles.

		1996	1997	1998	1999	2000
Exhaure	Fe mg/l	0,06	0,09	0,10	0,07	0,08
	Pb µg/l	8,12	5,04	12,51	17,18	12,74
	Zn mg/l	4,94	4,59	4,08	4,11	3,35
	Cd µg/l	2,93	2,10	3,25	3,55	1,71
Ruisseaux	Fe mg/l	0,10	0,12	0,08	0,04	0,02
	Pb µg/l	9,88	3,64	8,76	9,26	5,29
	Zn mg/l	1,18	1,05	0,78	0,71	1,02
	Cd µg/l	1,57	1,14	1,13	1,85	1,21

Tableau 1 : moyennes des teneurs en métaux pour les 5 années de suivi de la qualité des eaux

L'impact des rejets porte sur les **eaux des ruisseaux, ainsi que sur les sédiments et la vie aquatique de ces cours d'eau.**

L'impact des rejets de galeries et du drain de la digue à stérile sur les cours d'eau en aval est, sans entrer dans le détail, de l'ordre du milligramme par litre pour le zinc.

En terme de flux les eaux d'exhaure avec des teneurs de l'ordre de 4 mg/l et un débit cumulé de l'ordre 70 m³/h se retrouvent diluées dans les 300 m³/h du Mas du Pré ou la Crenze après que la Crenze ai récupéré les eaux du Conduzorgues.

Après St Laurent le Minier la Crenze se jette dans la Vis après avoir reçu en rive droite son affluent le Naduel : la teneur moyenne en zinc est de 0,57 mg/l.

Ces teneurs en zinc sont à comparer aux valeurs du milieu naturel inférieures à 0,02 mg/l pour Vis cascade et Gasson aval.

- **Impacts sur les sédiments**

Les sédiments prélevés au Mas du Pré contiennent de l'ordre de 0,1 % de plomb et 0,5 % de zinc. Ils sont là depuis des dizaines d'années, vu les reliefs et la distance certainement sous forme de minéraux sulfurés peu altérés. Lavés par la Crenze en permanence les tests de lixiviation sur ces sédiments réalisés par Métaeurop ne sont pas significatifs : on peut affirmer que dans l'état actuel de la situation ils sont stables et ne contribuent en aucune façon à la détérioration de la qualité des eaux et de la vie aquatique.

- **Impacts sur la Flore et la faune aquatique**

La qualité des eaux de surface du bassin de la Crenze a un impact très net sur la flore aquatique et sur les poissons, dépassant par exemple les normes de consommation appliqués par les services vétérinaires concernant le plomb et le cadmium : L'ensemble des poissons pêchés dans la Crenze dépassent les normes et les poissons de la Vis sont eux aussi

contaminés, notamment les truites adultes (plomb et cadmium). Rappelons qu'il n'existe pas en France de normes des services vétérinaires pour le zinc vue la faible toxicité de cet élément. Les traitements statistiques n'ont mis en évidence aucune tendance visible pour la période 1996-2000.

En terme d'impact sur la faune et la flore aquatique il faut souligner l'extrême importance de connaître quel type de normes est pris en compte. Ici les normes de rejet sont suffisantes pour protéger la ressource « eau potable », mais il ne faut pas être surpris de constater un impact sur la faune et la flore aquatique qui accumulent les métaux et qui sont environ dix fois plus sensibles au zinc par exemple que les humains.

• Bilan

En terme de rejets dans le milieu naturel, les 8m³/heure des eaux de la Galerie Espérance étant intégralement traitées, les principales sources de pollution correspondent à deux autres galeries et au drain de la digue à stérile dont les eaux sont rejetées dans la nature avec des teneurs en zinc de l'ordre de 4 mg/l ; ces rejets sont en conformité avec les prescriptions de la DRIRE (Zn < 5 mg/l). D'après les prévisions des études d'Armines l'ensemble des eaux d'exhaure y compris celles de la galerie Espérance satisferont, d'ici quelques années (2006-2007), aux prescriptions de l'AP de 1995 sans qu'il soit nécessaire de traiter. L'examen des résultats acquis à ce jour permet de valider ces prévisions.

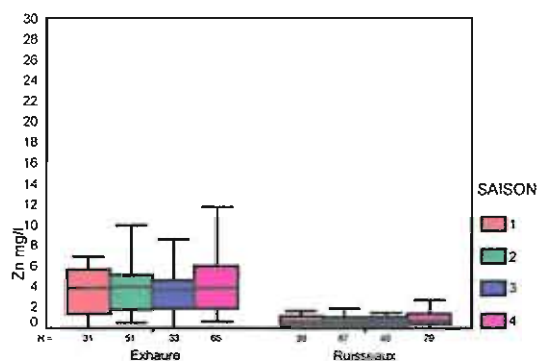


Figure 2 : Graphique des variations saisonnières des teneurs en zinc dans les eaux (1996-2000)

La figure 2 illustre les variations saisonnières des teneurs en zinc pour les eaux d'exhaure des galeries déjà stabilisées au niveau de 4 mg/l de zinc en moyenne avec comme impact dans les ruisseaux en moyenne des teneurs de l'ordre de 1 mg/l de zinc (extrait de B. Coste, Fév. 2002, réf. 02-LRO-1.3-R05/BC).

En plus d'un niveau stabilisé à **4 à 5 mg/l pour le zinc**, la composition de ces rejets dans les eaux superficielles correspond à des concentrations de l'ordre de :

- 10 µg/l pour le plomb,
- 3 µg/l pour le cadmium
- 0,1 mg/l pour le fer

Le total des eaux d'exhaure des différentes galeries est en moyenne sur l'année de l'ordre de 80 M3/h.

Conclusion

- **Caractérisation des impacts :**

1. Ces eaux sont caractérisées par un **pH entre 6,8 et 8,9 (moyenne de l'ordre de 7,7)** avec une **conductivité moyenne de 1300 μ S/cm**.
2. La valeur du pH explique que c'est essentiellement le zinc qui est mobilisé. Les teneurs en zinc sont de l'ordre de 4 à 5 mg/l dans les eaux d'exhaure (stabilisées) et de l'ordre de 1 mg/l dans le milieu récepteur.

- **Identification des risques :**

1. **le zinc n'est pas toxique pour la santé, on est au dessous des normes de potabilités (5 mg/l)**
2. **le zinc étant écotoxique (faune et flore aquatique) on est au dessus des normes de qualité** retenues pour les eaux de surface pour une rivière comme la Vis.

- **La gestion du risque :**

La prise en compte du seul seuil de potabilité pour le zinc, amène à gérer pour longtemps un risque résiduel important pour les écosystèmes aquatiques.

1.2. St Sébastien d'Aigrefeuille

Le gisement de Pb-Zn de Carnoulès sur la commune de St Sébastien d'Aigrefeuille qui a été abandonné il y a 40 ans après exploitation de 2,5 Mt à 3,5% Pb et 0,8% Zn. La minéralisation stratiforme, située à la base du Trias (dépôts fluviaux arkosiques), est constituée de pyrite, barytine, galène et blende.

L'exploitation minière, réalisée pour partie en souterrain et pour partie à ciel ouvert, a laissé 1 km² de carrières et un stock de déchets miniers (1,5 Mt) constitué de sables à pyrite et correspondant aux rejets du traitement en laverie du minerai (tailings).

Les dossiers des archives de la DRIRE montrent qu'on s'est intéressé depuis la fermeture de la mine aux pollutions de l'Amous et aux stockages de résidus de flottation (études pour une valorisation ou pollution).

Le dépôt de résidus de l'usine de flottation, formant la digue principale, est constitué d'un ensemble de sables fins issus de l'installation de traitement des minerais. Ces sables fins sont extrêmement érodables du fait de leur granulométrie.

Un "effondrement" s'est produit en octobre 1976, entraînant 300 000 tonnes (plus de 235 000 m³) de résidus vers l'aval du ruisseau, ainsi que les eaux d'un lac qui s'était créé sur le dépôt : pollution accidentelle venant s'ajouter à la pollution chronique.

On constate aujourd'hui au pied de la digue la formation d'eaux acides (pH = 3) très riches en arsenic (100-300 mg/l) à partir du stock de stériles dans lequel le Reigous prend sa source avec un débit de l'ordre d'un mètre cube par heure (variant entre 600 l/h à l'été et 4700 l/h en hiver).

Le Reigous est alimenté par des rus intermittents latéraux avant de rejoindre l'Amous. Le ruisseau acide du Reigous, aux eaux troubles et orangées, se jette, après 1,5 km, dans l'Amous. (Tableau 2), L'Amous est une rivière limpide et vivante ; après avoir reçu les eaux acides et toxiques du Reigous, elle devient trouble et sans vie piscicole.

REIGOUS	Drain (0,66 l/s)	40 m en aval	Confluence Amous (1400 m en aval)
pH	3.3	3.3	3.0
Eh (mV)	260	300	450
Oxygène (mg/l)	0.3	4.5	6.1
Conductivité (μS/cm)	3650	4055	1460
As (mg/l)	190	130	5
Fe (mg/l)	1390	1200	80
SO ₄ (mg/l)	4290	3430	1100

Tableau 2 : Composition des eaux du Reigous (d'après M. Leblanc, Pau 2002).

Le site de Carnoulés est étudié depuis de nombreuses années en tant que site pilote par les équipes de l'EMA et de l'université de Montpellier. Sans entrer dans le détail du phénomène de formation de ces eaux acides, nous ne retiendrons de ces études que les conclusions en terme de flux :

« L'arsenic présent dans les eaux du Reigous vient du stock de tailings qui contient environ 10 % de pyrite arsénifiée (2 à 4 % As) ce qui représente environ 3.000 t d'arsenic. Les eaux de pluie (1.100 mm/an) pénètrent difficilement dans le stock de tailings, matériel très peu perméable et recouvert d'une couche argileuse. L'oxydation se fait à la base du stock (matériel sableux plus perméable) où des venues d'eaux oxygénées circulent horizontalement à la faveur de drains. Selon les variations saisonnières du niveau de l'eau, des successions de phases aérobies et anaérobies caractérisent le système réactif du stock de tailings qui peut produire des eaux très acides (pH <2) et très riches en arsenic (2-10 g/l As). Le flux annuel d'arsenic varie de 2 à 6 t/an et la durée de vie du système est au moins de 500 ans. » (M. Leblanc Réunion APESA Pau 2002)

A noter que **le tas de résidus de laverie constitue aujourd'hui la principale source de pollution**. Cette source n'est cependant pas unique, les eaux de ruissellements de la zone d'exploitation minière apportent elles aussi leur contribution à la pollution du bassin versant de l'Amous.

Conclusion

- En terme de bilan le site de Carnoulés est un parfait exemple pour illustrer le phénomène de DMA : pH < 3 et mobilisation de métaux. L'arsenic est présent à un très fort niveau de teneur dans tout le bassin versant de l'Amous :

→ **Teneurs en As de l'ordre de 5 mg/l à la confluence Reigous-Amous.**

- La pollution des eaux de surface (Amous), des eaux souterraines (nappe d'accompagnement de Générargues) et de la chaîne alimentaire (légumes) constitue un **risque pour la santé humaine**.

→ Le risque est suffisamment clairement identifié pour engager directement **la mise en sécurité de la principale source de pollution que constitue la digue à stérile**.

1.3 Groupe de St Félix de Pallières et de Durfort

Les concessions sont au nombre de 4 pour St Félix de Pallières proprement dit : La Croix de Pallières, Valleraube, Pallières, et Valensoles. A ces concessions très imbriquées les unes dans les autres, il convient d'ajouter les deux concessions voisines du secteur de Durfort : La grande Vernissière et La Coste.

Des mines ont été exploitées sur ces concessions en trois périodes principales :

- dès l'époque romaine pour sa galène argentifère (vernissière des poteries d'Anduze) en laissant sur le carreau des exploitations les minéraux de zinc et la pyrite.
- à la fin du 19^e siècle et au début du 20^e pour zinc sous forme de calamine,
- enfin pour la période la plus récente, exploitation très active après la deuxième guerre mondiale : la mine Joseph sera abandonnée en 1955 et l'exploitation de la mine de Pallières s'achèvera en 1971.

Aux 80 000 tonnes de zinc et 34 000 tonnes de plomb exploités à La Croix de Pallières (30) entre 1911 et 1971, il faut ajouter les 20 000 tonnes de zinc en provenance du secteur de Durfort (concession Lacoste). En plus du plomb et du zinc, la mine a produit 30 t d'argent, 520 tonnes de cadmium et 28 tonnes de germanium.

La minéralisation sulfurée de type stratiforme est surtout concentrée sous forme de lentilles dans les dolomies hettangiennes et remplissages de fracture dans les zones tectonisées. Les teneurs moyennes du minerai massif sont de l'ordre de 30 % Pb+Zn.

Le traitement sur place du minerai a produit de l'ordre d'un million de tonnes de résidus de laverie.

Les études environnementales disponibles correspondent d'une part au rapport de constat d'impact de F. Maubert de 1983 (rapport BRGM 83SGN583ENV) et à l'état des lieux présentés par Union Minière en 1994 dans sa demande de renonciation pour sa concession de LA COSTE.

• Sources de pollution

Dans le constat d'impact des mines de St Félix de Pallières dressé par F. Maubert pour l'ANRED (Agence nationale pour la récupération des déchets), les sources de pollution sont clairement identifiées, correspondant pour la plupart à un grand nombre de stocks de déchets miniers de différentes natures :

- déchets provenant des travaux anciens de recherche ou d'exploitation de minerais pyriteux dispersés un peu partout,
- des déblais miniers liés à l'exploitation du gisement plumbo-zincifère ; ils sont pour la plupart laissés au fond comme remblais,
- les stériles de laverie du traitement des minerais de la Croix de Pallière et de Durfort ; ils ont été stockés en partie en souterrain (de l'ordre de 100 à 200 000 tonnes) et pour la plupart (800 à 900 000 tonnes) sous la forme d'une digue à stériles. Les stériles se présentent sous forme d'un sable très fin dont la signature géochimique est celle du minerai à savoir de l'ordre de 10% de fer, quelques % de zinc et de l'ordre du % de plomb.

Le constat d'impact de 1983 aborde les aspects risques de pollution des eaux liés à la présence de ces déchets ainsi que ceux d'érosion et de stabilité de la digue à stérile.

- **Impact sur les eaux**

Il convient tout d'abord de rappeler que compte tenu du caractère karstique des formations géologiques locales, toute pollution des eaux de surface peut contaminer les eaux souterraines.

Deux rivières drainent le secteur minier de St Félix de Pallières : le **ruisseau d'Aigue-Morte** pour la mine de St Félix, et le **ruisseau de Paleyrolles** pour la mine Joseph. Ces deux ruisseaux, appartenant à deux bassins versant totalement différents, ont été étudiés séparément et ils ont fait l'objet en 1982-83 de 3 campagnes de prélèvements pour analyses.

Le ruisseau d'Aigue-Morte

En 1982-1983, l'impact des activités minières sur le ruisseau d'Aigue-Morte a été contrôlé sur 3,5 km en 4 points, jusqu'à la confluence avec le Gardon de St Jean. Malgré la présence de produits sulfurés stockés sur le carreau de la mine, aucune pollution métallique significative n'a été décelée par l'analyse des trois campagnes de prélèvements de 1982-1983.

Le ruisseau de Paleyrolles

Le ruisseau de Paleyrolles a été analysé en 5 points jusqu'à sa confluence avec l'Ourne, avec en plus 2 points de prélèvements sur l'Ourne (en amont et en aval de la confluence).

Au point P1, en aval de la mine Joseph,

- Pour les deux premières campagnes, débit de 1 à 2l/s, **l'impact du stockage de déchets sulfurés** (notamment ceux de la mine Joseph) se traduit par **la génération de DMA : pH = 2,5 et conductivité entre 2500 et 3000 µS/cm correspondant à 1500 à 3000 mg/l de sulfates, avec concernant les métaux essentiellement le zinc (jusqu'à 11 mg/l).**
- Pour la troisième campagne, « quelques minutes après l'orage du 24 juin », une signature nettement basique avec un pH = 8,5 et une conductivité de 2000 µS/cm correspondant à 1000 mg/l de sulfates. Concernant les métaux on constate en plus de 5 mg/l pour le zinc la présence de cadmium et de plomb, plus des traces de cobalt et nickel.

Dans le secteur de **Durfort**, en 1994, Union Minière a mesuré l'impact des activités de la mine de LA COSTE et de la petite digue à stérile qui lui est associée (5000 m³) sur **le ruisseau Vassargue** : on retrouve bien évidemment la même signature que sur St Félix, mais l'impact est, compte tenu des volumes traités, faible.

- **Bilan**

En 1983, l'impact sur les eaux du ruisseau de Paleyrolles met en évidence un apport différent selon les saisons. Les mécanismes à l'origine de ces pollutions sont faciles à identifier :

- Drainage Minier Acide par altération des sulfures des stocks de minerais de la mine Joseph,
- érosion des résidus de traitement de minerais, pH > 8, lors de violents orages.

Dans sa conclusion F. Maubert prend en compte les deux phénomènes :

- existence de 800 000 tonnes de stériles de laverie avec érosion importante qui, compte tenu de son caractère dangereux, nécessite une surveillance constante,
- risque de pollution des eaux de surface par des déchets miniers. La recherche de solutions pour l'élimination de des déchets sulfurés de la mine Joseph devrait permettre de limiter ce risque.

1.4 conclusions

Les exemples choisis pour illustrer les pollutions liées aux gisements de plomb-zinc de la bordure cévenole sont très différents. Les gisements :

1. ont en commun d'avoir sur le même bassin versant une mine et un stockage de résidus de laverie.
2. sont différents par la taille, par une minéralisation à dominante zinc dans un contexte carbonaté dans un cas et à dominance plomb dans un contexte plus détritique.

En terme de pollution on retrouve essentiellement :

- la prédominance du zinc solubilisé à pH neutre aux **Malines** avec un impact environnemental sur les écosystèmes aquatiques,
- la génération de DMA (pH = 3) avec solubilisation du fer et de l'arsenic à **St Sébastien**, As étant toxiques pour l'homme (cancérigène). Le plomb moins mobile mais également toxique est lui aussi présent.

Le cas des concessions de **St Félix** est différent. Il est intermédiaire entre les deux autres, que ce soit en terme de toxicité de polluants présents et de répartition des risques liés aux différentes sources de pollution : érosion mécanique des stockages de résidus et altération des sulfures. On retiendra de cette comparaison que le critère taille du gisement n'est pas ici prépondérant.

Comme cela a été fait pour les Malines, toutes ces données d'archives peuvent être bien évidemment actualisées pour St Sébastien et surtout pour St Félix. Il n'empêche que, dans les deux cas, les diagnostics établis il y a une vingtaine d'années ont permis d'identifier les problèmes de pollution et de mettre en évidence les principales sources : **la question qui se pose aujourd'hui est celle des solutions prises depuis ce diagnostic pour la sécurisation de ces anciens sites.**

2. Uranium

En Languedoc-Roussillon, les minéralisations uranifères ont été exploitées et prospectées abondamment dans des contextes géologiques très différents pendant la deuxième moitié du vingtième siècle. La plus grosse production provient des gisements sédimentaires exploités par la COGEMA dans les grès permien du secteur de Lodève. Le reste de la production d'uranium provient des gisements filoniens exploités en Lozère par la CFM.

La production des gisements d'uranium de LRO correspond pour :

- L'Hérault à environ 15 000 tonnes d'uranium, fournis en quasi-totalité sur les gisements du site du Mas d'Alary,
- La Lozère à environ 4 000 tonnes d'uranium pour 3 sites miniers : Le Cellier (2000 tonnes), Pierre Plantée et Les Bondons (1000 tonnes chacun).

Pour illustrer les aspects environnementaux liés aux gisements d'uranium en LRO, les deux sites retenus correspondent à la mine la plus importante, Lodève, avec comme autre exemple très différent la mine des Bondons. Dans les deux cas les données environnementales sont abondantes mais dans un contexte en tous points différent.

2.1 Uranium Hérault

D'un point de vue historique, COGEMA a exploité de 1978 à 1997, 5 172 000 tonnes de minerai contenant 14 775 tonnes d'uranium, et 25 979 000 tonnes de stérile (dont 215 000 tonnes de » produits à gérer » ⁽¹⁾). La quasi-totalité de la production a été réalisé par les gisements du site du Mas d'Alary.

Au niveau des archives, parmi tous les dossiers disponibles au service Sols/Sous sols de la DRIRE d'Alès, le dossier uranium Lodève est de loin le plus volumineux. Il contient des documents comme les études d'impact et de nombreux rapports périodiques d'autosurveillance environnementale dont les plus récents sont postérieurs à l'arrêt des activités.

La minéralisation uranifère de Lodève s'est déposée au Permien dans les séries autuniennes où elle est très liée à la matière organique. Elle a subi plusieurs phase de concentration diagenétique (jurassique) et tectoniques (crétacé). L'essentiel de l'uranium est sous la forme de pechblende et de coffinite. Hormis l'**uranium**, les sulfures sont abondants : **sulfures de fer, plomb, zinc, molybdène et antimoine**. Le sulfure de molybdène est de la jordisite (forme colloïdale). Les arséniures et **sulfoarséniures** sont également présents.

⁽¹⁾ stériles dont la teneurs en uranium est supérieure à 300 ppm

2.1.1 Etudes d'impacts

On dispose sur ce dossier d'un grand nombre d'études à caractère environnemental, dont **différentes études d'impact**. Ces études ont été réalisées d'une part dans le cadre de dossiers de déclaration de travaux miniers et d'autre part pour la demande d'autorisation d'exploitation de l'usine de traitement de minerai (cadre des ICPE)

L'octroi de **l'autorisation d'exploiter les mines** à ciel ouvert de Mas d'Alary datant de fin 78, l'étude d'impact annexée au dossier de déclaration d'ouverture reflète, par le caractère très sommaire de son contenu, ce qui se faisait à l'époque en la matière.

Bien que datant de la même époque, **l'étude d'impact relative à l'usine de traitement des minerais** d'uranium du dossier de demande d'autorisation d'exploiter établi par KREBS est cependant beaucoup plus complète notamment au niveau des annexes.

Ces premières ébauches d'études à caractère environnemental se sont enrichies assez rapidement par la suite avec des études d'impact plus complètes (décret N°80-330 du 7 mai 1980 relatif à la police des mines et des carrières). Ces études d'impact plus modernes ne concernent malheureusement pas dans le cas de Lodève l'ensemble des installations minières, mais seulement des extensions de l'exploitation comme par exemple en :

- 1983 aux mines à ciel ouvert de Sud Failles, Treviels, Mas d'Alary villages et Mares,
- 1994 avec le projet d'exploitation minière de Capitoul.

En définitive, bien qu'elles aient joué leur rôle à leur époque, aucune de ces études n'apparaît très utile, si ce n'est sur des points de détail vingt ou vingt cinq ans plus tard.

2.1.2 Impacts environnementaux résiduels

Les impacts mesurés de façon périodique pendant toute la période d'exploitation continuent à être suivis actuellement conformément aux prescriptions des AP. Ils sont liés à des sources potentielles qui correspondent :

- Au stockage des résidus,
- Aux travaux d'exploitation minière,
- Aux activités industrielles de traitement de minerai.

Selon les objectifs définis pour cette étude il apparaît que :

- en terme d'impact sur le milieu récepteur il faut considérer l'apport des différentes sources,
- les résultats intéressants pour illustrer l'état environnemental de post fermeture sont les plus récents. Ils correspondent aux données acquises pendant l'année qui a suivi la mise en route de la nouvelle station de traitement des eaux (année 2000).

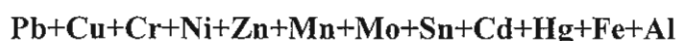
• Nature des Rejets

Les normes physico-chimiques imposées pour les rejets à la Lergue sont :

- Température < 25 °C

- pH entre 5,5 et 9
- Uranium 238 soluble < 1,8 mg/l
- Radium 226 soluble < 0,37 Bq/l
- Sulfates < 2015 mg/l
- Bicarbonates < 850 mg/l
- Sodium < 1100 mg/l
- Calcium < 190 mg/l
- Magnésium < 265 mg/l
- Baryum < 1 mg/l
- Sels totaux dissous < 5 g/l.

Pour respecter ces normes de rejets Cogema a mis en service en 1999 une nouvelle station de traitement pour les eaux de pompage de la mine et les eaux de percolation des fosses à résidus. Toutes les eaux traitées sont directement rejetées par le « rejet Lergue » qui est actuellement le seul point de rejet. Ces normes ont été fixées par l'arrêté préfectoral initial d'autorisation, normes complétées en 1999 par une limitation de la concentration des rejets en « métaux totaux » à 15 mg/l et en Arsenic à 0,1 mg/l. Dans la nouvelle norme « métaux totaux », la somme des concentrations en métaux ne devant pas dépasser 15 mg/l concerne, d'après Cogema, la somme des éléments suivants :



On peut se poser des questions sur la signification et l'intérêt d'une telle norme dans laquelle on mélange des paramètres hautement toxiques à faible teneur comme Hg et Cd avec d'autres comme Zn qui le sont mille fois moins. Par ailleurs on remarque dans les tableaux « d'autocontrôle », les seuls dans lesquels le molybdène apparaît, que Mo n'est pas pris en compte dans cette somme : somme affichée souvent inférieure d'un facteur 10 à la seule valeur de Mo : exemple des rejets Lergue pour l'année 2000 (tableau 3, ci-dessous).

Paramètres	unités	janvier	février	mars	avril	mai	juin
Hg	µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	oubli	< 0,5	< 0,5
Fe	µg/l	< 20	123	20	-	300	30
Cd	µg/l	< 1	< 1	< 1	-	< 0,1	< 0,1
Cu	µg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	-	< 0,01	< 0,01
Pb	µg/l	< 5	< 5	< 5	-	< 1	< 1
Zn	µg/l	600	< 20	210	-	40	< 10
Mn	µg/l	56	98	15	-	< 10	10
Mo	µg/l	4200	2740	3100	-	2900	4590
As	µg/l	33	30	27	-	30	40

Tableau 3 Analyses multi-élémentaires des rejets Lergue pour les 6 premiers mois de 2000

Paramètres	unités	Mai	Juillet
Hg	µg/l	0,7	< 0,5
Fe	µg/l	940	2770
Cd	µg/l	0,2	0,2
Cu	µg/l	20	< 10
Pb	µg/l	11	17
Zn	µg/l	800	70
Mn	µg/l	30	120
Mo	µg/l	2470	2244
As	µg/l	25	29
Sulfates	mg/l	1203	1167
Uranium 238 sol	mg/l	21,22	21,35
Ra sol	Bq/l	0,02	0,09
Ra 226 insol	Bq/l	< 0,02	0,14

Tableau 5 : analyses multiélémentaires des eaux des eaux souterraines (mai et juillet 2000)

Sans entrer dans le détail des différentes nappes ou piézomètres, les paramètres physico chimiques caractéristiques de la minéralisation et des activités du site, que l'on retrouve dans les résultats d'analyse des prélèvements d'eaux souterraines, sont comme pour les rejets :

- uranium et radium,
- fer, sulfates et arsenic.
- enfin le molybdène à des niveaux de teneurs exprimés en mg/l : teneurs entre 1 mg/l et plus de 10 mg/l).

2.1.3 Conclusion

L'impact, de vingt ans d'exploitation d'uranium et de traitement de minerai, **sur les eaux de surface et sur les eaux souterraines** du site de Lodève est marqué par la présence de paramètres caractéristiques de la minéralisation tels que **uranium et radium**. Ceci nécessite le traitement pour ces éléments et éventuellement pour l'**arsenic** (teneurs de l'ordre de 100 ppb) des eaux d'exhaure et de ruissellement. Un élément spécifique de ce site à prendre aussi en compte dans le traitement est le **molybdène**.

Le molybdène est un élément que l'on observe peu fréquemment en France à des niveaux de teneurs comparables à ceux mesurés à Lodève. Etant peu fréquent cet élément n'est pas repris dans les normes nationales de qualité des eaux et peu d'études toxicologiques lui ont été consacrées. **Faute de références nationales, il faut se tourner vers les Directives internationales de qualité pour l'eau de L'Office Mondial de la Santé (OMS)**. Pour le molybdène, la valeur guide retenue dans la Directive de qualité de l'eau de boisson de 1998 est de 0,07 mg/l.

En terme de source, **l'impact sur les eaux de surface et sur les eaux souterraines provient pour partie des eaux de mine et pour partie des stockages de résidus**.

En ce qui concerne les résidus il se pose pour ce site comme pour beaucoup d'autres similaires le problème de la **stabilité à long terme de ces stockages** :

- Problème d'une part en terme de protection des eaux,
- et d'autre part en terme d'efficacité à long terme de la couverture pour la protection contre les radiations (aucune étude dans le dossier, études nationales en cours).

2.2 Uranium Lozère

L'uranium a été exploité en Lozère sur 3 sites miniers par la société CFM : Le Cellier (2000 tonnes d'uranium), Pierre Plantée et Les Bondons (1000 tonnes d'uranium chacun). L'exemple de la mine des Bondons, exploité brièvement au début des années 1990, est développé ici pour illustrer le cas d'une petite mine pour laquelle on dispose d'une abondance de données à caractère environnemental.

Un autre cas très intéressant au point de vue environnemental est le site du Cellier sur lequel, en plus d'une exploitation à ciel ouvert, était traité l'ensemble de la production de minerai de CFM en Lozère. Le cas de la MST de Pierre Plantée située dans la même concession de GRANDRIEU que le Cellier n'est pas traité car on dispose de très peu de données.

D'un point de vue géologique les gisements d'uranium de Lozère se situent en contexte granitique :

- Au sud, le petit gisement des Bondons se trouve encaissé dans l'auréole métamorphique de contact du massif granitique du Mont Lozère. Les principaux minéraux uranifères sont la pechblende, la branérite et la coffinite.
- au nord les gisements de la concession de GRANDRIEU se trouvent dans la partie orientale du massif granitique de la Margeride. La minéralisation uranifère, autunite, est liée à un type particulier de granite à grain fin et à deux micas (leucogranite).

2.2.1 Lozère sud : les Bondons

La mise en exploitation du site a été autorisée par deux Arrêtés préfectoraux du 17 février 1986 :

- **Arrêté préfectoral N° 86-0153** portant sur l'ouverture des travaux miniers,
- **Arrêté préfectoral N° 86-0154** autorisant l'installation et l'exploitation d'une unité de stockage de minerais uranifères.

Ces arrêtés préfectoraux prescrivent dans un article – **Prévention de la pollution des eaux** (article 5 pour l'AP 86-0153 et article 3 pour l'AP 86-0154) :

- Des caractéristiques et dispositifs de rejets ainsi que leurs contrôles,
- Un suivi de la qualité des eaux superficielles et souterraines,
- Un suivi de l'impact sur la faune aquatique, les sédiments et la chaîne alimentaire.

En 1992, l'**Arrêté préfectoral N° 92-0026** en date du 16 janvier 1992 concerne l'abandon des travaux situés sur le permis d'exploitation du CROS, Commune des Bondons.

Cet arrêté fixe :

Article 3 - le contrôle de la qualité des eaux en terme de nombre et localisation des points de contrôle, paramètres et fréquence,

Article 4 – la caractéristique des rejets d'eaux,

Article 7 – résultats des contrôles et leur diffusion.

2.2.1.1 Etudes à caractère environnemental

On dispose sur ce dossier d'un grand nombre d'études à caractère environnemental, dont les plus importantes et par ordre chronologique sont :

- **l'étude d'impact de 1985**, réalisée dans le cadre du dossier de demande d'autorisation de mise en service d'installations classées (décret N°77 1133 du 21 septembre 1977),
- **le dossier de demande de délaissement du site de 1989**,
- **le dossier de demande d'abandon des travaux miniers de juillet 1991**.

- **Etude d'impact**

L'étude d'impact porte sur une unité de traitement de minerais par lixiviation. Cette étude comporte d'abondantes annexes pour les aspects hydrologie et hydrogéologie, dont :

- un état initial des cours d'eau d'avril 1980 (rapport LAMY, Parc National des Cévennes)
- reconnaissances hydrogéologiques pour le choix de l'emplacement de la plateforme de traitement par lixiviation (BRGM 85 LRO585PR & 85LRO604 PR)

Cette étude et ses annexes fournissent :

1. une analyse de **l'état initial du site** avec les caractéristiques générales de l'environnement et une situation initiale du milieu aqueux.
2. une analyse des effets sur l'environnement dont l'impact sur les eaux de surface et souterraines.
3. les mesures envisagées pour limiter l'impact sur les milieux physiques et biologiques.

- **Dossiers de demande de délaissement et d'abandon**

L'arrêté N° 92-0026 en date du 16 janvier 1992 donne acte à CFM de sa déclaration d'abandon des travaux à ciel ouvert réalisés sur son permis d'exploitation dans les conditions mentionnées dans les dossiers de délaissement et d'abandon de travaux.

- **Le dossier de demande de délaissement de 1989** fait référence dans le paragraphe VII analyse des risques à 3 rapports portant sur les aspects eaux de ruissellement et qualité des eaux (BRGM 87 LRO24NT, 89LRO774PR & 89LRO782 PR),
- **Le dossier de demande d'abandon de 1991** complète le dossier précédent par des résultats d'analyses pour justifier une demande d'allègement du réseau de surveillance notamment hydrologique du site.

2.2.1.2 données environnementales

Les **données des études** citées précédemment devront être conservées et archivées précieusement car irremplaçables dans le cas de **l'état initial**. Par contre ces données présentent souvent un caractère ponctuel et n'intègrent pas les aspects dynamiques nécessaires pour appréhender les impacts notamment en terme de flux.

Ce sont les **rapports mensuels, trimestriels et/ou annuels** fournis par l'exploitant à l'administration qui renferment les données qui permettront de suivre au rythme des saisons et

des années l'évolution de ces impacts. Les données environnementales fournies dans ces rapports périodiques correspondent aux résultats des prescriptions des Arrêtés Préfectoraux autorisant les activités. Après l'état initial, il faut alors distinguer deux périodes principales :

- 1) la **période d'exploitation** régie par les deux arrêtés de 1986 dans le cas de la mine d'uranium des Bondons,
- 2) la **période suivant** l'arrêt des travaux dont les prescriptions de surveillance sont établies au Bondons par l'Arrêté Préfectoral d'abandon de 1992.

Les prescriptions des différents arrêtés portent sur :

- la nature des contrôles et paramètres à mesurer,
- les fréquences des prélèvements et d'analyses,
- les lieux de prélèvements et contrôles,
- les seuils admissibles.

Tous ces paramètres sont spécifiques du site et ils ont pu varier au cours de la vie du projet : allègement ou renforcement des mesures de surveillance, en fonction des résultats et suite à des négociations entre exploitant et administration.

- **Nature des contrôles et paramètres mesurés**

Pour le seul milieu aquatique qui nous intéresse ici, on trouvera pour les Bondons des données sur les **rejets** et sur les **eaux superficielles**. Dans les deux cas les mêmes paramètres sont suivis avec en plus pour les rejets la mesure du débit : **matières en suspension, minéralisation totale, uranium soluble, radium 226 soluble, radium insoluble, baryum et hydrocarbures**. Compte tenu de la nature des terrains, le contrôle des eaux souterraines est limité comme pour la faune aquatique à l'analyse du radium.

- **Fréquences des prélèvements et d'analyses**

Les fréquences des prélèvements et des analyses vont de la **mesure en continu** dans le cas des rejets à des **prélèvements et analyses annuelles** dans le cas de la faune aquatique. Entre ces deux extrêmes on note :

- **Prélèvements en continu et analyses hebdomadaires** de certains paramètres pour les rejets et eaux superficielles (Uranium soluble, MES),
- **Prélèvements mensuels et analyses mensuelles** de certains paramètres pour radium, baryum, hydrocarbures des rejets et des eaux superficielles ainsi que pour le radium soluble des eaux souterraines.

- **Lieux de prélèvements et contrôles**

Les points de contrôle de la qualité des rejets et des eaux sont ici relativement limités :

- sur le rejet, au point de déversement dans le milieu naturel,
- sur le ruisseau Briançon à l'aval du point de confluence avec le ruisseau des Besses pour les eaux superficielles et la faune aquatique,
- aux captages d'A.E.P. dans un rayon d'un kilomètre,

- **Seuils admissibles**

Les seuils de concentration admissibles pour les rejets sont :

- 25 mg/l pour les matières en suspension,
- 2 g/l pour la minéralisation totale,
- 1,8 mg/l pour l'uranium soluble,
- 10 pCi/l pour le radium 226 soluble,
- 30 pCi/l pour le radium insoluble,
- 1 mg/l pour le baryum
- 5 mg/l pour les hydrocarbures.

SITE DES BONDONS (EAUX)

RESULTATS D'ANALYSES (MOYENNE/PERIODE)

<u>U mg/l</u>					
N° Echantillon	Situation	Etat initial	Exploitation 1987	Exploitation 1988	Délaissement mai 90-mai 91
LBD1	Aval Briançon	0,05	0,012	0,016	0,022
LBD2	Rejets		0,088	0,219	0,312
LBD3	Source Cros			0,040	0,022
LBD4	Captage Cros			0,010	0,016
LBD7	<i>Thalweg Sud</i>			0,016	0,020
LBD13	<i>Ruisseau Liesses</i>				0,015
LBD9	Amont Besses			0,014	0,024
LBD10	Amont Briançon			0,016	0,019
LBD11	Ruisseau N.MCO			0,05	0,010
LBD15	Exutoire MCO				3,55

Tableau 6 : Uranium, résultats d'analyses des eaux à différentes périodes

Les analyses présentées tableau 6, illustrent les résultats des contrôle préconisés sur les rejets et leur impact sur les eaux. Ils n'appellent pas de remarques particulières par rapport aux normes. Il faut souligner simplement :

- l'intérêt de disposer dans le cas des Bondons d'une étude d'impact permettant de se référer à un état initial pour le ruisseau du Briançon.
- Un impact relativement faible de l'exutoire MCO malgré les fortes teneurs mesurées au niveau de cet exutoire (débit maximum de l'ordre de quelque litres/seconde)

Les données récentes dont on dispose montre que la qualité des eaux ne s'est pas améliorée. En considérant les résultats de la fin des années 90 on note (exemple 4° trimestre 1998) :

- Intra site, au point LBD15 exutoire de la mine, des teneurs moyennes mensuelles en uranium fluctuant entre 4 et 5 mg/l,
- Au niveau des rejets dans le milieu naturel, point LBD2, teneurs moyennes mensuelles en uranium de 0,7 mg/l.

2.2.1.3 Conclusion

1. **Dans le cas de la mine des Bondons** on dispose de données pour l'ensemble du projet :
 - état initial de l'environnement pour la période 1980-1985,
 - suivi des rejets et des impacts pendant la durée de l'exploitation 1986-1989,
 - contrôle des impacts résiduels après arrêt des travaux et réhabilitation.
2. **L'impact des exploitations est relativement faible :**
 - faible tonnage exploité sur une période courte,
 - minerais traités à l'extérieur du site.

A noter cependant qu'au bout de 10 ans, aucune amélioration de la qualité des eaux d'exhaure n'est apparue.

2.2.2 Lozère Nord : Concession de Grandrieu

Dans le nord de la Lozère, la Compagnie Française de Mokta a exploité deux MCO et un MST :

- découverte du Cellier
- découverte du Villeret
- la mine des Pierres-Plantées.

Ces exploitations sont toutes situées à l'intérieur de la concession de GRANDRIEU instituée en 1968.

Les deux **mines exploitées à ciel ouvert**, le Cellier exploité dès 1956 et le Villeret mis en exploitation en 1977 sont distantes de quelques centaines de mètres. La structure de ces gisements est sensiblement identique. Dans les deux cas, l'exploitation a porté sur une superficie d'environ 11 ha et la profondeur atteinte étant d'une centaine de mètres. Le minerai est pauvre : teneur moyenne de l'ordre de 0,08 % au Cellier et 0,065 % à Villeret.

La **mine des Pierres Plantées**, située à environ 5 km des deux autres, a été exploitée à partir de 1977. Exploitation par tranches descendantes sous remblais bétonnés jusqu'à environ 200 m de profondeur. La teneur moyenne des minerais extraits est de 0,2%.

Les **installations de transformation** des minerais des trois mines (plus pendant deux ou trois ans celui des Bondons) correspondent au traitement en cascade :

- Les **minerais riches** (teneur moyenne 0,13 %, teneur de coupure 0,05%) sont traités par **lixiviation dynamique** par attaque à l'acide sulfurique à chaud après broyage à 400 μ ,
- Les **minerais pauvres**, teneurs comprises entre 0,01 et 0,05%, sont stockés en grands tas sur des surfaces préparées pour être traités par les effluents acides de l'atelier de purification des solutions de sulfates d'uranyle (extraction liquide-liquide). Les solutions acides obtenues renferment de l'ordre de 100 ppm d'uranium qui est récupéré dans un atelier d'extraction solide-liquide (résines échangeuses d'ions)

La production totale, **4 000 tonnes d'uranium**, a été réalisée en une trentaine d'année. Au milieu des années 80, la production était de l'ordre de 160 tonnes d'uranium métal/an, dont 50 en lixiviation statique (mise en service en 1970) et 110 en usine classique (usine construite en 1977). En considérant que la teneur en uranium des minerais était de l'ordre d'un pour mille, la production d'uranium a laissé sur le site plusieurs millions de tonnes de résidus divers faiblement radioactifs.

2.2.2.1 Etudes à caractère environnemental

Dans le cas de la concession de GRANDRIEU, on ne dispose pas d'étude d'impact étant donné que les travaux miniers et les tests de lixiviation ont débutés dans les années 50. L'étude à caractère environnementale disponible dans les archives de la DRIRE et à laquelle il est intéressant de se référer correspond au projet de réhabilitation des sites miniers de Villeret (juin 1989) et du Cellier (mars 1990).

Les deux dossiers se situent dans un cadre administratif différent :

- simple demande de délaissement dans le cadre du code minier pour l'exploitation minière de Villeret,
- dossier d'abandon et de modifications d'activités industrielles, pour l'ensemble des installations du Cellier. Ce dossier est présenté dans le cadre des ICPE avec références à de nombreux arrêtés préfectoraux pris entre 1979 et 1986.

Techniquement le dossier du Cellier est beaucoup plus complet car il traite à la fois de l'exploitation minière et du traitement de minerais. Il s'appuie notamment sur une trentaine d'études environnementales portant pour moitié sur la surveillance de l'impact sur les eaux et en grande partie pour l'autre moitié sur les aspects géotechniques (confinement, compactage et stabilité de talus).

Ce dossier se rapporte :

- à l'activité d'exploitation,
- à l'activité de traitement de minerai.

Le programme de réhabilitation prévoyait :

- de démanteler toutes les infrastructures à l'exception de la station de traitement des eaux. Il était prévu de conserver la station existante tant que l'importance des volumes des **effluents résiduels** justifierait son existence, puis de la démanteler pour la remplacer par une nouvelle station plus petite implantée près du site de rejets.
- Les objectifs à atteindre pour maintenir l'**impact résiduel de l'ensemble du site**, tant au point de vue radiologique qu'hydrologique. Les **normes** sont celles prescrites par les AP en vigueur, à savoir pour les eaux de la rivière Fouillouse en aval des rejets :
 - Sulfates < 350 mg/l
 - Chlorures < 150 mg/l
 - fer < 0,2 mg/l
 - uranium < 1,8 mg/l
 - baryum < 1 mg/l
 - radium 226 soluble < 10 picocuries/l
 - minéralisation totale < 2g/l.

De plus, le niveau d'irradiation des terrains est fixé pour le public à **5 millisievert par an** en plus de l'apport de la radioactivité naturelle de l'environnement.

En terme d'impact résiduel suite à la réhabilitation, il n'est pas possible de séparer activité d'exploitation et traitement car les principales sources potentielles de pollution des eaux sont constituées par les résidus de traitement dont certains ont servi à combler les excavations minières.

En fonction des caractéristiques des différents types de dépôts, il existe deux faciès d'eaux contaminées :

- eaux acides en provenance des tas de minerais lixiviés,
- eaux neutres à basiques en provenance du stockage de sables et boues de neutralisation à la soude ou à la chaux.

Il était prévu pour limiter les volumes à traiter :

- des travaux pour séparer le réseau de drainage des eaux de ruissellement de celui des eaux de percolations,
- des travaux de confinement (capotage) pour limiter la percolation.

2.2.2.2 Données environnementales

Les données prises en compte dans la base de données correspondent :

- pour la période d'exploitation aux mesures de contrôle journalier des eaux de surface et des eaux souterraines. Ces données, disponibles dans les rapports mensuels de suivi transmis par l'exploitant tous les mois à la DRIRE, couvrent la période 1985-1990
- pour la période suivant la réhabilitation aux résultats obtenus pour une période de 10 ans ; résultats transmis trimestriellement.

L'examen de ces résultats montrent une situation satisfaisante par rapport aux objectifs fixés. Les seules fluctuations visibles restent largement en dessous des prescriptions réglementaires. Elles peuvent être interprétées en terme de variations des conditions météorologiques (dilution par les eaux de La Fouillouse)

2.2.2.3 Conclusion

En 1990, le projet de réhabilitation de CFM pour le site du Cellier avait clairement comme objectif d'assurer la conservation du milieu environnant, notamment au niveau de la Fouillouse. L'impact résiduel des diverses activités devant se limiter après réhabilitation qu'au seul site lui-même que ce soit sur le plan visuel, radiologique ou hydrologique (site soumis à des servitudes). Cet objectif semble atteint par rapport aux **normes en vigueur** lors de la réhabilitation.

A noter que, les modalités d'évaluation et les seuils à respecter en ce qui concerne l'impact radiologique d'un site minier uranifère ont évolués depuis 15 ans avec notamment l'application de la **Directive Européenne 96/29/Euratom**. Selon cette directive européenne, l'impact d'un site réaménagé sur l'environnement est jugé acceptable si la dose efficace annuelle est inférieure à 1 mSv. La prise en compte d'un seuil **5 millisievert par an** en 1990 pour le réaménagement du site du Cellier impose une actualisation des données et des études pour s'assurer de la conformité aux nouvelles normes.

2.3 Conclusion

Les gisements que nous avons étudiés sont très différents en terme de taille et contexte géologique.

De cette comparaison, il ressort que :

- les séquelles laissées par la petite exploitation minière des Bondons sont faibles. Elles sont à l'échelle du gisement et des activités (2 ans d'exploitation et traitement de minerai sur un autre site, Le Cellier). Par contre la **qualité des eaux d'exhaure ne s'est pas améliorée**.
- dans le cas de Lodève l'impact sur les eaux de surface et sur les eaux souterraines devra être contrôlé avec traitement des eaux à l'échelle de l'ensemble du site minier et industriel, en intégrant toutes les sources de pollutions identifiées sur le site et tous les éléments chimiques (classiques comme uranium, radium, arsenic mais aussi spécifiques de ce type de gisements comme le molybdène).

Parmi les sources de pollution, la **présence d'une usine de traitement** a généré, à Lodève (34) ou au Cellier (48), d'importantes quantités de résidus faiblement radioactifs. En plus du risque de migration des éléments chimiques vers le milieu aquatique, ces zones de stockages posent sur le long terme **un problème de perméabilité aux radiations**.

Le risque d'exposition, qui aujourd'hui est mal évalué faute de recul, impose à l'administration d'assurer sur ce type d'exploitation :

- **l'actualisation, si nécessaire, des études réalisées lors de la fermeture en fonction de l'évolution de la réglementation** (Application de la Directive Européenne Euratom notamment).
- **le maintien pendant de nombreuses années d'un système de surveillance en terme de stabilité mécanique et de perméabilité des ouvrages de stockage**. L'autosurveillance en vigueur actuellement peut être poursuivie, mais on peut aussi envisager pour le futur un regroupement des unités de stockages de déchets miniers faiblement radioactifs sous la responsabilité d'un organisme tel l'ANDRA, déjà en charge de la gestion des autres types de déchets radioactifs,

3. Or Salsigne (11)

Salsigne est la seule mine d'or de la région Languedoc-Roussillon. Ce gisement a produit en plus d'une centaine de tonnes d'or, 30 000 tonnes de cuivre (1^o gisement français), 300 000 tonnes d'arsenic ainsi que du bismuth et de l'argent. Les minéralisations aurifères de Salsigne sont constituées de pyrite FeS₂, pyrrhotite FeS, arsénopyrite FeAsS, Chalcopirite CuFeS, et de bismuthinite Bi₂S₃, ainsi que de l'argent natif et du bismuth natif. L'or est natif mais extrêmement fin (non visible). La centaine de tonnes d'or a été produite à partir de 11 000 000 tonnes de minerai à partir de travaux miniers souterrains et de travaux miniers à ciel ouvert.

D'un point de vue géologie, ce gisement complexe représente, tout au moins à l'échelle nationale, un type très particulier. Il a été très étudié et la rapide présentation qui en est faite ici ne peut prétendre synthétiser tout l'historique de Salsigne. En tant que description générale de l'ensemble du site de Salsigne on peut se rapporter au rapport Barthélemy de 1998 (historique, cadre juridique, situation environnementale).

Comme pour les autres gisements de LRO, l'approche qui en est faite ici à partir des données archivées à la DRIRE d'Alès, s'intéresse aux impacts environnementaux résiduels à gérer après l'arrêt de l'exploitation et la mise en sécurité de la mine. Dans cet objectif les études environnementales qui semblent le plus utiles sont celles relativement récentes. Elles sont plus ou moins contemporaines du bilan environnemental à l'échelle de la vallée de l'Orbiel réalisé par l'ADEME pour le Ministère chargé de l'environnement.

3.1 Etudes d'impacts

L'étude d'impact disponible en archive est un « document provisoire » réalisé en mars 1993 par ALGADE pour la société des Mines d'Or de Salsigne (MOS). L'étude s'intègre dans la déclaration d'ouverture de travaux miniers souterrains pour l'exploitation du minerai « 2X ».

Le projet concerne les trois concessions minières de la MOS, à savoir Villanière, Lastours et Salsigne.

Antérieurement à ce projet la société des Mines de Salsigne avait exploité deux gisements jusqu'à fin 1991 :

- le « gisement traditionnel » qui a fourni près de 100 tonnes d'or en un siècle à partir de filons (Fontaine de santé, Ramèles etc..),
- un gisement composé de « couches » sulfurées massives à arsenic et or (minerai 2X). Ce gisement a été découvert par sondage entre 1968 et 1970. L'exploitation sporadique de ces minerais a permis d'extraire quelques tonnes d'or.

Le projet de la MOS à laquelle se rapporte l'étude d'impact consiste en l'approfondissement de la mine souterraine pour l'exploitation des minerais « 2X ».

Les effets sur l'environnement sont abordés au chapitre 3 de l'étude d'impact et plus particulièrement paragraphe 3.2, impact sur l'hydrologie, l'hydrogéologie et la qualité des

eaux. Le chapitre 5 traite lui, des mesures prises pour limiter les effets dommageables sur l'environnement.

- **effets sur l'environnement**

Les modifications prévisibles des caractéristiques des eaux, envisagées dans l'étude, concernent :

- les **matières en suspension** et les **hydrocarbures**, paramètres liés à l'exploitation elle-même,
- les teneurs en **arsenic**, liées à la nature de la minéralisation.

En terme quantitatif, les travaux d'exploitation, situés à une profondeur comprise entre 150 et 500 m, ne sont pas susceptibles de modifier directement les écoulements profonds. Ils vont par contre collecter des eaux souterraines circulant au contact des formations minéralisées.

- **mesures prises pour limiter les effets**

Le paragraphe 5.4, consacré aux mesures envisagées pour pallier à l'impact sur les eaux, est un peu plus développé. Il reprend les trois rubriques évoquées au chapitre 3 : pollution par les huiles et les hydrocarbures, matières en suspension et arsenic.

Huiles et hydrocarbures :

→ Prise de précaution lors des vidanges et élimination par une société spécialisée

Matière en suspension :

→ décantation des matières en suspension et contrôle semestriel de la turbidité par les services de la DRIRE

Arsenic :

→ L'étude d'impact conclue que *« le taux de minéralisation en arsenic des eaux d'exhaure est conforme à ce que l'on peut observer dans l'environnement du site minier »*.

Cette conclusion est argumentée par des résultats de contrôle mensuel des eaux d'exhaure ainsi que du cours d'eau dans lequel sont rejetés ces eaux (point amont et aval sur le Grésillou)

1. Les teneurs moyennes en arsenic des eaux d'exhaure sont de 0,66 mg/l au Puits Castan pour la mine souterraine (point A) et de 0,555 mg/l pour la MCO (point B),
2. Les teneurs en arsenic dans le milieu récepteur sont de l'ordre de 0,5 mg/l pour le Grésillon aval (confluence Orbiel) et de moins de 0,1 mg/l en amont de la zone d'exploitation et des points de rejet.

Année	Point A (bassin MCO)		Point B (MST, Puits Castan)	
	Non filtré	Filtré	Non filtré	Filtré
1989	0,485	0,456	0,540	0,509
1990	0,493	0,502	0,542	0,432
1991	0,821	0,558	0,871	0,635

Tableau 7 : Rejets en arsenic en mg/l ; moyennes annuelles de mesures mensuelles.

Modification du régime des eaux :

La conclusion de l'étude d'impact basée sur une étude hydrogéologique réalisée par le laboratoire CNRS de St Giron (1984) est une absence de modification des débits.

En pratique, il est proposé :

- de rejeter au milieu naturel entre un et deux millions de m³ d'eau d'exhaure renfermant en moyenne **plus de 0,5 mg/l d'arsenic sans autre traitement que la décantation** prévue pour les matières en suspension,
- de contrôler mensuellement, pour arsenic, points d'exhaure ainsi que les points amont et aval du Grésillou.

3.2 Impacts environnementaux

Des mesures en divers points sur l'Orbiel et ses affluents sont faites régulièrement par la DDASS et par MOS. **La norme eau potable de 50 µg d'arsenic par litre est largement dépassée** dans le Grésillou à son confluent avec l'Orbiel à Lastours : teneurs en arsenic supérieures à **200 µg/l en toutes saisons**. On assiste par ailleurs à la pollution de la nappe (puits communal à Conques). Il a été constaté par ailleurs que certains légumes cultivés sur des sols inondables en bordure de l'Orbiel ou arrosés avec de l'eau de l'Orbiel ou de puits proches, contenaient des teneurs anormales en métaux et arsenic : **un arrêté interministériel du 30 mai 1997 en interdisait la vente**.

A la suite de ces constatations, la réalisation d'un bilan environnemental de la vallée de l'Orbiel a été lancé ; cette étude ne concerne pas les sols des sites industriels mais la répartition des teneurs dans le bassin de la vallée de l'Orbiel (sols, sédiments, eaux de surface et eaux souterraines)

Bilan environnemental (DRIRE - LRO - 2000)

Le bilan environnemental est en fait un état des lieux de la pollution à l'échelle de la vallée de l'Orbiel. Ses objectifs étaient multiples :

- Caractériser la dispersion de l'arsenic et des métaux toxiques à l'échelle régionale,
- Comprendre les modes de dispersion dans les eaux et les alluvions,
- Faire la part entre les contaminations naturelles et industrielles,
- Hiérarchiser les sources de pollutions,
- Proposer des actions de prévention et de décontamination,
- Définir un plan d'action de surveillance.

Déroulement de l'étude

L'étude s'est déroulée en 1999. Les résultats utiles concernent les modes de dispersion dans les eaux et la hiérarchisation des différentes sources de pollutions en fonction des variations saisonnières : périodes de hautes eaux, moyennes et basses eaux. En plus de la prise en compte des variations saisonnières cette étude est intéressante par la mesure systématique des concentrations mais aussi des débits de l'Orbiel et de ses affluents. A noter qu'un très grand nombre de paramètres physico-chimiques a été suivi dans les différents milieux de prélèvements.

Résultats

Dans son approche étude du bassin versant de l'Orbiel le bilan environnemental intègre l'ensemble des activités industrielles et minières. Ses conclusions en terme d'inventaire des différentes sources de pollution n'apportent pas de surprises quand à la contribution des apports du Grésillou à la pollution de la vallée de l'Orbiel en aval de Lastours :

- Dans des conditions normales de fonctionnement et de climatologie, cette contribution est très nette que ce soit en terme de concentration (période de basses eaux) ou de flux (période de haute et basses eaux),
- En terme d'élément toxique, il ressort que c'est essentiellement l'arsenic qui pose problème en terme de risque pour la santé humaine. A noter l'absence de Bismuth ou de cuivre.

Remarque : Le niveau de la contribution des apports du Grésillou, en aval des rejets de mine mais en amont des installations de la Combe du Saut, est en parfaite conformité avec ce qu'on pouvait attendre à la lecture des conclusions de l'étude d'impact de la MOS de 1993.

3.3 conclusions

Comme pour beaucoup de sites miniers les eaux d'exhaure contribuent largement et pour longtemps à la pollution chronique du bassin versant alors que les aires de stockage présentent un danger de pollution accidentelle dans le cas d'une mauvaise conception des unités de stockage et/ou dans le cas de situations climatologiques extrêmes (débordement et/ou rupture de digues).

L'inventaire des sources de pollution devra être réalisé pour l'ensemble des titres miniers actuels ou anciens du secteur et pas seulement à l'intérieur des trois concessions de la MOS.

- En terme de gestion environnementale dans le cadre de l'après-mine, le problème des eaux d'exhaure existe déjà : il semble, d'après les données dont nous disposons, que les eaux d'exhaure sont rejetées dans le milieu naturel à des niveaux de 0,5 mg/l sans autre traitement qu'une décantation.

Ce problème va se poser très sérieusement dans le choix des options qui vont être proposées dans le dossier d'arrêt de travaux :

- tant au niveau quantitatif = arrêt des pompages et localisation des exhaure (circulation karstique),
- qu'au niveau qualitatif = traitement de ces eaux à un niveau de teneurs acceptable pour As (Le seuil le plus généralement admis comme norme de rejet pour l'arsenic est de 0,1 mg/l).

En ce qui concerne la typologie des pollutions de la mine de Salsigne, il ressort paradoxalement que l'impact du gîte chimiquement et minéralogiquement très complexe de Salsigne se limite essentiellement à la présence d'arsenic, élément auquel il faut ajouter les cyanures utilisés lors des traitements.

4. Autres substances

Les autres dossiers examinés et pour lesquels des études et données environnementales sont disponibles en archives correspondent à des exploitations de substances moins toxiques pour l'homme et l'environnement notamment en terme d'impact sur les eaux après l'arrêt des travaux :

- Mine de fluorine d'Escaro (66),
- Mines de bauxite de l'Hérault.
- Mine de fer de Batère (66),

Les deux exemples présentés ici et pour lesquels nous disposons de données environnementales illustrent de manière relative deux cas où les problèmes environnementaux à gérer dans le cadre de l'après-mine sont de beaucoup moindre importance que pour les types de gisements présentés précédemment.

4.1 Fluorine Escaro (66)

Le gisement de fluorine d'Escaro contient 2 000 000 tonnes de Fluorine. Il a été exploité à ciel ouvert pendant une trentaine d'années (1960 – 1991). L'exploitation de 3 165 000 tonnes de minerai a déplacé 38 500 000 m³ de stérile entreposés dans le voisinage de la carrière. La composition moyenne de minerai tout-venant est de 60 % de fluorine et 8 % de barytine, avec 12 % de quartz et 20 % de carbonates (calcaire, dolomie et sidérite). Les sulfures présents sont pyrite, arsénopyrite, chalcoppyrite, blende et galène mais ils représentent moins de 1 %.

Les études et données environnementales disponibles dans les archives de la DRIRE d'Alès couvrent la période 1983, pour l'étude d'impact, à 1992 pour le dossier de délaissement.

Etude d'impact pour la mine de spath-fluor d'Escaro (1985)

L'étude d'impact réalisée par le BRGM avec le concours du Ministère de l'Environnement sur le site minier d'Escaro date de 1983 avec actualisation des données en 1985 pour présentation d'une étude d'impact réglementaire accompagnant un dossier de demande d'autorisation pour la poursuite de l'exploitation.

Cette étude traite des impacts classiques liés aux mines en exploitation (bruits, vibrations...) et beaucoup des problèmes de stabilités des versants à stérile (sismicité régionale) et de leur réaménagement. En ce qui concerne l'environnement des résultats d'analyses d'eau assez complets sont présentés, **tableau 8**, mais les limites de détection de l'époque sont pour de nombreux paramètres relativement élevées. Il faut retenir essentiellement la présence de fluor (entre 1 et 3 mg/l) et localement de manganèse. La marque des sulfures présent dans le minerai est peu marqué (pH entre 7 et 8) un peu de plomb et de zinc, absence d'arsenic. Ces teneurs observées dans les eaux de ruissellement et les fonds de carrière à l'intérieur du site ne se retrouvent pas à l'extérieur de celui-ci (milieu carbonaté).

Dossier de demande de délaissement (1991)

Les études réalisées par le BRGM dans le cadre du dossier de délaissement traite essentiellement des problèmes de stabilité et du réaménagement et renvoie aux études de 1985-1986 pour les aspects hydrogéologiques.

	M1	M2	M3	M4	M5	R6	S7
pH	7,6	7,6	7	7,8	8,1	8,2	7,2
Conductivité	659	659	805	644	792	703	1088
SO ₄ mg/l	215	170	140	163	300	220	160
Fluor mg/l	1,8	2,4	0,8	2,4	1,7	1,2	1,2
Fe µg/l	21	<10	322	<10	<10	<10	16
Cu	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Pb	2	25	21	39	37	39	40
Zn	18	3	3	2	1	2	36
As	2,5	<1	2,5	<1	3	4	<1
Mn	70	570	7000	9	42	20	44
Sb	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Ag	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

Tableau 8 : résultats d'analyses d'eau du site minier d'Escaro (1983)

A noter que le minerai de la mine d'Escaro était transporté pour son traitement à l'usine d'Olette.

Conclusion

- **Le gîte de fluorine d'Escaro** qui est situé en contexte carbonaté et qui contient relativement peu de sulfures (par rapport aux districts du Tarn ou des Maures par exemple) **ne présente pas de risque potentiel majeur pour l'environnement.**
- **Les résultats d'analyse de l'étude d'impact le confirment.** Cependant les données de cette étude réalisée avec les moyens analytiques d'il y a 20 ans pourraient être actualisées par deux séries de prélèvement et analyse (hautes eaux et basses eaux).

4.3 Bauxite Villeveyrac (34)

En ce qui concerne la bauxite de l'Hérault la DRIRE LRO dispose à Alès d'un certain nombre d'études environnementales et de données analytiques de suivi des sociétés Péchiney Aluminium ainsi qu'une étude d'impact d'Alusuisse. Les études d'impact ne contiennent pas de données environnementales et les dossiers d'abandon de travaux miniers de la concession de Villeveyrac présenté par Péchiney Aluminium ne traitent que des aspects tassements-affaissements avec remontée des niveaux piézométriques. Le débit et la qualité des eaux d'exhaure ont été vérifiés dans un puits. Suite à leur remontée dans les anciens travaux une surverse a été aménagée pour rejeter les eaux dans un fossé avant de rejoindre le réseau hydrographique qui trouve son exutoire à 4 km de là dans l'étang de Thau.

Le débit est de quelques m³/h. Les résultats d'analyses de 1989 et 1997 montrent que bien que ne remplissant pas les critères de potabilité ces eaux ne contiennent pas d'éléments toxiques. A noter en plus de la turbidité, la présence essentiellement de fer (4 mg/l). Elles sont utilisées pour irrigation.

5. Caractérisation des pollutions

Dans le cadre de l'après-mine, les aspects environnementaux pris en compte sont ceux qui persistent après l'arrêt des travaux, à savoir la pollution des sols et des eaux.

Regrouper les gisements par grandes familles de substances exploitées permet d'appréhender en première approche, les types de pollutions qui leur sont caractéristiques : minéralisations sulfurées polymétalliques, substances radioactives, bauxite ou fluorine. L'examen des données environnementales de LRO montre cependant que, pour deux gisements exploitant la même substance, la signature géochimique et l'ampleur des pollutions peuvent être très différentes en fonction du contexte géologique et de la minéralogie mais aussi en fonction des différentes activités qui se sont succédées sur le site en y laissant leur trace sous la forme d'effluents ou résidus plus ou moins toxiques.

Géologie et minéralogie

Les éléments entrant dans la composition du minerai et la nature des roches encaissantes jouent un rôle essentiel dans la signature de la pollution et sur la mobilisation des éléments toxiques. Dans le cas des mines de Languedoc-Roussillon la limite principale est le contact socle couverture de la bordure sud du Massif Central. Cette limite explique :

- Pour les gisements de plomb-zinc, la différence au point de vue signature entre Les Malines (milieu carbonaté avec Zn) et St Sébastien d'Aigrefeuille (signature socle avec As),
- La spécificité du gisement sédimentaire d'uranium de Lodève,

La nature des roches encaissantes est aussi primordiale notamment en terme de mobilité des éléments métalliques et donc d'ampleur de la pollution. A ce titre les gisements de fluorine du type Escaro en milieu carbonaté sont très différents par exemple des gisements de fluorine de l'albigeois.

En terme de minéralogie la présence de sulfures, dans la minéralisation ou dans les roches encaissantes, n'étant pas limitée aux gisements dans lesquels les sulfures font l'objet d'une exploitation, le critère présence de pyrite et/ou arsénopyrite revêt une importance particulière en ce qui concerne la génération de DMA et les pollutions en arsenic qui leur sont souvent associées.

Sources de pollution

L'interprétation des données environnementales est abordée en terme de rejet et d'impact à l'échelle du bassin versant récepteur. Cette approche oblige à prendre en considération toutes les sources potentielles de pollution.

Ces deux sources principales sont, classiquement, après l'arrêt des activités :

- Les **eaux d'exhaure** (avec ou sans traitement),
- Les différentes **zones de stockages** et notamment les **digues de résidus de laverie** pour les sites sur lesquelles une usine de traitement de minerai a fonctionné.

Dans une approche « bassin versant », intégrant concentrations et débits, un bilan peut être établi en terme de flux de polluants attribués aux différentes sources. Des exemples de pollutions étudiés dans cette note il ressort dans tous les cas, que eaux d'exhaure et eaux de percolation des stocks de résidus contribuent à une pollution chronique plus ou moins forte des cours d'eau ou de la nappe. A ces pollutions chroniques peuvent s'ajouter dans certains cas des pollutions d'origine accidentelle : rupture de digue ou débordement.

L'exemple de St Sébastien d'Aigrefeuille illustre comment, plus de 25 ans après la ruine du dépôt de stérile, une petite mine de plomb argentifère, génère dans le ruisseau Amous des flux d'arsenic comparables à ceux observés dans le Grésillou en aval de la mine de Salsigne.

Toxicologie et Ecotoxicologie

L'arsenic est généralement analysé car sa toxicité est bien connue. Il n'est cependant pas le seul à devoir être pris en considération dans l'évaluation des impacts environnementaux et dans l'évaluation des risques pour la santé humaine et pour les écosystèmes :

- **Eléments toxiques**

Les éléments fortement toxiques pour la santé humaine que l'on rencontre fréquemment en environnement minier sont en plus de l'arsenic :

- Des métaux comme **le plomb, le cadmium, le mercure**,
- La chaîne d'éléments radioactifs, uranium, radon.

Ces éléments doivent être systématiquement recherchés selon les types de gisements dans les différents milieux. Pour ces éléments, l'évaluation des risques pour la santé humaine doit prendre en considération l'ensemble des voies d'exposition (expositions directes et indirectes, spéciations chimiques, radiations).

En plus de ces éléments très bien connus et répandus, d'autres plus spécifiques de certains sites miniers doivent aussi être pris en compte localement : c'est les cas du **fluor**, de **l'antimoine** ou à **Lodève du molybdène**.

- **Eléments toxiques pour les écosystèmes (écotoxiques)**

D'autres éléments sont non toxiques pour l'homme ; tout au plus leur présence dans les eaux de boisson peut les rendre indésirables à de fortes teneurs pour raisons organoleptiques. C'est **le cas de métaux comme le cuivre ou le zinc**. Ces deux métaux sont par contre toxiques pour la faune et la flore aquatique en très faibles concentrations.

- **Autres éléments indésirables**

Parmi les paramètres jugés indésirable mais très fréquents et souvent très abondants dans les eaux de mine, exhaure ou ruissellement, il faut mentionner **fer, manganèse, ou sulfates**. La présence de ces éléments nécessite parfois le traitement de ces eaux (précipitation du fer et autres métaux). Ces paramètres sont à prendre en considération dans de nombreux types de gisements (sites HBCM notamment).

Conclusion

Dans le secteur minier, l'évaluation du risque d'exposition aux pollutions doit se faire selon l'approche classique à l'échelle d'un bassin versant avec :

1. caractérisation de toutes les sources de pollution chroniques et/ou de pollution accidentelles (accident historique où risque potentiel),
2. évaluation des transferts de pollutions en terme de flux,
3. mesure des impacts.

Ceci implique en terme d'interprétation des données environnementales déjà saisie dans la base de disposer :

1. pour chaque gisement ou indice, de données pour les différentes rubriques mentionnées au chapitre 5 caractérisation des pollutions à savoir, en plus des substances et des volumes exploités, d'un maximum de renseignements sur la géologie et la minéralogie, ainsi que l'historique de l'exploitation et des unités de traitements ou de stockage,
2. pour chacune des substances de fiches toxicologiques et écotoxicologiques de références, qu'il s'agisse des éléments les plus répandus mais aussi des plus spécifiques.

En ce qui concerne les données sur les gisements, elles doivent être disponibles dans la base de données des titres miniers à condition que toutes les rubriques soient bien renseignées. Par contre, une fiche synthétique des données toxicologiques et écotoxicologiques doit être incluse dans la base de données environnementale pour évaluer le niveau de risque pollution. Les fiches sont en cours de rédaction.

L'examen des dossiers d'archives concernant les sites miniers de la région Languedoc-Roussillon montre que, pour les sites les plus sensibles, il existe un grand nombre d'études et de données à caractère environnemental. Pour la plupart des sites on dispose **d'études d'impacts** réalisées soit dans le cadre des activités liées à l'exploitation minière elle-même, soit dans celui d'activités annexes répertoriées comme ICPE. Les contrôles environnementaux périodiques régulièrement transmis à l'administration montrent que, dans le choix des paramètres pris en considération et dans celui des seuils imposés, la spécificité des sites n'est pas toujours prise en compte. Cependant sur certains sites les risques environnementaux sont techniquement suffisamment clairement identifiés, pour prendre les mesures qui s'imposent. Dans le cas de certains dossiers jugés délicats, la difficulté qui n'est pas technique peut se situer au niveau du cadre juridique et financier.

Références

1) Générales

- Carte minière de la France métropolitaine, situation 1993-1994, BRGM, juin 1995
- Gestion post extractive des anciens sites miniers du Languedoc-roussillon. Approche d'une caractérisation-hiérarchisation des sites miniers en fonction des principaux risques encourus.
- Le rôle des études d'impact des projets miniers ; Thèse de Doctorat, L.E. Sanchez, ENSMP, 1989.
- Guide méthodologique Version 2, Gestion des sites industriels potentiellement pollués ESR, BRGM éditions mars 2002
- Guide méthodologique Version 0, Gestion des sites industriels potentiellement EDR, BRGM éditions, mars 2000
- Guide méthodologique Version 0, Gestion des sites industriels potentiellement contaminés par des substances radioactives ; IPSN Mai 2001
- LES EFFETS DES MÉTAUX LOURDS SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTÉ, Gérard MIQUEL, Sénateur, Rapport au sénat 2001. <http://www.senat.fr/rap/100-261/100-2610.html>
- OMS, guidelines for drinking water quality, WHO, Genève (2^eédition), vol 1, 1993
- Environmental management of mine sites. UNEP
- Technical Resource Document US-EPA : Volume 1, Lead-Zinc, 1994
- Technical Resource Document US-EPA : Volume 5, Uranium, 1995
- Technical Resource Document US-EPA : Volume ,Gold ,1994
- Technical Resource Document US-EPA : Volume 4, Copper 1994

2) Pb-Zn Cévenol

Les Malines

- Mine des Malines. Arrêt définitif des travaux d'exploitation. Dossier d'abandon. METALEUROP. Rapport simplifié.
- Etude de la qualité des eaux. Région de Saint-Laurent-le-Minier (Gard). Rapport de l'Ecole des Mines de Paris – Armines de MM. Combes, Schmitt et Ledoux, octobre 1994, pour le compte de METALEUROP. Document de texte.
- Etude de la qualité des eaux. Région de Saint-Laurent-le-Minier (Gard). Rapport de l'Ecole des Mines de Paris – Armines de MM Combes, Schmitt et Ledoux, octobre 1994, pour le compte de METALEUROP. Document de figures.
- Le dépôt des stériles de la mine des Malines. Dossier METALEUROP.
- Le gisement des Malines (Gard) Zn, Pb. Article de Foglierini F., Bernard A. et Verraes G. Publications au 26^e Congrès Géologique International. Paris 7-17 juillet 1980.

- DRIRE Languedoc-Roussillon - Valorisation des données environnementales. Chapitre 3, exemple des Malines. B. Coste, Fév. 2002, réf. 02-LRO-1.3-R05/BC.
- Exploitation de plomb-zinc de la mine des Malines (Gard et Hérault). Bilan des données disponibles en vue de la réalisation d'un Plan de Prévention des Risques Miniers. Rapport INERIS-DRS-01-37673/R01 du 20 décembre 2001 pour le compte de GEODERIS.

ST Sébastien d'Aigrefeuilles

- **CNRS Montpellier**

- "Arsenic et métaux dans les eaux acides du site minier de Carnoulès : conséquences sur l'Amous - rapport de fin d'étude (30 janvier 1997), M. LEBLANC Géofluides-Bassins-Eau, UMR 5569 CNRS-Université Montpellier 2 ;
- "Projet PARC : Contribution à la lutte contre la pollution de l'Amous et à la Restauration du site minier de Carnoulès" - Rapport de fin d'étude (30 janvier 1999)), M. LEBLANC, UMR hydrosciences CNRS-Université Montpellier 2 ;
- "Accumulation of arsenic from acidic mine waters by ferruginous bacterial accretions (stromatolites)", 1996, M. Leblanc, B. Achard, D. Ben Othman and J.M. Luck, Applied Geochemistry, vol. 1, pp 541-554, 1996 ;

- **Ecole des Mines d'Alès**

- "Acid Mine Drainage (AMD) treatment by Sulphate Reducing Bacteria", 1999, C.M. Estrada rendon, G. Amara, P. Leonard, J. Tobin, J. Roussy, J.R. Degorce-Dumas, Intern. Biohydrometallurgy Symp (IBS), june 20-23, Madrid ;
- "Natural attenuation of the impact of acid mine drainage (AMD) in the site of Carnoulès", 1999, P. Leonard, C.M. Estrada rendon, G. Amara, J. Roussy, J. Tobin, J.R. Degorce-Dumas, IBS, june 20-23, Madrid ;
- "An Investigation into the nature of AMD as it occurs within the regional tributary, Carnoulès, France", 2000, H. Kilty, School of biological sciences, Dublin City University.

ST Félix de Pallières

- Constat d'impact de deux anciennes exploitations minières, le cas de la Croix de Pallières (Gard), F. Maubert, BRGM 83 SGN 583 ENV

3) Uranium

- **Lozère**

- CFM, Compagnie Française de Mokta (1985) – Gîte des Bondons, déclaration d'ouverture des travaux miniers. Etude d'impact sur l'Environnement.
- CFM, Compagnie Française de Mokta (1983) – La situation actuelle et le devenir des mines et installations de traitement exploitées par CFM en Lozère.
- CFM, Compagnie Française de Mokta (1990) – site minier du Cellier (48), Dossier d'abandon et de modification d'activités industrielles soumises à autorisation d'établissements classés.
- CFM, Compagnie Française de Mokta (1989) – site minier du Villeret (48), Projet de réhabilitation du site. Demande de délaissement.

- **Hérault**

- COGEMA, Division de l'Hérault (1999) – Lodève, Traitement des eaux : mise en service de la nouvelle installation.

- COGEMA, Division de l'Hérault (1996) – Lodève, Modélisation hydrogéologique du bassin permien de Lodève en vue de la fermeture de l'exploitation minière.
- COGEMA, Division de l'Hérault (2000) – Lodève, Suivi de la qualité des eaux pour la période 1997-1999.
- COGEMA, Division de l'Hérault (1978) – Mines à ciel ouvert de Mas d'Alary, Déclaration d'ouverture des travaux – Etude d'impact sur l'environnement,

4) Or Salsigne

- MOS – Mines d'Or de Salsigne (1993) Déclaration d'ouverture de travaux miniers souterrains, exploitation du minerai « 2X »
- F. Barthelemy (1998) Rapport à madame la Ministre de l'Environnement relatif à Salsigne.
<http://www.environnement.gouv.fr/actua/cominfos/dosdir/DIRPPR/salsigne.htm>
- DRIRE-LRO – (2000) Bilan de l'environnement de la vallée de l'Orbiel.
<http://www.drire-lr.org/publications/orbiel/index.html>
- Lescuyer J.L. (1993) Le gisement aurifère de Salsigne. Chron. Rech. Min. n°512, p 3-73.
- Marchal J.P. (1984) Campagne de mesures du pH, des teneurs en arsenic et des débits de l'Orbiel et de ses affluents. Note du chargé d'études Sous Sol, 20 décembre 1984.
- Sauter M. (1982) Constat d'impact de trois mines souterraines – Le cas de la mine de Salsigne (Aude)

5) Fluorine Escaro

- Etude d'impact de la mine de spath-fluor d'Escaro (66), BRGM, 85SGN228GEG, 1985.
- Etude des minéralisations à fluorine, barytine et sidérite en contexte hercynien.
Secteur du gisement d'Escaro - Cartier A. (1981) Thèse Univ. Orléans.

6) Bauxite Hérault

- Aluminium Péchiney, Concession de Villeveyrac (34), abandon des travaux miniers avec renonciation partielle au titre minier (1995).
- Alusuisse France, mine des Uslades (34), Etude d'impact du projet de poursuite par travaux souterrains de l'exploitation pratiquée jusque là à ciel ouvert (1979).