

Programme Difpolmine

Diffuse pollution from mining activity



PRESENTATION

Proposition pour la réhabilitation des grands sites pollués par des métaux et des métalloïdes

Un mode de réponse par l'évaluation à l'échelle industrielle de la phytostabilisation, technique nouvelle.

Une approche adaptée, en matière de gestion des eaux de ruissellement polluées pour :

- réduire significativement les transferts de pollution vers les eaux de surface.
- retourner à une bonne qualité des eaux.
- éviter l'accumulation de sédiments pollués dans les rivières.

Proposal for the remediation of large sites contaminated by metals and metaloids

An approach based on the full-scale evaluation of phytostabilisation, a new technique.

An adaptive approach to the management of polluted run-off water that :

- significantly reduces the transfer of pollutants to surface water on former mining sites.
- restores good water quality.
- prevents the accumulation of polluted sediments in nearby rivers.

IRH Environnement / Université Hasselt de Limburg (Belgique) / Université de Technologie et d'Économie de Budapest (Hongrie)
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

Avec le soutien financier de la C.E., programme LIFE environnement et de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse

Introduction

Introduction

L'Europe a été, au cours des siècles derniers, le lieu d'une activité industrielle intense de production et de transformation de minerais et de métaux. Ces activités ont généré des quantités importantes de polluants, provenant notamment du transport et du stockage de sous-produits, ou de divers rejets dans l'environnement sur des surfaces parfois très grandes. L'érosion des sols pollués et des déchets engendre encore aujourd'hui des rejets importants de métaux et de métalloïdes dans les rivières proches. Aujourd'hui, chaque pays a développé des méthodes particulières pour étudier et traiter les sites pollués. Elles sont généralement basées sur une approche d'évaluation des risques, selon le concept source – transfert – cible. Cependant, dans les cas de sites de grandes dimensions, des solutions adaptées doivent être développées pour faire face aux contraintes techniques et économiques correspondantes.

Over the past few centuries, Europe has been the site of intense ore and metal production and transformation. These activities have produced large amounts of pollutants caused by the transport and storage of waste and by various spills into the environment, sometimes over large areas. The erosion of the contaminated soils and waste has generated large flows of heavy metals and metalloids into the nearby rivers. Consequently, every country in Europe has established a specific methodology for studying and managing contaminated sites. Such methods generally consist in a risk-based management approach founded on the source/pathway/receptor concept. However when dealing with large sites, adapted solutions must be developed in order to face corresponding technical and economical constraints.

Le présent document décrit l'ensemble de la démarche d'études mise en oeuvre dans le cadre du projet Difpolmine pour optimiser la gestion des eaux, étudier les possibilités de phytostabilisation des sols sur le site de La Combe du Saut et la transférabilité sur un autre site minier en Hongrie.

Ce travail constitue un exemple, une source d'information pour le gestionnaire d'un site pollué par des métaux, mais il devra l'adapter en fonction des particularités du problème rencontré.

Les résultats obtenus font l'objet d'un deuxième fascicule.

This document describes the whole of the research process implemented within the framework of the Difpolmine project for the optimisation of water management and the study of the feasibility of soil phytostabilisation at the La Combe du Saut site, as well as for the transferability of this approach to a different mining site in Hungary.

The project is intended as an example and a source of information for the managers of metal-polluted sites. However, the approach used will need to be adapted based on the specific characteristics of the problems encountered.

The results obtained will be presented in a separate document.

Sommaire

01 - Présentation du site

Site description

02 - Description du problème

Background to the problem

03 - Methode

Approach

04 - Etude de la phytostabilisation

Design of the phytostabilisation procedure

05 - Les essais en laboratoire

Laboratory experiments

06 - Les essais sur le site

Field experiments

07 - L'application à l'échelle du site

Full-scale implementation

08 - Les résultats attendus

Expected results

09 - Application en Hongrie

Application in Hungary

ADEME (the French Agency for Environment and Energy Management) is a public establishment in charge of cleaning up polluted orphan sites.
Contact : difpolmine@ademe.fr

IRH Environnement is a French research consultancy specialised in the protection of the environment and human health. Its area of competency covers applied research, studies, and consulting and analytical services for industries as well as local and regional authorities.
Contact : jolanda.boisson@irh.fr

Hasselt University has a longstanding experience (since 1976) in the field of heavy metal uptake by plants and the effects of toxic metal concentrations on plants and mycorrhiza. After initially focusing on laboratory and in situ studies on phytoremediation (phytostabilisation and phytoextraction using f.i. SRC willow plantations) of contaminated soils in 1985, the University is currently involved in several national and international projects and collaborations in this field.
Contact : ann.ruttens@uhasselt.be

The Budapest University of Technology and Economics (BUTE) is one of Hungary's most prestigious institutes of higher education. Its mission is to provide a varied, multi-level, broad and high-quality education; elite-training; and R&D activities based on a strong basic training in line with social demands and the general development of sciences.
Contact : gruz@mail.bme.hu

The Rhône-Mediterranean and Corsica Water Agency (Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et de Corse) is a public establishment overseen by the French Ministry of Ecology and Sustainable Development and the French Ministry of Finance. Its mission is to enhance water management and to combat water pollution in the French Mediterranean catchment basin.
Website : www.eaurmc.fr

Historique

Le site minier de Salsigne et celui de La Combe du Saut sont situés au nord de Carcassonne et au sud de la Montagne Noire. L'usine de La Combe du Saut fût implantée au bord de la rivière Orbiel, coulant du nord au sud et emportant la pollution vers l'Aude.

L'exploitation minière dans la région remonte à l'Antiquité. La découverte de l'or ne date que de 1892. Plusieurs concessions ont été attribuées, mais celle de Salsigne est assez vite devenue prépondérante.

Différents procédés se sont succédés durant plus de 90 ans, de l'hydrométallurgie à la pyrométallurgie. Le minerai extrait dans le secteur de Salsigne contient de l'or, mais aussi une proportion importante d'arsenic. La production d'anhydride arsénieux au cours du siècle dernier a atteint jusqu'à 10 000 tonnes par an.

15 millions de tonnes de minerai ont été traités sur le site, ce qui a permis de produire 830 000 tonnes de produits dérivés. La masse totale des déchets inventoriés sur le site est estimée à 15 millions de tonnes.

Le traitement du minerai s'est arrêté définitivement à la fin 2004 par la cessation d'activité de la Mine d'Or de Salsigne.

Background

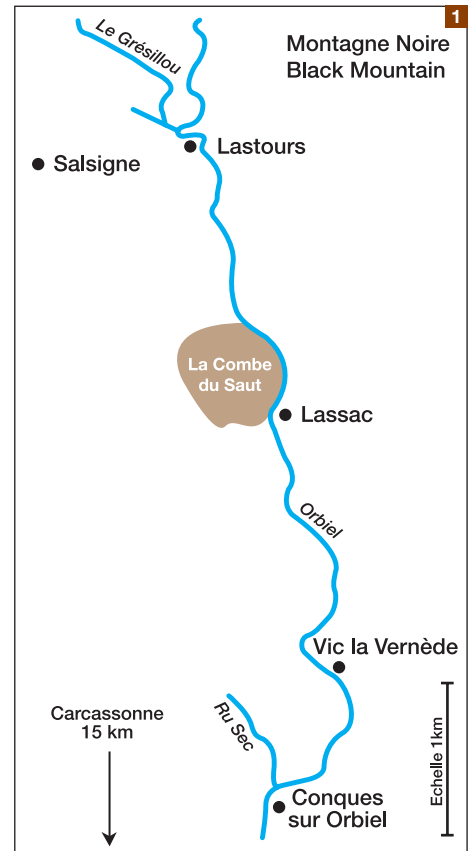
The mining sites of Salsigne and La Combe du Saut are located in the north of Carcassonne and south of the Black Mountain (southwestern France). The La Combe du Saut site borders the Orbiel river, which flows north to south and carries the pollution to the Aude river.

While mining in this region can be traced back to Antiquity, gold was not discovered until 1892. Gold mining began in the early 20th century. Several concessions were granted, but the Salsigne site soon emerged as the most significant.

Various processes were used during the last century to treat the ore. They can be classified into two categories : hydrometallurgy and pyrometallurgy. The ore contained gold, but also high levels of arsenic and the production of arsenic trioxide during the previous century reached up to 10,000 tonnes/year.

15 million tonnes of ore were processed on the site, producing some 830 000 tonnes of secondary products. The amount of waste estimated to be present at the site is about 15 million tonnes.

Ore processing permanently halted by the end of 2004, when the Salsigne gold mine activity has ceased.



1
La rivière Orbiel

The Orbiel river

2
Trioxide d'arsenic abandonné en 1999

Abandoned arsenic trioxide in 1999

3
Site de La Combe du Saut en 1999

La Combe du Saut in 1999

Description du problème

Background to the problem

Le site de La Combe du Saut, couvrant 120 hectares, est presque totalement inclus dans un thalweg perpendiculaire à la vallée de l'Orbiel. Il présente un dénivelé de 150 m.

Le débit mensuel moyen de l'Orbiel varie de 5 000 à 15 000 m³/h. Les débits extrêmes sont de 1 000 m³/h à l'étiage, et plus de 300 000 m³/h en crue. On a mesuré des intensités de pluies allant jusqu'à 180 mm/heure.

Plusieurs métaux sont présents dans le minerai (Pb, Cu,...) mais toutes les caractérisations ont permis de confirmer que l'arsenic est le polluant majeur sur lequel doit être porté l'effort.

Les principaux flux de pollution du site proviennent de :

- l'érosion par ruissellement des eaux sur les sols et les déchets et le rejet direct d'arsenic à l'Orbiel, estimé à environ 1 300 kg/an.
- la percolation lente des eaux souterraines à travers les déchets du site, puis leur cheminement vers la nappe de l'Orbiel (flux d'arsenic estimé à environ 300 kg/an).
- le transport de polluants par les envois de poussières, le secteur étant particulièrement venté.

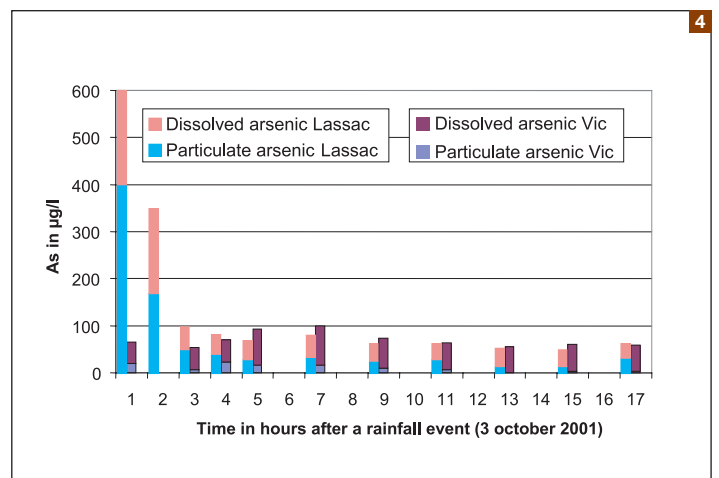
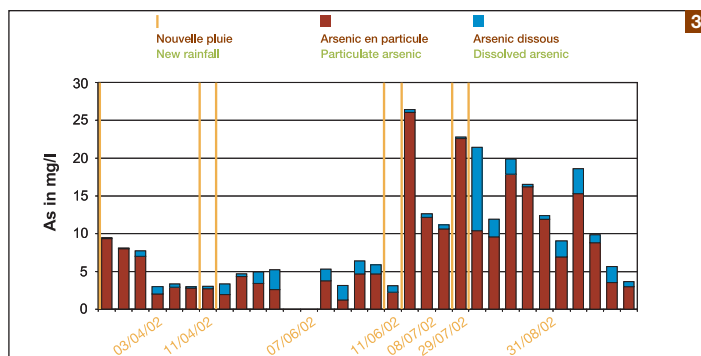
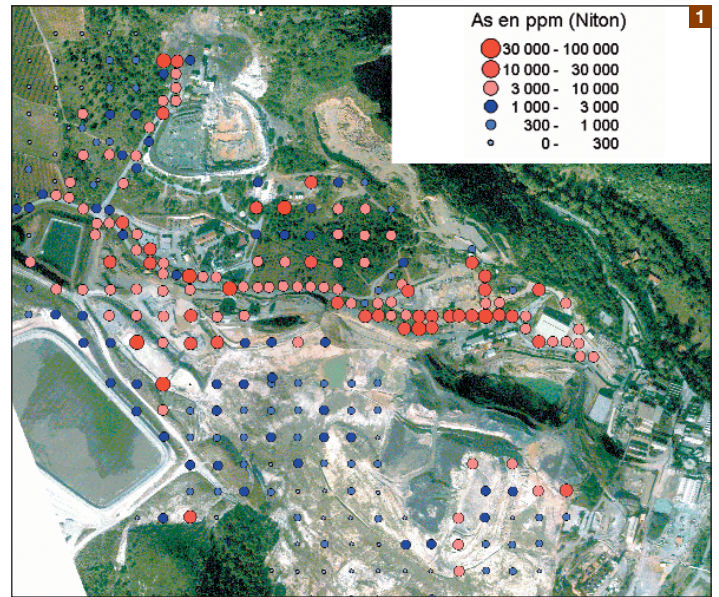
The La Combe du Saut site covers approximately 120 hectares and is almost entirely contained by a thalweg that runs perpendicular to the Orbiel river and is bordered by clearly marked peak lines. It is out of level by 150 metres.

The average monthly flow rate of the Orbiel varies from 5,000 to 15,000 m³/h. The extreme flow rate is approximately 1,000 m³/h at low water and over 300,000 m³/h at high water. The measured rainfall intensity can reach 180 mm/hour.

The ore contains various metals (lead, copper, etc.) but all studies point to arsenic as the main pollutant to focus on.

The principal pollution flows from the site into the environment are caused by:

- soil erosion by water runoff and direct spillage of arsenic into the Orbiel during heavy rainfall (1,300 kg/year).
- slow percolation of water through the waste from the site towards the underground water of the Orbiel (300 kg/year).
- transportation of pollution by dust (particularly windy area).



1 Concentration en arsenic dans les sols en surface

Arsenic topsoil concentration

2 Ruissellement des eaux à La Combe du Saut

Run-off water in La Combe du Saut

3 Concentration en arsenic dans les eaux de ruissellement

Arsenic concentration in run off water

4 Pic de concentration en arsenic dans l'Orbiel

Arsenic peak concentration in Orbiel river

L'approche Difpolmine

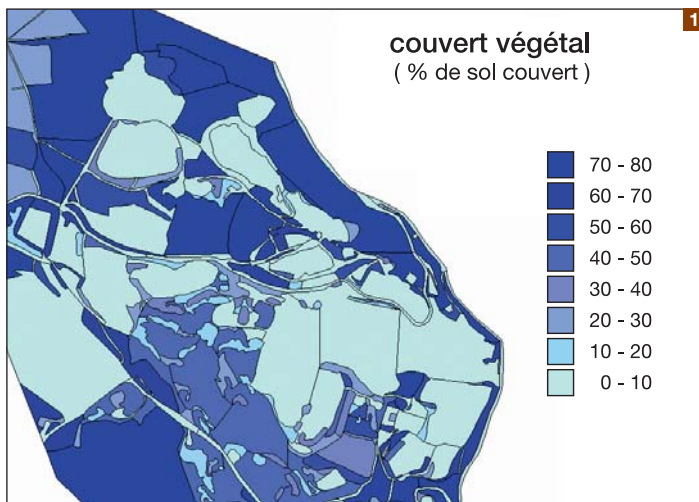
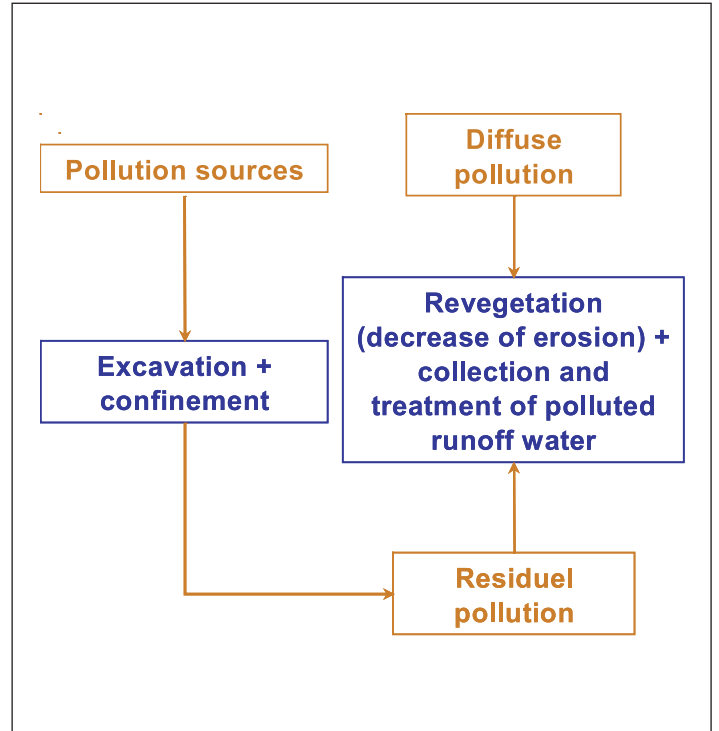
Une partie de la pollution peut être traitée par des méthodes traditionnelles (excavation, solidification, confinement...) notamment les sources concentrées de pollution. Mais il reste à maîtriser les impacts de la pollution résiduelle et la pollution diffuse présente après excavation.

L'application de la phytostabilisation et l'optimisation des réseaux de collecte et de traitement des eaux, visent à minimiser les impacts résiduels dus à cette pollution (résiduelle et diffuse) et à réduire les futurs coûts de gestion du site.

The Difpolmine method

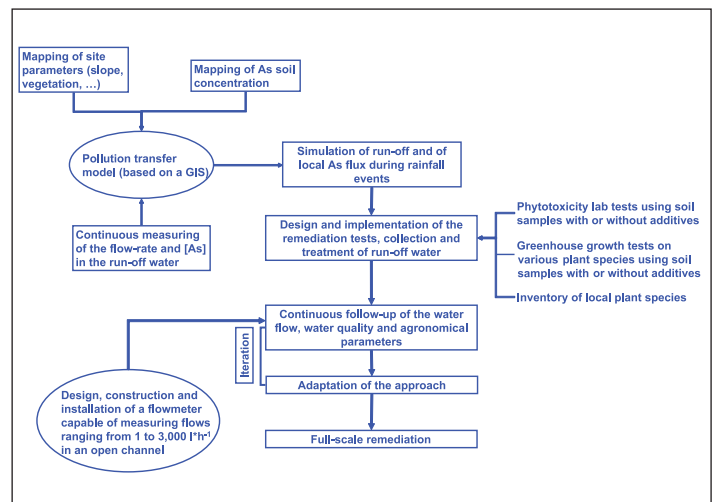
Part of the pollution can be treated using standard methods (excavation, confinement, solidification, etc.), particularly for the highly concentrated sources of pollutants. However, some residual and diffuse pollution will remain in the soil around these industrial areas even after excavation and the impact of this needs to be managed.

The implementation of phytostabilisation and the optimization of the water collection and treatment networks aim to minimize the residual impact due to residual and diffuse pollution and to reduce the future management costs of the site.



Simulation des transferts par ruissellement

Un modèle de transfert est mis en oeuvre à partir d'un système d'information géographique SIG, couplé à un ensemble de lois de comportement. L'objectif de ces calculs est de simuler les flux d'eau et d'arsenic pour, d'une part, dimensionner les réseaux et les systèmes de traitement et, d'autre part, pouvoir les adapter progressivement au fur et à mesure des résultats de suivis.



Run-off transfer simulation

A transfer model was established based on a GIS (Geographic Information System) combined with a set of behavioural laws. The purpose of these calculations is to simulate water and arsenic flows which allows to design the network and the treatment systems and to gradually adapt these systems based on the results of the follow-up studies.

1 Carte du couvert végétal dans le SIG

Mapping of vegetal cover in the GIS

La phytostabilisation repose sur la combinaison de l'apport d'amendement dans les sols (immobilisation chimique) et de l'ensemencement avec des espèces sélectionnées.

L'objectif est de réduire le transfert des polluants (de la phase solide vers la solution du sol), de diminuer la phytotoxicité des sols pour favoriser le couvert végétal et de diminuer ainsi les phénomènes d'érosion.

Phytostabilisation is based on a combination of the application of soil additives (chemical immobilization) and the revegetation with selected species. The method aims at decreasing the transfer of trace elements (from the solid phase to the soil solution) and generating lower soil phytotoxicity, improved soil cover, a lower exposure of living organisms, and to obtain a decreased erosion.

L'étude de la phytostabilisation est réalisée en plusieurs étapes :

- Sélection des végétaux sur site
- Expérimentation au laboratoire
- Sélection des amendements
- Validation à l'échelle pilote sur planches tests
- Mise en œuvre à l'échelle du site
- Quantification des impacts résiduels.

Le cahier des charges est ainsi validé par étapes successives.

The study of the phytostabilisation process is carried out in several stages:

- Selection of plant species at the site
- Laboratory experiments
- Selection of additives
- Validation at pilot scale on field plots
- Full-scale implementation
- Quantification of residual impacts.

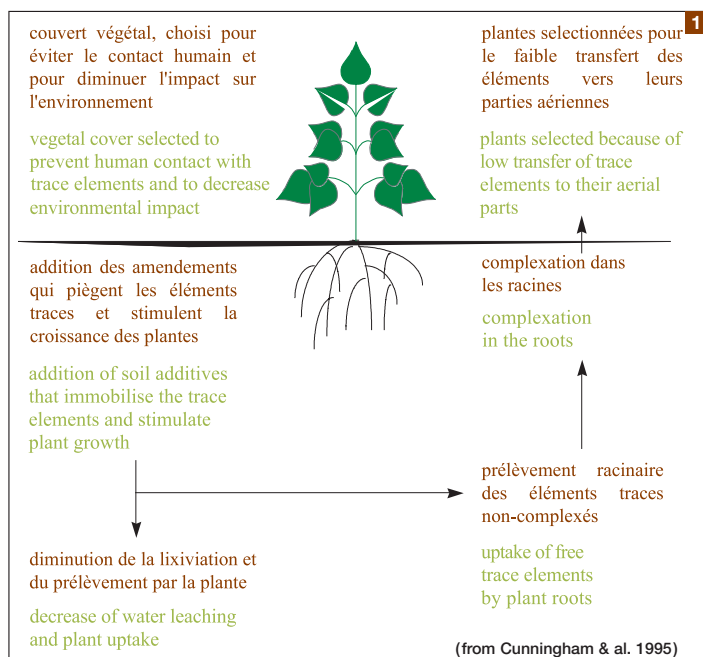
The process is thus validated step by step.

Expérimentations en laboratoire

- Caractérisation de la pollution et du sol
- Extraction du polluant avec ou sans ajout d'amendement
- Tests de phytotoxicité
- Suivi de la croissance de plantes témoins
- Mesures d'enzymes de stress sur les plantes

Laboratory experiments

- Analysis of contaminants and soil characteristics
- Water extraction test of the contaminant with and without additives
- Phytotoxicity tests
- Plants growth follow up
- Stress enzyme analyses in plants



1 Processus impliqués dans la technique de phytostabilisation des sols pollués

Process involved in the technique of contaminated soil phytostabilisation

2 Chlorose sur Lotus, Medicago et Onobrychis dans le sol non traité à la grenaille d'acier

Chlorosis on Lotus, Medicago and Onobrychis in untreated soil

3 Grenaille d'acier

Steel shots

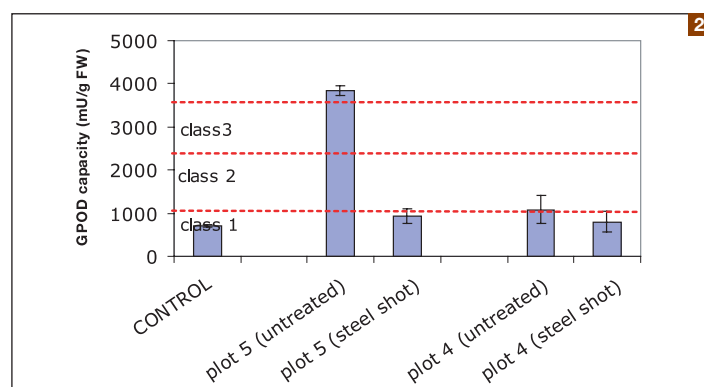


La sélection des semences utilisées pour la phytostabilisation a été réalisée en tenant compte de différents critères :

1. Un inventaire des plantes les plus caractéristiques des environs du site.
2. Une répartition homogène entre différents types de plantes : **des graminées**, pour leur excellent pouvoir à couvrir le sol et pour leur réseau racinaire dense ; **des légumineuses**, pour leur propriété à fixer l'azote de l'air ; des espèces particulières : pour leur caractère esthétique ou pour d'autres propriétés.
3. La disponibilité commerciale.
4. L'étude de différents programmes antérieurs de revégétalisation du site.
5. Les résultats des tests en laboratoire des différentes variétés cultivées.

Fondement de la sélection de la grenaille d'acier

Les effets de la grenaille d'acier ont été étudiés dans plusieurs travaux de recherche. Ils ont démontré leur fort pouvoir immobilisant de l'arsenic : adsorption des arsénates par les oxydes de Fer et de Manganèse.



A seed mixture was selected for the phytostabilisation process based on the following principles and criteria :

1. An inventory of the plants most characteristic of the site and surrounding area.
2. The inclusion of different groups of plants in the seed mixture : **grasses**, due to their good surface cover and ability to form a dense rooting system; **Fabaceae**, due to their ability to fix nitrogen from the air; other species, due to their aesthetic value or other properties.
3. The commercial availability of seeds.
4. The results of sowings previously performed on the site.
5. The results of laboratory tests with specific cultivars.

Selection criteria for steel shots

The effects of steel shots on the mobility of metals have been studied in several research projects. These have demonstrated their strong arsenic immobilising potential : adsorption of arsenate by oxides of iron and manganese.

	Subplot 4.1 (untreated)	Subplot 4.2 (steel shots+seed mixture)
Total As (<i>aqua regia</i>) (mg kg DW ⁻¹)	815	
Water Soluble As (mg kg DW ⁻¹)	17.6 ± 0.4	3.6 ± 0.6
Biomass aerial parts bean plants (g/plant) (control value=1.18 ±0.24)	0.76 ±0.16	1.13 ±0.35
Root weight bean plants (g/plant) (control value=1.03 ±0.20)	0.3 ±0.1	0.93 ±0.43
GPOD capacity in leaves (mU g FW ⁻¹) (control value=708 ±39)	1084 ±334	803 ±244
GPOD capacity in roots (mU g FW ⁻¹) (control value=4050 ±728)	8195 ±1714	4644 ±841

1
Légumineuses : Lotus corniculatus
Fabaceae
Graminées : Festuca ovina
Grasses
Autres espèces : Euphorbia characias
Other species

2
Mesure de la GPOD (enzyme de stress) sur des substrats traités et non-traités avec de la grenaille d'acier
Stress enzyme analysis in leaves (GPOD Guaiacol peroxidase) in treated and untreated soil and indication of toxicity classes

3
Résultats en laboratoire
Laboratory results

Cinq planches tests de 10 m par 20 m ont été réalisées à différents endroits du site, orientées dans le sens de la pente. Les planches sont divisées en deux : la moitié est ensemencée avec le mélange sélectionné (et pour quatre d'entre elles, après addition de grenaille d'acier), l'autre moitié restant en l'état.

Un système de caniveaux étanches est utilisé pour récupérer les eaux de ruissellement et les diriger vers un appareil de prélèvement (collecte de sédiments, échantillonnage d'eau, mesure du flux d'eau + enregistrement des données).

La concentration en arsenic est mesurée dans les eaux et les sédiments. L'interprétation des données doit permettre d'évaluer les effets de la phytostabilisation (immobilisation de l'arsenic) sur les eaux de ruissellement. Un suivi agronomique est également réalisé.

Five field plots placed in the direction of the slope were implemented at different locations on the site. The plots were subdivided into two sections: one subplot (5x20m) was sown with the seed mixture (and in most cases also treated with steel shots), while the other subplot was not.

A system of covered gutters was used to collect the surface water from the subplots and send it to a water monitoring and collection system (sediment collection, water sampling, water flow measurement + data recorder).

Arsenic concentrations were measured in the sediments and in the water. By incorporating the data collected, it was possible to evaluate the effect of phytostabilisation (and arsenic immobilisation) on As runoff. An agronomic follow-up study was also carried out.



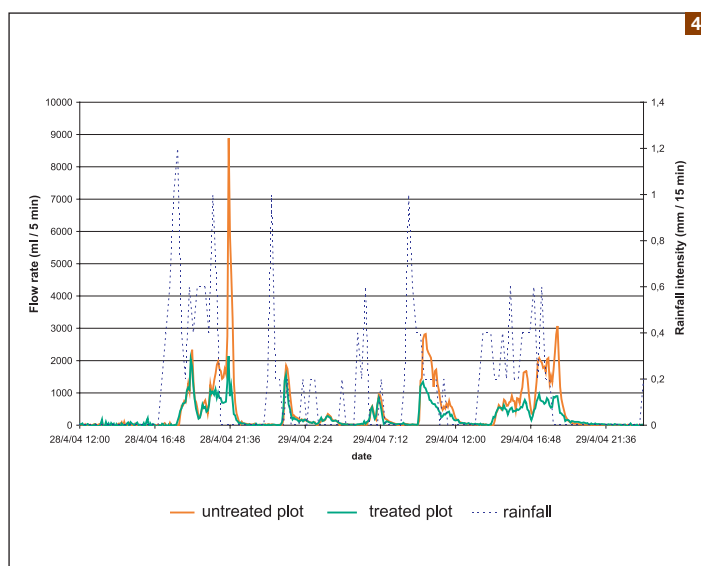
1



2



3



4

1
Ajout de la grenaille d'acier en février 2004 (1% de la masse sèche du sol sur 15 cm)
Addition of steel shots in February 2004 (1% of soil dry weight into 15 cm)

2
Planche test 3 en février 2004
Field plot 3 in February 2004

3
Planche test 4 en mai 2005
Field plot 4 in May 2005

4
Exemple de suivi du débit d'eau de ruissellement et de la pluie sur une planche test

Example of flowrate and rainfall intensity follow up at a field plot

Le projet de réhabilitation vise à réduire les transferts par l'eau et par les poussières. Pour atteindre cet objectif, les déchets et les sols les plus pollués (450 000 m³) ont été d'abord excavés et confinés in situ.

Les dispositifs de prélèvement seront intégrés dans le réseau de collecte des eaux mis en place sur le site. Ils devront permettre de quantifier les flux d'eaux et de polluants, de les comparer avec la situation antérieure, et d'adapter le réseau en conséquence.

The remediation project aims to reduce pollutant flows through water and the air. For this purpose, the most polluted wastes and soils (approx. 450,000 m³ in total) were first excavated and confined in situ.

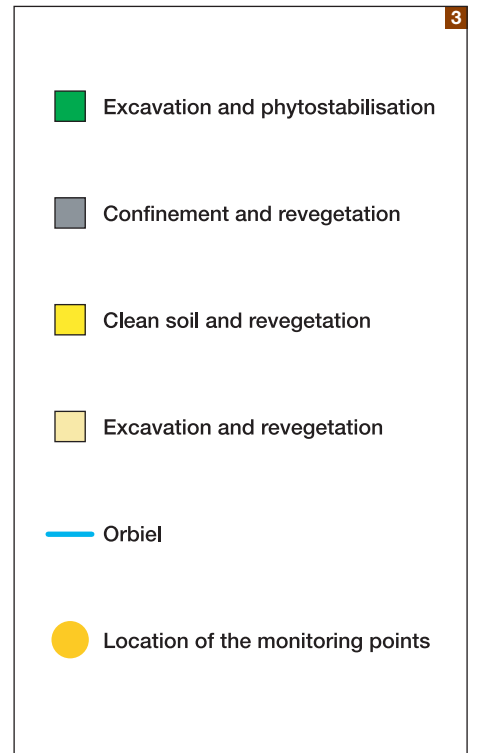
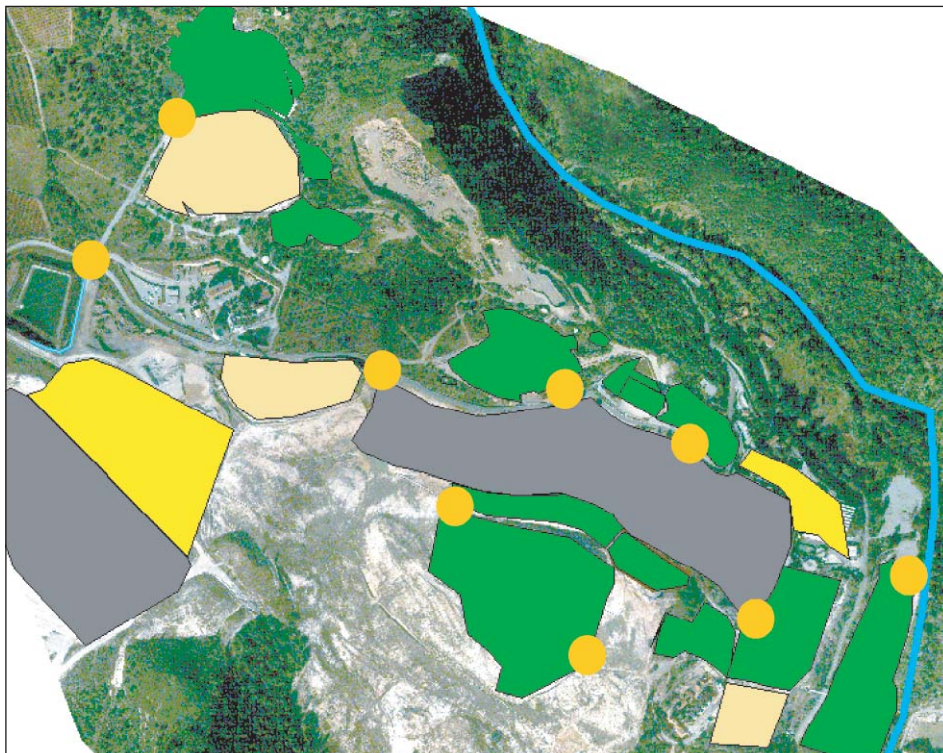
Automatic sampling systems will be integrated into the water collection system implemented on the site. These systems will enable the quantification of water and contaminant flows in order to compare the final results with the initial evaluation, and to adapt the network accordingly.



1



2



3

1
Terrain prêt pour être phytostabilisé

An area prepared for phytostabilisation

2
Echantillonnage automatique

Automatic sampler

3
Vue générale du projet

Overall view of the project

Les résultats des études et des expérimentations réalisées dans le cadre du projet Difpolmine seront présentés dans un document spécifique.

Les réponses aux questions suivantes sont attendues :

Quels sont les cas d'application ?

Peut-on obtenir un couvert végétal dense, avec une pollution diffuse ou résiduelle encore élevée dans les sols ?
Comment ?

La phytostabilisation influe-t-elle sur le coefficient de ruissellement ?

Observe-t-on une diminution de la concentration en arsenic dans les eaux de ruissellement ?

Quel sera le niveau final de concentration dans les plantes ?

Comment évolueront les espèces semées en compétition avec les autres espèces locales ?

Quelles sont les conséquences sur la gestion ultérieure du site :

- Quel suivi ?
- Quelles restrictions d'usages ?
- Quelle maintenance ?

Finalement, quel est le bilan de l'opération ?

The results of the studies and experiments carried out within the framework of the Difpolmine project will be described in a separate document.

It is expected that the following questions will be answered :

In what instances can this process be applied ?

Can a dense vegetal cover be obtained despite a high diffuse or residual soil pollution ? If so, how ?

Does phytostabilisation impact the run-off flow rate ?

Is there a decrease in the arsenic concentration of the run-off water ?

What is the final concentration in the plants ?

How will the sown species evolve in competition with local species ?

What are the implications for the ongoing management of the site :

- What follow-up is necessary ?
- What user restrictions are required ?
- What maintenance is needed ?

What is the final assessment of the operation ?



1 Image étude paysagère

L'ensemble du programme de revegetalisation sera terminé à l'automne 2006

Image of the landscape study

The overall revegetation of the site will be finished in autumn 2006

Le site choisi en Hongrie est une ancienne mine de plomb et zinc, située dans la vallée de la Toka, à 90 kilomètres au nord-est de Budapest, près de la ville de Gyöngyös, proche du parc naturel Matra.

L'exploitation du métal dans ce secteur cause différents problèmes, provenant du drainage acide dans la mine, du stockage de résidus miniers et de la pollution diffuse dans l'environnement.

La surface étudiée (Bassin versant Nord de la rivière Toka) couvre 10 km².

L'étude prend en compte les caractéristiques particulières du site de Gyöngyösoroszi.

L'objectif de l'approche est l'amélioration de la qualité de l'eau et la diminution de l'accumulation de sédiments pollués. Après évaluation des risques actuels dus à la pollution diffuse par les métaux, des objectifs sont déterminés en utilisant un modèle de risques lié à un modèle de transport.

Suivant la méthodologie appliquée sur le site de La Combe du Saut, les voies de transfert sont identifiées et les paramètres spécifiques nécessaires pour la modélisation sont quantifiés. Ces paramètres seront réajustés et validés au fur et à mesure de la démarche.

Des mesures adaptées pour diminuer les risques seront sélectionnées (combinaison de restrictions et de traitements, comme la phytostabilisation).

The Hungarian demonstration site is a former Zn-Pb mining site situated in the Toka Valley, 90 km north-east of Budapest, near the town of Gyöngyös, close to the Matra Hill Natural Park.

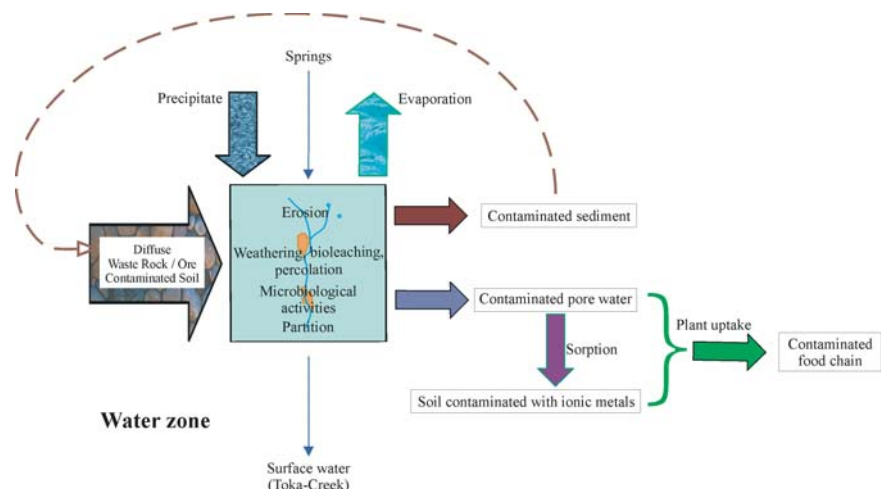
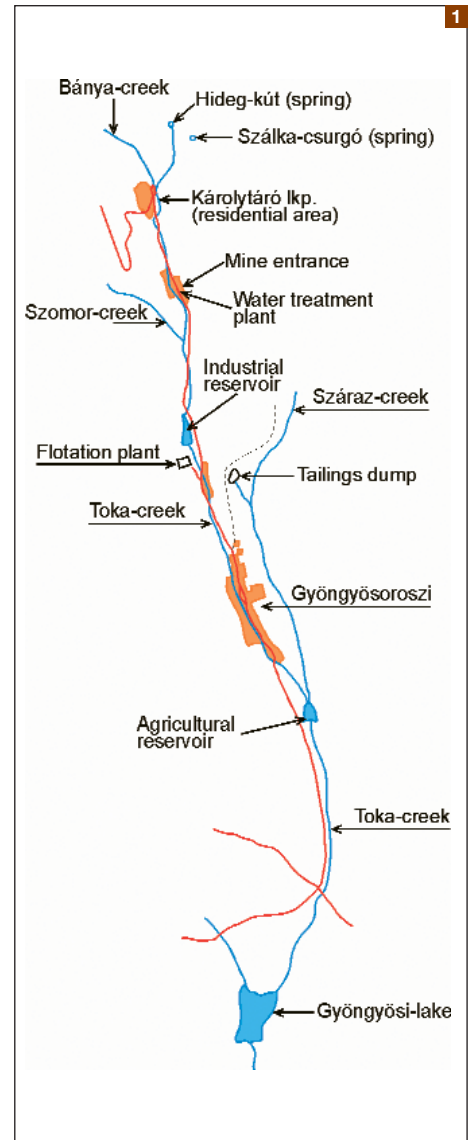
The problems identified are acidic mine drainage with high toxic metal content, tailing dumps, waste rock heaps, tailing and other waste from a flotation technology and, last but not least, diffuse pollution.

The area under study (northern catchment of the Toka creek) covers 10 km². The study takes into account the specific features of the Gyöngyösoroszi site.

The aim of the approach is to improve water quality and to control and restrict the accumulation of polluted sediments. Following an assessment of the current risk caused by diffuse pollution by toxic metals, the acceptable target risks will be determined using an integrated risk model based on a readjusted pollution transport model.

Based on the methodology applied at the La Combe du Saut site, the transport pathways will be identified and the site-specific model parameters quantified. The model parameters will be refined and validated throughout the assessment.

The adequate integrated risk-reduction measures will also be selected (a combination of restrictions and remediation technologies, such as phytostabilisation).



1 La vallée de la Toka

Toka valley

2 La rivière Toka
Toka creek

Déchets miniers abandonnés
Mine waste dump

3 Modèle dans la zone du Nord de la vallée

External transport model in the water zone (North)

Avec le soutien financier de la Communauté Européenne
programme LIFE environnement 2002 Env/F/291

CONFÉRENCE DIFPOLMINE

**QUEL DEVENIR
POUR LES GRANDS SITES
POLLUÉS PAR DES MÉTAUX ?**

**WHAT DOES THE FUTURE
HOLD FOR LARGE METAL-
POLLUTED SITES ?**

12-13 décembre 2006
Conférence au Corum de Montpellier

14 décembre 2006
Visite du site de la Combe du Saut
(Salsigne-Aude)
Support du projet DIFPOLMINE

Quelle est la situation internationale ?
L'érosion est-elle à l'origine d'un fort transfert de pollution ?
La phytoréhabilitation est-elle une solution ?
Quelle gestion pour le long terme ?
Quels sont les risques résiduels ?

Document téléchargeable sur :
www.difpolmine.org

difpolmine@ademe.fr



Pour en savoir plus consultez le site internet :
www.difpolmine.org



Comité scientifique

Joint Research Center	European Commission	M. BIDOGLIO
Université de Limoges	France	M. BOLLINGER
BRGM	France	Mme DARMENDRAIL
Univ. de Techn. et d'Eco. de Budapest	Hongrie	Mme GRUIZ
ADEME	France	M. JACQUEMIN
CEMAGREF	France	M. KAO
INRA	France	M. MENCH
IRH Environnement	France	M. POTTECHER
Université Hasselt	Belgique	M. VANGRONSVELD
École des Mines d'Alès	France	M. VERRAES

ADEME
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
Délégation Régionale Languedoc-Roussillon
119 avenue Jacques Cartier - CS 29 011 - 34965 Montpellier Cedex 5