

Journée d'information du Cedre  
"Conséquences d'une pollution accidentelle des eaux".



*Restauration environnementale du bassin  
du fleuve Guadiamar après l'accident  
de la mine d'Aznalcollar, Espagne.*

# L'accident

-Le 25 avril 1998, la digue du bassin de stockage des résidus d'exploitation de la mine d'Aznalcollar se rompt, libérant  $6\text{Hm}^3$  de boue et d'eau contaminée.

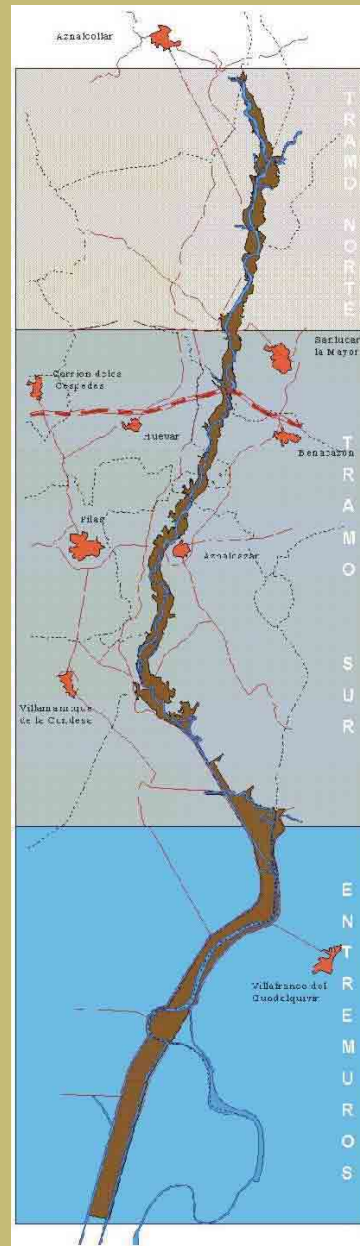
- Selon les techniciens, la rupture a été causée par un glissement de terrain et le mouvement d'une section de digue 50 m sous celle du bassin.

- Des  $6\text{Hm}^3$  déversés,  $4\text{Hm}^3$  sont de l'eau et  $2\text{Hm}^3$  des boues d'exploitation.

- Le bassin couvrait 127 hectares et contenait au moment de la rupture  $18\text{Hm}^3$  de boues et  $5\text{Hm}^3$  d'eau.



# Description de la zone affectée



-4,634 hectares sont affectés : 2,703 couverts de boue et 1,931 noyés par des eaux acides.

-Le désastre affecte 63 km en aval (lit du fleuve et terres environnantes) altérant gravement des terrains cultivés et la forêt naturelle.



## Matière brute et résidu



- Les résidus d'exploitation proviennent du processus de flottation de la pyrite pour extraire des concentrés de Pb, Cu et Zn.

- La matière brute, provenant du trou Frailes, est faite de sulphates (tels que galène, chalcopirite et esphaleryte) inclus dans une matrice de pyrite.

- Après trituration et broyage fin (moins de 8 microns), les specimens portant les métaux recherchés sont libérés pour une concentration individuelle et sequentielle de chacun.

- Le résidu, pratiquement 90% du minerai traité, était stocké dans le réservoir endommagé.

# Le résidu d'exploitation

## Composition des boues de pyrite, en grammes/tonne



Zn	8,000
Pb	8,000
As	5,000
Cu	2,000
Co	90
Tl	55
Bi	70
Cd	28
Hg	15

Haute pureté pyritique 68-78%

- Très fine granulométrie : 50% des particules sont inférieures à 8 microns (les particules de moins de 10 microns peuvent être inhalées).

# Actions d'urgence

## Qualité de l'eau

La qualité de l'eau est drastiquement altérée dès le jour du déversement, prenant un mois pour revenir aux niveaux d'origine :

Zn de 450 à 5 mg/l

pH de 4 à 7.9

Autres paramètres significatifs :

Mn 100 mg/l.

Fe 230 mg/l.

O<sub>2</sub> 1 mg/l.

S.S. 30,000 mg/l.

Un programme de suivi et de surveillance est construit. Pour commencer, 70 points d'échantillonnage sont installés, depuis le réservoir jusqu'à l'embouchure du fleuve Guadalquivir. Avec le temps, le réseau est ajusté en fonction de l'évolution des résultats analytiques et des variables relevantes.





# Effets du déversement

## Analyse du problème

- Forte baisse du pH



- Accroissement de la solubilité des métaux lourds.

- Forte mortalité végétale.



+ Bactérie catalysante

"Thiobacillus ferrooxidans"

- Contamination des eaux de surface et souterraines.

- Phytotoxicité végétale.

# Le résidu d'exploitation

## Analyse du problème

### •CONCLUSION:

- La présence de la boue sur les sols implique un risque potentiel d'acidification et de lixiviation des métaux présents dans le résidu.*

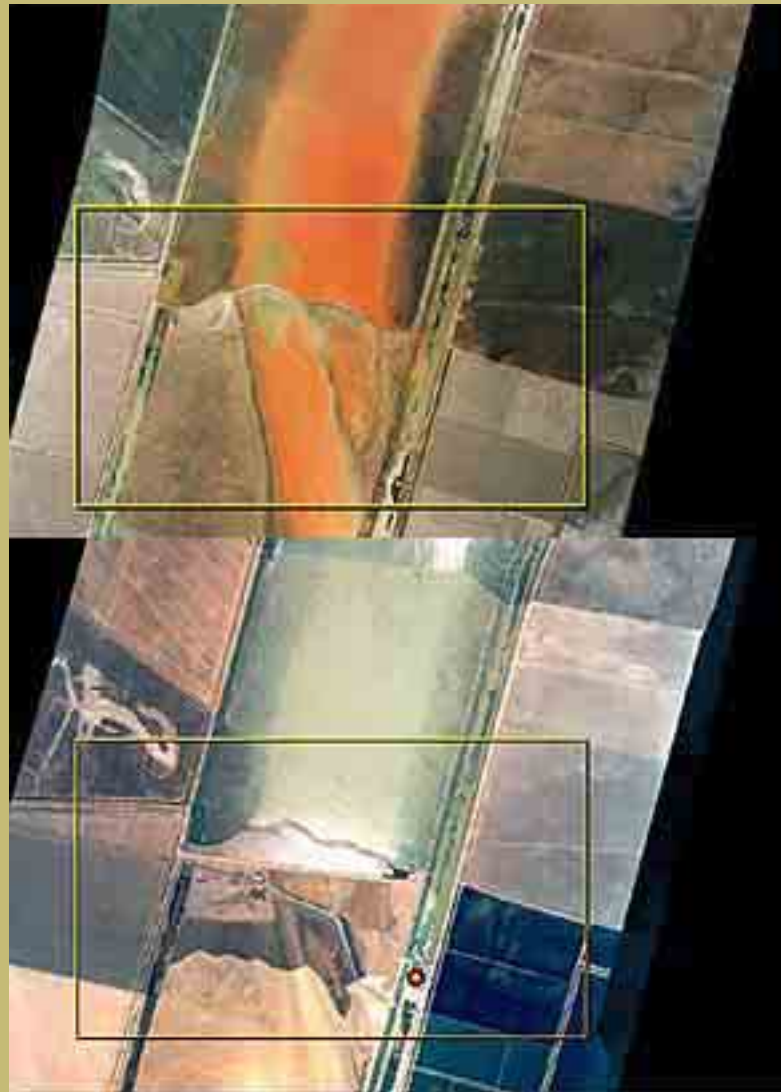


# Principales acciones d'urgence

- Construction d'un mur transversal de rétention** pour empêcher les eaux contaminées d'atteindre les zones de plus grand intérêt écologique.
- Enlèvement des boues contaminées.**

# Actions d'urgence

## Construction du mur de rétention



A Entremuros, après le déversement, les taux suivants ont été enregistrés:

Zn	300 mg/l.
Mn	80 mg/l.
pH	4

# Actions d'urgence

## Elèvement des boues

- Le dépôt de boues sur 62 km de zone fluviale a affecté chaque section différemment, sur des épaisseurs allant de 4 m près du réservoir à 10 cm en section sud.

- Les ressources employées pour l'enlèvement ont impliqué simultanément près de 500 camions et plus de 150 engins de creusement et chargement, pour déplacer 7 millions de m<sup>3</sup> de boue et d'eau contaminée.

- Après le nettoyage, les sols qui avaient reçu la plus grande quantité de boue contenaient les plus fortes concentrations des éléments les plus dangereux.



# Actions d'urgence



## Retrait des boues

• 7 million de m<sup>3</sup> retirés au total.

• L'importance d'une plus ou moins grande présence de S-pyrites dans les sols a conduit à mettre en place un système de contrôle de qualité avec pour indicateur le % de ce composé dans les sols. La norme indique qu'il doit toujours être inférieur à 1.5 % dans les 20 premiers cm.



# Activités de restauration

## Restauration des sols

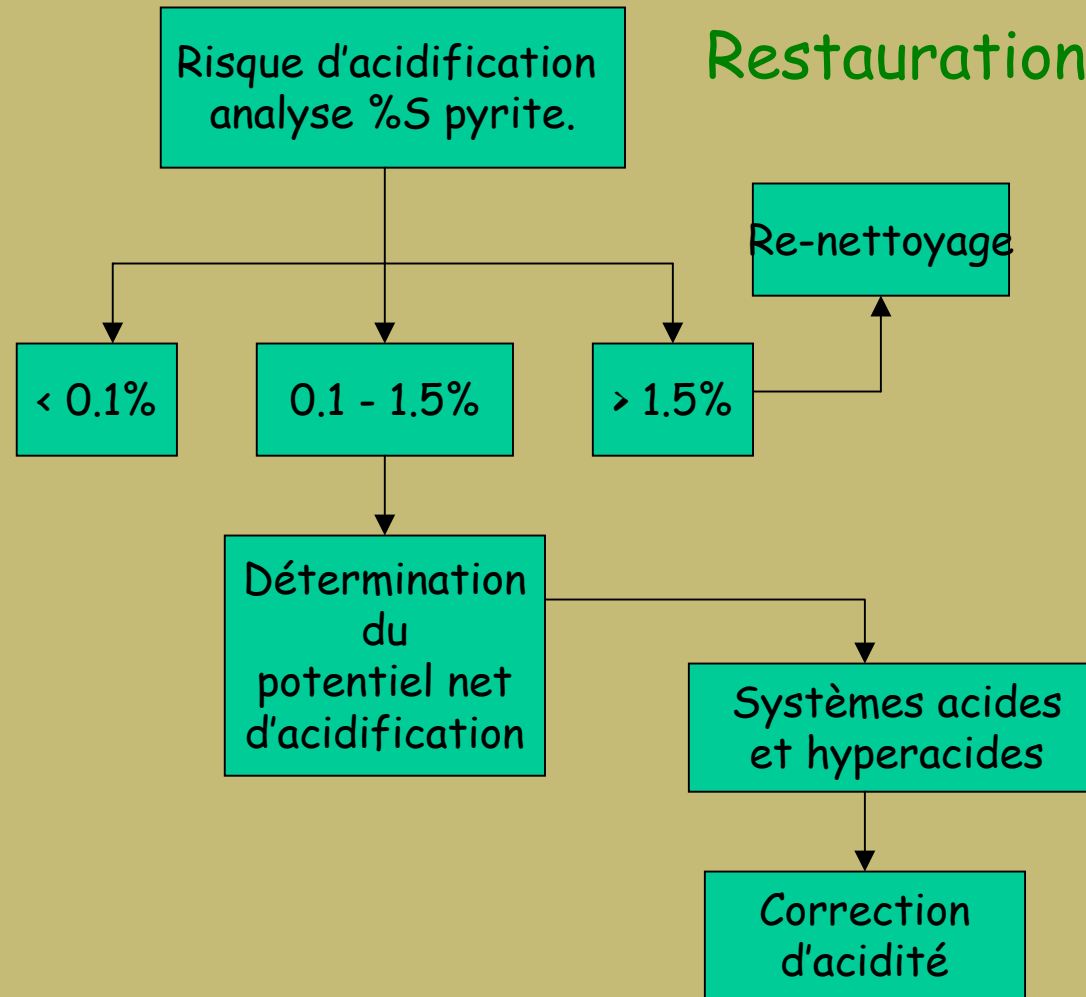
Identification des principaux problèmes :

- Acidité potentielle
- Fortes concentrations d'As
- Fortes concentrations de Zn.
- Faible niveau de fertilité des sols.



# Actions de restauration

## Restauration des sols

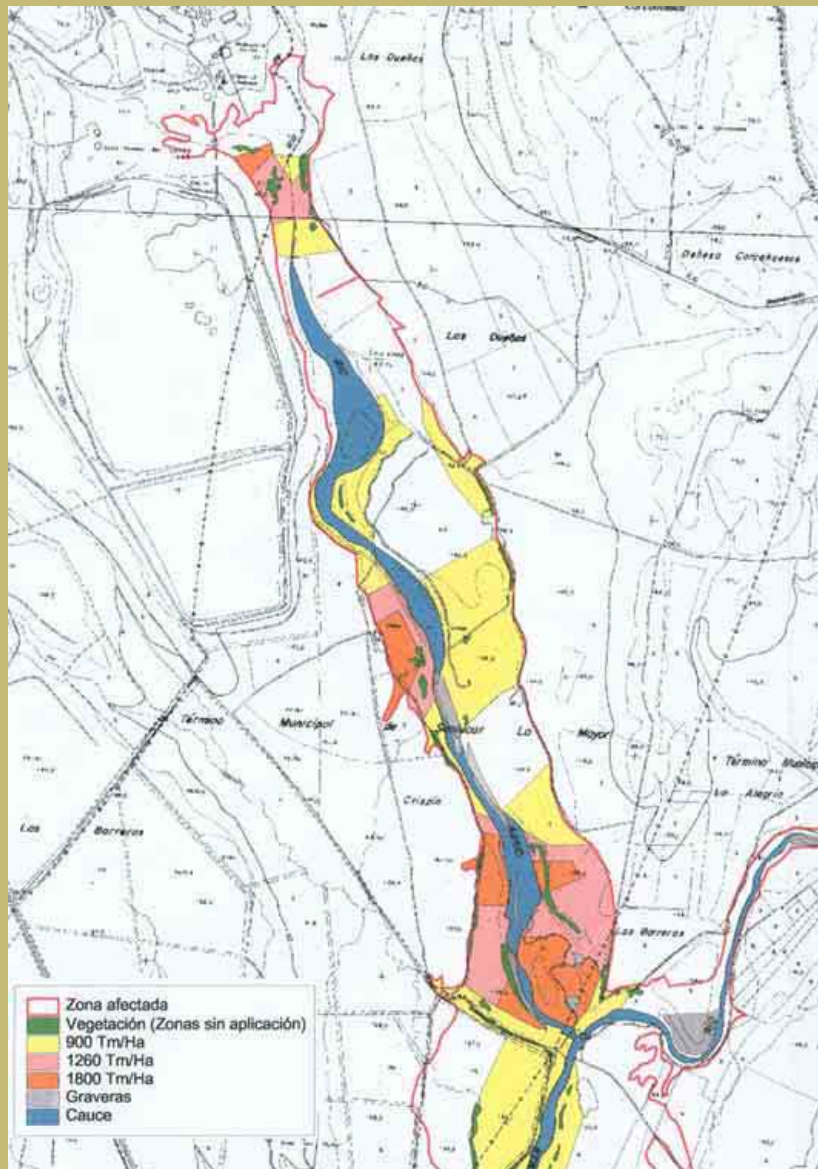




# Actions de restauration

Restauration des sols

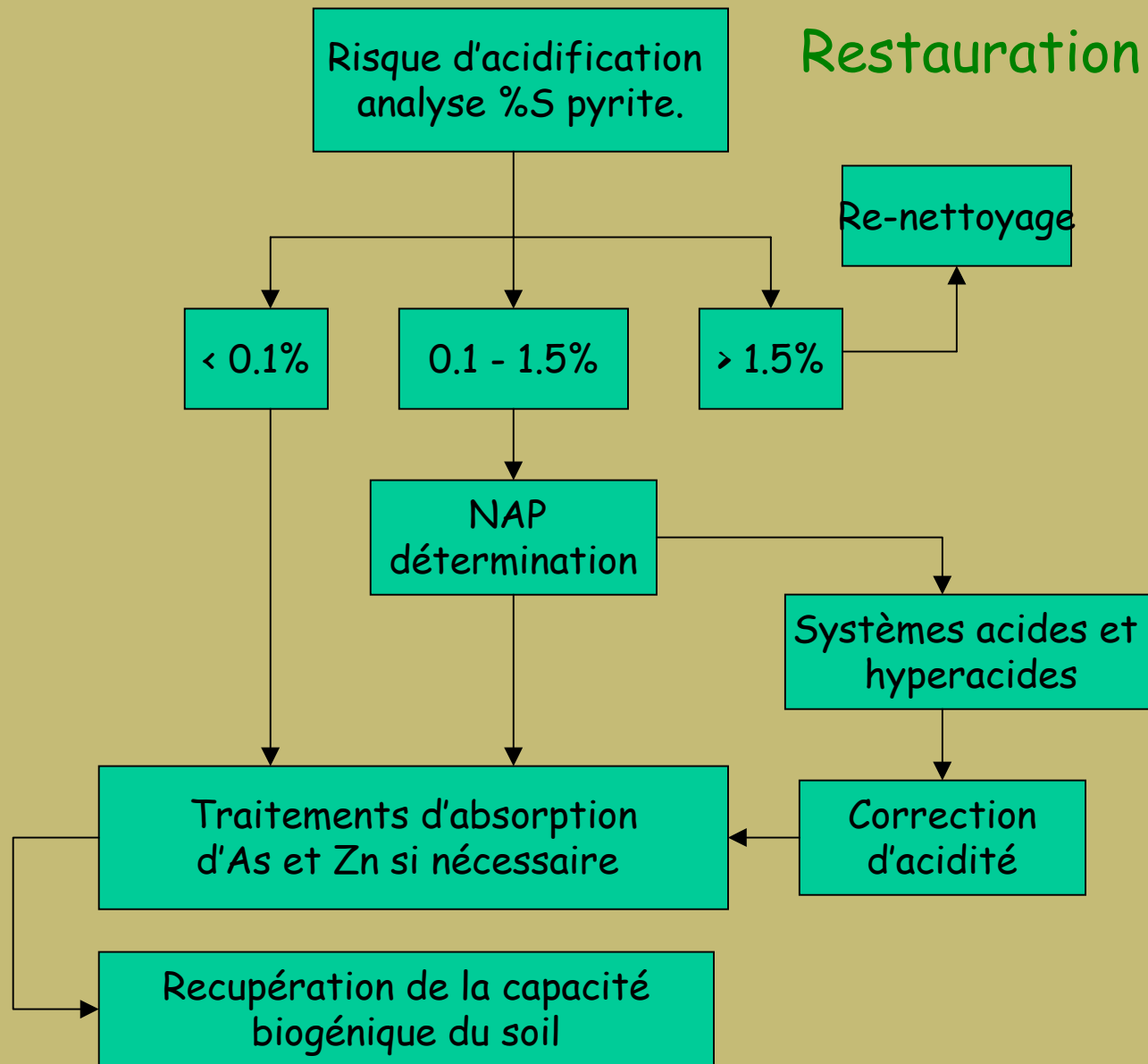
Risque d'acidification



Correction  
d'acidité

# Actions de restauration

## Restauration des sols



# Actions de restauration

## Restauration des sols

### Correction d'acidité

- Non seulement l'élévation du pH du sol rend la re-végétation possible, mais en même temps elle réduit la mobilité des métaux, particulièrement à partir de pH 6, évitant les phénomènes de lixiviation.

- La concentration d'arsenic est minimale entre pH 5 et pH 6, sa solubilité augmentant au-dessus de ces valeurs. Ces circonstances ont montré une efficacité limitée du traitement pour l'immobilisation de l'arsenic.

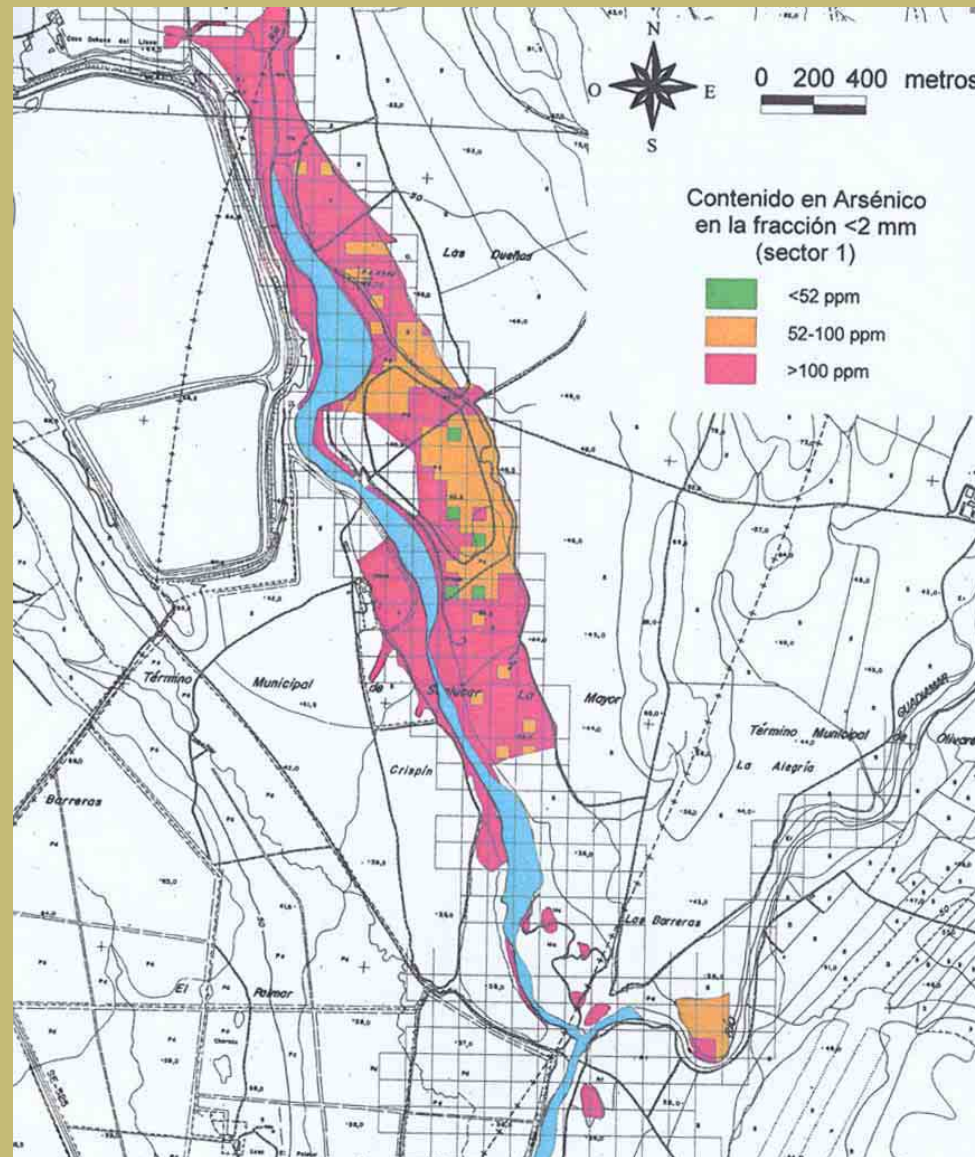
- Un sous-produit de l'industrie du sucre a été choisi pour le traitement à la chaux. Il a une forte capacité de neutralisation, une action rapide et un coût très bas.





# Diagnostic

# Contamination par l'arsenic



- Un décret royal spécifiquement publié pour cet accident établit des seuils acceptables de :  
 Intervention >100ppm  
 Surveillance 52-100ppm  
 Tolérance <52ppm

- 38% des échantillons de la section amont étaient au-dessus du seuil d'intervention, contre seulement 7% dans la section moyenne et pratiquement 0% dans la section aval.

# Actions de Restauration

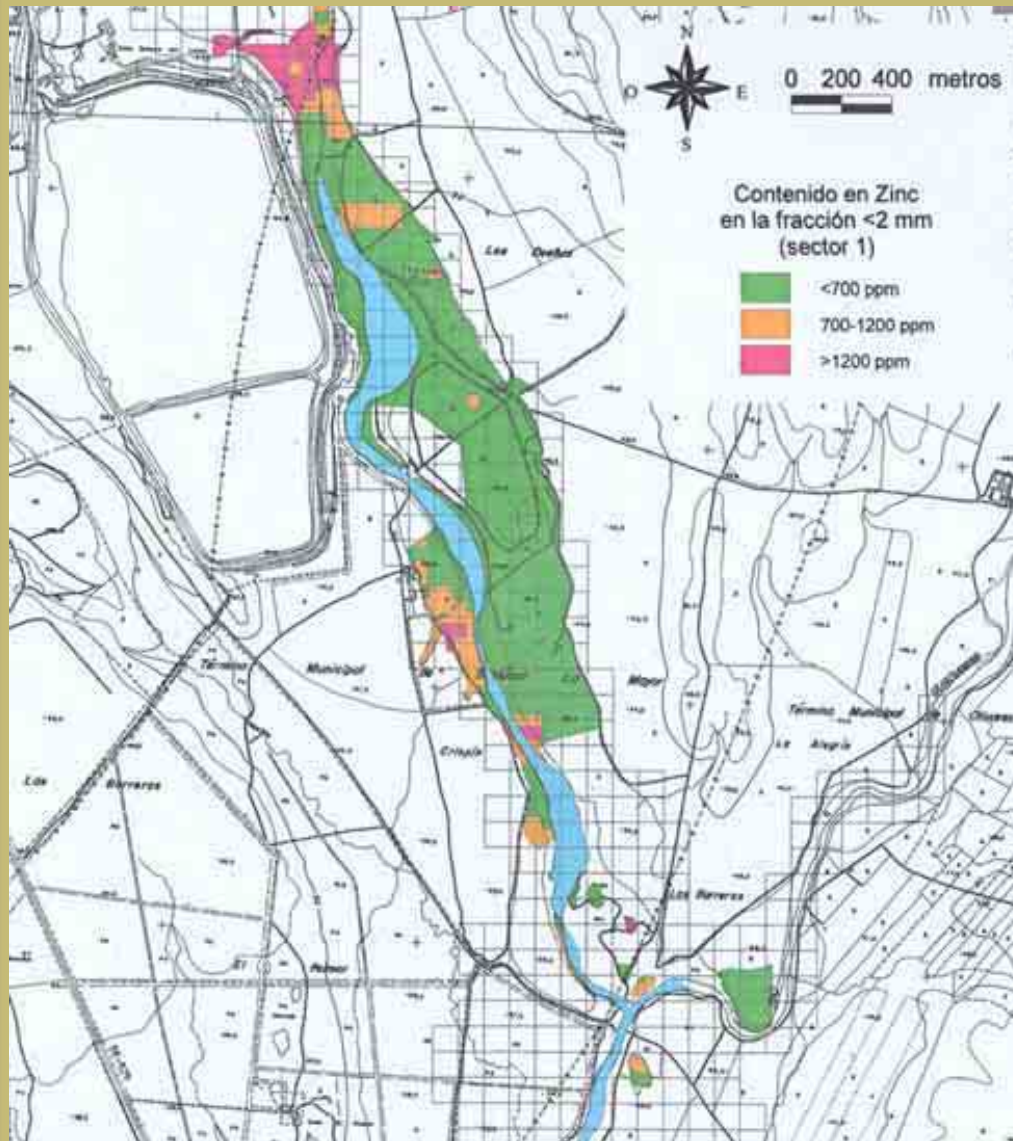
## Restauration des sols

### Absorption de As et métaux lourds

- Beaucoup de métaux, comme As, peuvent être stabilisés par des composés colloïdaux, principalement des composés organiques, des oxydes de Fe et Al, des argiles et carbonates.
- Les argiles oxyhydroxides de Fe furent choisies. Ce produit a les propriétés ci-dessus et en même temps une charge fortement positive, permettant d'absorber largement des anions arsenates dans des conditions de faible pH.

# Diagnostic

# Contamination par le zinc



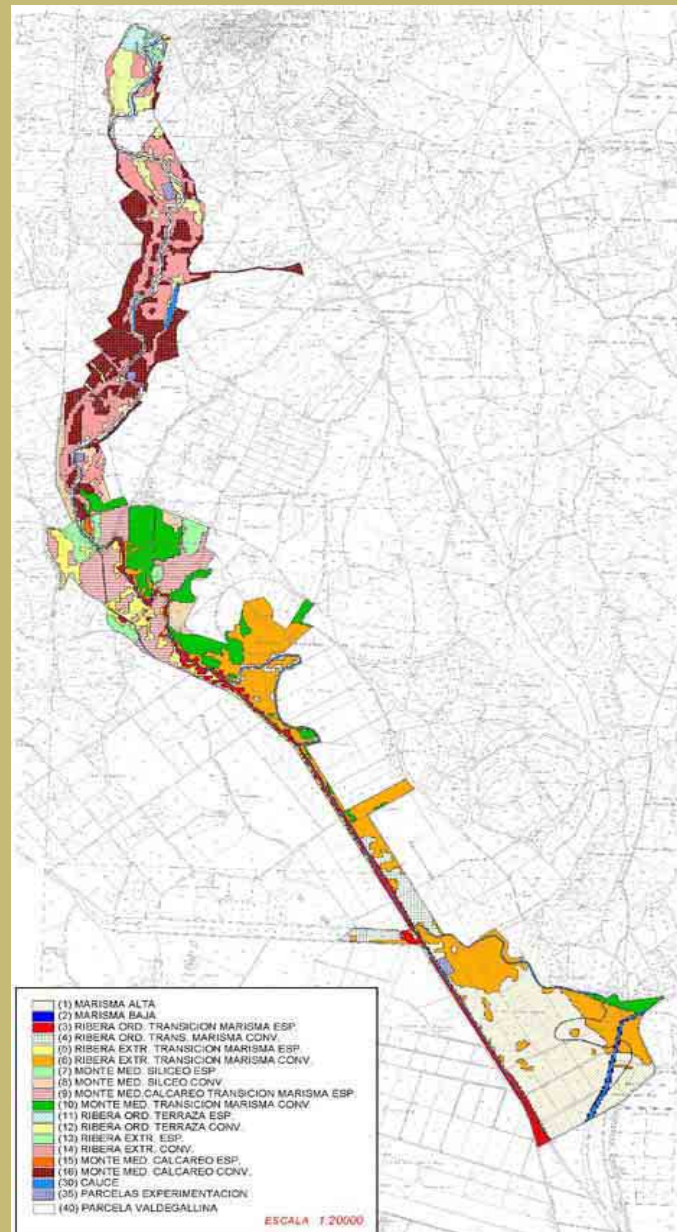
- Un décret royal spécifiquement publié pour cet accident établit des seuils acceptables de :  
Intervention >1.200ppm  
Surveillance 700-1.200ppm  
Tolérance <700ppm

• A la différence de l'As, le Zn, beaucoup plus soluble, a affecté plus la section aval, où plus de 19% des échantillons dépassaient le seuil d'intervention.



# Actions de restauration

## Restauration du paysage



Une étude phytosociologique de la végétation de conditions édaphiques et climatiques identiques et la caractérisation des variables du terrain (profondeur de la nappe phréatique, présence de contaminants, étude édaphique, topographie, position transversale et longitudinale dans la section luviale) ont servi à définir 16 modèles de végétation basés sur près de 40 espèces de sous-bois et d'arbres.

# "L'impact environnemental d'une pollution accidentelle des eaux "

The Oceanographic Institute of Paris  
Thursday October 17, 2002  
Paris



*Restauration environnementale du bassin du fleuve Guadiamar affecté par l'accident minier d'Aznalcollar (Seville).*

Fin de la présentation