

## Réduction de l'impact des activités minières sur l'environnement

*Jean-François Thomassin, BRGM*



Je travaille au BRGM depuis 30-35 ans et je suis spécialisé dans les traitements des minerais d'or, domaine dans lequel je suis expert pour des Compagnies Minières importantes ou modestes. J'ai une faiblesse pour l'artisanat minier et pour l'orpaillage.

J'ai aussi géré des programmes de développement pour dépolluer des sols, des déchets et des sédiments contaminés par du mercure, en partenariat industriel avec l'ADEME<sup>1</sup> et SOLVAY.

Je vais vous parler du traitement des minerais d'or avec des technologies sans mercure, et surtout des réductions d'impact sur l'environnement que peuvent d'une part réaliser souvent facilement les mineurs, et d'autre part, de celles qui sont moins faciles et nécessitent de l'aide.

<sup>1</sup> Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

Diapositive 1

**Exploitations minières**  
Réduction de leur impact sur l'environnement

Comment réduire leur impact ?

- Appliquer les politiques et réglementations environnementales récentes
- Adopter les technologies actuelles de traitement des minerais (procédés propres sans mercure)
- Intégrer les programmes de management environnementaux dans les structures de l'opérateur minier
- Recycler les déchets et effluents générés



-il faut appliquer les textes de loi ; cela facilite bien les choses pour tout le monde (exploitants et contrôleurs), les réglementations récentes et pas celles du siècle dernier.

-il faut se doter des technologies actualisées. Les choses vont être beaucoup plus simples maintenant qu'il est décidé de travailler sans mercure. Je n'en parlerai donc pas dans cet exposé.

-il faut essayer d'intégrer des programmes de management environnementaux à l'intérieur des structures des mines.

Cela est facile à dire, mais pour des petits mineurs c'est impossible à faire car on ne peut pas augmenter des coûts opératoires ni les charges structurelles facilement. Seuls les grands groupes miniers peuvent se le permettre.

Comment réduire l'impact de ces exploitations minières ?

-il faut enfin recycler les déchets.

Diapositive 2

**Exploitations minières**  
Réduction de leur impact sur l'environnement

Intégration des procédures et règles dans un projet minier

**Programme d'exploration**  
Etudes de valorisation minérale  
Etudes minières d'exploitation  
Etudes de faisabilité  
[Etude d'impact environnemental](#)  
Financement  
Mise en place des infrastructures  
Recrutement / formation  
Production avec [suivi environnemental](#)  
[Réhabilitation en fin de vie de la mine](#)



Je vous décris ici comment se réalise un projet minier. Ce schéma est identique pour l'orpailleur ou la grande société, mais avec un résultat qui dépend des avances financières disponibles.

Il y a un programme d'exploration, des études de valorisation de l'or - puisqu'on parle de l'or - des études minières d'exploitation, des études de faisabilité - voir combien on peut investir ou pas en fonction des ressources - et il y a une étude particulière sur laquelle je vais insister beaucoup, c'est l'étude d'impact environnementale que doit faire et réaliser l'orpailleur ou l'industriel.

Il y a le financement, la mise en place des infrastructures, le recrutement, la formation du personnel, la mise en production des lingots - il faut le souhaiter - avec un suivi environnemental et ensuite, en fin de vie des mines, la réhabilitation.

Diapositive 3

## L'ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

- > **1. Le cadre légal et administratif**
  - Le cadre légal national et international
  - Le code minier et les autres réglementations
- > **2. Composition de l'étude d'impact environnemental**
  - État de l'environnement régional
  - Localisation future du projet
  - Généralités
  - Environnement physique
  - Environnement biologique
  - Milieu socio-économique
  - Environnement humain
  - Description du projet
  - Détermination des impacts environnementaux
  - Programme de management environnemental
  - Programme de contrôle
  - Etude de risques et de dangers - Programme de fermeture
  - Bibliographie
- > **3. Protocoles de monitoring eau, air, déchets**
- > **4. Conclusions**



> 4

On peut considérer que sur la Guyane peut-être un ou deux groupes peuvent se permettre de réaliser ce type de travail parce qu'ils sont dotés d'un service environnemental. Ce service devra être désolidarisé de la production. Il ne doit pas y avoir interpénétration entre les deux .

Sur la Guyane il y a forcément 95 % des entrepreneurs qui ne peuvent pas réaliser une étude d'impact correcte, et vous allez le voir plus loin, elle est très importante et elle va au fond des choses.

Il y a les phénomènes d'environnement physique, biologique, socio-économique, la description de projet etc... le programme de contrôle, les études de risques, de dangers, les protocoles de monitoring, les analyses d'eau, d'air, les déchets, et les conclusions.

Cela fait partie de l'étude d'impact environnementale.

Immédiatement je rentre dans l'étude d'impact. C'est un travail que doit réaliser celui qui va créer sa mine.

Evidemment, toutes les cases inscrites ici, doivent être renseignées. Ce sont des études, c'est du temps passé, c'est énormément d'argent.


Diapositives 4 et 5

**L'ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL**

**Exemple :**  
**avec l'utilisation du cyanure de sodium**

1. Chimie et technologie du procédé de cyanuration
2. Sécurité et hygiène industrielles
3. Dosages des cyanures
4. Normes
5. Technologies de destruction des cyanures
6. Comportement du cyanure dans l'environnement
7. Prévisions et évaluation
8. Exigence d'investigations

Annexe A Toxicologie du cyanure  
Annexe B Méthodes d'évaluation de la toxicité  
Annexe C Traitements



Maintenant si par hasard, et il est très possible que cela advienne, certaines entreprises utilisent le cyanure, j'ai fait un petit aparté qui s'intègre dans l'étude environnementale. L'entrepreneur est tenu de renseigner les items des annexes A « Toxicologie », B concernant « l'évaluation de toxicité » et C pour les « problèmes de destruction des cyanures ». En effet, dans la mesure où il reste du cyanure dans des bassins ou des tas, on doit expliquer comment il sera détruit ou recyclé et par quel procédé.

**L'ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL**

**Annexe A. Toxicologie du cyanure**  
A2 Normes concernant la qualité de l'eau  
A3 Toxicité du cyanure libre  
A4 Toxicité des composants complexes du cyanure  
A5 Toxicité des produits de transformation du cyanure  
A6 Facteurs qui affectent la toxicité du cyanure dans l'eau  
A7 Aspects particuliers des bio-essais

**Annexe B. Méthodes d'évaluation de la toxicité**  
B2 Essais en laboratoire : toxicité sub-létale et chronique  
B3 Essais de toxicité in situ  
B4 Bio-monitoring

**Annexe C. Destruction**  
C1 Cas du SO<sub>2</sub> dans l'air  
C2 Cas du traitement au peroxyde d'hydrogène  
C3 Cas de la dégradation naturelle  
C4 Cas de la chloration alcaline




Diapositive 6

**L'ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL**

**Une étude d'impact environnemental bien instruite permet, à travers l'identification des impacts positifs et négatifs, de mettre en place des mesures compensatoires afin de les limiter et/ou de les annuler.**

*L'étude d'impact reste vivante pour la durée du projet*



Vous voyez que l'étude d'impact que doit fournir l'industriel, si elle est bien faite, rassure en premier lieu car elle informe et responsabilise. Par contre, et le plus souvent, le chargé de production ne connaît pas très bien ce dossier d'étude d'impact. C'est pourquoi un monitoring des analyses de toutes sortes va se mettre en place tout au long de la durée de vie de la mine. Le staff de production sera alors obligé de s'imprégner de ces problèmes.

Je rappelle que c'est très important. L'étude d'impact environnementale bien instruite permet, à travers l'identification des impacts positifs et négatifs, de mettre en place des mesures compensatoires afin de les limiter ou de les annuler.

Diapositive 7

**Exploitations minières**  
Réduction de leur impact sur l'environnement


**Exemples de réduction d'impact  
sur les techniques d'exploitation**

**> Extraction du minerai**

1. MCO

- Gestion des haldes
  - Emplacement des dépôts en fonction du roulage, du réseau hydrographique, des accès...
  - Stabilisation : envolées de fines (végétalisation), ruissellement MES (fascines, bermes, gradins, banquettes, contre-pentes, végétalisation)
  - Si présence de S= importante avec métaux (Cu, Pb, Zn, Cd...) => empêcher l'accès à l'air + eau (pente de verse à stériles, compactages, masques...)

**Remise en place des matériaux**  
Drainage de fond (pose de matériaux grossiers)



> 8

Maintenant, je rentre un peu plus dans le détail de l'exploitation, c'est-à-dire des problèmes généraux que rencontre une mine au niveau de l'extraction.

Une MCO est une mine à ciel ouvert, c'est-à-dire une carrière, on l'appelle comme cela dans l'extraction aurifère.

Le principal problème à gérer est les haldes, c'est à dire les déchets générés par la découverte de la Mine, la déforestation, les stériles de sélectivité des minerais... Il faut bien les identifier par rapport au réseau hydrographique, les accès...

La stabilisation des fines sèches : ici en Guyane, il n'y en a peut-être pas trop mais quoique avec le roulage des engins on risque d'en avoir. On en revient à ce dont parlait Monsieur Boudou, les fines doivent être stabilisées. Le ruissellement des matières en suspension, cela se réduit facilement par des petites opérations unitaires : les constructions de fascines, bermes, gradins, banquettes, écoulements de perdition...

En fond de carrière d'un gisement oxydé se trouve la zone de battement de l'eau qui délimite les parties oxydées et sulfurées du gisement. Arrivé à ce stade de l'exploitation, il devient important d'étudier où on place les haldes afin de pouvoir les confiner, de manière à ce que l'oxygène dissout ne rentre pas dans les sulfures car il y aurait solubilisation de certains éléments lourds comme le cuivre, le plomb, le zinc, le cadmium...avec production de solutions acides.

Il y aura donc une couverture à exécuter, des compactages, des masques à mettre en place...des drainages de fond.

Diapositive 8


**Exploitations minières**  
Réduction de leur impact sur l'environnement

**Exemples de réduction d'impact sur les techniques d'exploitation**

> **Extraction du minerai**

2 . Mine fond

- Gestion des haldes
  - Remise en place (backfilling) dans les chambres
  - Bouchage de galerie (réseau drainant obturé – galeries, matériaux démobilisés, cheminées, forages...)
  - Bassins pour la décantation/neutralisation des boues de forage et d'exhaure
  - Protection des haldes au jour (S=)

 Géosciences pour une Terre durable

> 9

S'il s'agit d'une mine fond, il faudra surveiller les réseaux drainants (galeries, cheminées, exutoires et exhaures principaux et secondaires). Les exhaures seront traités dans des bassins de décantation afin d'en retenir les fines et d'améliorer la qualité des eaux avant leur recyclage.

Diapositive 9


**Exploitations minières**  
Réduction de leur impact sur l'environnement

**Exemples de réduction d'impact sur les techniques d'exploitation**

> **Extraction du minerai**

3. Placer

- Gestion des haldes ou rejets de traitement (tailings)
  - Remise en place des matériaux
  - Remblayage des canaux, reprofilage
  - Revégétalisation

 Géosciences pour une Terre durable

> 10

Les placers :

Il s'agit surtout de stabiliser les matériaux (rejets de haldes, rejets de traitement), car les traitements génèrent des matières en suspension dont la décantation est longue. Pour éliminer la migration des fines et colloïdes, on incorpore des étapes de coagulation, de floculation avant décantation dans les baranques<sup>2</sup>. Actuellement, des études sont en cours afin de déterminer les conditions opératoires de ces nouveaux procédés d'élimination des MES afin d'aider et de proposer aux industriels des solutions qui soient satisfaisantes au point de vue des coûts, de la pratique et de l'efficacité.

<sup>2</sup> bassin

Diapositive 10


**Exploitations minières**      **Traitement des minerais**  
Réduction de leur impact sur l'environnement

**Méthodes de récupération de l'or sans utiliser le mercure**

- 1. Traitements physiques**
- 2. Traitements chimiques**
- 3. Traitements mixtes**

> **Intégration dans un schéma de procédé**

- Contexte ressources / répartition de l'or
- Niveau d'investissement
  - Physique << chimique
- Pertinence technico-socio-économique-environnementale

 Sciences pour une Terre durable

> 11

Actuellement, les procédés de récupération de l'or mis en œuvre sont particulièrement efficaces et ne font pas appel à l'utilisation du mercure. Ils sont composés de un ou plusieurs types de traitement :

-Les traitements physiques (gravimétrie), généralement adoptés en Guyane avec les sluices/tables et concentrateurs centrifuges.

-Les traitements chimiques : sur 50000 mines d'or dans le monde, il y en a 99 % qui travaillent avec des produits chimiques.

-Les traitements mixtes composés d'une phase de gravimétrie poursuivie par de la flottation (considérée comme un traitement physico-chimique) et/ou suivie, généralement, d'une cyanuration des rejets de l'étape de gravimétrie.

Tout cela s'intègre, se calcule en fonction des ressources bien évidemment. Les procédés gravimétriques sont moins coûteux que les procédés chimiques mais ils sont moins performants. Les procédés chimiques nécessitent de gros investissements. Il peut y avoir aussi des grosses usines de traitement physique. J'ai reconverti une grosse usine qui travaillait avec le mercure en combinant plusieurs procédés de gravimétrie et de chimie.

Le choix du ou de la combinaison des traitements est principalement dominé par l'importance de la ressource et la capacité de l'industriel à investir. On parle ici d'investissement, c'est très dur, c'est très lourd pour des reconversions. Peut-être faut-il de l'aide technique et financière dans le cas de mines artisanales ?

Diapositive 11

## Méthodes de récupération de l'or sans mercure

### 1. Traitements physiques en voie humide

Organisation et assemblage des équipements par leur capacité à concentrer.

- Préconcentration (*Teneur Or faible avec Récupération Or forte; grande capacité*):  
Bols centrifuges continus; flash flottation; cône; sluice pincé
  - Libération minérale par broyage
- Concentration (*teneur Or forte avec récupération Or faible; faible capacité*):
  - Elimination des fractions granulométriques stériles par tamisage/cyclonage
  - Libération minérale par broyage

Tables à secousses > jigs  
jig centrifuges, bols centrifuges discontinus; flottation, tambour, sédimentation entravée
- Préconcentration et concentration (*Teneur et récupération Or moyennes*):  
Jig > sluice à rifflés



> 12

Dans le traitement physique en voie humide, l'appareil le plus extraordinaire est tout de même celui qui est principalement utilisé en Guyane : la table ou sluice. C'est l'appareil le plus performant au point de vue de la rentabilité globale. Je ne parle pas ici en terme de taux de récupération de l'or puisque cette fonction évolue entre 30/40 % et 80 %, cela dépend de la répartition de l'or en granulométrie, mais en terme de ratio entre les différentes valeurs de simplicité, récupération de l'or, capacité, besoins en services associés ; sans compter l'indépendance d'utilisation.

Normalement, avec cet appareil, la 1<sup>ère</sup> étape de préconcentration du tout-venant alimenté est réalisée. C'est-à-dire qu'on récupère dans un petit volume de matériau (levée), la quasi-totalité de l'or alimenté. C'est le cas pour la table/sluice si l'or est grossier (+ 250 microns). L'appareil devient moins performant avec de l'or fin et on ne peut plus lui affecter les mêmes capacités de préconcentration où il devrait récupérer tout l'or dans un faible volume de matériau qui peut correspondre à 0,1% du tout venant.

Si l'appareil ne récupère pas l'or fin, cela laissera du travail à nos petits-enfants, mais ce n'est pas forcément « bien travailler » non plus.

Donc, il y a des appareils de préconcentration qui permettent de convertir de faibles teneurs en or dans des gros volumes de minerai, en petits volumes contenant le maximum d'or. Ce sont des appareils de très grande capacité. Ce sont les sluices, les bols centrifuges continus, les cyclones. Les bols centrifuges utilisés en Guyane sont des appareils de concentration en batch ou semi-batch de deuxième niveau. En effet, ils fonctionnent sur des concentrés aurifères.

D'autres procédés ou appareils de préconcentration utilisés sont : les flottations-flash, en on parlera tout à l'heure, c'est un cas particulier, les sluices pincés qui travaillent sur des granulométries restreintes et non pas sur du matériau 0 à 25 mm.

Ensuite il y a les appareils de concentration. Là on retrouve les tables à secousses, les jigs et les bols centrifuges, la flottation, le tambour MGS, la sédimentation entravée, etc...

Eux procurent une teneur en or très élevée avec une récupération qui diminue. On va s'expliquer tout à l'heure.

Ensuite, j'ai marqué « préconcentration et concentration », c'est donc les sluices à rifflés que presque tout le monde utilise actuellement, et le jig qui est très, très performant là-dessus, il ne faut pas l'oublier. C'est contraignant, c'est plus de maintenance, mais c'est un très, très bon outil.

Diapositive 12

Méthodes de récupération de l'or sans mercure

Une large gamme d'équipements

Mode de séparation	Equipements	Gamme de fonctionnement en mm		Besoin en eau	Capacité
		minimum	maximum		
Stratification	jig conventionnel	0.100	100	important	moyenne
	jig circulaire	0.050	100	important	grande
	jig centrifuge	0.020	2	important	moyenne
Lamellaire	sluice	0.150	10	important	moyenne
	sluice pincé	0.100	10	important	moyenne
	couloir	0.150	2	important	faible
	cône Reichert	0.050	1.5	faible	grande
	sluice pincé	0.050	1.5	faible	moyenne
Secousse	spirale	0.030	2	moyen	moyenne
	table à secousses	0.020	2	moyen	moyenne
	table orbitale	0.010	0.070	important	faible
Centrifuge	courroie rainurée	0.010	0.030	important	faible
	bat centrifuge	0.010	1.7	très important	grande
Décantation entravée	séparateur densimétrique	0.070	0.6	moyen	grande

Physico-chimie : Flottation gamme de fonctionnement < 150 µm (sur produit déschlammé)

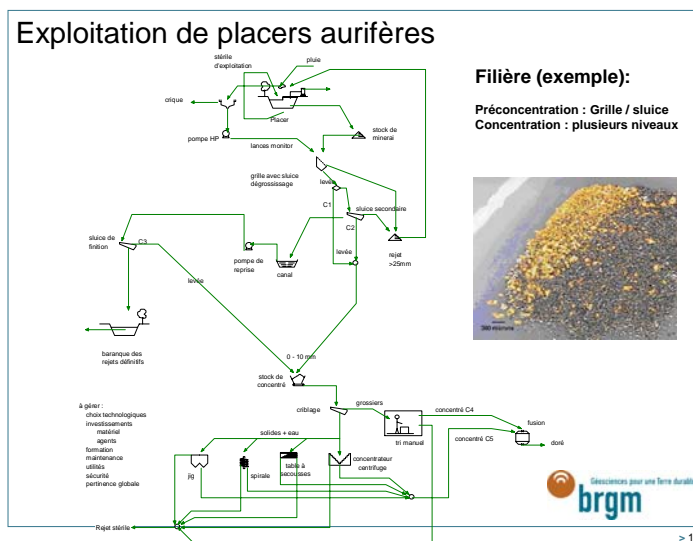


> 13

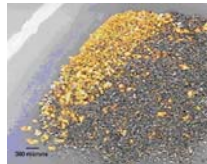
Ainsi, pour ceux que je connais, vous retrouvez un tableau, que je vous ai déjà présenté il y a un an, avec les modes de fonctionnement des séparations des différents outils.

Sont présentés les outils, les équipements et les gammes de travail ; minimum, maximum au point de vue des tailles, les besoins en eau et capacités. J'ai rajouté une ligne, c'est la flottation. Il ne faut pas l'oublier. La flottation, dans certains cas, est très performante. Elle est utilisée pour les produits inférieurs à 150 microns.

Diapositive 13



**Filière (exemple):**  
Préconcentration : Grille / sluice  
Concentration : plusieurs niveaux



Si certains travaillent mieux, c'est que le matériau alimenté est inférieur à 5mm au lieu de 25mm. Dans ce cas, effectivement, la table piègera des particules d'or de l'ordre de 100 à 200 microns.

Cela veut dire que si on alimente une table avec un matériau compris entre 0 et 25mm il ne sera pas utile de s'équiper d'un appareil performant pour traiter les levées, tels que Falcon, Knelson ou bol centrifuge à lit fluidisé. En effet, ces appareils sont réalisés pour récupérer les particules d'or jusqu'à environ 20 microns.

Dans la phase de concentration ou traitement du préconcentré de table, j'ai placé des outils qui peuvent être mis effectivement derrière une grille. Il y a le jig, la spirale, la table à secousses, le concentrateur centrifuge à lit fixe de type Knudsen, avec une étape intermédiaire de tamisage. Généralement, s'il y a présence d'or grossier (supérieur à 5mm), les grains sont prélevés par piquage sur les tapis puis ils rejoignent le concentré définitif au niveau de la fusion.

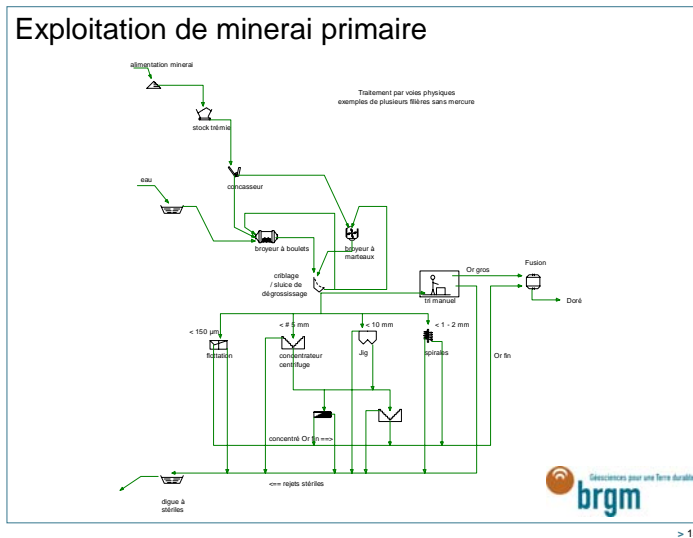
Pour rejoindre Monsieur Gérardin qui en parlait tout à l'heure ; dans le cas du retraitement des placers anciens qui contiennent du mercure, il sera indispensable d'utiliser un distillateur pour récupérer le mercure contenu, avant d'effectuer la fusion qui produira le lingot. Il faut savoir que s'il y a des traces de mercure dans les dorés (lingots de première fusion), des pénalités financières sont opérées par les raffineurs.

On parlait de schémas de traitement. Voici un schéma incomplet de la manière dont procèdent les orpailleurs. Il est un peu détaillé pour certaines phases, mais c'est pour vous montrer le nombre d'opérations qu'ils doivent réaliser pour récupérer quelques décigrammes d'or par m<sup>3</sup> de matériau en place. Il faut « aller les chercher ».

Donc le schéma est composé du placer, de la crique/canal qui est creusée sur le côté, une pompe haute pression, la lance monitor, les sluices primaires, secondaires, les pompes de reprises, etc..., et au bout du traitement, les rejets sont rejetés dans les baranques.

Le problème est à l'étape que j'ai rajouté au dessous, dans la partie du traitement de concentré de table/sluice. Dans les conditions opératoires moyennes utilisées en Guyane, la table récupère difficilement de l'or inférieur à 200 - 300 microns, cela principalement à cause de la granulométrie trop grossière passée sur ces tables. On peut observer des particules d'or inférieures à ces tailles mais il s'agit d'éléments impactés dans les mats (tapis), avec les argiles et kaolins. Il s'agit donc là d'entraînement ou piégeage qui ne représente que peu de masse par rapport au reste de l'or récupéré.

Diapositive 14



Ici, il s'agit d'un process plutôt adapté aux minerais primaires. On distingue un concasseur, un broyeur à marteau avec un petit sluice en sortie. Sur le sluice il y a un tri manuel de manière à piquer les plus grosses pépites. Ensuite, il y a différents outils : la flottation, le concentrateur centrifuge, le jig, la spirale. Ces outils-là nécessitent encore un étage de traitement qui est placé en dessous. Ensuite encore un passage à une table à secousses ou un concentrateur de type Knelson.

Les outils dont le fonctionnement est relativement simple sont la flottation, le jig, la spirale. Le concentrateur centrifuge est déjà un appareil évolué, et il demande des réglages en fonction du type de minerai qu'il reçoit.

Les tables : l'évolution actuelle tend vers l'utilisation du type Gemeni. Une table Gemeni est une table à secousses munie d'un double plateau ou double table juxtaposée. Je ne sais pas laquelle des deux formules est la moins onéreuse de la table Gemeni ou de deux tables classiques, mais la Gemeni n'a besoin que d'un moteur.

Diapositive 15

**Limites du traitement gravimétrique**

**Taux de récupération de l'or**

- Varie entre 20 et 80% en fonction
  - de la granulométrie de l'or
  - de l'adaptation de la filière gravimétrique choisie
  - du choix des équipements
  - du taux de fines contenues dans le minerai (argiles)
  - des MES dans l'eau de procédé
  - du savoir faire de l'utilisateur

**Conclusion**

- 80 à 20% de l'or alimenté est rejeté et suit le « stérile » de gravimétrie.**

**Remarque :**  
L'exploitation d'un placer contenant déjà du mercure, obligera l'exploitant à se doter d'un distillateur (retorte)

Le taux de récupération : sur les process gravimétriques, il varie de 20 à 80 %. Ce n'est pas très élevé mais cela dépend aussi des minerais que l'on a à traiter. Cela dépend de la granulométrie de l'or, de l'adaptation de la filière gravimétrique, du choix des équipements, des taux de fines contenues dans les eaux de procédés qui servent à laver sur les machines, des matières en suspension donc, et du savoir-faire de l'utilisateur.


Conclusion : il se peut que jusqu'à 80% de l'or alimenté soit rejeté et suive le « stérile » de gravimétrie. J'ai mis stérile entre guillemets car pour d'autres méthodes de traitement, il s'agira d'un nouveau minerai !

Diapositive 16

Méthodes de récupération de l'or

**2. Les traitements chimiques de base**  
(complémentaires au traitement gravimétrique)

Les solubilisations de l'or (lixiviation)	> Taux d'utilisation dans le monde
Milieu	
> Chlorure (Cl <sup>2</sup> )	> 0 % (raffinage)
> Cyanure (NaCN; KCN)	> 99 %
> Sulfate (thio-urée)	> 0.1 %



> 17

En bout des process gravimétriques et dans le cas de traitements mixtes, suivent les traitements chimiques. Il sont identifiés ici, mais il y n'a guère que l'utilisation du cyanure qui fasse référence en réalité.


Le procédé sulfate (ou thio-urée), est d'utilisation exceptionnelle, il est souvent couplé à de la bio-lixiviation pour essayer de casser les structures du soufre. Il est très efficace mais très onéreux. Il faut avoir des ressources énormes en amont pour se payer ce type de procédé.


Le chlorure : l'utilisation de chlore est généralement rencontrée dans un process particulier utilisé pour le raffinage des lingots.

Diapositive 17

Les traitements chimiques de base

**Intégration dans une filière**

- 1. de traitement du rejet de gravimétrie**
  - Lixiviation agitée
  - Lixiviation en cuve statique
- 2. de traitement du concentré gravimétrique**
  - Lixiviation agitée sous pression
  - Fusion thermique
- 3. de traitement du minerai TV**
  - Lixiviation en cuve agitée
  - Lixiviation en cuve statique
  - Lixiviation en tas



> 18

L'intégration d'un process chimique dans une filière :

Dans une filière de traitement, il est placé sur le rejet gravimétrique où on utilise la lixiviation agitée voire la lixiviation en cuve statique.

S'il s'agit du traitement des concentrés gravimétriques : on utilise la lixiviation agitée sous pression ou la fusion thermique. La fusion thermique est l'opération réalisée pour produire les lingots de doré.


Puis, directement sur le tout-venant et s'il n'y a pas d'or pépétique ni d'or supérieur à 100 - 150 microns, on effectue soit une lixiviation en cuve agitée, une lixiviation en cuve statique ou alors une lixiviation en tas. La lixiviation en tas, dans le cas de la Guyane, doit poser un gros problème à cause du bilan hydrique (les surfaces de collecte des solutions et des eaux pluviales sont importantes).

Diapositive 18

Les traitements chimiques de base

**Récupération de l'or contenu dans les solutions (milieu cyanure)**

- 1. Cémentation sur la poudre de Zinc**
  - Désaération de la solution
  - Cémentation / filtration
  - Lavage acide / fusion pour DORE
- 2. Adsorption sur charbon actif (résine)**
  - Adsorption / désorption
  - Électrolyse / fusion pour DORE
  - Lavage acide / Régénération du charbon



> 19

Récupération de l'or contenu dans les solutions cyanurées : ce sont des process classiques qui sont bien connus. Ils ont plus d'un siècle d'utilisation pour ce qui concerne la précipitation à la poudre de zinc. L'utilisation de l'adsorption sur charbon actif est bien plus récente mais beaucoup plus industrialisée. Il s'agit du même charbon actif utilisé pour piéger le mercure dans les gaz sauf que celui-ci n'est pas dopé au soufre.


Le procédé de récupération de l'or par charbon actif n'est pas d'un emploi aisé. C'est-à-dire qu'il nécessite une technicité élevée. Par exemple, dans une échelle de valeur de 100 au maximum en terme de niveau de technicité pour l'adsorption sur charbon actif, on aura besoin de 20 pour la cémentation sur la poudre de zinc qui est donc un procédé relativement simple.

Diapositive 19

Les traitements chimiques de base

**> Les implications :**

- Investissements élevés
- Compétences techniques élevées
- Suivi de procédé impératif
- Suivi environnemental obligatoire
- Respect des codes internationaux (logistique)
- Suivi analytique interne et externe (contrôle des coûts)



> 20

Les implications des process chimiques ce sont :

- investissements élevés,
  - compétences techniques élevées,
  - suivi de procédés itératifs, cela c'est impératif,
  - suivi environnemental obligatoire,
  - respect des codes internationaux : il faut savoir qu'il existe des codes internationaux sur le cyanure. Cela ne se gère pas n'importe comment. On ne peut pas se faire approvisionner n'importe comment, et souvent ceux qui le produisent l'acheminent jusqu'à l'usine eux même.
  - suivi analytique interne et externe : contrôle des coûts.
- Tout cela est relatif au niveau des investissements effectués.

Diapositive 20

Exploitations minières  
Réduction de leur impact sur l'environnement

### CONCLUSIONS

- 1. Avant et pendant le projet**
  - > Prévention des risques => Étude d'impact environnemental (sous-traitance à des professionnels reconnus) et suivi en cours de production
  - > Respect des lois et des règlements
- 2. Le projet**
  - > Technologies propres, sans mercure, sont :
    - > disponibles, éprouvées et performantes. Elles sont banales (universalité d'utilisation)



> 21

Les conclusions :

**Avant et pendant le projet**, prévention des risques : c'est directement l'étude d'impact environnementale qui à mon avis doit être sous-traitée à des professionnels. Cela doit être très bien fait.

Suivi des encours de production : respect des lois et des règlements parce qu'elles sont faites, elles existent, et en les suivant on est tranquille et cela tranquillise tout le monde.

Il ne faut pas oublier que beaucoup de sociétés sont cotées en bourse environnementale. J'ai travaillé pour un groupe Australien dénommé NORMANDY ; tous mes comptes-rendus mensuels, trimestriels ou annuels étaient aussi directement épluchés au point de vue des performances environnementales que j'avais dans mes usines.

Donc, ici, il n'y a pas de raisons pour que cela se passe différemment.

**Le projet** : technologies propres sans mercure. Ces technologies sont disponibles. Elles sont éprouvées et elles sont très, très performantes. Surtout, elles sont banales, c'est-à-dire qu'il y a une universalité d'utilisation.

Diapositive 21


Exploitations minières  
Réduction de leur impact sur l'environnement

### Recommandations

Un changement aussi profond et radical de méthodes d'exploitations de l'OR, s'accompagne de :

- 1. Aide technique en traitement des minerais** (*choix des filières et des équipements*)
- 2. Mise en place de formations spécifiques aux exploitants miniers** (*bilans matières*)
- 3. De sous-traitance** (*étude d'impact, analyses*)
- 4. D'aide financière pour les investissements**
- 5. D'assistance techniques permanente auprès des exploitants** (*suivi*)

Cayenne  
13 juin 2005  
JF Thomassin



> 22

**Recommandations** : il faut bénéficier d'une aide technique pour le traitement des minerais, et de formations spécifiques, sous-traiter à des tiers l'étude d'impact, savoir se doter de laboratoires d'analyses d'or pour faire des bilans. Donc il faut trouver un laboratoire et négocier les prix. Enfin, il y a toute une chaîne à négocier :

-aides financières pour les investissements : là il faudra être ferme, c'est clair.

-assistance technique permanente auprès des exploitants : on ne pourra jamais faire changer les gens de technologies si on n'est pas à côté d'eux pour les aider.

***Débat suite à cette intervention :***

**Nadine Fréry de l'Institut de Veille Sanitaire :**

J'étais en train de me poser la question. Vous n'êtes pas en train de nous substituer un problème de mercure par un problème cyanure ?

Parce que j'ai vu que vous dites « *tables gravimétriques pour récupération de l'or, on peut faire la méthode de cyanuration* ». or, les méthodes de cyanuration on a vu ce que cela pouvait donner à Salsigne, on sait ce que cela donne au Ghana.

Vous ne proposez donc pas qu'on substitue notre problématique mercure à une problématique cyanure ? Rassurez-moi.

**Jean-François Thomassin :**

Ecoutez, si vous avez lu mon entretien on peut commencer par une étude d'impact pour rassurer.

Le deuxième point c'est que je n'ai rien à vous proposer. Je vous dis ce qui existe de par le monde et qui fonctionne bien. Il y a toujours des accidents, il y en a sur la route aussi.

Pour le cyanure, qu'est-ce qu'on pourrait dire ?

On peut parler de Salsigne, c'est bien. Salsigne, le problème c'est un problème de stabilité des arsénates qui sont, en milieu cyanuré, instables. C'est une mine d'or. Salsigne est placée dans le Sud de la France et produisait de l'arsenic, du bismuth, de l'or, de l'argent et du cuivre suivant les époques.

Elle a démarré en gros en 1910, si je me souviens bien, et elle a travaillé, comme beaucoup de vieilles usines, sur des procédés différents qui se sont empilés.

Ils ont travaillé sur de la cyanuration, sur du grillage, ils ont produit du SO<sub>2</sub>, enfin, en raccourci : l'enfer.

Ils ont beaucoup travaillé sur la cyanuration et évidemment il y avait de l'arsenic puisque c'était un minerai de fond qui était frais avec beaucoup de sulfures et d'arsénopyrite.

Ils ont solubilisé ou complexé de l'arsenic en milieu cyanure qui ne s'adsorbait pas sur les colonnes de charbon actif parce que c'est là-dessus qu'ils récupéraient leur or. Et l'arsenic partait dans les bassins de décantation avec des fuites de ces bassins qui étaient mal réalisés, etc...

Donc ils ont empoisonné la rivière qui s'appelle « l'Orbiel ».

Le problème majeur c'est surtout l'arsenic à Salsigne, et non pas le cyanure.

Ils ont mal géré leurs rejets en faisant du stockage et en ne traitant pas les eaux en amont du stockage. Les problèmes rencontrés étaient surtout liés à la gestion des eaux.

Le traitement du cyanure ne pose aucun problème si les études sont bien suivies, s'il y a un suivi de process permanent, ce qui n'était pas effectivement toujours bien fait sur Salsigne.

Mais oxyder du cyanure cela ne pose aucun problème, c'est extrêmement facile. On oxyde avec du SO<sub>2</sub>, c'est un process principalement canadien, on oxyde par l'acide de Caro ou de l'eau oxygénée, c'est un process principalement allemand, on oxyde à l'aide d'hypochlorite de calcium (eau de javel), c'est un process de « piscine », et c'est le plus simple pour les petites installations.

Le problème, c'est lorsqu'on est en présence d'arsenic. On sait résoudre ce problème en précipitant l'arsenic sous la forme d'arséniat de fer. Il faut donc ajouter du fer dans les solutions jusqu'au niveau du ratio nécessaire à la précipitation mais cela demande un suivi de procédé et en plus, une continuité dans le monitoring parce qu'il faut éviter les variations de pH...

**Luc Germain :**

Je crois que vous avez répondu à la question. La question c'était : voulez-vous substituer le cyanure au mercure?

**Jean-François Thomassin :**

Non, j'ai mis à disposition ce qui existe.

**Luc Germain :**

Je vous remercie. Nous allons passer à la pause. Ecoutez, on vous donne (...) venez ici en chaire.

**Un intervenant :**

Je fais partie du « collectif pour que l'orpaillage revienne ». Cela fait à peu près deux ans qu'on fait une étude sur le primaire et l'alluvionnaire, et j'entends un discours sur la recyanuration et sur tout le processus cyanure. Je voudrais répondre déjà à la dame qui est partie, c'est dommage, l'Amérindienne qui était de Maripasoula, je crois.

Elle a eu raison d'en avoir marre parce que cela fait des années que ça dure et qu'il y a aucun résultat. Il y a un principe de précaution qui est à respecter, et qui ne se respecte pas. J'ai entendu Monsieur le Professeur Boudou à qui déjà l'année dernière à Kourou on a posé la même question, on peut encore lui reposer les mêmes, c'est toujours la même réponse.

Mais je réponds, à je crois que son nom c'est Kiko, son 2<sup>ème</sup> nom Blackwood : on ne peut pas parler d'orpaillage propre, on peut parler d'un orpaillage moins sale. On est d'accord là-dessus j'espère. Cette dame qui a dit « *vous êtes en train de dire que le mercure qui vient n'est plus le mercure qu'on amène.* » C'est normal d'être agacés comme on est maintenant parce qu'on est en train de parler de mercure naturel, qui est là ; mais le mercure naturel si on ne le bouge pas, si on le laisse dans son petit coin, si on ne met pas la lance monitor pour exploser tout comme cela se passait dans l'orpaillage alluvionnaire, eh bien il ne va pas bouger ce mercure. Effectivement, il va bouger si on fait des routes, il va bouger si on fait de l'agriculture, mais ces routes et l'agriculture actuellement on les fait sur le littoral pour le moment, donc on n'a pas besoin de s'inquiéter sur ce qui va se passer pour le moment, on n'a pas ce type de problème sur le littoral. C'est à croire que sur le littoral on n'a pas de mercure. Il est tout à l'intérieur, c'est possible.

Si on parlait maintenant de l'orpaillage primaire, puisque la dame vous parle de la cyanuration. L'orpaillage primaire c'est 35000 tonnes de produits chimiques qui vont débarquer, sur 10 ans c'est 13 millions de litres de gasoil qui vont débarquer. Tout cela pour aller toucher pour l'Etat et les Guyanais 50 Euros alors que Cambior c'est 9 490 Euros qu'il se mettra dans la poche, ou 9 350 Euros ou un truc comme cela.

Qu'est-ce qu'il va rester à la Guyane ? Il ne reste rien du tout. C'est exonéré de taxes, c'est exonéré d'octroi de mer, c'est exonéré de gasoil, la détaxe de gasoil. Je vous avoue que quand j'entends applaudir sur l'orpaillage, cela me fait mal au ventre, je dis que ça ne peut pas rester comme cela.

Même si on a fait une étude sur l'alluvionnaire, c'est bien gentil de mettre des tables à secousses, je suis allé en visiter, c'est clair, c'est propre. Il y a même tout ce qu'il faut. Mais on ne nous montre pas le camp, on ne nous montre pas exactement ce qu'il faut.

Par exemple, quand on prend Cambior qui a une retenue d'eau derrière, qui fait des digues pour retenir, avec un pH qui est contrôlé, effectivement. Mais cela n'empêche pas que quand la mine est terminée et que le chantier est terminé, on s'en va, on laisse cela comme ça, et au-dessous qu'est-ce qu'il y a ? Il y a la Coumana, l'Oyack, la Comté, il y a le courant qui remonte à la station de pompage.

Maintenant quand on parle de Boulanger, il y a peut-être des baranques, il y a tout ce qu'il faut sur l'eau. Mais le jour où ça pète, on n'est pas là derrière pour contrôler, cela va où ? ça va dans les rivières. Donc, on ne peut pas parler de quelque chose de durable, de quelque chose de sain, quelque chose de propre.

Je suis désolé, dans le dernier discours sur l'application..., on parlait du danger du mercure, et là tout d'un coup on a entendu parler de vive l'orpaillage sous telle forme.

Alors, je vous remercie.