

confidentiel



# traitement des minerais d'or réfractaire

comparaison économique des procédés  
d'oxydation des sulfures

P. Ollivi  
M. Mange

janvier 1988  
88 DAM 002 M

## R E S U M E

-----

Le traitement des minerais d'or réfractaires, par le procédé conventionnel de cyanuration, comprend nécessairement une étape préalable de libération de l'or par oxydation des sulfures (arsénopyrite, pyrite, stibine,...).

Le procédé d'oxydation par grillage est normalement mis en place pour réaliser ce travail. De l'acide sulfurique et de l'oxyde d'arsenic sont élaborés au cours du processus dont les débouchés économiques ne sont pas enthousiasmants.

Deux procédés potentiels d'oxydation :

- l'oxydation bactérienne et,
- l'oxydation sous pression en autoclave,

sont en cours d'évaluation, dans le cadre du fonds de recherche CORES, fiche RM 20.

Dans ce cadre, une première approche économique a été réalisée pour situer les procédés l'un par rapport à l'autre et, mettre en évidence les coûts respectifs des différentes étapes du procédé, puis, finalement, pour tenter d'évaluer le coût complet du traitement, départ carreau mine.

La comparaison économique est très en faveur du procédé bactérien celui-ci en effet ne fait appel qu'à des technologies électromécaniques simples, robustes, éprouvées s'apparentant en fait à la cyanuration.

L'oxydation sous pression d'oxygène, en autoclave à 225° C 30 bars est plus sophistiquée et nécessite une unité additionnelle de production d'O<sub>2</sub> très onéreuse.

Investissements : la comparaison est la suivante :

Pour une unité de 100 t/j de concentré et, pour la seule étape d'oxydation :

Bactérie : indice 100

Autoclave :

- \* branchement au réseau oxyduc : indice 160
- \* compresseur d'air : indice 207
- \* production d'oxygène : indice 400.

Coûts opératoires : la fourchette est plus resserrée. On note :

Bactérie : indice 100

Autoclave :

\* oxyduc : indice 203

\* compresseur : indice 151

\* production O<sub>2</sub> : indice 142

Le coût global d'une unité de traitement de minerai réfractaire, comprenant le concassage du tout-venant, la flottation, l'oxydation bactérienne et la cyanuration est relativement élevé et dépend de la teneur en minéraux sulfurés du tout-venant. Il est compris entre 40 000 KF pour un minerai peu sulfuré (8 %) et 58 000 KF pour un minerai plus sulfuré (33 %).

Le coût d'exploitation de l'unité de traitement 100 000 t/an seule, calculé pour le traitement d'un minerai de valeur nulle, se situe entre :

- 274 F/t pour un minerai peu sulfuré (8 %) en poids et,
- 562 F/t pour un minerai plus sulfuré (33 %) en poids.

Ce coût comprend l'amortissement technique des équipements sur 10 ans.

oOooOo

Les résultats de l'étude à base de documents et d'informations internes restreignent la circulation de ce document à l'intérieur du groupe BRGM.

# S O M M A I R E



## RESUME

## PAGES

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>1. HYPOTHESES ET OPTIONS.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Oxydation des sulfures par voie bactérienne.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Oxydation par l'oxygène sous pression.....</b>	<b>6</b>
<b>2. COMPARAISON TECHNIQUE ET ECONOMIQUE DES DEUX PROCEDES     D'OXYDATION ENVISAGES.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1. Données de base.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2. Coût d'investissement des 2 procédés.....</b>	<b>8</b>
<b>2.3. Coût opératoire.....</b>	<b>10</b>
<b>2.4. Conclusion.....</b>	<b>11</b>
<b>3. CALCUL ECONOMIQUE D'UNE INSTALLATION COMPLETE DE TRAITEMENT     DE CONCENTRES DE FLOTTATION ET COMPARAISON DES PROCEDES....</b>	<b>12</b>
<b>4. ESTIMATION DES COUTS D'UNE UNITE COMPLETE DE TRAITEMENT     100 000 t/an.....</b>	<b>15</b>
<b>5. CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>17</b>

## **INTRODUCTION**

Le potentiel économique des gisements aurifères de type sulfuré a ouvert de nouveaux horizons pour les développeurs de procédés de traitement et, si de réelles innovations ne sont pas sorties de cette soudaine arrivée des minerais sulfures dits réfractaires aux traitements classiques, on note que deux procédés émergent du lot ; il s'agit de :

l'oxydation bactérienne des sulfures,

et de,

la lixiviation sous pression.

Ces deux procédés ne sont pas totalement nouveaux pour l'industrie minière. Leur adaptation à la réalisation d'objectifs comme l'oxydation des sulfures métalliques est déjà connue.

Le produit, l'or, est cette fois extrêmement valorisant beaucoup plus que ne pouvait l'être les métaux non ferreux et l'argent pour les projets industriels sur les amas sulfurés.

Les sociétés SHERITT-GORDON et AMAX ont, à divers titres, acquis dans le domaine de la lixiviation sous pression, une expertise internationale et ont participé récemment (1986) au développement du projet Mac Laughlin (HOMESTAKE MINING CY).

Ces procédés d'oxydation des sulfures métalliques sont générateurs d'acide sulfurique et d'effluents à forte teneur en métaux (Cu, Zn, Ni, As, Sb, Fe) très polluants que les Agences de Protection de l'Environnement surveillent de très près, aux Etats-Unis comme en Europe. La réglementation est stricte dans ce domaine et, toute nouvelle installation devra présenter à cet égard une garantie certaine de conformité à la loi.

Les procédés d'oxydation des sulfures métalliques envisagés dans cette étude ont en commun plusieurs traits :

Ce sont :

- \* des procédés hydrométallurgiques d'attaque de minerai en milieu acide sulfurique,
- \* les minéraux principaux pyrite, arsénopyrite, stibnite sont solubilisés à 80 % et libèrent l'or, et l'argent, exprimés en grains, de dimensions inférieures à - 20  $\mu\text{m}$ ,
- \* la nature des résidus est voisine :
  - . précipites fins, pas toujours cristallisés de gypse, jarosite, et arséniate de fer.
  - . stockage en bassin où la neutralité des dépôts vis à vis de l'environnement doit être respectée.

- \* grande consommation d'agent neutralisant chaux, calcite, hypochlorite.
- \* la tenue des matériaux à la corrosion est une difficulté majeure qui surenchérit la technologie adoptée.
- \* ils utilisent l'oxygène de l'air ou l'oxygène pur comme agent direct d'oxydation des sulfures ou comme intermédiaire dans :
  - . la régénération du fer ferrique (oxydant chimique),
  - . ou, la synthèse biochimique et le développement des cultures bactériennes.

Leurs mises en oeuvre ont pour objectifs ultimes la recherche de technologies :

- qui permettent de récupérer au mieux les métaux précieux,
- qui ne génèrent pas de produits chimiques directement commercialisables, comme le sont l'arsenic trioxyde ou l'acide sulfurique pour le procédé de grillage et, pour lesquels, le marché est étroit et sans espoir même à long terme,
- et, qui ne portent pas de préjudice à l'environnement naturel.

Les séquences principales de traitement à mettre en place pour valoriser ces minerais comprennent essentiellement :

1. la concentration par flottation des sulfures et de l'or.
2. l'oxydation des sulfures.
3. la dissolution de l'or par le cyanure ou la thiourée.
4. et le traitement des effluents.

L'organisation de l'étude de la comparaison économique des procédés d'oxydation est alors la suivante :

- \* en tout premier lieu, on présente :
  - l'analyse des 2 procédés d'oxydation seul.
- \* en second lieu, l'analyse du traitement du concentré sulfuré incluant :
  - l'oxydation de la récupération de l'or par cyanuration et CIP et le traitement des effluents.
- \* dans le dernier chapitre, une estimation des coûts d'investissement et opératoires d'une unité complète pour traiter 100.000 t de minerai par an, incluant la flottation et le traitement du concentré de flottation.

L'unité de traitement de minerai, concassage et flottation a une capacité annuelle de production voisine 100 000 t, exactement 99 000 t pour 330 jours travaillés et un débit de 300 t/j. La récupération des sulfures dans le concentré est admise à 100 %.

Les techniques appliquées en aval au traitement de ces concentrés de flottation auront des capacités variables, liées à la teneur en minéraux sulfures dans le tout venant, soit respectivement :

- \* teneur ~ 8 % - Débit 25 t/j.
- \* teneur ~ 17 % - Débit 50 t/j.
- \* Teneur ~ 33 % - Débit 100 t/j.

## 1. HYPOTHESES ET OPTIONS

Les comparaisons techniques et économiques des procédés permettant l'oxydation des sulfures et la libération de l'or pour un traitement ultérieur par cyanuration (ou thiourée), et CIP, dans une unité modulaire semi-mobile, sont soumises bien évidemment à une série d'hypothèses ou de données techniques, à priori retenues ou découlant d'essais de laboratoire.

Cette étude préliminaire emprunte également certaines données techniques ou économiques à des projets évalués soit par le BRGM, soit par des industriels. Les références les plus importantes sont les suivantes :

- \* Atelier d'oxydation bactérienne : fourniture matériel nu départ France, industriel français NEYRTEC (1987).
- \* Atelier de lixiviation sous pression fourniture matériel nu coût départ U.S.A. [Custom Equipement Cy (C.E.C.) pour CEDIMIN SA] (1986).
- \* Atelier de cyanuration modulaire : fourniture matériel nu départ France [SALA Ethiopie] (1986).
- \* Atelier d'oxygène (Air Liquide FRANCE) (1987).

### 1.1. Oxydation par voie bactérienne

Les critères de dimensionnement de l'installation sont établis pour une unité de capacité de 25 t/j de concentré de flottation de minerai de type SALSIGNE 2x sur la base des résultats des essais de laboratoire réalisés en continu à Minéralurgie (DAM/MIN) et essentiellement du savoir-faire de notre consultant BIOMET. On rappelle brièvement les éléments essentiels :

#### Temps de séjour :

Oxydation bactérienne : 5,5 j  
Pré-aération av.cya : 10 h  
Cyanuration : 24 h

#### Débit :

\* solide : 25 t/j<sub>3</sub>  
\* pulpe : 7,5 m<sup>3</sup>/h

Température oxydation : 35° C

Volume installé : 990 m<sup>3</sup>

Densité :

. concentré : 5,5  
. résidu : 3,0

Aération :

\* débit : cuves 1 et 2 = 45 m<sup>3</sup>/h  
          cuve 3 = 38 m<sup>3</sup>/h  
          cuve 2 = 30 m<sup>3</sup>/h  
\* ratio débit/vol. cuve = 0,18 h<sup>-1</sup>

% solide :

. oxydation : 12.5  
. cyanuration : 30

Dimension du concentré :

Teneur en S : 28 %

. d<sub>100</sub> : 80 µm.

Le schéma de traitement fig. n° [1] présente les différentes étapes, les équipements et les choix techniques, retenus :

Essentiellement :

- 1/ Rebroyage (broyeur à boulets) du concentré de flottation après épaississement (cyclone), classification (panneau tamiseur) à 80 µm.
- 2/ Oxydation dans 2 cuves, revêtues, de 270 m<sup>3</sup> (volume total) en parallèle, thermostatées à 35° C et 2 cuves en série non thermostatées de même capacité.
- 3/ Filtration sous vide (filtre à bande).
- 4/ Cyanuration du résidu après aération en pulpe alcaline pH 10.
- 5/ Récupération de l'or sur charbon actif par le procédé Zadra.
- 6/ Traitement des effluents :

- \* neutralisation des jus acide par la chaux,
- \* détoxification du cyanure libre par l'hypochlorite ou l'eau oxygénée.

Trois tableaux regroupent les éléments techniques et économiques des équipements mis en oeuvre (annexe A1, A2, A3).

La capacité 25 t/j a été chiffrée par un fournisseur français. Les capacités 50 t/j et 100 t/j sont extrapolées (1).

---

(1) **A.L. MULAR - Preliminary capital cost estimates CIM 1982**

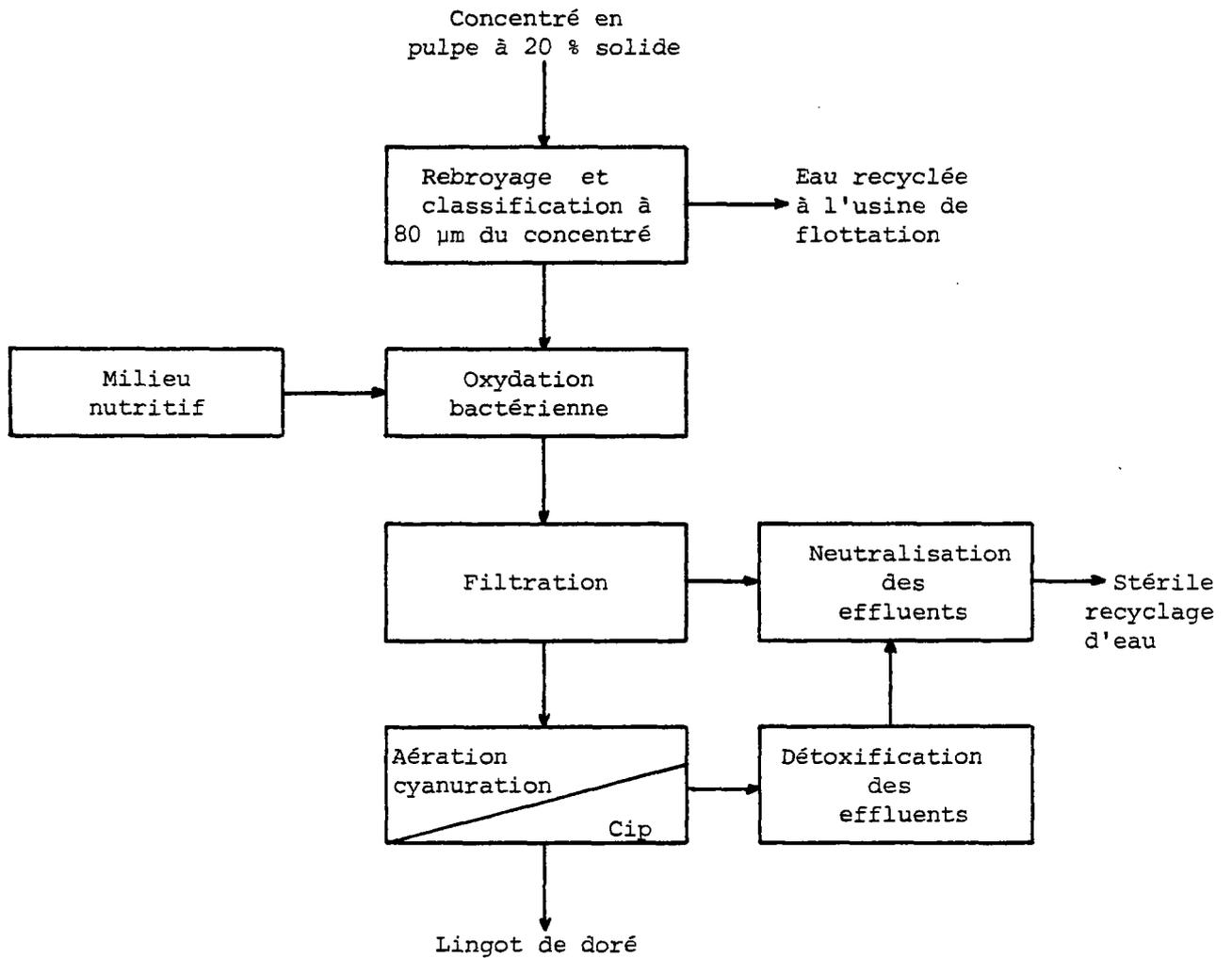


Schéma de traitement oxydation bactérienne

## 1.2. Oxydation par l'oxygène sous pression :

L'étude technico-économique emprunte les données pratiques et économiques à deux sources :

- \* les essais sont réalisés au laboratoire en collaboration avec l'Air Liquide, (en juillet 1987) et les coûts en oxygène sont communiqués par Monsieur GIRARD (Air Liquide) en octobre 1987 (cf. tableau n° 2).
- \* le projet Buenaventura, étudié par Custom Equipment (U.S.A.), en 1986, pour le compte de CEDIMIN S.A..

On retrouve les étapes essentielles suivantes :

- broyage classification à 80  $\mu\text{m}$
- préparation de la pulpe : 15 % solide
- oxydation en autoclave 220-250° C
- détente
- filtration sous pression des résidus et lavage
- neutralisation du résidu
- cyanuration et charbon en pulpe
- traitement des effluents
  - neutralisation des jus acides à la chaux
  - détoxification des effluents par l'eau oxygénée.

Les principaux critères de dimensionnement sont établis pour une unité capable de traiter 100 t/j de concentré.

- \* temps de séjour :
  - Oxydation : 1 h à 2 h
  - Pré-aération : 10 h
  - Cyanuration : 24 h
- \* température : 225° C
- \* pression vapeur d'eau : 25 bars (370 psi)  
surpression  $\text{O}_2$  (99 %) : 3-4 bars (50 psi)
- \* % solide
  - initial : 25 %
  - final : 9-10 %
- \*  $\text{H}_2\text{SO}_4$  g/l
  - initial : 0
  - final : 100-120

Le schéma général du traitement d'oxydation est tracé et présenté figure n° [2]. La liste d'équipement correspondante est placée en annexe n° A4 à A15.

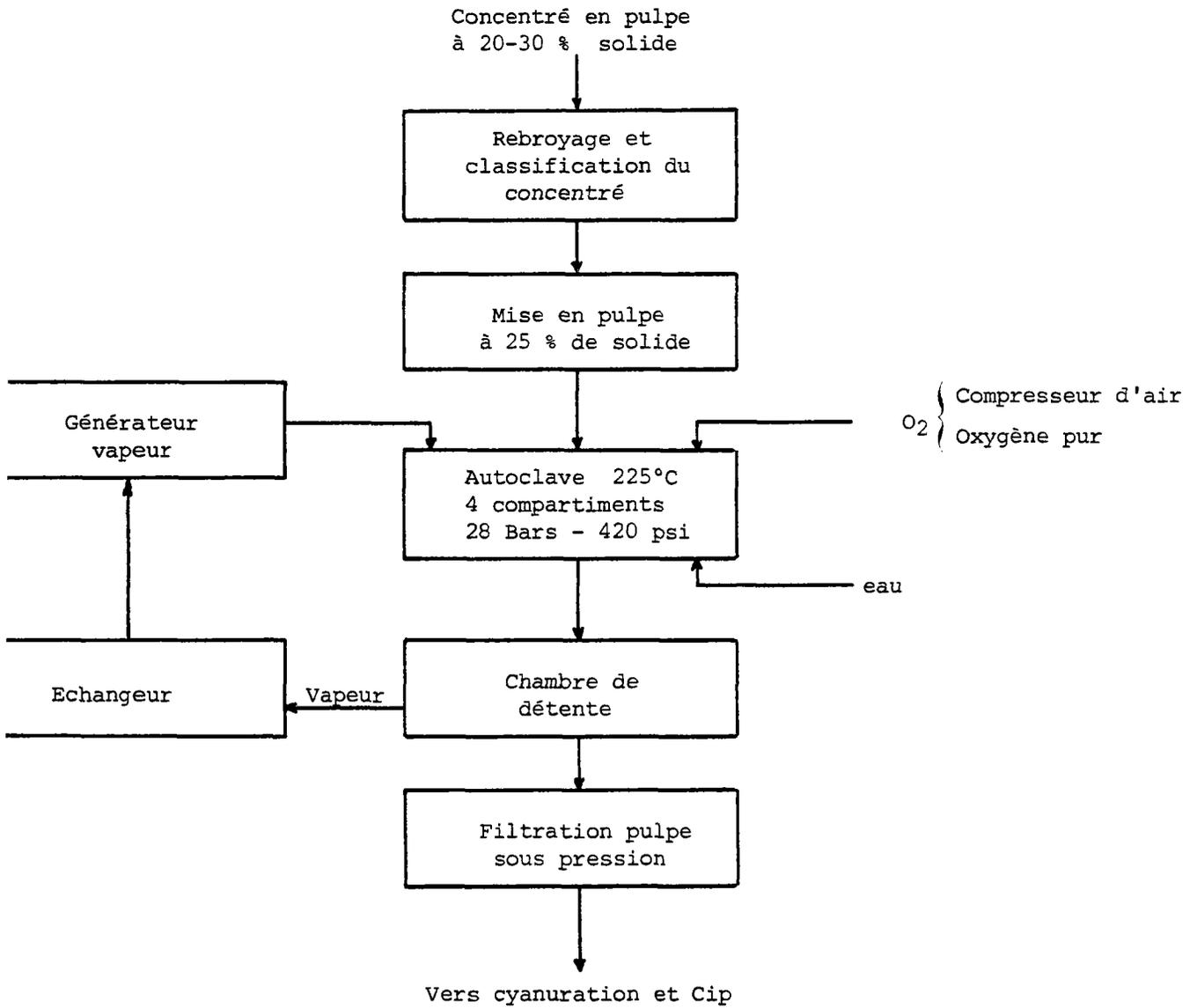


Schéma général de l'oxydation sous pression

## 2. COMPARAISON TECHNIQUE ET ECONOMIQUE DES PROCEDES D'OXYDATION.

L'examen économique porte ici sur la seule section d'oxydation des sulfures. On trouvera au chapitre 3 le coût d'un procédé global de traitement d'un concentré de flottation avec la cyanuration des résidus de l'oxydation.

### 2.1. Données de base et hypothèses :

\* 3 capacités étudiées :

100, 50, 25 t/j.

\* fonctionnement annuel 330 jours

3 postes, 5 équipes.

\* coût de l'énergie : 0,40 F/KW

\* coût personnel : prix de revient à l'entreprise. Coût étude CHESSEY (DAM/PM).

\* pièces de rechange : 4 % de l'investissement.

\* concentré de flottation :

arsénopyrite % : 75-78 %

pyrite % : 5- 7 %

soufre % : 26-28 %

### 2.2. Coût d'investissement des 2 procédés

OXYDATION	100 t/j		50 t/j		25 t/j	
	Ratio	Montant KF	Ratio	Montant KF	Ratio	Montant KF
Bactérienne	1	26 486	1	18 270	1	12 735
<u>Sous pression</u>						
* option compresseur	2,07	54 776	2,1	38 610	2,16	27 497
* option usine oxygène	4	106 604	4,1	75 124	4,2	53 501
* option branchement oxyduc	1,6	42 703	1,65	30 104	1,7	21 439

**TABLEAU N° 1 : Comparaison des investissements - KF 1987**

Le montant des investissements est établi avec une précision de  $\pm 10\%$  à partir :

\* pour "les bactéries", d'une liste d'équipements quotée par une société française pour la capacité 25 t/j,

\* pour "l'autoclave", d'une liste d'équipement dressée par C.E.C. pour le compte de CEDIMIN pour une capacité de 100 t/j,

Les investissements correspondants aux autres capacités ont été extrapolés. La précision du calcul est alors estimée à  $\pm 20\%$ .

Les tableaux d'investissements détaillés avec la liste d'équipements pour chaque cas sont présentés en annexe (A1 à A15).

Trois variantes ont pu être étudiées pour l'oxydation des sulfures sous pression.

\* Option compresseur d'air (annexe A4, A5, A6).

Pour une unité de 100 t/j (et pour des concentrés titrant 30 % S), CEC a prévu l'installation d'un compresseur ATLAS GTO-32 4 stages 5/4 psi (35 bar), 7632 cfm (13000 Nm<sup>3</sup>/h), 2300 KW, Coût US\$ 1 075 250 (1986).

\* Option production d'oxygène (Annexe A7, A8, A9).

Pour une unité d'oxydation de 100 t/j et pour des concentrés titrant 27-28 % de soufre, la consommation théorique d'oxygène est la suivante pour l'oxydation du soufre en sulfate :

$$100 \times 0.3 \times \frac{64}{32} = 56 \text{ t O}_2$$

Une unité de production d'oxygène d'une capacité de 60 tO<sub>2</sub>/j a été proposée par Air Liquide.

\* Option branchement oxyduc (Annexe A10, A11, A12).

Cette option est bien sûr très intéressante. Trois sites sont suggérés : Toulouse, Marseille, Caen. Ce dernier est fortement recommandé. Dans cette étude, il a été tenu compte du transport du concentré par 4 voyages de 25 t/jour qui seraient sous-traités. Un transport sur 600 kms a été retenu au prix de 180 F/t.

Le tableau n° 2 regroupe les données techniques et économiques de ces variantes.

REFERENCE PRODUCTION	SPECIFICATION TECHNIQUE	DEBIT	COUT
Air compressé	Compresseur 4 étages	Air 7632 acfm 5/4 psia	US\$ 1 075 250
Oxygène plant	93 % O <sub>2</sub> Amortissement sur 10 ans Puis. éco. : 1400 kW Puis. installé : 3000 kW Fonctionnement : 8000 h	2 000 m <sup>3</sup> /h 3,08 t/h	Coût 0,55 F/m <sup>3</sup> <u>Amortissement techn. sur 10 ans</u> 0,20 F/m <sup>3</sup> <u>Coût opératoire</u> 0,35 F/m <sup>3</sup>
Oxyduc	Pureté 99 %	Disponible en Normandie,	Coût livré/ contrat 0,40 F/m <sup>3</sup>

**DONNEES OXYGENE AIR LIQUIDE**

**TABLEAU N° 2**

**2.3. Coût d'exploitation**

Le coût d'exploitation pour chaque capacité est élaboré à partir :

- des données de laboratoires encore en cours d'optimisation (consommation des réactifs),
- du montant de l'investissement (matériel + transport) pour les pièces de rechanges, soit 4 % de l'investissement,
- du bilan puissance installée pour la consommation d'énergie, en prenant 80 % comme coefficient d'utilisation.

L'amortissement de l'investissement est calculé sur 10 ans et intervient simplement par dixième chaque année, hors tout intérêt financier.

On a tenu compte pour les frais de personnel du procédé autoclave, "plus sophistiqué", d'un surnombre d'ouvriers. La liste du personnel pour la seule étape d'oxydation, est la suivante et tient compte d'un fonctionnement à 3 postes, 5 équipes :

		100 t/j	50 t/j	25 t/j
Bactérie	Technicien :	5	5	5
	Ouvrier :	10	8	7
Autoclave	Technicien :	5	5	5
	Ouvrier :	15	12	10

**TABLEAU N° 3 : Liste du personnel oxydation**

Le tableau n° 4 regroupe les coûts opératoires annuels en KF 1987 pour les 2 procédés d'oxydation envisagés et les 3 variantes autoclaves. Les coûts détaillés sont placés en annexe A11,12,13,14.

OXYDATION	100 t/j		50 t/j		25 t/j	
	Ratio	Montant F/t	Ratio	Montant F/t	Ratio	Montant F/t
Bactéries	1	340	1	434	1	602
* <u>Autoclave</u> :						
- compresseur d'air	1,51	515	1,49	645	1,42	852
- production O <sub>2</sub>	1,42	482	1,43	619	1,39	837
- branchement oxyduc	2,03	691	1,86	809	1,68	1013

**TABLEAU N° 4 : Comparaison des coûts opératoires - KF 1987**

#### 2.4. Conclusion

L'examen préliminaire met en évidence deux points essentiels pour cette comparaison de procédé :

\* Les coûts opératoires sont assez voisins, compris pour une unité de 100 t/j entre 340 et 691 F/t pour les 4 variantes soit du simple au double, tout de même, pour la variante oxyduc. Celle-ci est en effet pénalisée par le transport du concentré sur 600 kms.

\* Les coûts d'investissement sont très différents et sont répartis pour une usine de 100 t/j entre 106 10<sup>6</sup> F pour l'autoclave avec usine d'oxygène et 26,5 10<sup>6</sup> F pour l'oxydation bactérienne.

La variante autoclave oxygène ex-oxyduc reste une option intéressante même si le coût opératoire est très élevé. Le coût de transport sur la distance de 600 kms intervient pour 26 % dans le coût opératoire (100 t/j). On a envisagé en effet un gisement au centre de la France.

Cette situation serait changée dans le cas d'une entreprise traitant à façon de tels concentrés à Caen, par exemple auprès des aciéries.

Le coût opératoire-traiteur avec amortissement technique inclus serait alors de 510 F à la tonne de concentré pour 340 F/t pour le bactéries, soit respectivement 6,3 g d'or et 4,3 g d'or à la tonne de concentré.

Le coût de l'oxygène à 40 centimes le m<sup>3</sup> devrait être négociable, à la baisse.

### 3. CALCUL ECONOMIQUE D'UNE INSTALLATION COMPLETE DE TRAITEMENT DE CONCENTRES DE FLOTTATION ET COMPARAISON DES PROCEDES.

La présentation d'un calcul économique pour apprécier le coût d'un traitement ou pour établir des comparaisons entre technique, tient compte étroitement des conditions de la réalisation du projet industriel et des conditions financières prises en compte.

La situation géographique retenue ici est le territoire métropolitain, et l'estimation du coût opératoire prend en compte :

- \* la main d'oeuvre,
- \* les consommables,
- \* l'énergie,
- \* les pièces de rechanges,

et le remboursement du capital sur 10 ans hors tout intérêt financier (amortissement technique).

Il s'agit bien là seulement du paiement des frais techniques engagés dans le procédé considéré, hors flottation. Le calcul de la rentabilité n'est pas envisagé ici, et c'est pour cela que la valeur du concentré flotté n'est pas mentionné.

L'extraction de l'or des résidus est réalisée, par le cyanure de sodium après remise à pH alcalin.

La cyanuration est dimensionnée de façon classique avec CIP, mais toutefois avec une installation à faible coût, de type mobile. Des quotations Neyrtec, Sala ont été utilisées pour le chiffrage.

Les consommations des réactifs sont élevées pour cette étape ultime de la récupération de l'or.

Des consommations estimées de 20 kg de cyanure (NaCN) par tonne de concentré et seulement de 25 kg d'hypochlorite ont été retenues pour tenir compte de la présence importante de ferro et ferricyanures non oxydables. L'étude de l'optimisation de la cyanuration au laboratoire n'est pas encore achevée.

i j	330 300	OXYDATION						OXYDATION EN AUTOCLAVE					
		BACTERIENNE			AIR COMPRISE			UNITE OXYGENE			OXYDUC		
		100	50	25	100	50	25	100	50	25	100	50	25
=====													
ESTISSEMENT													
OXYDATION		26486	18270	12735	54776	38610	27497	106604	75124	53501	42703	30104	21439
DURATION		10500	7448	5341	10500	7448	5341	10500	7448	5341	10500	7448	5341
COUT Kf		36986	25718	18076	65276	46058	32838	117104	82572	58842	53203	37552	26780
ESTISSEMENT (10 ans)													
/t Concentre		112	156	219	198	279	398	355	500	713	161	228	325
/t Tout-venant		37	26	18	66	47	33	118	83	59	54	38	27
ESTERATOIRE /an													
OXYDATION		11216	7154	4963	16991	10646	7029	15920	10208	6908	22791	13354	8358
DURATION		28598	15051	8194	28598	15051	8194	28598	15051	8194	28598	15051	8194
COUT Kf		39814	22205	13157	45589	25697	15223	44518	25259	15102	51389	28405	16552
/t Concentre		1206	1346	1595	1381	1557	1845	1349	1531	1831	1557	1722	2006
/t Tout-venant		402	224	133	460	260	154	450	255	153	519	287	167
COUT DE REVIENT Kf TOTAL													
/t Concentre		1319	1502	1814	1579	1837	2243	1704	2031	2544	1718	1949	2331
/t Tout-venant		440	250	151	526	306	187	568	339	212	573	325	194
Sur de coupure pour LE CONCENTRE													
Couts de l'or de:.....F/g.													
	75	18	20	24	21	24	30	23	27	34	23	26	31
	80	16	19	23	20	23	28	21	25	32	21	24	29
	85	16	18	21	19	22	26	20	24	30	20	23	27
	90	15	17	20	18	20	25	19	23	28	19	22	26

- TABLEAU N° 5 -

## COMPARAISON DES COUTS DE TRAITEMENT

## DES PROCÉDES D'OXYDATION

Par ailleurs, le procédé d'oxydation étant un procédé générateur d'acide sulfurique il serait souhaitable, à tout point de vue de le coupler avec un procédé acide de récupération de l'or, avec de la thiourée par exemple. Cette étude est en projet.

Le tableau n° 5 présente les résultats de la comparaison économique et l'estimation de la "teneur de coupure" du concentré traité dans cette installation pour différents cours de l'or.

On relève pour une unité de 100 t/j, et pour le procédé seul (tableau n° 5bis), un prix de revient à la tonne de concentré, amortissement technique (10 ans) inclus, de :

O X Y D A N T	Equivalent		Equivalent g Or/t de concentré
	g Or/t	F/an t de concentré	
* <u>bactérie</u>	16	1 319	16
* <u>autoclave</u>			
. air	20	1 579	20
. O <sub>2</sub>	21	1 704	21
. Oxyduc	21	1 718	21

Valeur g or = 80 F.

**Coût d'exploitation du procédé oxydation-cyanuration  
par tonne de concentré**

**TABLEAU N° 5BIS**

Il faut noter que : la nature des liaisons or-minéraux sulfurés (or libre, or combiné), la mixicité de l'expression minéralogique (pyrite-arsénopyrite...) influencent très sensiblement le taux de récupération global de l'or que l'on peut attendre après oxydation :

\* soit en voie sèche (grillage + cyanuration de calcine),

\* soit en voie humide (bactérie, oxygène sous pression).

Un premier aperçu a été publié par RANDOL a partir d'études économiques menées par FLUOR MINING et WRIGHT ENGINEERS. Si l'on retient l'indice 100, pour le grillage du concentré puis la cyanuration de la calcine, on a pour les autres procédés :

- grillage : 100

- oxygène sous pression :

. sur concentré : 105

. sur tout-venant : 113

. sur bactérie : 101

#### 4 - ESTIMATION DES COÛTS D'UNE UNITÉ COMPLÈTE DE TRAITEMENT 100 000 t/an

Cette estimation n'apporte pas de renseignements supplémentaires à l'objet de l'étude : qui était la comparaison des procédés d'oxydation des concentrés. Elle donne seulement un éclairage sur ce que pourrait coûter une usine de traitement, complète, du carreau mine au lingot.

Les procédés d'oxydation du concentré sont alors inclus parmi toutes les opérations unitaires nécessaires au traitement du minerai tout-venant et, l'on peut alors évaluer la participation de chacune d'entre elles aux coûts totaux d'investissement et d'exploitation et élaborer le prix de revient du traitement à la tonne de tout-venant.

L'étude de la sensibilité de ce prix de revient à la teneur du minerai tout-venant, en minéraux sulfurés a été envisagé pour des cibles connues aux teneurs en minéraux sulfurés voisines suivantes :

- \* 8 % (ou moins 5 %) : cas du Bourneix, le Chatelet
- \* 17 % - 18 % : cas de Salsigne
- \* 33 % et plus : partie du gisement 2x pauvre.

Les coûts d'une usine de flottation, concassage compris, sont présentés en annexe A 16.

Le coût exploitation de l'unité de flottation est constant et établi pour une unité de 99 000 t/an (300 t/j x 330 j) ; on n'a pas tenu compte, en première étude de l'influence du taux de concentration des sulfures, très différent d'un projet à l'autre, de 3/1 à 12/1.

Les coûts complets d'exploitation d'une unité de traitement de minerai (99 000 t/an), incluant la flottation sont présentés dans le tableau n° 6. Pour l'option bactérie, on note dans le cas d'un minerai peu sulfuré, un coût opératoire de l'ordre de 3 g d'or par tonne de TV contre 7 g/t pour un dépôt plus massif à 33 % de minéraux de type sulfurés. Ces coûts ne prennent en compte que les seuls besoins de l'unité de traitement. Le graphique synthétique, figure n° 3, établit la comparaison des coûts opératoires pour trois capacités journalières (100 t, 50 t, 25 t) de production de concentrés.

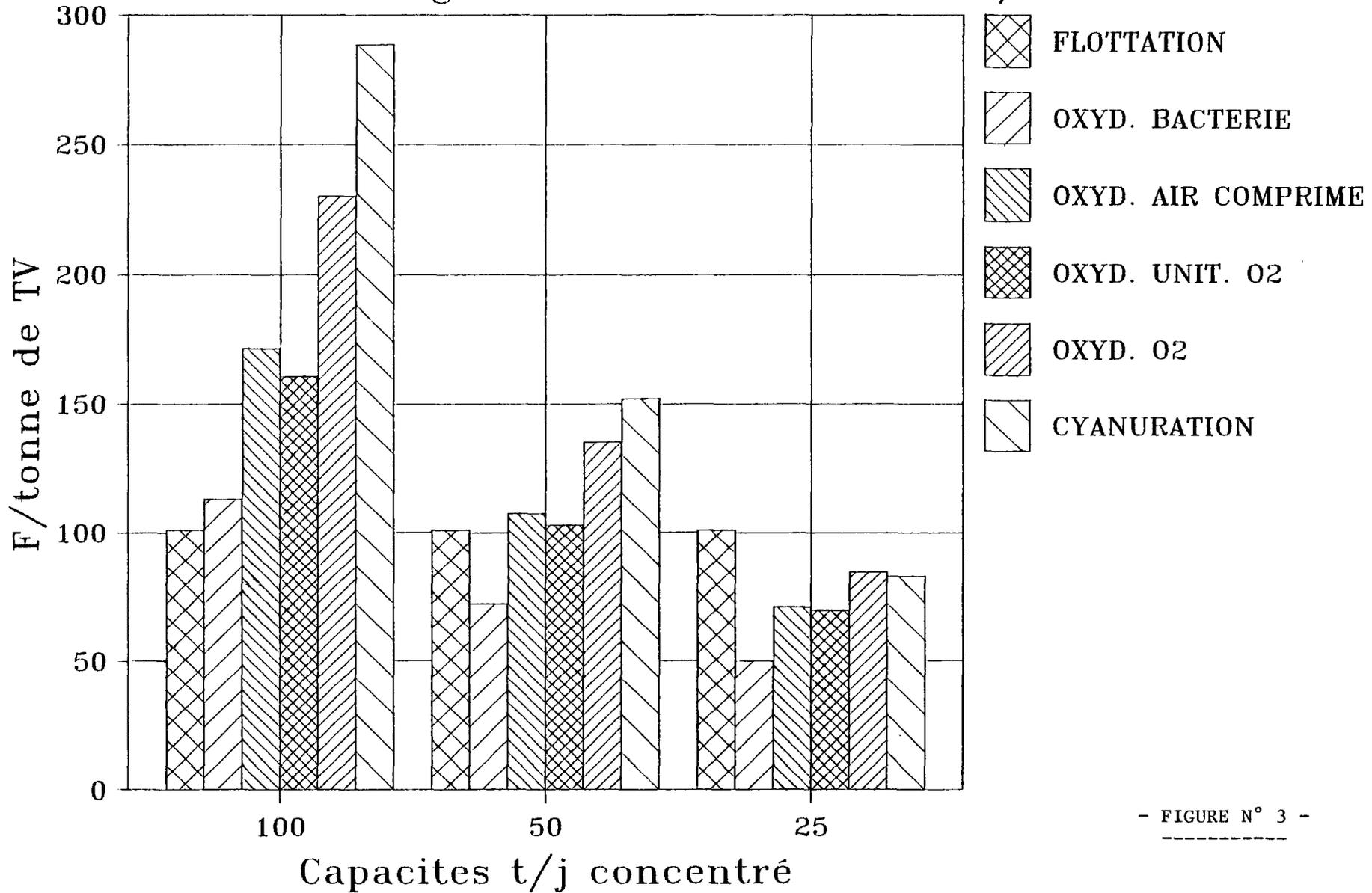
On notera en tout premier lieu, que l'étape du procédé la plus coûteuse est la cyanuration. Les résidus d'attaque oxydante, même soigneusement débarrassés de leurs éléments solubles, restent fortement "cyanophages".

L'amortissement technique de l'investissement total usine sur 10 ans (tableau n° 6) n'intervient annuellement respectivement que pour 0,8 et 0,5 g d'or/t de TV.

Les coûts d'exploitations des procédés or ont pour habitude d'être calculés en dollars US par once d'or. Le coût d'exploitation d'une usine incluant l'oxydation bactérienne pour un cas Salsigne 50 t/j, s'établit alors à 193 \$/oz pour un dollar à 6 F, un cours de l'or à 80 FF/g et un tout-venant à 10 g/t.

# COMPARAISON DES COUTS D'EXPLOITATION

Tonnage de T V constant 99000 t/an



- FIGURE N° 3 -

Les différences des coûts d'investissement sont également importantes entre les technologies ; pour une unité traitant 100 t/j de concentré à 27-28 % S, on a, au tableau n° 6 et dans la figure n° 4 :

<u>Bactérie</u>	: 36 986 KF
<u>Autoclave</u>	
Oxyduc	: 53 200 KF
Usine O <sub>2</sub>	: 117 100 KF
Air comprimé	: 65 280 KF

La variante oxyduc resterait attrayante pour le traiteur de concentré qui ne supporterait pas le coût du transport dans son concentré mais, à cause de la "sophistication" des équipements, et de ce coût de transport, elle reste, au coût opératoire, non compétitive.

Le procédé "bactérie" est intéressant. Grâce à son faible montant d'investissement, qui peut être amorti sur une période courte, (10 ans), il autorise l'exploitation de gisements moyens du 1 000 000 tonnes de minerai sur 10 ans.

## 5 - CONCLUSION GENERALE

Le traitement des minerais d'or sulfurés, réfractaires aux traitements conventionnels, conduit quasi obligatoirement à un enchaînement d'étapes d'opérations unitaires plus ou moins complexes qui surenchérit les coûts et accroît la "technicité" des technologies à mettre en oeuvre.

Le grillage réducteur et/ou oxydant est exclu de l'objet de cette étude puisqu'il génère fatalement, pour réduire la pollution, des produits (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), qui doivent être élaborés, aussi purs que possible, pour pouvoir "être-bien-vendu", et malheureusement, chaque fois au prix d'une augmentation de l'investissement, très souvent difficile à supporter.

L'alternative doit venir de procédés qui, en obtenant des récupérations or, au moins égales, permettront d'alléger les coûts d'investissements, en réduisant parallèlement les risques de pollution de l'environnement naturel.

La voie hydrométallurgique est explorée dans ce sens depuis de nombreuses années, pour l'industrie des métaux non-ferreux comme pour celle des métaux précieux.

Les méthodes d'oxydation devenues classiques au chlorure cuivrique, au chlorure ferrique ne permettent pas l'obtention de résultats industriels intéressants en raison de cinétique d'attaque lente et de consommation prohibitive de réactifs, en particulier pour la pyrite. Des méthodes d'oxydation à l'acide nitrique (nitrox process), à l'acide de Caro (H<sub>2</sub>SO<sub>5</sub>) sont également proposées et pour les mêmes raisons buttent au stade du développement industriel.

CAPACITE t/j CENTRE	OXYDATION BACTERIENNE			OXYDATION EN AUTOCLAVE								
				AIR COMPRISE			UNITE OXYGENE			OXYDUC		
	100	50	25	100	50	25	100	50	25	100	50	25
-----												
INVESTISSEMENT												
INSTALLATION	21633	21633	21633	21633	21633	21633	21633	21633	21633	21633	21633	21633
DURATION	26486	18270	12735	54776	38610	27497	106604	75124	53501	42703	30104	21439
COUT TOTAL	10500	7448	5341	10500	7448	5341	10500	7448	5341	10500	7448	5341
AL KF	58619	47351	39709	86909	67691	54471	138737	104205	80475	74036	59185	48413
INVESTISSEMENT (10 ans)												
/t Concentre	178	287	481	263	410	660	420	632	975	227	359	587
/t Tout-venant	59	48	40	88	68	55	140	105	81	76	60	49
OPERATOIRE /an												
INSTALLATION	10009	10009	10009	10009	10009	10009	10009	10009	10009	10009	10009	10009
DURATION	11216	7154	4963	16991	10646	7029	15920	10208	6908	22791	13354	8358
COUT TOTAL	28598	15051	8194	28598	15051	8194	28598	15051	8194	28598	15051	8194
AL KF	49823	32214	23166	55598	35706	25232	54527	35268	25111	61398	38414	26561
/t Concentre	1510	1952	2808	1685	2164	3058	1652	2137	3044	1861	2328	3220
/t Tout-venant	503	325	234	562	361	255	551	356	254	620	388	268
COUT DE REVIENT KF												
TOTAL												
/t Concentre	1687	2239	3289	1948	2574	3719	2073	2769	4019	2087	2687	3806
/t Tout-venant	562	373	274	649	429	310	691	462	335	696	448	317
Teneur de coupure I V entree usine or g/t												
75	7	5	4	9	6	4	9	6	4	9	6	4
80	7	5	3	8	5	4	9	6	4	9	6	4
85	7	4	3	8	5	4	8	5	4	8	5	4
90	6	4	3	7	5	3	8	5	4	8	5	4

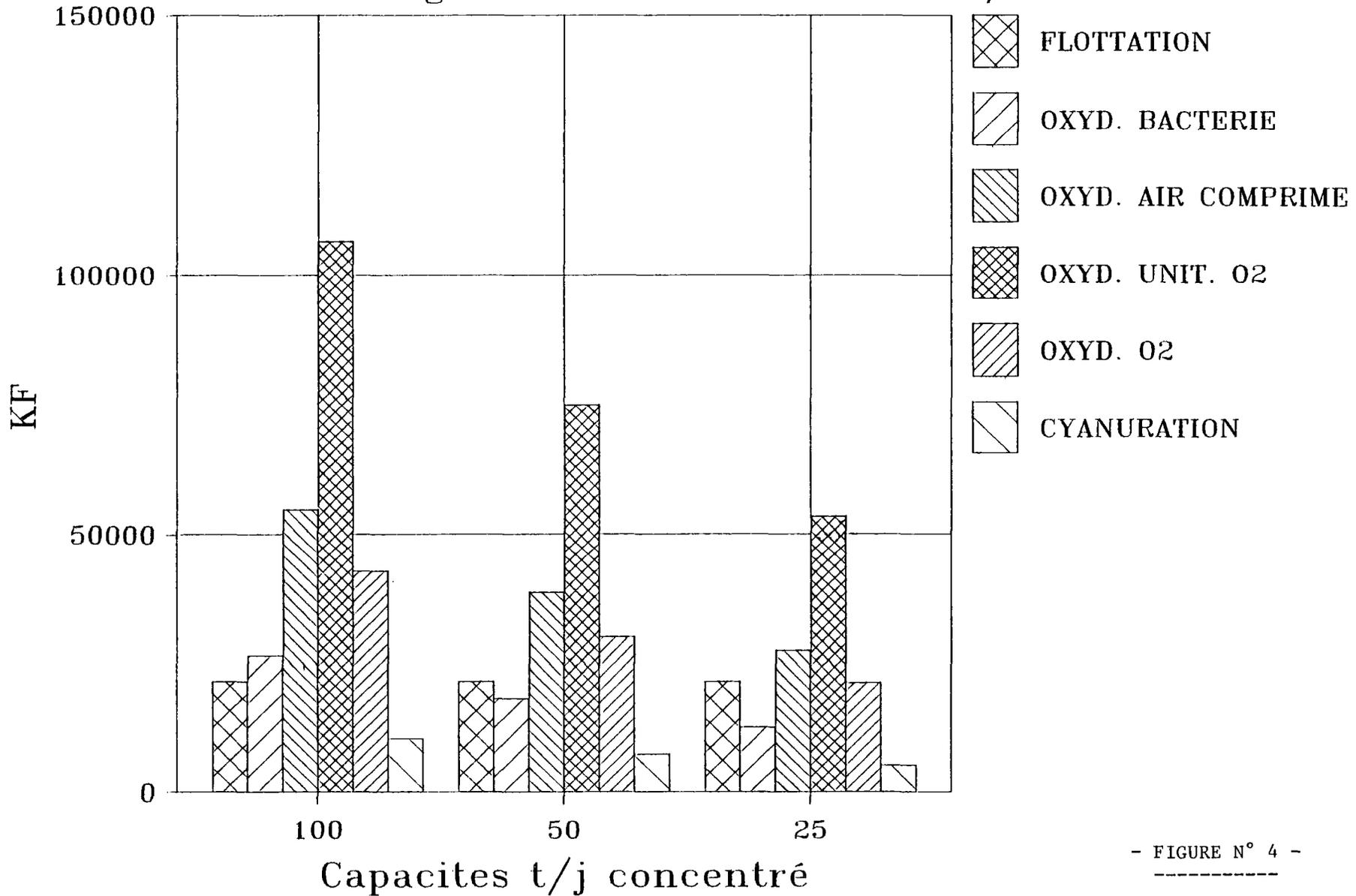
- TABLEAU N° 6 -

COMPARAISON DES COÛTS DE TRAITEMENT DES MINERAIS

AVEC FLOTTATION ET OXYDATION

# COMPARAISON DES INVESTISSEMENTS

Tonnage de T V constant 99000 t/an



- FIGURE N° 4 -

Deux procédés restent, enfin, en lice pour résoudre le problème de l'oxydation des sulfures aurifères (pyrite, arsénopyrite, stibine, chalcoppyrite, zinc), il s'agit de l'attaque bactérienne et de la lixiviation sous pression d'oxygène, en autoclave.

Ce dernier procédé a été envisagé dans cette étude avec, trois variantes :

- \* oxydation par l'oxygène de l'air compressé à 28-35 bars,
- \* oxydation par de l'oxygène produit dans une unité spécifique,
- \* oxydation par de l'oxygène acheté au m<sup>3</sup> sur réseau (oxyduc) directement à l'Air Liquide.

Les résultats de la comparaison sont très en faveur de l'attaque bactérienne quelle que soit la variante oxygène.

Grâce à son faible montant d'investissement, qui peut être amorti sur une période courte (10 ans), il autorise l'exploitation de gisements moyens du 1 000 000 tonnes de minerai sur 10 ans.

L'étape la plus coûteuse du traitement des minerais réfractaires est la cyanuration de l'or, qui est appliquée dans des domaines peu favorables à priori, sur des résidus d'attaque à fortes teneurs métalliques. Il y a lieu d'optimiser cette étape du procédé pour en réduire le coût opératoire ou d'envisager, des techniques de recyclage du cyanure par résine échangeuses d'ions, pour réduire les frais de la dépollution.

Des priorités ont ainsi été données aux recherches pour que le procédé global soit le plus efficace mais aussi le plus économique. En particulier, la complexation en milieu acide par la thiourée est beaucoup plus porteuse d'espoir que la cyanuration et, sera testée dans la mesure où,

- \* il n'est pas nécessaire de changer de milieu acide,
- \* et que les risques de pollution, à priori, sont moins importants, et ne nécessiteront pas la mise en oeuvre de nouvelles techniques de détoxification.

Ces deux dernières voies résines et thiourée, sont inscrites au programme de recherche 1988 du département DAM/MIN, conjointement avec le programme de caractérisation de l'insolubilité des résidus d'attaque arsenifères et la réalisation d'un pilote d'une capacité de 100 kg/jour, qui comprendra les étapes d'attaque bactérienne, la mise en solution des métaux précieux et la récupération de l'or sur charbon actif.

A N N E X E

---

Tableau des coûts d'investissement.

- A1, 2, 3 - Traitement des concentrés par voie bactérienne.  
Capacité 100 t/j, 50 t/j, 25 t/j.
- Traitement des concentrés par oxydation en autoclave.
- A4, 5, 6 - Option compresseur. Capacité 100 t/j, 50 t/j, 25 t/j.
- A7, 8, 9 - Option oxygène plant. Capacité 100-50-25 t/j.
- A10,11,12 - Option oxyduc.
- A13,14,15 - Usine de cyanuration semi-mobile.  
Capacité 100 t/j, 50 t/j, 25 t/j.
- A16 - Usine de flottation (300 t/j).
- A17,18,19,20 - Coût de fonctionnement des procédés.

o o o o o

**ANNEXE A1, A2, A3**

**Traitement des concentrés par voie bactérienne.**

**Liste d'équipement.**

**Coût d'investissement.**

**\* \* \***





ANNEXE A4, A5, A6

A7, A8, A9

A10, A11, A12

*Traitement des concentrés par*

*oxydation en autoclave*

*Option 1 : air comprimé*

*Option 2 : unité d'oxygène*

*Option 3 : branchement au réseau oxyduc*

\* \* \*



CAPITAL COST ESTIMATION										CODE 1=Type dépense CODE 2=Classe aort					
TRAITEMENT DE CONCENTRES OXYDATION DANS AUTOCLAVE															
SECTION Unité de traitement															
CAPACITE 100t/J															
Date: 29/ 2/87															
lin	Item	SPECIFICATION EQUIPEMENTS					MONTANT INVESTISSEMENT			TOTAL					
N°	N°	Cd	Cd	DESIGNATION DES EQUIPEMENTS	U	QTA	Puis. Inst.	Poids t	PRIX UNIT. FF	Fournit. 1	Transp. 5%	Travaux 3			
1				CIRCUIT DE LA PULPE											
2				Préparation mécanique											
3	R1	1	4	Bâche de 2 m3	U	1		1	25	25	1		27		
4	P2	1	4	Pompe à pulpe 6m3/h	U	1	1		57	57	3		60		
5	S3	1	4	Cyclone de 1 t/h dia=70mm	U	1			6	6			6		
6	B4	1	4	Panneau tamiseur	U	1	1		250	250	13		263		
7	B5	1	4	Broyeur à boulet de 6'x 7'	U	1	100	13	781	781	39		820		
8	R6	1	4	Bâche de 2 m3	U	1		1	25	25	1		27		
9	P7	1	4	Pompe à pulpe 6m3/h	U	1	1		57	57	3		60		
10				Oxydation par autoclave											
11				Cuve agitée de 180 m3/h	U	2	30	20	222	444	22		467		
12	R12	1	4	Pompe de 12 m3/h	U	2	11		17	35	2		37		
13	P13	1	4	Pompe HP de 45 bars 0 à 12 m3/h	U	2	30	7	1200	2400	120		2520		
14	P14	1	4	Autoclave agités 4 compartiments	U	2	40	113	2892	5784	289		6073		
15	R15	1	4	Générateur de vapeur 16 10'6 BTU	U	2	240	159	3514	7027	351		7379		
16	V16	1	4	Valves et accessoires	U	2		1	264	528	26		354		
17				Compresseur d'air 270 m3/an 35 bars	U	1	2300		6452	6452	323		6774		
18	C17	1	4	Vase de détente et dégazage H=5m	U	2		18	180	360	18		378		
19	R18	1	4	Réservoir de refroidissement	U	2		13	136	271	14		285		
20	R19	1	4	Pompe de 12 m3/h	U	2	11		17	34	2		36		
21	P20	1	4	Pompe de 14 m3/h HP	U	2	22		28	57	3		60		
22	P21	1	4	Filter press haute température	U	3	33	41	480	1440	72		1512		
23	F22	1	4	Neutralisation de la pulpe											
24				Cuve agitée de 1,8m3 revêtue caout.	U	1	2	5	85	85	4		90		
25	R23	1	4	Pompe de 12 m3/h	U	1	6		17	17	1		18		
26	P24	1	4	Cuve agitée de 50 m3	U	3	9	17	154	461	23		484		
27	R25	1	4	Pompe de 12 m3/h	U	1	3		17	17	1		18		
28	P26	1	4	Circuit d'eau											
29				Pompe de 100 m3/h	U	1	25	1	100	100	5		105		
30	P27	1	4	Château d'eau 100 m3	U	1	12		300	300	15		315		
31	R28	1	4	INSTALLATION MATERIEL	%	15%			28366		4255		4255		
32				TUYAUTERIES	%	15%			28366		4255		4255		
33				MATERIEL ELECTRIQUE	%	10%			28366		2837		2837		
34				INSTRUMENTATION	%	6%			28366		1702		1702		
35				STRUCTURE METALLIQUE	%	8%			28366		2269		2269		
36				BENIE CIVIL	%	10%			28366		2837		2837		
37				DISTRIBUTION FLUIDES	%	5%			28366		1418		1418		
38				INGENIERIE	%	15%			28366		4255		4255		
39				DIVERS NON DETAILLES.....	%					1350	67	1191	2608		
40				TOTAL UNITE OXYDATION			2863	717		28340	1417	25019	34776		

CAPITAL COST ESTIMATION										CODE 1=Type dépense CODE 2=Classe aort					
TRAITEMENT DE CONCENTRES OXYDATION DANS AUTOCLAVE															
SECTION Unité de traitement															
CAPACITE 50t/J															
Date: 29/ 2															
lin	Item	SPECIFICATION EQUIPEMENTS					MONTANT INVESTISSE			TOTAL					
N°	N°	Cd	Cd	DESIGNATION DES EQUIPEME	U	QTA	Puis. Inst.	Poids t	PRIX UNIT. FF	Fourni 1	Transp 5%	Travaux 3			
1				CIRCUIT DE LA PULPE											
2				Préparation mécanique											
3	R1	1	4	Bâche	U	1			16	16	1		17		
4	P2	1	4	Pompe à pulpe	U	1	1		37	37	2		38		
5	S3	1	4	Cyclone	U	1			4	4			4		
6	B4	1	4	Panneau tamiseur	U	1	1		159	159	8		167		
7	B5	1	4	Broyeur à boulet	U	1	50	8	498	498	25		523		
8	R6	1	4	Bâche	U	1		1	16	16	1		17		
9	P7	1	4	Pompe à pulpe	U	1	1		37	37	2		38		
10				Oxydation par autoclave											
11				Cuve agitée	U	2	15	13	142	283	14		297		
12	R12	1	4	Pompe	U	2	6		11	22	1		23		
13	P13	1	4	Pompe HP de 45 bars	U	2	15	5	765	1529	76		1606		
14	P14	1	4	Autoclave agités 4 compar	U	2	20	72	1843	3686	184		3870		
15	R15	1	4	Générateur de vapeur	U	2	120	101	2239	4478	224		4702		
16	V16	1	4	Valves et accessoires	U	2		1	168	336	17		353		
17				Compresseur d'air 35 bars	U	1	1150	186	4111	4111	206		4317		
18	C17	1	4	Vase de détente et dégaza	U	2		12	115	229	11		241		
19	R18	1	4	Réservoir de refroidissea	U	2		8	86	173	9		181		
20	R19	1	4	Pompe	U	2	6		11	22	1		23		
21	P20	1	4	Pompe	U	2	11		18	36	2		39		
22	P21	1	4	Filter press haute tempér	U	3	17	26	306	918	46		964		
23	F22	1	4	Neutralisation de la pulpe											
24				Cuve agitée revêtue caout	U	1	1	3	54	54	3		57		
25	R23	1	4	Pompe	U	1	3		11	11	1		12		
26	P24	1	4	Cuve agitée	U	3	5	11	98	294	15		309		
27	R25	1	4	Pompe	U	1	2		11	11	1		12		
28	P26	1	4	Circuit d'eau											
29				Pompe	U	1	13		64	64	3		67		
30	P27	1	4	Château d'eau	U	1		8	191	191	10		201		
31	R28	1	4	INSTALLATION MATERIEL	%	18%			18077		3338		3338		
32				TUYAUTERIES	%	18%			18077		3338		3338		
33				MATERIEL ELECTRIQUE	%	12%			18077		2226		2226		
34				INSTRUMENTATION	%	7%			18077		1335		1335		
35				STRUCTURE METALLIQUE	%	10%			18077		1780		1780		
36				BENIE CIVIL	%	12%			18077		2226		2226		
37				DISTRIBUTION FLUIDES	%	8%			18077		1113		1113		
38				INGENIERIE	%	18%			18077		3338		3338		
39				DIVERS NON DETAILLES.....	%					72	23	860	935	1836	
40				TOTAL UNITE OXYDATION						1503	480	18077	904	19630	38610



A7

CAPITAL COST ESTIMATION										CODE 1-type dépense	
TRAITEMENT DE CONCENTRES OXYDATION DANS AUTOCLAVE										CODE 2-classe amort	
SECTION Unité de traitement VARIANTE OXYGENE PLANT											
CAPACITE 100t/j											
Date: 13/10/87											
Lin	Item	SPECIFICATION EQUIPEMENTS					MONTANT INVESTISSEMENT			TOTAL	
		N°	Cd	Qté	Puis. inst.	Poids t	PRIX UNIT. FF	Fournit. 1	Transp. 2		Travaux 3
1		CIRCUIT DE LA PULPE									
2		Préparation mécanique									
3	R1	1	4		1		25	25	1	27	
4	P2	1	4			1	57	57	3	60	
5	S3	1	4				6	6		6	
6	S4	1	4			1	250	250	13	263	
7	R5	1	4		100	13	781	781	39	820	
8	R6	1	4			1	25	25	1	27	
9	P7	1	4			1	57	57	3	60	
10		Oxydation par autoclave									
11		Cuve agitée de 180 m3/h									
12	R12	1	4		2	30	222	444	22	467	
13	P13	1	4			1	17	35	2	37	
14	P14	1	4			30	1200	2400	120	2520	
15	R15	1	4			40	113	2892	5784	6073	
16	V16	1	4			240	159	3514	7027	7379	
17		Valves et accessoires									
18	C17	1	4			1	264	528	26	554	
19	R18	1	4			1500	292	32000	1600	33600	
20	R19	1	4				18	360	18	378	
21	P20	1	4				11	17	34	36	
22	P21	1	4				22	28	57	60	
23	F22	1	4				33	41	480	1512	
24		Neutralisation de la pulpe									
25		Cuve agitée de 1,8m3 revêtu caout.									
26	R23	1	4		1	2	85	85	4	90	
27	P24	1	4				6	17	1	18	
28	R25	1	4			3	9	154	461	484	
29	P26	1	4				3	17	1	18	
30		Circuit d'eau									
31		Pompe de 100 m3/h									
32	P27	1	4			1	100	100	5	105	
33	R28	1	4				1	300	300	315	
34		Château d'eau 100 m3									
35											
36											
37											
38											
39											
40											
41											
42											
43											
44											
45											
46											
47											
48											
49											
50											
51											
52											
53											
54											
55											
56											
57											
58											
59											
60		DIVERS NON DETAILLES.....									
61		TOTAL UNITE OXYDATION									
62					2063	717		55166	2758	48580	106604
63											

A9

CAPITAL COST ESTIMATION										CODE 1-type dépense		
TRAITEMENT DE CONCENTRES OXYDATION DANS AUTOCLAVE										CODE 2-classe amort		
SECTION Unité de traitement VARIANTE OXYGENE PLANT												
CAPACITE 25t/j												
Date: 13/10												
Lin	Item	SPECIFICATION EQUIPEMENTS					MONTANT INVESTISSE			TOTAL		
		N°	Cd	Qté	Puis. inst.	Poids t	PRIX UNIT. FF	Fournit. 1	Transp. 2		Travaux 3	
1		CIRCUIT DE LA PULPE										
2		Préparation mécanique										
3	R1	1	4				10	10	1	11		
4	P2	1	4				23	23	1	24		
5	S3	1	4				2	2		2		
6	S4	1	4			1	102	102	5	107		
7	R5	1	4		25	5	317	317	16	333		
8	R6	1	4				10	10	1	11		
9	P7	1	4				23	23	1	24		
10		Oxydation par autoclave										
11		Cuve agitée										
12	R12	1	4		2	8	8	90	181	190		
13	P13	1	4			3	7	14	1	15		
14	P14	1	4			8	3	487	975	1023		
15	R15	1	4			10	46	1175	2349	2466		
16	V16	1	4			60	65	1427	2854	2997		
17		Valves et accessoires										
18	C17	1	4			1	107	214	11	225		
19	R18	1	4			1	375	119	12996	13646		
20	R19	1	4				7	146	7	154		
21	P20	1	4				3	55	110	116		
22	P21	1	4				6	7	14	14		
23	F22	1	4				8	17	195	585		
24		Neutralisation de la pulpe										
25		Cuve agitée revêtu caout										
26	R23	1	4		1	2	35	35	2	36		
27	P24	1	4				1	7	7	7		
28	R25	1	4			3	2	62	187	197		
29	P26	1	4				1	7	7	7		
30		Circuit d'eau										
31		Pompe										
32	P27	1	4			1	6	41	41	43		
33	R28	1	4				1	5	122	128		
34		Château d'eau										
35												
36												
37												
38												
39												
40												
41												
42												
43												
44												
45												
46												
47												
48												
49												
50												
51												
52												
53												
54												
55												
56												
57												
58												
59												
60		DIVERS NON DETAILLES.....										
61		TOTAL UNITE OXYDATION										
62							542	306	22415	1121	29966	53501
63												

A10

CAPITAL COST ESTIMATION										CODE 1=type dépense	
TRAITEMENT DE CONCENTRES OXYDATION DANS AUTOCLAVE										CODE 2=Classe amort	
SECTION Unite de traitement VARIANTE OXYDUC											
CAPACITE 100t/J											
Date: 24/ 2/87											
Lin	Item	SPECIFICATION EQUIPEMENTS					MONTANT INVESTISSEMENT			TOTAL	
		N°	Cd	Qté	Puis. Inst.	Poids t	PRIX UNIT. FF	Fournit. 1	Transp. 5%		Travaux 3
1		CIRCUIT DE LA PULPE									
2		Préparation mécanique									
3	R1	1	4	U	1		25	25	1	27	
4	P2	1	4	U	1	1	57	57	3	60	
5	S3	1	4	U	1		6	6		6	
6	S4	1	4	U	1	1	250	250	13	263	
7	R5	1	4	U	1	100	781	781	39	820	
8	R6	1	4	U	1		25	25	1	27	
9	P7	1	4	U	1	1	57	57	3	60	
10		Oxydation par autoclave									
11	R12	1	4	U	2	30	20	222	444	22	467
12	P13	1	4	U	2	11	1	17	35	2	37
13	P13	1	4	U	2	30	7	1200	2400	126	2520
14	P14	1	4	U	2	40	113	2692	5784	289	6073
15	R15	1	4	U	2	240	159	3514	7027	351	7377
16	V16	1	4	U	2		1	264	528	26	554
17	C17	1	4	U	2	1000	20	1	500	25	525
18	R18	1	4	U	2		18	180	360	18	378
19	R19	1	4	U	2		13	136	271	14	285
20	P20	1	4	U	2	11	1	17	34	2	36
21	P21	1	4	U	2	22	1	28	57	3	60
22	F22	1	4	U	3	33	41	480	1440	72	1512
23		Neutralisation de la pulpe									
24	R23	1	4	U	1	2	5	85	85	4	90
25	P24	1	4	U	1		6	17	17	1	18
26	R25	1	4	U	3	9	17	154	461	23	484
27	P26	1	4	U	1	3		17	17	1	18
28		Circuit d'eau									
29	P27	1	4	U	1	25	1	100	100	5	105
30	R28	1	4	U	1		12	300	300	15	315
31		INSTALLATION MATERIEL									
32		2	5	%	15%			22117		3318	3318
33		2	5	%	15%			22117		3318	3318
34		2	5	%	10%			22117		2212	2212
35		2	5	%	6%			22117		1327	1327
36		2	5	%	8%			22117		1769	1769
37		2	2	%	10%			22117		2212	2212
38		2	5	%	5%			22117		1106	1106
39		2	1	%	15%			22117		3318	3318
40		DIVERS NON DETAILLES.....									
41				5%				1052	53	929	2033
42		TOTAL UNITE OXYDATION									
43					563	445		22091	1105	19507	42703

A12

CAPITAL COST ESTIMATION										CODE 1=type dépense	
TRAITEMENT DE CONCENTRES OXYDATION DANS AUTOCLAVE										CODE 2=Classe amort	
SECTION Unite de traitement VARIANTE OXYDUC											
CAPACITE 25t/J											
Date: 24/ 2											
Lin	Item	SPECIFICATION EQUIPEMENTS					MONTANT INVESTISSE			TOTAL	
		N°	Cd	Qté	Puis. Inst.	Poids t	PRIX UNIT. FF	Fournit. 1	Transp. 5%		Travaux 3
1		CIRCUIT DE LA PULPE									
2		Préparation mécanique									
3	R1	1	4	U	1		10	10	1	11	
4	P2	1	4	U	1	1	23	23	1	24	
5	S3	1	4	U	1		2	2		2	
6	S4	1	4	U	1	1	102	102	5	107	
7	R5	1	4	U	1	25	5	317	317	16	333
8	R6	1	4	U	1		10	10	1	11	
9	P7	1	4	U	1	1	23	23	1	24	
10		Oxydation par autoclave									
11	R12	1	4	U	2	8	8	90	181	9	190
12	P13	1	4	U	2	3	7	14	14	1	15
13	P13	1	4	U	2	8	3	487	975	49	1023
14	P14	1	4	U	2	10	46	1175	2349	117	2466
15	R15	1	4	U	2	60	65	1427	2854	143	2997
16	V16	1	4	U	2		1	107	214	11	225
17	C17	1	4	U	2	3	8	203	10	213	
18	R18	1	4	U	2		7	73	146	7	154
19	R19	1	4	U	2		5	53	110	6	116
20	P20	1	4	U	2	3	7	14	1	14	
21	P21	1	4	U	2	6	12	23	1	24	
22	F22	1	4	U	3	8	17	195	585	29	614
23		Neutralisation de la pulpe									
24	R23	1	4	U	1	2	35	35	2	36	
25	P24	1	4	U	1		7	7	7	7	
26	R25	1	4	U	3	2	7	62	187	9	197
27	P26	1	4	U	1	1		7	7	7	
28		Circuit d'eau									
29	P27	1	4	U	1	6	41	41	2	43	
30	R28	1	4	U	1		5	122	122	6	128
31		INSTALLATION MATERIEL									
32		2	5	%	23%			8982		2042	2042
33		2	5	%	23%			8982		2042	2042
34		2	5	%	15%			8982		1361	1361
35		2	5	%	9%			8982		817	817
36		2	5	%	12%			8982		1089	1089
37		2	2	%	15%			8982		1361	1361
38		2	5	%	8%			8982		881	881
39		2	1	%	23%			8982		2042	2042
40		DIVERS NON DETAILLES.....									
41				5%				427	21	972	1020
42		TOTAL UNITE OXYDATION									
43					148	190		8982	449	12008	21439

A10

TRAITEMENT DE CONCENTRES OXYDATION DANS AUTOCLAVE		CAPITAL COST ESTIMATION				CODE 1-Type dépense			CODE 2-Classe amort				
SECTION		Unité de traitement VARIANTE OXYDUC				Date: 13/10/87							
CAPACITE		100t/j											
lin	Item	SPECIFICATION EQUIPEMENTS				MONTANT INVESTISSEMENT			TOTAL				
N°	N°	Cd	Cd	DESIGNATION DES EQUIPEMENTS	U	Qté	Puis. inst.	Poids t	PRIX UNIT. FF	Fournit. 1	Transp. 5%	Travaux 3	TOTAL
1				CIRCUIT DE LA PULPE									
2				Préparation mécanique									
3	R1	1	4	Bâche de 2 m3	U	1		1	25	25	1		27
4	P2	1	4	Pompe à pulpe 6m3/h	U	1	1		57	57	3		60
5	S3	1	4	Cyclone de 1 t/h dia=70mm	U	1			6	6			6
6	S4	1	4	Panneau tamisieur	U	1			250	250	13		263
7	B5	1	4	Broyeur à boulet de 6'x 7'	U	1	100	13	781	781	39		820
8	R6	1	4	Bâche de 2 m3	U	1			25	25	1		27
9	P7	1	4	Pompe à pulpe 6m3/h	U	1	1		57	57	3		60
10				Oxydation par autoclave									
11				Cuve agitée de 180 m3/h	U	2	30	20	222	444	22		467
12	R12	1	4	Pompe de 12 m3/h	U	2	11	1	17	35	2		37
13	P13	1	4	Pompe HP de 45 bars 0 à 12 m3/h	U	2	30	7	1200	2400	120		2520
14	P14	1	4	Autoclave agités 4 compartiments	U	2	40	113	2892	5784	289		6073
15	R15	1	4	Générateur de vapeur 18 10 <sup>6</sup> BTU	U	2	240	159	3514	7027	351		7379
16	V16	1	4	Valves et accessoires	U	2		1	264	528	26		554
17				Conduite de raccordement	m	1000		20	1	500	25		378
18	C17	1	4	Vase de détente et dégazage H=5m	U	2		18	180	360	18		378
19	R19	1	4	Réservoir de refroidissement	U	2		13	136	271	14		285
20	R19	1	4	Pompe de 12 m3/h	U	2	11	1	17	34	2		36
21	P20	1	4	Pompe de 14 m3/h HP	U	2	22	1	28	57	3		60
22	P21	1	4	Filter press haute température	U	3	33	41	480	1440	72		1512
23	F22	1	4	Neutralisation de la pulpe									
24				Cuve agitée de 1,8m3 revêtue caout.	U	1	2	5	85	85	4		90
25	R23	1	4	Pompe de 12 m3/h	U	1	6	1	17	17	1		18
26	P24	1	4	Cuve agitée de 50 m3	U	3	9	17	154	461	23		484
27	R25	1	4	Pompe de 12 m3/h	U	1	3		17	17	1		18
28	P26	1	4	Circuit d'eau									
29				Pompe de 100 m3/h	U	1	25	1	100	100	5		105
30				Château d'eau 100 m3	U	1		12	300	300	15		315
31				INSTALLATION MATERIEL	%	15%			22117		3318		3318
32	P27	1	4	TUYAUTERIES	%	15%			22117		3318		3318
33	R28	1	4	MATERIEL ELECTRIQUE	%	10%			22117		2212		2212
34				INSTRUMENTATION	%	6%			22117		1327		1327
35				STRUCTURE METALLIQUE	%	8%			22117		1769		1769
36				GENIE CIVIL	%	10%			22117		2212		2212
37				DISTRIBUTION FLUIDES	%	5%			22117		1106		1106
38				INGENIERIE	%	15%			22117		3318		3318
39				DIVERS NON DETAILLES.....	%				1052	53	929		2033
40				TOTAL UNITE OXYDATION			563	445	22091	1105	19507		42703

A11

TRAITEMENT DE CONCENTRES OXYDATION DANS AUTOCLAVE		CAPITAL COST ESTIMATION				CODE 1-Type dépense			CODE 2-Classe amort				
SECTION		Unité de traitement VARIANTE OXYDUC				Date: 13/10							
CAPACITE		50t/j											
lin	Item	SPECIFICATION EQUIPEMENTS				MONTANT INVESTISSEMENT			TOTAL				
N°	N°	C	C	DESIGNATION DES EQUIPEMENTS	U	Qté	Puis. inst.	Poids t	PRIX UNIT. FF	Fournit. 1	Transp. 5%	Travaux 3	TOTAL
1				CIRCUIT DE LA PULPE									
2				Préparation mécanique									
3	R1	1	4	Bâche	U	1			16	16	1		17
4	P2	1	4	Pompe à pulpe	U	1	1		37	37	2		38
5	S3	1	4	Cyclone	U	1			4	4			4
6	S4	1	4	Panneau tamisieur	U	1			159	159	8		167
7	B5	1	4	Broyeur à boulet	U	1	50	8	498	498	25		523
8	R6	1	4	Bâche	U	1			16	16	1		17
9	P7	1	4	Pompe à pulpe	U	1	1		37	37	2		38
10				Oxydation par autoclave									
11				Cuve agitée	U	2	15	13	142	283	14		297
12	R12	1	4	Pompe	U	2	6	1	11	22	1		23
13	P13	1	4	Pompe HP de 45 bars	U	2	15	5	765	1529	76		1606
14	P14	1	4	Autoclave agités 4 compar	U	2	20	72	1843	3686	184		3870
15	R15	1	4	Générateur de vapeur	U	2	120	101	2239	4478	224		4702
16	V16	1	4	Valves et accessoires	U	2		1	168	336	17		353
17				Conduite de raccordement	m	1000		13	13	319	16		335
18	C17	1	4	Vase de détente et dégazage	U	2		12	115	229	11		241
19	R19	1	4	Réservoir de refroidissement	U	2		8	86	173	9		181
20	R19	1	4	Pompe de 12 m3/h	U	2	6	1	11	22	1		23
21	P20	1	4	Pompe de 14 m3/h HP	U	2	11	1	18	36	2		38
22	P21	1	4	Filter press haute tempér	U	3	17	26	306	918	46		964
23	F22	1	4	Neutralisation de la pulpe									
24				Cuve agitée revêtue caout	U	1	1	3	54	54	3		57
25	R23	1	4	Pompe	U	1	3	1	11	11	1		12
26	P24	1	4	Cuve agitée	U	3	5	11	98	294	15		309
27	R25	1	4	Pompe	U	1	2		11	11	1		12
28	P26	1	4	Circuit d'eau									
29				Pompe de 100 m3/h	U	1	13		64	64	3		67
30				Château d'eau	U	1		8	191	191	10		201
31				INSTALLATION MATERIEL	%	18%			14095		2603		2603
32				TUYAUTERIES	%	18%			14095		2603		2603
33				MATERIEL ELECTRIQUE	%	12%			14095		1735		1735
34				INSTRUMENTATION	%	7%			14095		1041		1041
35				STRUCTURE METALLIQUE	%	10%			14095		1388		1388
36				GENIE CIVIL	%	12%			14095		1735		1735
37				DISTRIBUTION FLUIDES	%	6%			14095		868		868
38				INGENIERIE	%	18%			14095		2603		2603
39				DIVERS NON DETAILLES.....	%		5%	14	14	670	34	729	1433
40				TOTAL UNITE OXYDATION			296	298	14094	705	15305		30104

ANNEXE A13, A14, A15

*Usine de cyanuration semi-mobile*

\* \* \*





**ANNEXE A16**

**USINE FLOTTATION**

-----



**ANNEXE A17, 18, 19, 20**

**Coûts opératoires des procédés**

**A17 - bactérien**

**A18 - autoclave/air comprimé**

**A19 - autoclave/oxygène plant**

**A20 - autoclave/oxygène oxyduc**

\* \* \*

# A17

## EVALUATION DES COUTS DE FONCTIONNEMENT

### USINE DE FLOTTATION ET OXYDATION BACTERIENNE

#### CAPACITE:

300t/j  
330j/an

300t/j  
330j/an

300t/j  
330j/an

1- FLOTTATION	Q	Q/an	PU	total	Repart. \$	Unite	Q	Q/an	PU	total	Repart. \$	Unite	Q	Q/an	PU	total	Repart. \$
Energie électrique		3960000	500	1584000	15,8%	Kw/h	500	3960000	500	1584000	15,8%	Kw/h	500	3960000	500	1584000	15,8%
Consommables																	
Aciers	3	297000	6	1782000		Kg/t	3	297000	6	1782000		Kg/t	3	297000	6	1782000	
Réactifs	8	79200	12	950400		Kg/t	8	79200	12	950400		Kg/t	8	79200	12	950400	
Huiles et graisses	0,02	1980	15	29700		Kg/t	0,02	1980	15	29700		Kg/t	0,02	1980	15	29700	
Pièces de rechange	0,05	1200000	0	600000	33,6%	\$ inv	0,05	1200000	0	600000	33,6%	\$ inv	0,05	1200000	0	600000	33,6%
Personnel																	
Ingénieurs	1	331975	1355	331975		effect	1	331975	1355	331975		effect	1	331975	1355	331975	
Techniciens	5	1130675	923	1130675	45,8%	effect	5	1130675	923	1130675	45,8%	effect	5	1130675	923	1130675	45,8%
Ouvriers	15	3123750	850	3123750		effect	15	3123750	850	3123750		effect	15	3123750	850	3123750	
Divers	0,05	476625	0	476625	4,8%	\$	0,05	476625	0	476625	4,8%	\$	0,05	476625	0	476625	4,8%
TOTAL				10009125						10009125						10009125	
SOIT COUT A LA TONNE IV. 101																	

#### CAPACITE:

250t/j

500t/j

1000t/j

2- OXYDATION	Q	Q/an	PU	total	Repart. \$	Unite	Q	Q/an	PU	total	Repart. \$	Unite	Q	Q/an	PU	total	Repart. \$
Energie électrique		1311552	165,6	524671	10,6%	Kw/h	165,6	1311552	165,6	524671	10,6%	Kw/h	165,6	1311552	165,6	524671	10,6%
Consommables																	
Chaux	40	330000	5	165000		Kg/t	40	330000	5	165000		Kg/t	40	330000	5	165000	
Réactifs	28	231000	4	924000		Kg/t	28	231000	4	924000		Kg/t	28	231000	4	924000	
Huiles et graisses	0,01	82,5	15	1238		Kg/t	0,01	82,5	15	1238		Kg/t	0,01	82,5	15	1238	
Pièces de rechange	0,04	690000	0	276000	27,5%	\$ inv	0,04	690000	0	276000	27,5%	\$ inv	0,04	690000	0	276000	27,5%
Personnel																	
Ingénieurs	1	331975	1355	331975		effect	1	331975	1355	331975		effect	1	331975	1355	331975	
Techniciens	5	1130675	923	1130675	57,1%	effect	5	1130675	923	1130675	57,1%	effect	5	1130675	923	1130675	57,1%
Ouvriers	7	1379378	850	1379378		effect	7	1379378	850	1379378		effect	7	1379378	850	1379378	
Divers	0,05	236372	0	236372	4,8%	\$	0,05	236372	0	236372	4,8%	\$	0,05	236372	0	236372	4,8%
TOTAL				4963818						4963818						4963818	
SOIT COUT A LA TONNE IV. 50																	
A LA TONNE DE CONCENTRE 602																	

#### CAPACITE:

250t/j

500t/j

1000t/j

3- CYANURATION	Q	Q/an	PU	total	Repart. \$	Unite	Q	Q/an	PU	total	Repart. \$	Unite	Q	Q/an	PU	total	Repart. \$
Energie électrique		653400	82,5	281360	3,2%	Kw/h	82,5	653400	82,5	281360	3,2%	Kw/h	82,5	653400	82,5	281360	3,2%
Consommables																	
Chaux	120	990000	5	495000		Kg/t	120	990000	5	495000		Kg/t	120	990000	5	495000	
Réactifs	20	165000	11	1815000		Kg/t	20	165000	11	1815000		Kg/t	20	165000	11	1815000	
Détoxication	25	206250	18	3712500		Kg/t	25	206250	18	3712500		Kg/t	25	206250	18	3712500	
Huiles et graisses	0,01	82,5	15	1238		Kg/t	0,01	82,5	15	1238		Kg/t	0,01	82,5	15	1238	
Pièces de rechange	0,04	382368	0	152947	75,4%	\$ inv	0,04	382368	0	152947	75,4%	\$ inv	0,04	382368	0	152947	75,4%
Personnel																	
Ingénieurs	0	0	1355	678405	0	effect	0	0	1355	678405	0	effect	0	0	1355	678405	0
Techniciens	3	686969	850	686969	16,7%	effect	3	686969	850	686969	16,7%	effect	3	686969	850	686969	16,7%
Ouvriers	3	686969	850	686969		effect	3	686969	850	686969		effect	3	686969	850	686969	
Divers	0,05	390171	0	390171	4,8%	\$	0,05	390171	0	390171	4,8%	\$	0,05	390171	0	390171	4,8%
TOTAL				8193590						8193590						8193590	
SOIT COUT A LA TONNE IV. 83																	
A LA TONNE DE CONCENTRE 993																	
COUT TOTAL A LA TONNE TV 375																	

# A18

24 / 2/AR

EVALUATION DES COUTS DE FONCTIONNEMENT

USINE DE FLOTATION ET OXYDATION SOUS PRESSION VARIANTE COMPRESSEUR

CAPACITE: 300t/j  
330j/an

	0	Q/an	PU	total	Répart. \$	Unite	Q/an	PU	total	Répart. \$	Unite	Q/an	PU	total	Répart. \$	
<b>1- FLOTATION</b>																
Energie électrique	500	3960000	4	1584000	15,88	Kw/h	500	3960000	4	1584000	15,88	500	3960000	4	1584000	15,88
Consommables																
Réactifs	3	297000	6	1782000		Kg/t	3	297000	6	1782000		3	297000	6	1782000	
Chaux	8	72700	12	950400		Kg/t	8	72700	12	950400		8	72700	12	950400	
Pièces de rechange	0,02	1980	15	23700		\$ Inv	0,02	1980	15	23700		0,02	1980	15	23700	
	0,05	12000000	0	600000	33,68	\$ Inv	0,05	12000000	0	600000	33,68	0,05	12000000	0	600000	33,68
Personnel																
Ingénieurs	1		1355	331975		effect	1		1355	331975		1		1355	331975	
Techniciens	5		923	1130675		effect	5		923	1130675		5		923	1130675	
Ouvriers	15		850	3123750	45,88	effect	15		850	3123750	45,88	15		850	3123750	45,88
Divers						\$	0,05			476625	4,88	0,05			476625	4,88
TOTAL.....				10009125						10009125					10009125	
SOIT COUT A LA TONNE TV.										101					101	

CAPACITE: 50250

	0	Q/an	PU	total	Répart. \$	Unite	Q/an	PU	total	Répart. \$	Unite	Q/an	PU	total	Répart. \$	
<b>2-OXYDATION</b>																
Energie électrique	601,6	4764672	4	1905869	27,18	Kw/h	1202,4	9523008	4	3809763	35,88	2290,4	18139968	4	7255987	42,74
Consommables																
Chaux	40	330000	5	165000		Kg/t	40	330000	5	165000		40	330000	5	165000	
Fuel	75	618750	1	618750		Kg/t	75	618750	1	618750		75	618750	1	618750	
Huiles et graisses	0,01	82,5	15	1238		Kg/t	0,01	82,5	15	1238		0,01	82,5	15	1238	
Pièces de rechange	0,04	12000000	0	480000	18,08	\$ Inv	0,04	12000000	0	480000	18,08	0,04	12000000	0	480000	18,08
Personnel																
Ingénieurs	1		1355	331975		effect	1		1355	331975		1		1355	331975	
Techniciens	5		923	1130675		effect	5		923	1130675		5		923	1130675	
Ouvriers	10		850	2660906	50,18	effect	10		850	2660906	50,18	10		850	2660906	50,18
Divers						\$	0,05			334721	4,88	0,05			334721	4,88
TOTAL.....				7029133						7029133					7029133	
SOIT COUT A LA TONNE TV.										71					71	
A LA TONNE DE CONCENTRE										852					852	

CAPACITE: 25t/j

	0	Q/an	PU	total	Répart. \$	Unite	Q/an	PU	total	Répart. \$	Unite	Q/an	PU	total	Répart. \$	
<b>3-CYANURATION</b>																
Energie électrique	82,5	4534000	4	261360	3,24	Kw/h	165	1306800	4	522720	3,58	330	2613600	4	1045440	3,74
Consommables																
Chaux	120	990000	5	495000		Kg/t	120	990000	5	495000		120	990000	5	495000	
Réactifs	20	165000	11	1815000		Kg/t	20	165000	11	1815000		20	165000	11	1815000	
Pâte de papier	25	206250	18	3712500		Kg/t	25	206250	18	3712500		25	206250	18	3712500	
Huiles et graisses	0,01	82,5	15	1238		Kg/t	0,01	82,5	15	1238		0,01	82,5	15	1238	
Pièces de rechange	0,04	3873682	0	152947	75,48	\$ Inv	0,04	3873682	0	152947	75,48	0,04	3873682	0	152947	75,48
Personnel																
Ingénieurs	0		1355	331975		effect	0		1355	331975		0		1355	331975	
Techniciens	3		923	678405		effect	3		923	678405		3		923	678405	
Ouvriers	3		850	686969	16,78	effect	3		850	686969	16,78	3		850	686969	16,78
Divers						\$	0,05			390171	4,88	0,05			390171	4,88
TOTAL.....				8193570						8193570					8193570	
SOIT COUT A LA TONNE TV.										83					83	
A LA TONNE DE CONCENTRE										993					993	
COUT TOTAL A LA TONNE TV										361					361	

# A19

## EVALUATION DES COUTS DE FONCTIONNEMENT 24/ 2/88

### USINE DE FLOTATION ET OXYDATION SOUS PRESSION VARIANTE UNITE PRODUCTION 02

CAPACITE:  
J7/RRV./AN

300t/j  
330j/an

#### 1- FLOTATION

	Unité	Q/an	PU	total	Répart. \$	Unité	Q/an	PU	total	Répart. \$	Unité	Q/an	PU	total	Répart. \$
Energie électrique	Kw/h	500	3960000	1584000	15,88	Kw/h	500	3960000	1584000	15,88	Kw/h	500	3960000	1584000	15,88
Consommables															
Aciers	Kg/t	3	297000	1782000		Kg/t	3	297000	1782000		Kg/t	3	297000	1782000	
Réactifs	Kg/t	8	79200	950400		Kg/t	8	79200	950400		Kg/t	8	79200	950400	
Huiles et graisses	Kg/t	02	1980	29700		Kg/t	02	1980	29700		Kg/t	02	1980	29700	
Plâces de rechange	\$ Inv	05	12000000	600000	33,68	\$ Inv	05	12000000	600000	33,68	\$ Inv	05	12000000	600000	33,68
Personnel															
Ingénieurs	effect	1	1355	331975		effect	1	1355	331975		effect	1	1355	331975	
Techniciens	effect	5	923	1130675		effect	5	923	1130675		effect	5	923	1130675	
Ouvriers	effect	15	850	3123750	45,88	effect	15	850	3123750	45,88	effect	15	850	3123750	45,88
Divers	\$	05		476625	4,88	\$	05		476625	4,88	\$	05		476625	4,88
TOTAL.....				10009125					10009125					10009125	
SOIT COUT A LA TONNE IV.				101					101					101	

#### CAPACITE:

300t/j  
330j/an

#### 2-OXYDATION

	Unité	Q/an	PU	total	Répart. \$	Unité	Q/an	PU	total	Répart. \$	Unité	Q/an	PU	total	Répart. \$
Energie électrique	Kw/h	433,6	3434112	1373645	19,98	Kw/h	433,6	3434112	1373645	19,98	Kw/h	433,6	3434112	1373645	19,98
Consommables															
Chaux	Kg/t	40	330000	165000		Kg/t	40	330000	165000		Kg/t	40	330000	165000	
Fuel	Kg/t	75	618750	1856250		Kg/t	75	618750	1856250		Kg/t	75	618750	1856250	
Huiles et graisses	Kg/t	01	82,5	1238		Kg/t	01	82,5	1238		Kg/t	01	82,5	1238	
Plâces de rechange	\$ Inv	04	27415000	896600	24,38	\$ Inv	04	27415000	896600	24,38	\$ Inv	04	27415000	896600	24,38
Personnel															
Ingénieurs	effect	1	1355	331975		effect	1	1355	331975		effect	1	1355	331975	
Techniciens	effect	5	923	1130675		effect	5	923	1130675		effect	5	923	1130675	
Ouvriers	effect	10	850	2060906	51,08	effect	10	850	2060906	51,08	effect	10	850	2060906	51,08
Divers	\$	05		328939	4,88	\$	05		328939	4,88	\$	05		328939	4,88
TOTAL.....				6907728					6907728					6907728	
SOIT COUT A LA TONNE IV.				20					20					20	
A LA TONNE DE CONCENTRE				837					837					837	

#### CAPACITE:

300t/j  
330j/an

#### 3-CYANURATION

	Unité	Q/an	PU	total	Répart. \$	Unité	Q/an	PU	total	Répart. \$	Unité	Q/an	PU	total	Répart. \$
Energie électrique	Kw/h	82,5	651400	261360	3,28	Kw/h	82,5	651400	261360	3,28	Kw/h	82,5	651400	261360	3,28
Consommables															
Chaux	Kg/t	120	990000	495000		Kg/t	120	990000	495000		Kg/t	120	990000	495000	
Réactifs	Kg/t	20	165000	1815000		Kg/t	20	165000	1815000		Kg/t	20	165000	1815000	
Détoxication	Kg/t	25	706250	3712500		Kg/t	25	706250	3712500		Kg/t	25	706250	3712500	
Huiles et graisses	Kg/t	01	82,5	1238		Kg/t	01	82,5	1238		Kg/t	01	82,5	1238	
Plâces de rechange	\$ Inv	04	3023482	152947	75,48	\$ Inv	04	3023482	152947	75,48	\$ Inv	04	3023482	152947	75,48
Personnel															
Ingénieurs	effect	0	1355	0		effect	0	1355	0		effect	0	1355	0	
Techniciens	effect	3	923	678105		effect	3	923	678105		effect	3	923	678105	
Ouvriers	effect	3	850	686969	16,78	effect	3	850	686969	16,78	effect	3	850	686969	16,78
Divers	\$	05		390171	4,88	\$	05		390171	4,88	\$	05		390171	4,88
TOTAL.....				8193590					8193590					8193590	
SOIT COUT A LA TONNE IV.				83					83					83	
A LA TONNE DE CONCENTRE				983					983					983	
COUT TOTAL A LA TONNE IV				254					254					254	

# A20

## EVALUATION DES COUTS DE FONCTIONNEMENT

### USINE DE FLOTTATION ET OXYDATION SOUS PRESSION VARIANTE OXYDC

CAPACITE:  
3711000/AN

300t/j  
330j/an

24/ 2/88

300t/j  
330j/an

	0	Q/an	PU	total	Répart. \$	Unite	Q/an	PU	total	Répart. \$
<b>1- FLOTTATION</b>										
Energie électrique	500	3960000	4	1584000	15,81	Kwh	500	3960000	4	1584000
Consommables										
Aciers	3	297000	6	1782000		Kg/t	3	297000	6	1782000
Reactifs	12	954000	12	954000		Kg/t	12	954000	12	954000
Huiles et graisses	0,02	1980	15	29700		Kg/t	0,02	1980	15	29700
Pièces de rechange	0,05	12000000	0	600000	33,68	\$ Inv	0,05	12000000	0	600000
Personnel										
Ingénieurs	1	331975	1355	331975		effect	1	331975	1355	331975
Techniciens	5	1130675	923	1130675		effect	5	1130675	923	1130675
Ouvriers	15	3123750	850	3123750	45,81	effect	15	3123750	850	3123750
Divers	0,05	476625	0,05	476625	4,81	\$	0,05	476625	0,05	476625
TOTAL				10009125						10009125
SOLL COUT A LA TONNE IV.				101						101

CAPACITE:  
25t/j

50t/j

100t/j

	0	Q/an	PU	total	Répart. \$	Unite	Q/an	PU	total	Répart. \$
<b>2-OXYDATION</b>										
Energie électrique	118,4	937728	4	375091	4,31	Kwh	236,8	1873456	4	750182
Consommables										
Chaux	40	330000	5	165000		Kg/t	40	330000	5	165000
Oxygene	434	3580500	4	1432200		M3/t	434	3580500	4	1432200
Fuel	75	618750	1	618750		Kg/t	75	618750	1	618750
Huiles et graisses	0,01	82,5	15	1238		Kg/t	0,01	82,5	15	1238
Pièces de rechange	0,04	8982000	0	359280	30,81	\$ Inv	0,04	14094000	0	563760
Personnel										
Ingénieurs	1	331975	1355	331975		effect	1	331975	1355	331975
Techniciens	5	1130675	923	1130675		effect	5	1130675	923	1130675
Ouvriers	10	2060906	850	2060906	42,21	effect	10	2060906	850	2060906
Transports sur 600 km	25	8250	180	1485000	17,81	t	50	16500	180	2970000
Divers	0,05	398006	0,05	398006	4,81	\$	0,05	635912	0,05	635912
TOTAL				8358121						8358121
SOLL COUT A LA TONNE IV.				84						84
A LA TONNE DE CONCENTRE				1013						1013

CAPACITE:  
25t/j

50t/j

100t/j

	0	Q/an	PU	total	Répart. \$	Unite	Q/an	PU	total	Répart. \$
<b>3-CYANURATION</b>										
Energie électrique	82,5	653400	4	261360	3,21	Kwh	165	1306800	4	522720
Consommables										
Chaux	120	990000	5	495000		Kg/t	120	990000	5	495000
Reactifs	20	165000	11	165000		Kg/t	20	165000	11	165000
Déflottation	25	206250	18	3712500		Kg/t	25	472500	18	7425000
Huiles et graisses	0,01	82,5	15	1238		Kg/t	0,01	165	15	2475
Pièces de rechange	0,04	3823682	0	152947	75,48	\$ Inv	0,04	6000000	0	240000
Personnel										
Ingénieurs	1	331975	1355	331975		effect	1	331975	1355	331975
Techniciens	5	1130675	923	1130675		effect	5	1130675	923	1130675
Ouvriers	3	678405	850	678405	16,71	effect	3	678405	850	678405
Divers	0,05	390171	0,05	390171	4,81	\$	0,05	716718	0,05	716718
TOTAL				8193590						8193590
SOLL COUT A LA TONNE IV.				83						83
A LA TONNE DE CONCENTRE				993						993
COUT TOTAL A LA TONNE TV				268						268