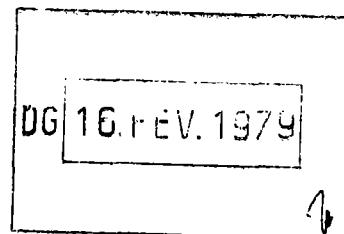


MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

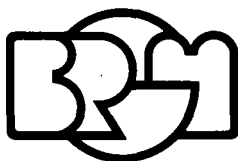
B.P. 6009 - 45018 Orléans Cédex - Tél.: (38) 63.80.01



**ÉTUDE PRÉLIMINAIRE
DU TRAITEMENT DU MINÉRAI D'ANTIMOINE DE QUIMPER
(Finistère)**

par

J. LIBAUDE - C. VAUTRELLE



Département minéralurgie

B.P. 6009 - 45018 Orléans Cédex - Tél.: (38) 63.80.01

78 SGN 675 MIN

Décembre 1978

R E S U M E

L'étude du traitement du minerai d'antimoine de Quimper a été entreprise au Département Minéralurgie du B.R.G.M. à la demande de la Division Vendée-Bretagne.

Deux types d'échantillons provenant de filons différents ont été étudiés :

- le filon de TY GARDIEN, contenant 20 % environ d'antimoine sous forme de stibine Sb_2S_3 ,
- le filon de KERVEADY, titrant 5,5 % Sb sous forme de berthierite Sb_2S_3 FeS.

La gangue est, dans les deux cas, constituée en grande partie de quartz.

Les essais de traitement permettent de conclure qu'il sera possible, par flottation, d'obtenir les résultats minéralurgiques suivants :

	Teneur concentré	Récupér. métal
Ty Gardien	65 %	90 %
Kerveady	45 %	85 %

En se fondant sur les teneurs d'entrée de chaque minerai, et les résultats ci-dessus, on calcule qu'en traitant un tonnage égal de chaque filon, on obtient un concentré à 60 % d'antimoine, avec une récupération de 89 %.

Un schéma de traitement est proposé. Un essai pilote sur quelques tonnes pourrait être réalisé, à la faveur de nouveaux travaux miniers.

TABLE DES MATIERES

P a g e s

R E S U M E

1. <u>ORIGINE DES ECHANTILLONS</u>	1
2. <u>ANALYSE CHIMIQUE GENERALE</u>	2
2.1. Minerai Ty Gardien	2
2.2. Minerai de Kerveydy	4
3. <u>ANALYSE GRANULOMETRIQUE</u>	5
3.1. Echantillon de Ty Gardien	5
3.2. Echantillon de Kerveydy	6
4. <u>ESSAIS DE TRAITEMENT PAR FLOTTATION</u>	7
4.1. Généralités sur le traitement des minerais d'antimoine ...	7
4.2. Conditions expérimentales	7
4.3. Résultats expérimentaux	8
431. Minerai de Ty Gardien	8
432. Minerai de Kerveydy	10
4.4. Analyse en plomb et arsenic de concentrés de flottation ..	12
5. <u>CONCLUSIONS</u>	17

0
ooo

<u>ANNEXE</u> : Bilans chimiques des essais de flottation : essais 1 à 7 Ty Gardien - essais 8 à 15 Kerveydy	20
---	----

0
0 0

L'étude du traitement du minerai d'antimoine de Quimper a été entreprise au Département Minéralurgie à la demande de la Division Vendée-Bretagne.

Les échantillons reçus à Orléans ont été prélevés, à la faveur des travaux miniers de reconnaissance, aux lieux-dits Ty Gardien et Kerveady.

L'objectif de l'étude est, à partir des lots reçus, d'élaborer un schéma de traitement permettant l'obtention de concentré marchand (teneur Sb \geq 60 %) avec la récupération métal maximale (\geq 90 %).

1. ORIGINE DES ECHANTILLONS .

Quatre échantillons d'environ 50 kg chacun, provenant des deux filons explorés en travaux miniers, sont parvenus au Département Minéralurgie :

- filon de Ty Gardien

- . 1 échantillon composite formé à partir des différents rainurages, de granulométrie 0-10 mm,
- . 1 échantillon de morceaux de minerai schéidés à la main, de dimension variant de 50 à 100 mm.

- filon de Kerveady

- . 1 échantillon composite provenant des rainurages pratiqués dans la zone Est (plus pauvre) de granulométrie 0-100 mm,
- . 1 échantillon composite provenant des rainurages pratiqués dans la zone Ouest (plus riche) de granulométrie 0-10 mm.

Il était prévu d'étudier sur le minerai de stibine de Ty Gardien, outre l'aptitude à la flottation, les possibilités de préconcentration des fractions grossières. Dans ce but, un lot de minerai extrait par rainurage d'un front de taille et comprenant à la fois le filon et une partie de ses épontes, avait été demandé. Malheureusement, par suite de l'arrêt des travaux miniers, cet échantillon n'a pas pu nous être fourni.

Cette étude a donc été limitée à des essais de flottation.

Pour simplifier l'étude, deux seulement des quatre échantillons ont été utilisés :

pour Ty Gardien, l'échantillon composite 0-10 mm,

pour Kerveady, l'échantillon composite 0-10 mm provenant de la zone Ouest (plus riche).

2. ANALYSE CHIMIQUE GENERALE .

L'analyse chimique générale des deux lots retenus pour les essais a donné les résultats suivants :

2.1. Minerai de Ty Gardien .

<u>Majeurs</u>		<u>Traces</u>	
	%		ppm
SiO ₂	58,20	Cu	15
Sb	21,82	Pb	1 870
S	7,30	Zn	270
Al ₂ O ₃	6,30	Hg	non détecté
Fe	0,60	Sn	12
MnO	0,02	As	800
CaO	0,25	Au	≤ 0,1
MgO	0,16		
Na ₂ O	0,31		
K ₂ O	1,35		
P ₂ O ₅	0,10		
H ₂ O ⁻	0,45		
H ₂ O ⁺	1,75		
<hr/>			
98,61			

Comme prévu, l'analyse d'un échantillon du filon Ty Gardien révèle un fort contenu en antimoine (21,8 %).

L'examen des teneurs en soufre, fer et antimoine montre que celui-ci est exprimé uniquement sous forme de stibine Sb₂ S₃ et qu'il n'y a prati-

quement pas de pyrite. La stibine représente 30 % en poids du minerai tout-venant. La gangue est composée, en grande partie, de quartz, accompagné de silicate d'alumine (feldspath et argile).

Certains éléments en traces, qui pourraient nuire à la qualité des concentrés, ont aussi été dosés. Les concentrés standard doivent titrer moins de 0,5 % pour la somme Pb + As, et si possible moins de 0,2 % pour chacun des deux éléments.

En supposant que l'on obtienne, par flottation, un concentré titrant juste 60 % Sb (teneur du concentré standard) et un stérile à 2 % Sb, le rendement-poids sera de 34 %. Si l'on suppose, de plus, que la totalité du plomb et de l'arsenic se retrouve dans le concentré, celui-ci titrera alors :

$$\begin{aligned}\text{As} &= 2\,350 \text{ ppm} = 0,23 \% \\ \text{Pb} &= 5\,500 \text{ ppm} = 0,55 \%\end{aligned}$$

Un tel concentré ne répondrait donc pas aux spécifications marchandes quant à la teneur en Pb et As.

Cependant, les teneurs trouvées ici pour Pb et As, nous ont semblé élevées, et ont conduit à une série de vérifications. Celles-ci sont exposées, avec les analyses de concentrés, au chapitre 4.4. ; mais on peut déjà dire que les valeurs ci-dessus ont été confirmées.

L'analyse de l'échantillon de Ty Gardien montre donc que la stibine est le seul porteur d'antimoine et aussi pratiquement le seul sulfure présent dans le minerai. Son traitement par flottation devrait donc être facile. La teneur maximale théorique du concentré obtenu est de 71,7 % Sb.

2.2. Minerai de Kerveady (zone Ouest) .

<u>Majeurs</u>		<u>Traces</u>	
	%		ppm
SiO ₂	76,60	Cu	18
Sb	5,29	Pb	54
S	2,45	Zn	50
Al ₂ O ₃	7,90	Hg	non détecté
Fe	1,47	Sn	10
MnO	0,02	As	600
CaO	0,25	Au	≤ 0,1
MgO	0,23		
Na ₂ O	0,35		
K ₂ O	1,90		
P ₂ O ₅	0,10		
H ₂ O ⁻	0,30		
H ₂ O ⁺	2,45		
<hr/>			
99,31			

Le contenu en antimoine est cette fois beaucoup plus faible que précédemment. Une autre différence importante d'avec le filon de Ty Gardien est révélée par l'examen des teneurs Sb, Fe et S : la plus grande part de l'antimoine est contenue dans de la berthierite, FeS Sb₂ S₃ représentant environ 9 % en poids du tout-venant. La teneur maximale théorique des concentrés ne sera donc que de 57 % Sb. L'examen minéralogique des sections polies (étude R. SERMENT - février 1978) met aussi en évidence la présence de pyrite et de stibine en faible quantité.

La gangue est composée en majeure partie de quartz (70 %) accompagné de silicates d'alumine. Le dosage des éléments en traces révèle un contenu en plomb et zinc, nettement inférieur au cas précédent, tandis que l'arsenic reste du même ordre de grandeur.

En procédant au même type de calcul que pour Ty Gardien, on trouve un rendement-poids pour un concentré titrant 50 % Sb, égal à 9 % (stérile supposé à 1 % Sb).

Si la totalité du plomb et de l'arsenic passait dans le concentré, celui-ci titrerait :

As = 6 670 ppm = 0,66 %

Pb = 600 ppm = 0,06 %.

Un tel concentré ne répondrait donc pas aux spécifications marchandes quant à la teneur en arsenic. Cependant, la même remarque que pour Ty Gardien peut être faite. Ce point sera discuté au chapitre 4.4., où des teneurs en As et Pb de concentrés schéidés sont données.

L'analyse de l'échantillon de Kerveydy montre que le minéral porteur d'antimoine est la berthierite ; la stibine est aussi présente ainsi que la pyrite. La concentration par flottation ne devrait pas poser de problème, mais les concentrés obtenus ne titreront certainement pas plus de 50 % Sb, ce qui constitue un handicap supplémentaire, en plus de leur teneur faible en antimoine, à la mise en valeur des filons de Kerveydy.

3. ANALYSE GRANULOMETRIQUE .

3.1. Echantillon de Ty Gardien .

L'analyse granulométrique d'un échantillon tout-venant de Ty Gardien, réduit à moins 2 mm, donne les résultats suivants :

Ø mm	Poids %	Poids % cumulé	% Sb	Distrib. Sb	Distrib. Sb cumulée
+ 2	3,97	3,97	19,78	3,59	3,59
+ 1 - 2	25,63	29,60	14,97	17,56	21,15
+ 0,63 - 1	13,21	42,81	17,72	10,71	31,86
+ 0,315 - 0,63	14,99	57,80	22,14	15,19	47,05
+ 0,160 - 0,315	10,51	68,31	24,72	11,89	58,94
< 0,160	31,69	100,00	28,30	41,06	100,00
Total	100,00	-	21,85	100,00	-

La fraction fine (< 160 µm) est nettement enrichie en antimoine ; en revanche, les fractions les plus grossières ont une teneur légèrement in-

férieure à celle du tout-venant. La stibine commence à se libérer dès la taille du millimètre et se concentre dans les fractions les plus fines, ce qui atteste de la fragilité de ce minéral. Le broyage d'un tel minerai devra donc être conduit avec précaution pour éviter le surbroyage de la stibine.

Pour les essais de flottation de cet échantillon, il a été décidé de réduire le produit jusqu'à la maille de 160 μm , à laquelle les différents minéraux semblent suffisamment libérés.

3.2. Echantillon de Kerveady .

Les résultats sont les suivants :

\emptyset mm	Poids %	Poids % cumulé	% Sb	Distrib. Sb	Distrib. Sb cumulée
+ 2	3,70	3,70	7,04	4,80	4,80
+ 1 - 2	26,89	30,59	4,89	24,26	29,06
+ 0,63 - 1	15,68	46,27	4,35	12,57	41,63
+ 0,315-0,63	16,82	63,09	4,44	13,77	55,40
+0,160-0,315	10,95	74,04	5,36	10,82	66,22
< 0,160	25,96	100,00	7,06	33,78	100,00
Total	100,00	-	5,42	100,00	-

Le même phénomène que précédemment apparaît ici, mais de façon moins accentuée. Le minéral porteur de l'antimoine, essentiellement la berthierite, se concentre dans la fraction inférieure à 160 μm . Le broyage du minerai avant flottation a été choisi, comme pour Ty Gardien, à la maille de 160 μm .

4. ESSAIS DE TRAITEMENT PAR FLOTTATION .

4.1. Généralités sur le traitement des minerais d'antimoine .

Les minerais d'antimoine sont souvent simplement schéidés à la sortie de la mine. Les techniques gravimétriques classiques applicables aux fragments grossiers, jigs par exemple, sont souvent écartées à cause de la fragilité de la stibine, qui entraînerait de trop grandes pertes en métal dans les stériles. Les fractions fines, cependant, sont quelquefois enrichies sur tables à secousses. En revanche, l'utilisation de milieu dense, bien que peu courante sur ces minerais, peut être envisagée : la fraction entre les fragments est, en effet, moindre en bac statique qu'avec les jigs.

Le traitement classique du minerai d'antimoine est essentiellement la flottation. Le collecteur utilisé est le plus souvent un amyloxanthate. La gamme de pH favorable à une bonne flottation de la stibine se situe dans le domaine légèrement acide, entre 5 à 7. Cependant, en présence de pyrite, il est nécessaire de travailler en pH plus élevé (8 à 9) pour déprimer celle-ci et d'activer la stibine à l'aide de sels de plomb ou de cuivre. Cependant, l'activation de la stibine par les ions plomb ou cuivre est fréquente, même en absence de pyrite : la stibine est en effet un minéral qui flotte assez difficilement, et les temps de flottation risqueraient d'être très longs sans une activation préalable.

Les essais de flottation sur les échantillons de Ty Gardien et Kerveady ont été menés en prenant en considération ces données. Les paramètres testés ont été : la quantité de collecteur, le pH, la présence et la nature des activants de la stibine, ainsi que la maille de réduction du minerai.

4.2. Conditions expérimentales .

. Broyage .

- broyeur laboratoire type Minemet,
- vitesse : 40 t/min,
- 16 boulets Ø 50 mm,
- pourcentage solide de la pulpe : 60 %.

. Flottation .

- cellule de laboratoire type Denver,
- capacité : 2,5 l pour dégrossissage et épuisage
1,5 l pour lavage des concentrés,
- collecteur : amylxanthate de potassium (AXK)
(cyanamid),
- moussant : huile de pin
Dowfroth 1012 (DOW)
- activant : sulfate de cuivre
nitrate de plomb,
- déprimant (pyrite) : chaux,
- régulateur de pH : acide sulfurique,
- masse de minerai : 800 g/essai,
- pourcentage solide de la pulpe : 25 %.

4.3. Résultats expérimentaux .

431. Minerai de Ty Gardien .

a) répartition granulométrique de l'antimoine après broyage .

Après 15 minutes de broyage dans les conditions ci-dessus, l'analyse granulométrique du minerai donne les résultats suivants :

Ø µm	Poids %	Poids % cumulé	Sb %	Distrib. Sb	Distrib. Sb cumulée
+ 500	0,07	0,07	5,64	0,02	0,02
+ 315 - 500	0,40	0,47	7,49	0,13	0,15
+ 200 - 315	2,52	2,99	15,80	1,79	1,94
+ 160 - 200	4,30	7,29	16,35	3,16	5,10
+ 125 - 160	9,35	16,64	17,15	7,22	12,32
+ 100 - 125	7,18	23,82	21,00	6,79	19,11
+ 80 - 100	8,49	32,31	20,01	7,64	26,75
+ 40 - 80	23,93	56,26	21,06	22,68	49,43
- 40	43,76	100,00	25,68	50,57	100,00
Total	100,00	-	22,22	100,00	-

Les refus à 160 μm , maille choisie pour les essais, est de 7,3 % en poids. Comme observée précédemment, la stibine a tendance à se concentrer dans les fractions les plus fines ; 50 % de l'antimoine sont présents dans la fraction (0-40 μm), pour seulement 5 % dans la fraction + 160 μm .

b) résultats des essais de flottation du minerai tout-venant .

Les bilans de chaque essai sont donnés en annexe. Divers paramètres ont été testés : quantité de collecteur, pH, action de Cu^{++} et Pb^{++} .

Une caractéristique commune à tous les essais est la teneur assez élevée (2,5 à 3,5 % Sb) des stériles. L'addition de collecteur au-delà de 450 g/t ne permet pas de diminuer cette teneur. De même, le sulfate de cuivre (essai n°3), (dosé à 200 g/t) ne conduit pas à une amélioration appréciable.

Une flottation en pH acide (essai n°4) reste inopérante sur ce point. Le meilleur résultat, du point de vue de la teneur en antimoine des stériles, est obtenu en flottant à pH acide en présence de 500 g/t de nitrate de plomb, introduit au broyage (essai n°5). La teneur des stériles reste cependant de 2,5 %, l'alimentation titrant 21 % Sb. De 7 à 11 % du métal sont donc contenus dans cette fraction.

Ceci atteste de la flottabilité difficile de la stibine. Les forces de liaison entre bulles et surfaces minérales semblent faibles, et les grains collectés ont tendance à se décrocher facilement pour retomber en fond de cellule.

Un essai (n° 6) de flottation, après broyage à 80 μm , n'a cependant pas permis de remédier à cet inconvénient.

Du point de vue de la teneur et de la récupération métal dans le concentré, c'est l'essai n° 5 (pH 5 et 500 g/t PbNO_3) qui est le plus performant, 65 % Sb et près de 83 % de récupération. L'ion Pb^{++} améliore la flottabilité de la stibine, comme l'atteste l'excellent lavage du concentré primaire.

Comme le montre l'essai n° 2, un seul lavage du premier concentré est

suffisant. La teneur de 65 % d'antimoine peut donc être considérée comme une limite difficile à dépasser. Elle correspond à une teneur en minéral de 90 %.

En conclusion, le traitement par flottation du minerai de Ty Gardien doit pouvoir conduire, compte tenu du recyclage des mixtes, à un concentré d'antimoine titrant 65 % Sb, avec une récupération de 90 %. Les conditions de flottation seraient alors les suivantes (d'après les essais n° 4 et 5, à partir d'un minerai titrant 21,3 % Sb) :

- collecteur AXK : 450 g/t
- PbNO_3 : 500 g/t
- moussant DOW 1012 : 50 g/t
- pH : 5

Le choix d'un moussant plus adapté à la flottation de la stibine permettrait peut-être d'augmenter légèrement la récupération.

c) résultats de la flottation du minerai de Ty Gardien scheidé .

Un essai de flottation sur un minerai scheidé, titrant 42 % d'antimoine, a été mené dans des conditions semblables à celles de l'essai n° 5. Les résultats sont donnés en annexe (essai n° 7). Les performances de cet essai sont supérieures à celles des essais réalisées sur le minerai tout-venant. Le concentré titre 67,4 % Sb et contient 92 % du métal. Les pertes dans les stériles de flottation sont faibles, 2 % environ.

Compte tenu du recyclage des mixtes, on peut espérer récupérer, dans le concentré, 97 % environ du métal.

Une préconcentration du minerai préalablement à sa flottation serait donc intéressante, à condition qu'elle ne conduise pas elle-même à une perte en métal supérieure au gain réalisé en flottation.

432. Minerai de Kerveady .

a) répartition granulométrique de l'antimoine après broyage .

Après 20 minutes de broyage dans les conditions énumérées au paragraphe 4.2., la répartition granulométrique de l'antimoine est la suivante :

Ø µm	Poids %	Poids % cumulé	Sb %	Distrib. Sb	Distrib. Sb cumulé
+ 200	5,53	5,53	2,37	2,32	2,32
+ 160 - 200	6,53	12,06	3,78	4,40	6,72
+ 125 - 160	9,68	21,74	4,28	7,39	14,11
+ 100 - 125	7,18	28,92	4,93	6,37	20,48
+ 80 - 100	7,19	36,11	5,10	6,54	27,02
+ 40 - 80	20,39	56,50	5,61	20,42	47,44
- 40	43,50	100,00	6,77	52,56	100,00
Total	100,00	-	5,60	100,00	-

Comme pour le minerai de Ty Gardien, l'antimoine a tendance à se concentrer dans la fraction la plus fine. Le refus à 160 µm est de 12 % en poids, correspondant à 6,7 % de l'antimoine.

b) résultats des essais de flottation .

Les bilans de chaque essai sont donnés en annexe. Comme pour Ty Gardien, divers paramètres ont été testés : quantité de collecteur, pH, présence d'activant.

Comme pour le minerai de Ty Gardien, et quel que soit l'essai considéré, la teneur en antimoine des stériles est assez élevée, en regard de la teneur de l'alimentation. La perte métal est donc assez élevée : de l'ordre de 14 % pour les meilleurs essais (n° 11 et 13). Cependant, compte tenu de la teneur du tout-venant, relativement faible, les performances obtenues sur les deux minerais sont tout à fait comparables. De plus, un broyage plus poussé du produit avant flottation permet de diminuer la perte dans les stériles et d'augmenter la récupération métal, comme le montre la comparaison des essais n° 10 et 15, menés à pH 7, en présence de 400 g/t de collecteur.

Dans le but de déprimer la pyrite présente en faible quantité dans le minerai, des essais ont été réalisés à pH 9 (essais n° 9 et 14). La comparaison avec des essais menés dans des conditions identiques, mais à pH plus faible (essais n° 8 et 13), montre que si la teneur du concentré est légèrement

plus élevée en pH basique, en revanche, la récupération est beaucoup plus faible ; d'autre part, la vitesse de flottation de la berthierite est très lente en pH basique (essais n° 8 et 9).

Du point de vue rendement minéralurgique, ce sont les essais n° 11 et 13 qui apparaissent les plus performants : menés en présence de 250 g/t de CuSO_4 à pH 7 (n° 11) ou de 500 g/t PbNO_3 à pH 5 (n° 13), ils permettent d'obtenir un concentré titrant 45,7 % Sb avec une récupération de 72 % métal pour l'un, 42,4 % Sb et 77 % pour l'autre. La teneur en mineral $\text{FeS Sb}_2\text{S}_3$ est de l'ordre de 75 à 80 %.

Compte tenu du recyclage des mixtes, le traitement par flottation du minerai de Kerveady doit pouvoir conduire à un concentré titrant 45 % Sb, avec une récupération métal de 85 %. Les conditions de traitement seraient alors (d'après les essais n° 11 et 13) :

- . collecteur AKX : 400 g/t
- . activant (PbNO_3 ou CuSO_4) : 200 à 500 g/t
- . moussant : 50 g/t
- . pH : 5 à 7.

4.4. Analyse en plomb et arsenic de concentrés de flottation .

Dans le but de vérifier si les concentrés obtenus par flottation répondent aux spécifications marchandes, les teneurs en plomb et arsenic ont été déterminées pour quelques essais (n° 5, 13 et 14). Rappelons que la règle habituellement admise est que la somme As+Pb soit inférieure à 0,5 % (parfois 1 %) et mieux, que chacun des deux éléments ait une teneur inférieure à 0,2 %.

Les résultats obtenus sont les suivants :

	Sb %	Pb %	As %	As+Pb %
Concentré 5 (Ty Gardien)	64,8	0,78	0,11	0,89
Concentré 13 (Kerveady)	42,4	0,10	0,42	0,52
Concentré 14 (Kerveady)	46,0	0,17	0,53	0,95

On peut voir immédiatement qu'aucun des concentrés ci-dessus ne répond aux spécifications demandées. Le concentré de Ty Gardien est surtout pénalisé par sa teneur en plomb, tandis que ceux de Kerveady le sont plutôt par leur teneur en arsenic.

Ces résultats sont du même ordre de grandeur que les prévisions faites au chapitre 2.2., à l'aide des teneurs en As et Pb des minerais tout-venant :

- teneurs prévues dans les concentrés :

	Pb %	As%
Ty Gardien :	0,55	0,23
Kerveady :	0,06	0,66

En revanche, les résultats obtenus sont en contradiction avec les valeurs trouvées lors de l'analyse de concentrés schéidés de Ty Gardien et de Kerveady, réalisée à l'occasion d'une transaction commerciale portant sur, respectivement, 277 tonnes et 20 tonnes (communication de M. Gorichon) :

	Sb %	Pb %	As %	Pb+As %
Ty Gardien	42,70	0,12	0,04	0,16
Kerveady	16,14	0,02	0,07	0,09

Ces concentrés obtenus par triage manuel du minerai extrait lors des travaux de reconnaissance minière répondent parfaitement aux spécifications courantes, et ont pu être vendus. L'écart entre les deux séries de mesures a conduit à entreprendre des analyses de contrôles portant à la fois sur les concentrés et sur des minerais tout-venant. Ces analyses ont été confiées au laboratoire de la Lucette (Mayenne). Le tableau ci-après donne la comparaison des résultats :

Produits	Sb %		Pb %		As %		Pb + As %	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Minerai Ty Gardien	21,82	21,82	-	0,19	0,09	0,08 ^{**}	-	-
Minerai Kerveady	5,03	5,29	-	0,05	0,09	0,06 ^{**}	-	-
Concentré 5 (T.G.)	65,32	64,84	0,77	0,78	0,025	0,11	0,80	0,89
Concentré 13 (K)	42,12	42,40	0,12	0,10	0,30	0,42	0,42	0,52
Concentré 14 (K)	46,09	46,00	0,21	0,17	0,53	0,78	0,74	0,95
1 = Laboratoire de la Lucette 2 = B.R.G.M. 2 ^{**} = Laboratoire extérieur : dosage par spectro d'émission								

Malgré le décalage existant pour les teneurs en arsenic des concentrés, les résultats B.R.G.M. sont confirmés. Seul le concentré 13 (Kerveady) répondrait donc à la spécification Pb+As < 0,5 %.

Les échantillons analysés dans les deux laboratoires étant identiques, l'écart constaté pour les teneurs en As et Pb pouvait, à ce stade de vérification, provenir de deux causes :

- soit une pollution introduite lors de la préparation des minerais avant traitement,
- soit une répartition de l'arsenic et du plomb dans les fractions fines du minerai ou dans la gangue, expliquant les faibles teneurs de ces éléments dans les concentrés scheidés.

Pour trancher entre ces deux hypothèses, une analyse a été effectuée sur un composite des échantillons des rainurages pratiqués au cours de l'avancement des travaux miniers dans le filon de Ty Gardien. Les résultats obtenus sont comparés ci-dessous à ceux de l'échantillon composite reçu à SGN/MIN pour l'étude présente.

%	Composite T.G. 1 à T.G.47	Echantillon reçu à SGN/MIN
Sb	23,43	21,82
Fe	0,94	0,60
As	0,09	0,08
Pb	0,35	0,19

La comparaison entre les deux séries de mesure exclue la première hypothèse envisagée. Le minerai de Ty Gardien contient effectivement du plomb et de l'arsenic, qui se retrouvent dans les concentrés de flottation (obtenus par traitement de la totalité du minerai) et non dans les concentrés scheidés (ne représentant que les fragments grossiers du minerai).

Ces éléments sont donc probablement disséminés dans la gangue ou dans les fractions fines du minerai. Pour confirmer cette hypothèse, il serait nécessaire d'entreprendre une étude minéralogique (microsonde notamment) et de faire vérifier les analyses des concentrés scheidés.

Quoi qu'il en soit, les conclusions de cette série d'analyses permettent de dégager les observations suivantes :

- Les concentrés obtenus par scheidage présentant des teneurs As et Pb faibles ; l'utilisation d'une préconcentration par milieu dense, permettant d'éliminer une grande part de la gangue, permettrait peut-être d'aboutir à un résultat semblable. Ceci constitue une raison supplémentaire pour tester cette technique, en plus de l'augmentation escomptée de la récupération-métal par flottation de la fraction lourde.

A titre indicatif, signalons que le prix budgétaire d'une installation de milieu dense par bac, traitant 7 t/h, est de 2 MF, prête à fonctionner. La technique par cyclonage entraînerait un surcoût d'investissement de 20 % environ, ainsi qu'un coût de fonctionnement légèrement plus élevé.

- Par flottation seule, on peut espérer obtenir des concentrés à 65 % Sb pour Ty Gardien et 45 % Sb pour Kerveydy, ayant une teneur As+Pb de l'ordre de 0,8 %. Ce chiffre supérieur à 0,5 %

devrait, en principe, entraîner une pénalité. Cependant, certaines fonderies acceptent, pour un concentré standard, une teneur As+Pb jusqu'à 1 %, sans pénalité, les transactions se faisant cas par cas.

5. CONCLUSIONS .

L'étude du traitement par flottation d'échantillons de minerai de Ty Gardien et de Kerveady, titrant respectivement 21,8 % Sb et 5,3 % Sb, conduit à espérer les résultats minéralurgiques suivants :

	Teneur concentré %	Récupér. métal %
Ty Gardien	65	90
Kerveady	45	85

La teneur en impureté en As+Pb devrait être de l'ordre de 0,8 %, mais il est permis de penser qu'elle pourra être abaissée.

Il est à noter que les conditions de flottation permettant d'atteindre ces résultats sont semblables pour les deux minerais, à quelques différences minimales près (quantités de collecteur et d'activant, valeur optimale du pH). La flottation étant l'essentiel du traitement, les deux minerais pourront donc être concentrés dans la même installation, soit séparément, soit simultanément.

Un certain nombre de points restent à étudier pour définir un schéma précis de traitement : deschlammage des fines primaires pour éliminer les fractions argileuses de la gangue ; préconcentration par milieu dense des fractions grossières pour élimination d'un stérile grossier. Cependant, on peut dès maintenant proposer le schéma suivant (figure 1). Après classement vers 8 mm du minerai tout-venant, les fines sont délitées et cyclonées pour deschlammages. Les fragments grossiers sont préparés par une suite de concassages, et entrent, après réunion avec les < 8 mm deschlammés, classification et broyage, dans la partie flottation.

Suivant la technique de milieu dense employée (bac statique ou cyclonage), la coupure à 8 mm pourrait être réduite jusqu'à 500 microns.

Il serait très utile de tester ce schéma sur quelques tonnes de minerai, à l'occasion de la reprise de travaux miniers. Un schéma de traitement définitif et la définition des appareils pourront ensuite être donnés.

Les essais de traitement ont, d'autre part, mis en évidence qu'il sera difficile, pour le minerai de Kerveydy, d'obtenir des concentrés à une teneur supérieure à 45 % Sb. Le concentré de Ty Gardien titrant 65 %, il est possible, par mélange des deux, de parvenir à une teneur globale de 60 % Sb, teneur "standard". En prenant comme teneur des tout-venant de Ty Gardien et Kerveydy, respectivement 21,8 % Sb et 5,3 % Sb, et comme récupération-métal celles données ci-dessus, on calcule que pour parvenir à la teneur globale de 60 % Sb en mélangeant les concentrés, il faut traiter une quantité égale au tout-venant de chaque minerai. Ceci équivaut au traitement (simultané ou séparé) d'un minerai titrant 13,6 % Sb avec une récupération-métal de 89 %.

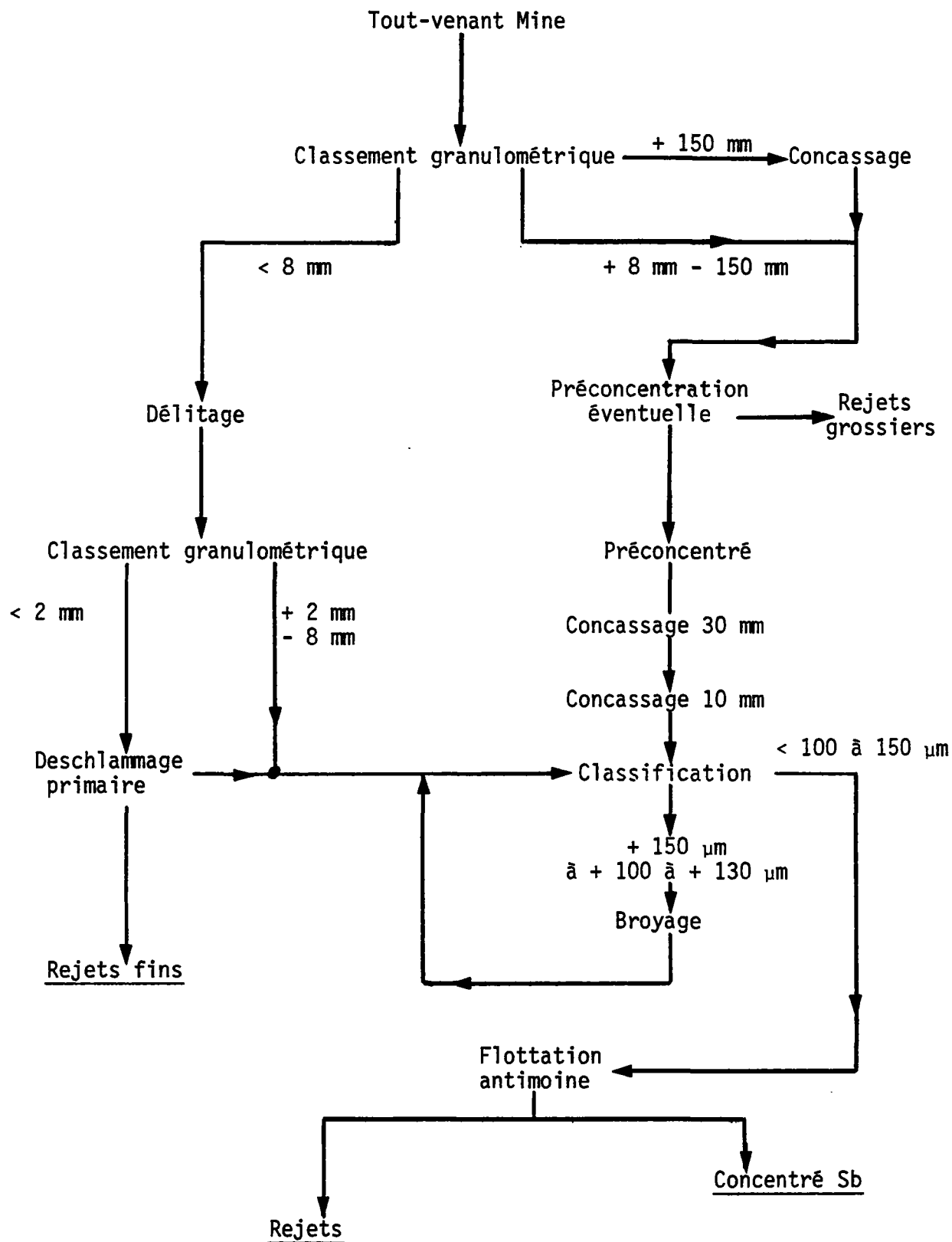


Figure 1 : Proposition de schéma de traitement pour le minerais d'antimoine de Quimper .

A N N E X E

BILANS CHIMIQUES DES ESSAIS DE FLOTTATION

ESSAIS 1 à 7 TY GARDIEN
ESSAIS 8 à 15 KERVEADY

Opérations	Conditions de traitement	P %	Sb %	Distrib.
<u>broyage</u>	- 160 μ m			
	alimentation	100,0	21,9	100,0
<u>flottation</u>	pH nat. : 6,7			
	<div> <div> 100 g/t AXK 50 g/t huile de pin </div> <div> t : 5 min concentré 1 </div> </div>	16,6	52,2	39,6
	<div> 50 g/t AXK </div> <div> t : 3 min concentré 2 </div>	3,1	47,9	6,7
	<div> 50 g/t AXK 5 g/t huile de pin </div> <div> t : 4 min concentré 3 </div>	7,0	53,8	17,2
	<div> 50 g.t AXK </div> <div> t : 4 min concentré 4 </div>	5,8	57,3	15,1
	stérile	67,6	6,9	21,4

Minerai Ty Gardien - Essai 1.

Opérations	Conditions de traitement	P %	Sb %	Distrib.
<u>broyage</u>	- 160 μ m			
	alimentation	100,0	20,5	100,0
<u>flottation</u>	pH nat. : 6,5			
	300 g/t AXK 50 g/t huile de pin			
	t : 5 min			
	concentré	29,6	59,0	85,3
	lavage 1 — mixte 1 t : 4 min	10,1	46,4	22,9
		19,5	65,5	62,4
	lavage 2 — mixte 2 t : 4 min	7,8	65,2	24,8
	concentré lavé	11,7	65,7	37,6
	150 g/t AXK			
	t : 9 min			
	mixte épuisage	3,4	34,9	5,8
	stérile	66,9	2,73	8,9

Minerai Ty Gardien - Essai 2.

Opérations	Conditions de traitement		P %	Sb %	Distrib.
<u>broyage</u>	- 160 μ m				
	alimentation		100,0	20,9	100,0
<u>flottation</u>	pH nat. : 6,7				
	200 g/t CuSO ₄	t : 5 min	28,8	59,7	82,2
	300 g/t AXK				
	50 g/t huile de pin	lavage	15,9	64,8	49,3
		concentré t : 5 min			
		mixte	12,9	53,4	32,9
	150 g/t AXK	t : 8 min	6,3	32,6	9,7
		mixte épuisage			
		stérile	64,9	2,6	8,1

Minerai Ty Gardien - Essai 3.

Opérations	Conditions de traitement	P %	Sb %	Distrib.
<u>broyage</u>	- 160 μ m			
	alimentation	100,0	21,3	100,0
<u>flottation</u>	pH : 5,0			
	300 g/t AXK 50 g/t huile de pin t : 6 min	33,2	55,9	87,4
	lavage concentré t : 5 min	23,8	66,3	74,3
	mixte	9,4	29,7	13,1
	150 g/t AXK 5 g/t huile de pin t : 11 min mixte épuisage	2,2	20,9	2,1
	stérile	64,6	3,5	10,5

Minerai Ty Gardien - Essai 4.

Opérations	Conditions de traitement	P %	Sb %	Distrib.
<u>broyage</u>	- 160 μm - 500 g/t Pb NO ₃ alimentation	100,0	21,3	100,0
<u>flottation</u>	<p>pH : 5,0</p> <p>450 g/t AXK 50 g/t huile de pin 50 g/t dow froth 1012</p> <p>t : 6 min</p> <p>lavage</p> <p>concentré t : 12 min</p> <p>mixte</p> <p>200 g/t AXK 50 g/t dow froth 1012</p> <p>t : 15 min mixte épuisage</p> <p>stérile</p>	34,1 27,2 6,9 8,7 57,2	52,8 64,8 5,3 22,1 2,5	84,4 82,7 1,7 9,0 6,6

Minerai Ty Gardien - Essai 5.

Opérations	Conditions de traitement	P %	Sb %	Distrib.
<u>broyage</u>	<p><u>- 80 μm</u></p> <p>alimentation</p>	100,0	22,2	100,0
<u>flottation</u>	<p>pH nat. : 6,8</p> <p>300 g/t AXK 50 g/t huile de pin</p> <p>t : 7 min</p> <p>lavage concentré t : 5 min</p> <p>mixte</p> <p>150 g/t AXK 5 g/t huile de pin</p> <p>t : 9 min mixte épuisage</p> <p>stérile</p>	<p>31,0</p> <p>18,6</p> <p>12,4</p> <p>5,1</p> <p>63,9</p>	<p>57,3</p> <p>62,9</p> <p>49,0</p> <p>41,6</p> <p>3,7</p>	<p>80,1</p> <p>52,9</p> <p>27,2</p> <p>9,5</p> <p>10,7</p>

Minerai Ty Gardien - Essai 6.

Opérations	Conditions de traitement	P %	Sb %	Distrib.
<u>broyage</u>	- 160 μm - 500 g/t Pb NO ₃ alimentation	100,0	42,0	100,0
<u>flottation</u>	<p>pH : 5</p> <p>450 g/t AXK 50 g/t dow froth 1012</p> <p>t : 7 min</p> <p>lavage</p> <p>concentré</p> <p>t : 8 min</p> <p>mixte</p> <p>200 g/t PbNO₃ 200 g/t AXK 50 g/t dow froth 1012</p> <p>t : 9 min</p> <p>mixte épuisage</p> <p>stérile</p>	62,1 57,6 4,5 8,5 29,5	64,0 67,4 19,7 16,9 3,0	94,5 92,4 2,1 3,4 2,1

Minerai Ty Gardien séparé - Essai 7.

Opérations	Conditions de traitement	P %	Sb %	Distrib.
<u>broyage</u>	- 160 μ m			
	alimentation	100,0	5,7	100,0
<u>flottation</u>	pH nat. : 7,1			
	100 g/t AXK 50 g/t huile de pin t : 6 min			
	50 g/t AXK t : 6 min	11,9	31,3	65,6
	50 g/t AXK t : 6 min			
	lavage concentré t : 5 min	7,6	41,8	55,6
	50 g/t AXK t : 6 min mixte	4,3	13,1	9,9
	stérile	88,1	2,2	34,4

Minéral Kerveady - Essai 8.

Opérations	Conditions de traitement	P %	Sb %	Distrib.
<u>broyage</u>	- 160 μm - 1 000 g/t CaO alimentation	100,0	5,6	100,0
<u>flottation</u>	<p>pH : 9,3</p> <p>100 g/t AXK 50 g/t huile de pin</p> <p>t : 15 min</p> <p>50 g/t AXK</p> <p>t : 20 min</p> <p>50 g/t AXK</p> <p>t : 20 min</p> <p>lavage</p> <p>concentré</p> <p>t : 10 min</p> <p>mixte</p> <p>stérile</p>	6,5 3,1 3,4 93,5	32,1 49,1 16,9 3,75	37,2 26,9 10,4 62,8

Minerai Kerveady - Essai 9.

Opérations	Conditions de traitement	P %	Sb %	Distrib.
<u>broyage</u>	- 160 μ m			
	alimentation	100,0	5,6	100,0
<u>flottation</u>	pH nat. : 7,1			
	250 g/t AXK 50 g/t huile de pin t : 6 min	11,7	30,4	63,8
	lavage ——— concentré t : 4 min	5,3	44,9	43,1
	————— mixte	6,3	18,2	20,7
	150 g/t AXK 5 g/t huile de pin t : 8 min mixte épuisage	5,0	12,7	11,3
	————— stérile	83,4	1,7	24,9

Minerai Kerveacy - Essai 10.

Opérations	Conditions de traitement	P %	Sb %	Distrib.
<u>broyage</u>	- 160 μ m alimentation	100,0	5,3	100,0
<u>flottation</u>	<p>pH nat. : 6,9</p> <p>200 g/t CuSO₄ 250 g/t AXK 50 g/t huile de pin</p> <p>t : 6 min</p> <p>lavage</p> <p>concentré t : 4 min</p> <p>mixte</p> <p>150 g/t AXK 5 g/t huile de pin</p> <p>t : 8 min</p> <p>mixte épuisage</p> <p>stérile</p>	15,3 8,5 6,8 6,3 78,4	28,3 45,7 6,9 4,2 0,94	81,2 72,4 8,8 5,0 13,8

Minerai Kerveady - Essai 11.

Opérations	Conditions de traitement	P %	Sb %	Distrib.
<u>broyage</u>	160 μ m			
	alimentation	100,0	5,5	100,0
<u>flottation</u>	pH : 5,0			
	250 g/t AXK 50 g/t huile de pin t : 6 min	13,5	30,9	75,8
	lavage concentré t : 3 min	8,3	44,4	67,1
	mixte	5,2	9,3	8,7
	150 g/t AXK 5 g/t huile de pin t : 7 min mixte épuisage	4,5	8,9	7,4
	stérile	82,0	1,12	16,8

Minerai Kerveady - Essai 12.

Opérations	Conditions de traitement	P %	Sb %	Distrib.
<u>broyage</u>	160 μ m 500 g/t Pb NO ₃ alimentation	100,0	5,4	100,0
<u>flottation</u>	<p>pH : 5</p> <p>350 g/t AXK 50 g/t dow froth 1012</p> <p>t : 9 min</p> <p>lavage</p> <p>concentré t : 10 min</p> <p>mixte</p> <p>200 g/t AXK 25 g/t dow froth 1012</p> <p>t : 9 min</p> <p>mixte épuisage</p> <p>stérile</p>	16,2 9,9 6,3 3,2 80,6	27,8 42,4 5,0 4,7 0,97	82,8 77,0 5,8 2,8 14,4

Minerai Kerveady - Essai 13.

Opérations	Conditions de traitement	P %	Sb %	Distrib.
<u>broyage</u>	160 μ m 500 g/t Pb NO ₃ 1 000 g/t CaO alimentation	100,0	5,5	100,0
<u>flottation</u>	<p>pH : 8,7</p> <p>350 g/t AXK 50 g/t dow froth 1012</p> <p>t : 9 min</p> <p>lavage</p> <p>concentré t : 7 min</p> <p>mixte</p> <p>200 g/t AXK 50 g/t dow froth 1012</p> <p>t : 10 min mixte épuisage</p> <p>stérile</p>	11,2 5,4 5,8 6,2 82,6	24,9 46,0 5,1 10,4 2,5	50,7 48,6 2,1 11,7 37,6

Minerai Kerveady - Essai 14.

Opérations	Conditions de traitement	P %	Sb %	Distrib.
<u>broyage</u>	- 80 μ m			
	alimentation	100,0	5,2	100,0
<u>flottation</u>	pH nat. : 7,1			
	250 g/t AXK 50 g/t huile de pin t : 7 min	15,9	23,3	71,7
	lavage concentré t : 9 min	7,9	42,5	63,7
	mixte	8,0	5,2	8,0
	150 g/t AXK 5 g/t huile de pin t : 11 min mixte épuisage	3,4	18,5	12,1
	stérile	80,7	1,1	16,2

Minerai Kerveady - Essai 15.