



Sommaire:

Introduction général

LA PREMIERE PARTIE : PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

1. ONA
2. Groupe MANAGEM

LA DEUSIEME PARTIE : L'UNITE DE TRAITEMENT COBALT

- I. Cobalt
 1. Caractéristiques chimiques
 2. Utilisations industrielles et médicales
 3. Les étapes de traitement du Cobalt
 3. 1. Le broyage
 3. 2. La lixiviation
 - 3.3. L'oxydation
 - 3.4 La neutralisation et la précipitation

LA TROISIEME PARTIE : PRESENTATION DE SUJET

1. Introduction
2. Problématique
 - 2.1 La qualité de préparation des réactifs
 - 2.2L'optimisation des réactifs
 - 2 .3L'impact d'optimisation sur la partie économique

Conclusion



Introduction :

L'hydrométallurgie est l'un des procédés utilisés dans le traitement des minerais car elle représente une voie importante pour la valorisation des rejets des sous-produits des effluents et surtout dans la production d'un métal à partir d'un tout venant ou d'un concentré (matière première).

Le procédé hydro métallurgique est défini par les scientifiques comme étant une chaîne continue d'opérations chimiques caractérisées par la mise en solution aqueuse d'un métal et de son raffinage. C'est comme un circuit fermé dont toutes les opérations dépendent les uns des autres.

A MANAGEM Guemassa, on procède à des traitements hydro métallurgiques pour valoriser des minerais contenant : l'or, le cuivre, le zinc, le cobalt, le baryum et d'autres produits.

Dans les domaines industriels à grande consommation d'eau comme à MANAGEM Guemassa, les réactifs sont de plus en plus retenus en matière de gestion en tant que facteur de production.

Les réactifs (FeSO_4 , NaClO_3) sont des éléments chers qu'il convient de préserver. Dans les zones minières, ils représentent des éléments dont il faut : surveiller, gérer et optimiser.

PREMIERE PARTIE : PRESENTATION DE L'ENTRPRISE D'ACCUEIL

I-Présentation de l'entreprise d'accueil :

1. ONA :

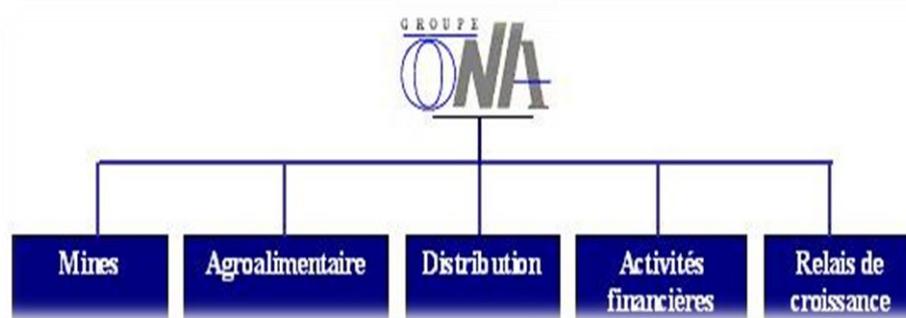
L'ONA représente le plus important groupe privé au Maroc.

Son importance dépend non seulement de son chiffre d'affaire ou de sa taille, mais surtout de son aptitude à anticiper les changements et le développement de son environnement commercial, industriel et financier, et cela grâce à sa capacité de mobilisation de ressources humaines et financières.

Sa création remonte à 1919 au moment de l'expansion des activités de la banque européenne qui s'étendait jusqu'au nord-africain.

Son capital a connu une remarquable croissance grâce à son orientation vers divers secteurs (commerce, mines, industrie, immobilier ...).

Opérant dans différent pays et s'ouvrant de plus en plus vers l'international, le groupe est constitué d'un holding et de filiales organisées en cinq branches :





2. Groupe MANAGEM :

- Groupe minier et HYDROMETALLURGIQUE, MANAGEM est l'un des acteurs de référence au niveau Régional.
- Le Groupe est un producteur de :
 - Métaux de base : Cuivre, Zinc, Plomb et minéraux industriels.
 - Métaux Précieux : Or, Argent.
 - Cobalt & Dérivés : Cathodes de Cobalt, Oxyde de Cobalt, Oxyde de Zinc, Dérivés de Nickel, oxyde d'arsenic,...

Création

Date de création	1919
------------------	------

Données clés

Forme Juridique	Holding
-----------------	---------

Action	MAZI : MNG
--------	------------

Slogan	Un gisement de croissance
--------	---------------------------

Siege Social	Casablanca (Maroc)
--------------	--------------------

Direction	Abdellaziz ABARRO (PDG)
-----------	-------------------------

Actionnaires	Groupe ONA
--------------	------------

Société mère	Groupe ONA
--------------	------------

Activité	Mines
----------	-------

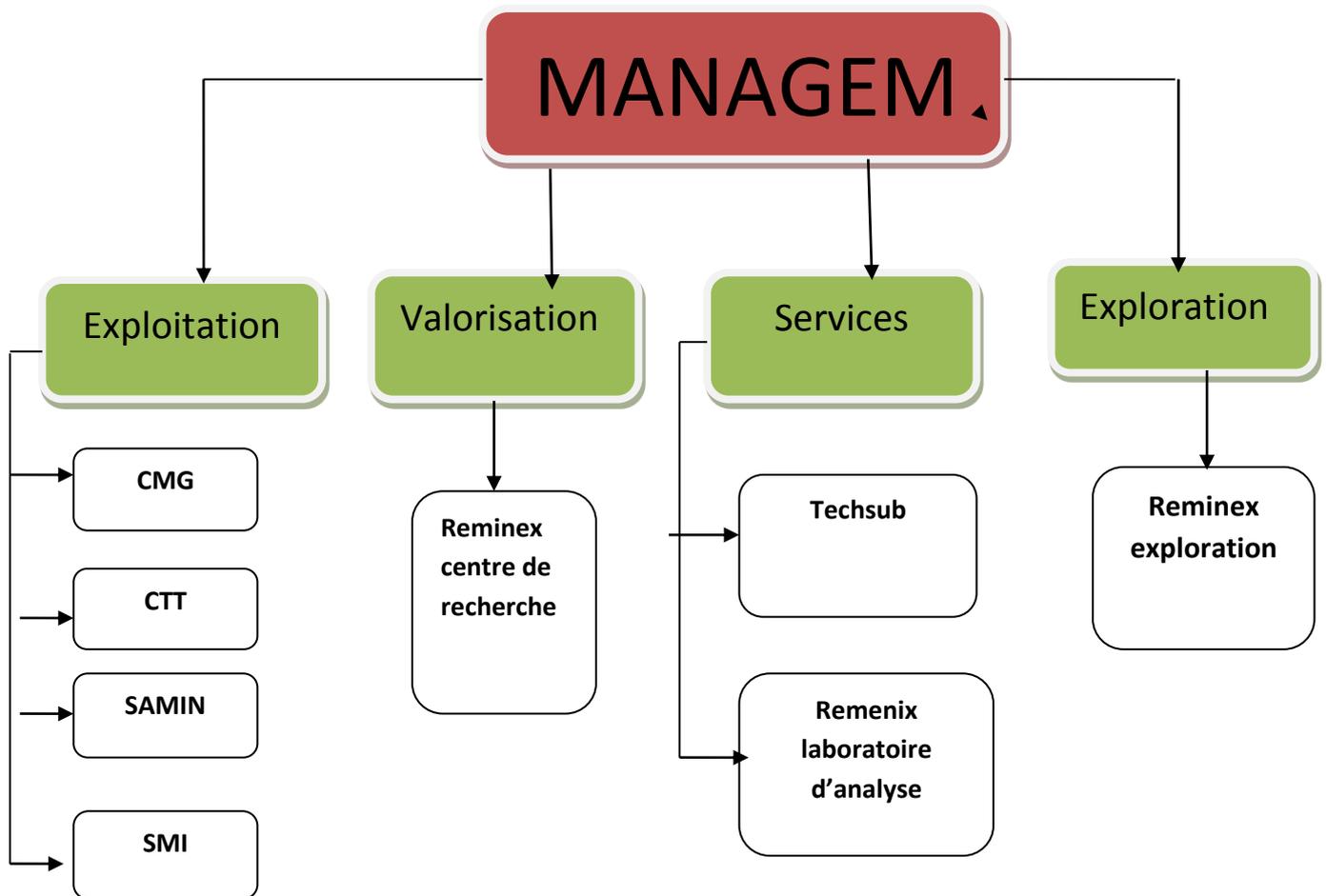
Filiales	Compagnie de Tifnout Tiranimine Société Métallurgique d'Imiter Akka Golf Mining REMINEX
----------	---

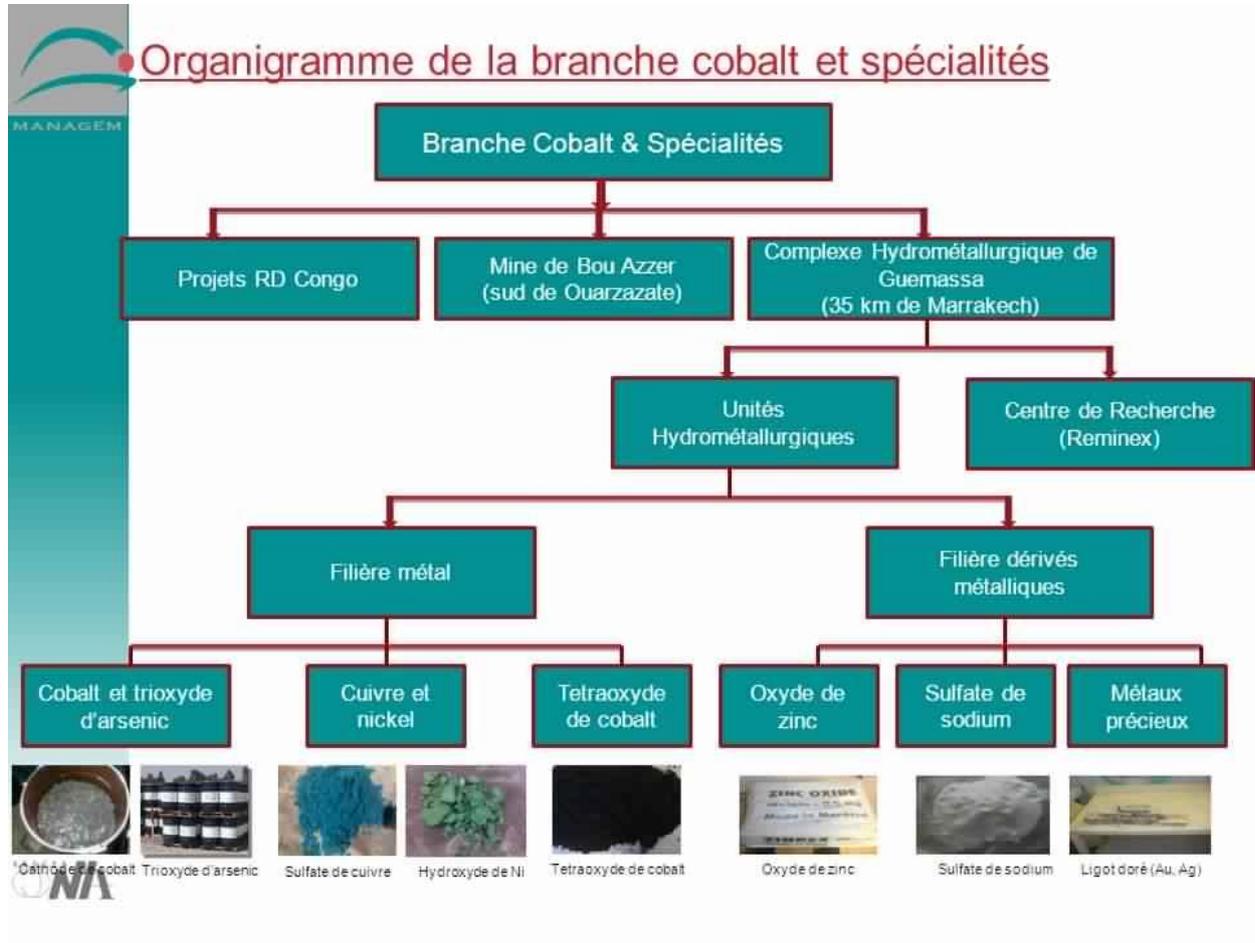
Site web	www.managem-ona.com
----------	--

Données financières	
---------------------	--

Capital	2,26Milliards de MAD(2009)
Fond propres	850.77Millions de MAD(2010)
Chiffre d'affaire	2,09 Milliards de MAD(2012)
Résultats net	641 Mllions de MAD(20013)

Tableau 1 : données de Managem





DEUSIEME PARTIE:L'UNITE DE TRAITEMENT DE COBALT :

I- Cobalt :

1. Caractéristiques chimiques :

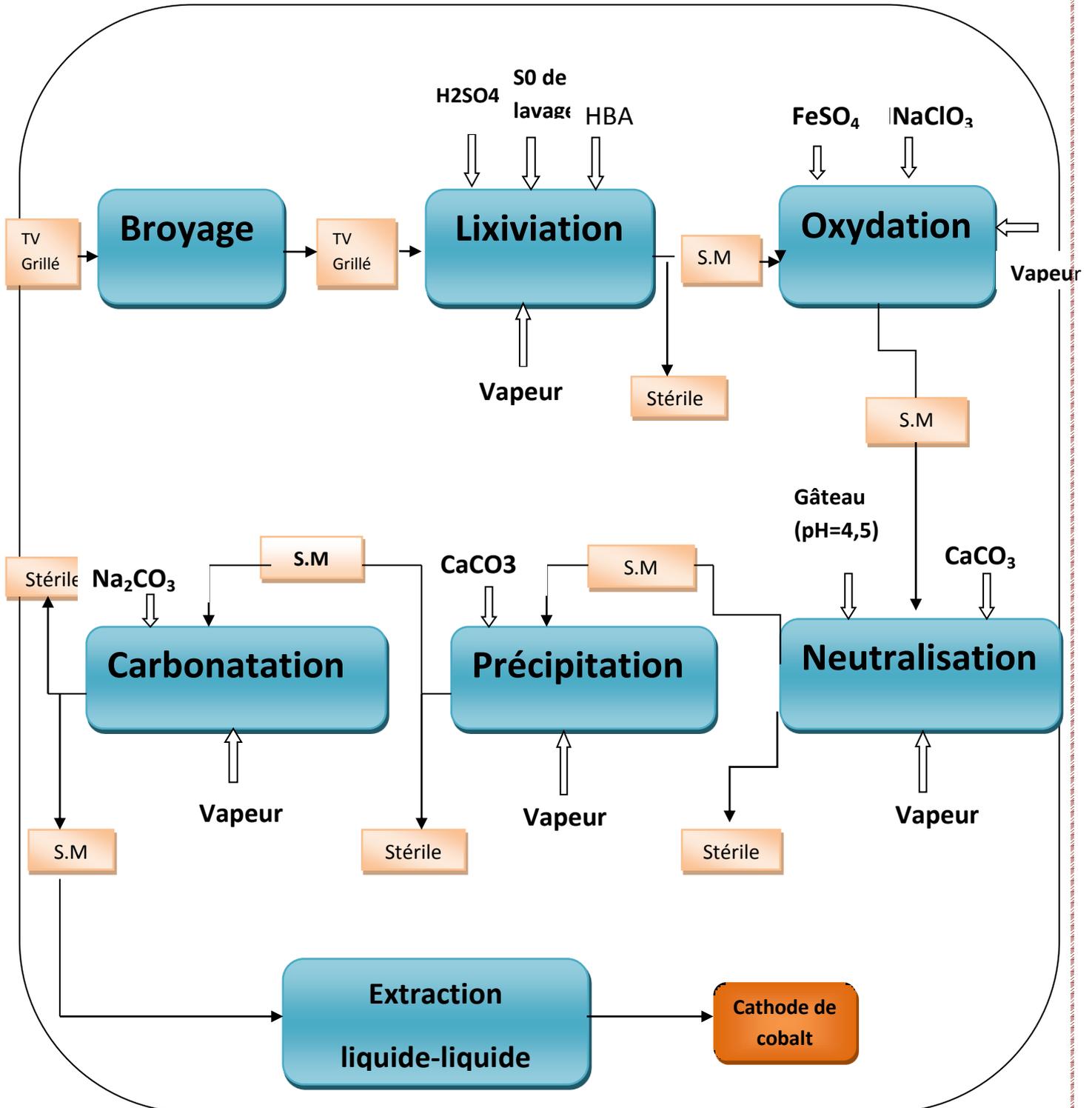
Le cobalt est un métal gris, brillant et ferromagnétique. Il ne réagit ni avec l'eau, ni avec l'air à température ambiante.

2. Utilisations industrielles et médicales :

- Le Cobalt est utilisé pour:
 - **Métallurgie** : fabrication de superalliages, de revêtements résistants à l'usure, d'acier à coupe rapide, de prothèses et d'alliages résistants à la corrosion.
 - **Alliages magnétiques** : étant donné ses propriétés moléculaires, le cobalt compte parmi les principaux composants divers alliages magnétiques, y compris les alliages alnico (aluminium/nickel et cobalt) et les matériaux magnétiques souples et durs.
 - **Carbures métalliques (frittés)** : Le cobalt sert de liant dans les carbures au tungstène et dans la fabrication des outils utilisés pour la coupe et le perçage.
 - Compte tenu de ses propriétés liantes, il est également employé dans la production des meules et des scies diamantées.
 - **Produits chimiques** : le cobalt entre dans la composition de piles, de catalyseurs, d'adhésifs et de pigments. Il trouve des applications dans divers domaines, notamment l'électro plastie, l'agriculture et la médecine.

3. les étapes de traitement du Cobalt :

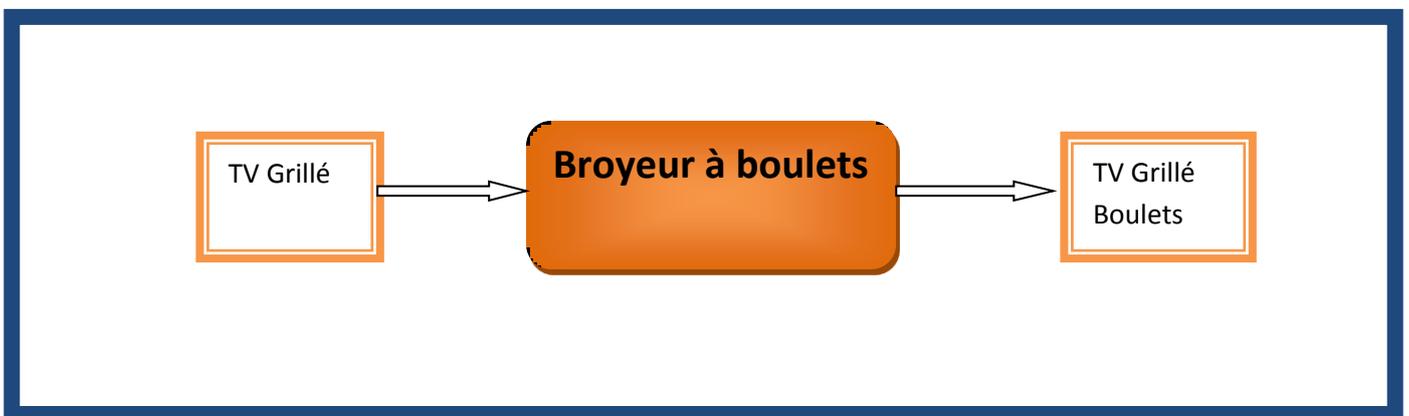
- Schéma général de traitement :



Description de chaque étape :

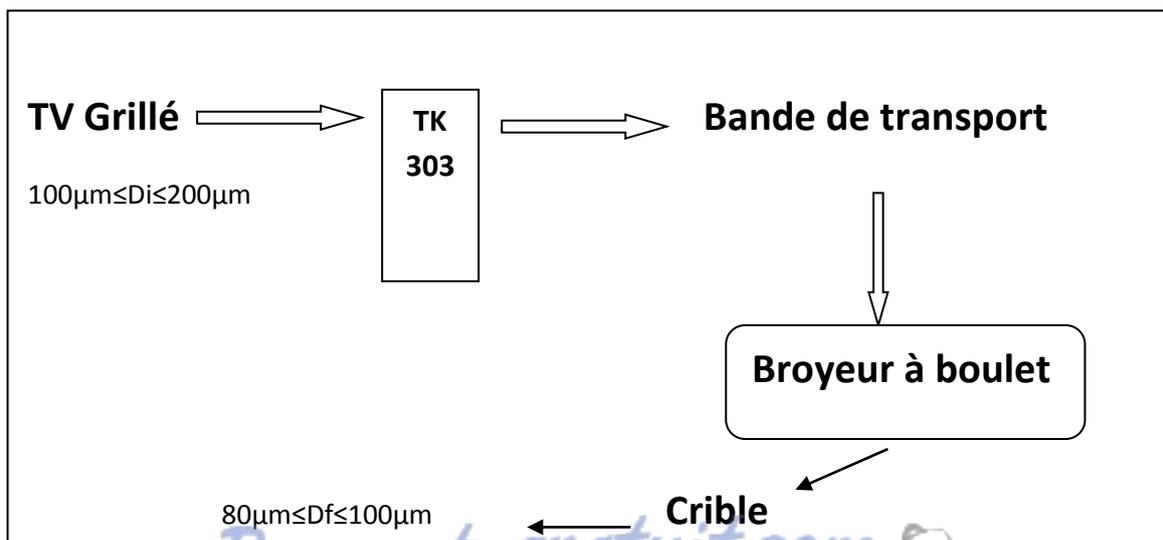
3.1) Broyage :

a) Description du broyeur à boulet :

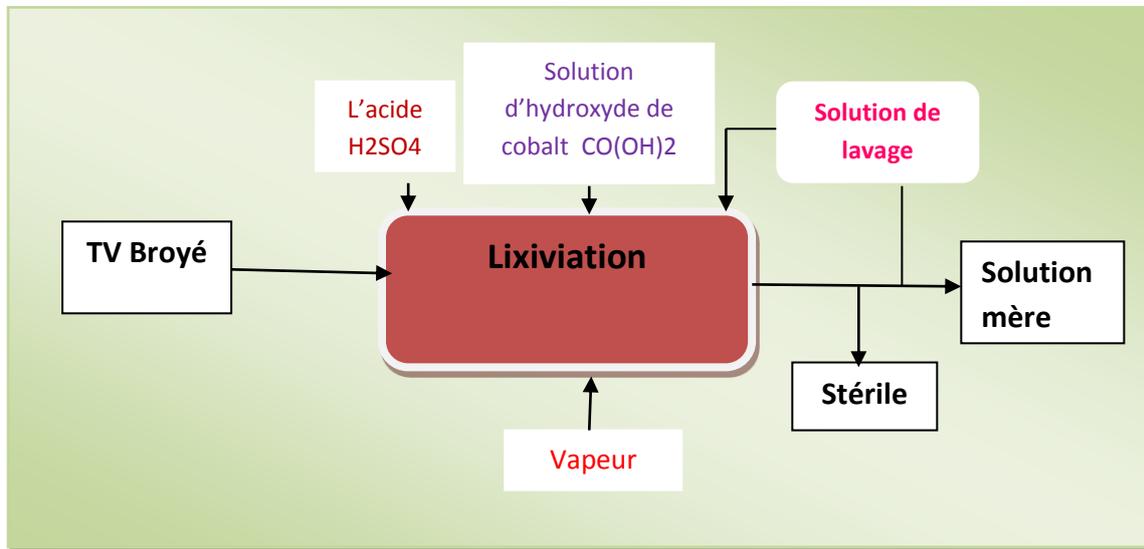


b) broyage :

Il est nécessaire de diminuer la dimension des grains. Cette étape consiste à réduire la dimension initial qui est de $200\ \mu\text{m}$ à une dimension final de $80\ \mu\text{m}$. les étapes du broyage sont :



3.2) Lixiviation :



La mise en solution du TV (concentré de Cobalt) se fait par un acide pour libérer tout le cobalt présent dans le minerai. Dans notre cas on utilise l'acide sulfurique H_2SO_4 ; l'ajout de ce dernier se fait en 3 étapes durant 6h.

La quantité d'acide sulfurique qu'il faut utiliser est proportionnelle avec la teneur du Co dans le TV.

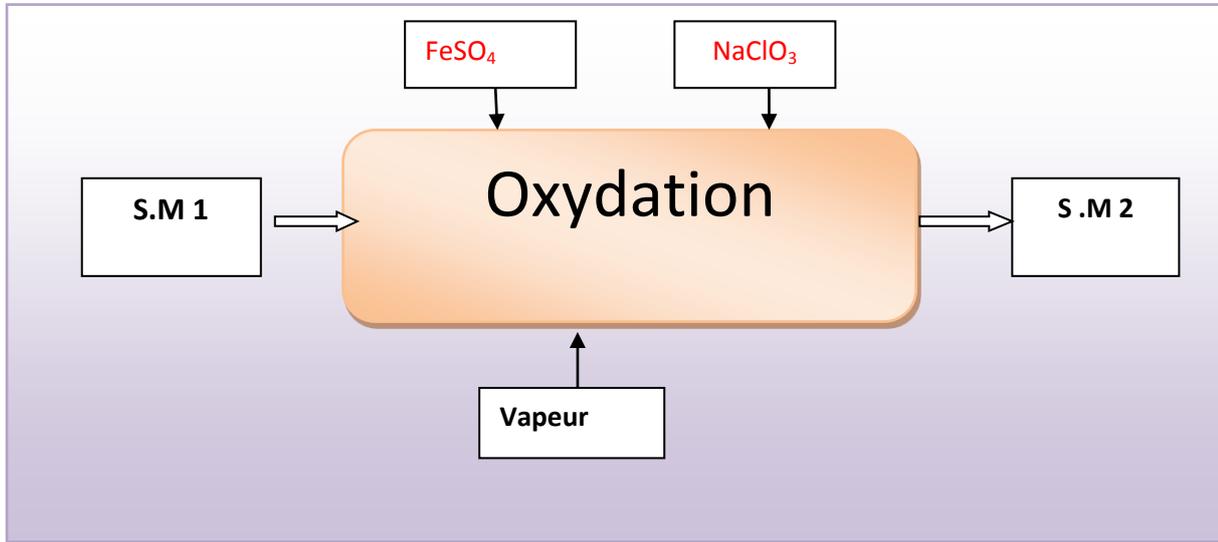
LA REACTION DE LA LIXIVIATION



L'Objectif de l'attaque :

Atteindre un pH compris entre 0 et 0,1 ($0,1 \leq pH \leq 0$)

3.3) L'oxydation :



La solution mère provenant de la lixiviation contient comme principales impuretés le Fer et l' Arsenic. Elle est introduite dans les réacteurs RA72 et RA61 pour l'oxydation du Fer (II) en Fer (III) et As (III) en As (V).

Pour cela on y ajoute une solution de sulfate de Fer afin d'équilibrer le nombre de moles entre le Fer et l' Arsenic.

Après cette étape, on ajoute une solution de Chlorate de sodium (oxydant fort) pour pouvoir obtenir un potentiel =0,75V.

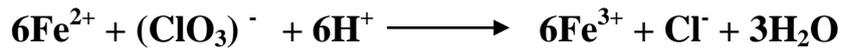
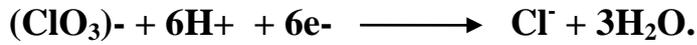
Le but : éliminer le Fer et l' Arsenic

Les réactions d'oxydation sont les suivantes :

Dissolution du chlorate :

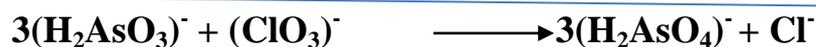


- **Oxydation de Fer :**



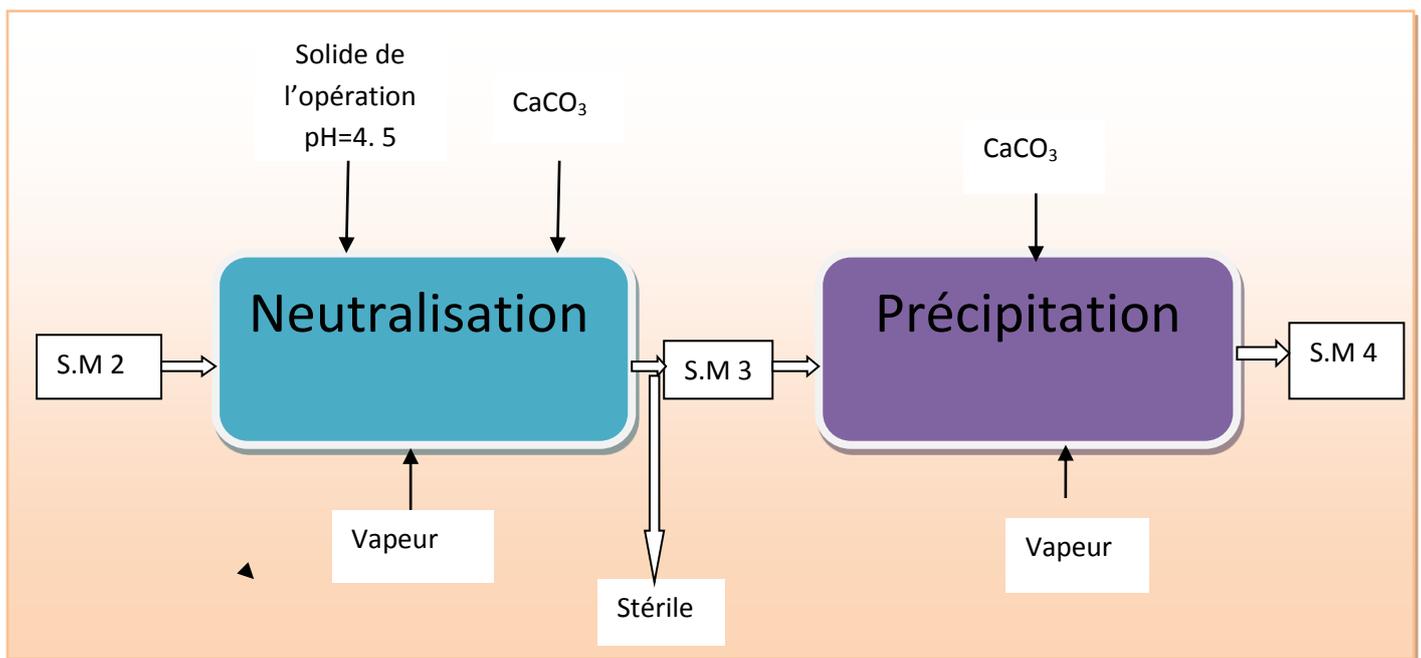
(Une mole de chlorate oxyde six moles de Fer)

- **Oxydation d'As :**

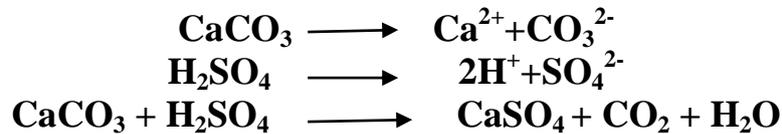


(Une mole de chlorate oxyde trois moles d'arsenic As³)

3.4) La neutralisation et la précipitation:



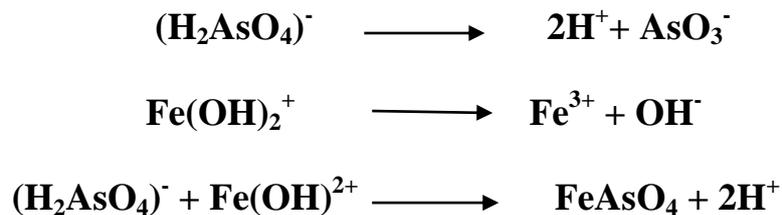
Réactions de neutralisation de H_2SO_4 par le CaCO_3 :



La solution obtenue après l'oxydation est stockée dans un réservoir VR 108 qui alimente deux réacteurs RA 107 et RA 108 ou on ajoute premièrement le gâteau de l'opération pH=4,5 (filtre FP 103), puis la solution CaCO_3 .

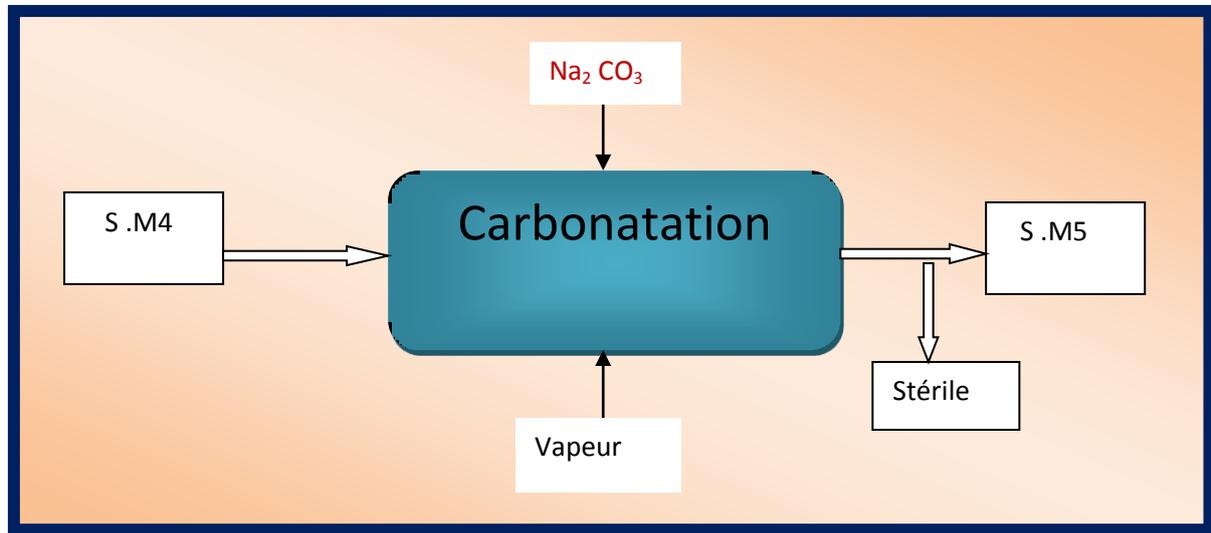
Le but: la neutralisation tout comme la précipitation consiste à précipiter ou éliminer le fer et l'arséniate.

Réactions de précipitation d'arséniates de fer:



But : Cette étape consiste à précipiter le Fer et l'arsenic sous forme d'arséniates de Fer (FeAsO_4) à pH=4,5. L'ajustement du pH se fait par l'ajout du calcaire.

3.5) Carbonatation :



- La solution mère (pH=4,5) provenant de la précipitation sera stockée dans un réservoir VR 105 puis envoyée vers un réacteur où elle sera mélangée avec une solution de carbonate de sodium Na_2CO_3 à une quantité déterminée.
- Attendre 15 min sans agitation jusqu'à ce que le cuivre se précipite.
- On assistera à une augmentation du pH ($6,1 \leq \text{pH} \leq 6,2$). Cette solution sera pompée, filtrée (FP 106) pour pouvoir obtenir une solution claire (filtrée) et un stérile (gâteaux) qui est envoyé à l'unité cuivre pour d'autres opérations. Par contre la solution claire sera conduite vers l'extraction liquide-liquide pour produire un produit final qui est le cathode de cobalt.

❖ La TROISIEME PARTIE: PRESENTATION DE SUJET

I. Introduction :

1. Sulfate de fer FeSO_4 :

Le sulfate de fer est consommé avec des quantités importantes lors de l'oxydation pour équilibrer le nombre de mole de fer et l'arsenic.

2. Chlorate de sodium NaClO_3 :

La même chose pour ce réactif, il est consommable dans l'oxydation. On ajoute une solution de Chlorate de sodium (oxydant fort) pour obtenir un potentiel = 750mv.

Le but : éliminer le Fer et l'Arsenic.

II. La qualité de préparation des réactifs :

➤ Méthode de préparation :

- Chlorate de sodium (NaClO_3) est stocké dans des sacs de plastiques chacune de 28Kg, elle est préparée par une solution de cuivre.
- Par contre la solution de sulfate de fer est obtenue par l'ajout d'une quantité importante de sulfate de Fer à l'aide d'un engin (tracks) dans 10 m³ de la solution de cuivre.

➤ Solution de cuivre :

La Préparation de sulfate de fer se fait avec une solution de cuivre Pour deux raisons :

- D'abord parce que l'usine marche avec un système fermé c'est-à-dire pour le recyclage des solutions.
- En plus cette solution contient des impuretés principales le fer et l'arsenic et le cobalt ce qui va augmenter la concentration de fer dans la solution préparée.

Chlorate de sodium :

- Parmi les avantages de cette solution, c'est le pH faible et le potentiel élevé ce qui va diminuer le volume de chlorate consommé, c'est pour cette raison que ce réactif est préparé par cette solution.

	La solution de cuivre	L'eau
pH en	1,3	5,6
Potentiel mV	1200	580

Problématique :

Pour chaque préparation On obtient une concentration différente de fer.

➤ **Solutions proposées :**

- En ce qui concerne la méthode de préparation de sulfate on exige une récupération mécanique de grappin car cette préparation nous donne une concentration précise de fer dans la solution préparée, Quel que soit la teneur de Fe et As dans la solution mère (5 grappins / 10m³ de S0=70g/l).
- Adapté une trainé avec une balance et un vice pour l'écoulement de sulfate de fer et atteindre une maîtrise idéale.

2) optimisation des réactifs :

❖ Premier essai : préparation de chlorate à chaud

Démarche de l'expérience :

- prendre un échantillon de solution de réacteur RA72/61 avant l'ajout de chlorate ($T^{\circ}=54^{\circ}\text{C}$).
- chauffer cette solution pour garder la même température de réacteur
- Prendre une solution de chlorate.
- Chauffer jusqu'à 62°C .
- On fait des ajouts et Après les quels on mesure le potentiel.
- Dans la deuxième expérience on suit la même procédure mais en gardant la solution de chlorate à la température ambiante.
- On note les résultats dans un tableau.

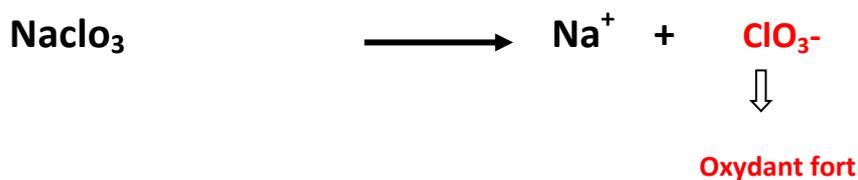
Tableau des résultats :

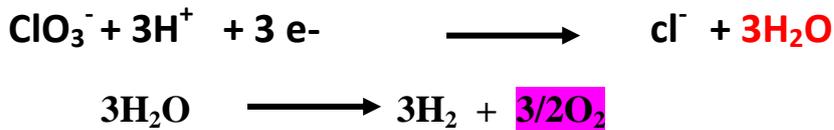
volume ml de solution à oxyder RA 72 (E=330mv et T°= 54°C)	Volume du chlorate à la température ambiante en ml	Potentiel mv
40	1,5	480
40	2,5	700
40	3,2	750
40	3,8	770

volume en ml de solution à oxyder RA 72 (E=330mv et T°= 54°C)	Volume chlorate en ml à 62°C	Potentiel mV
40	1,0	690
40	1,5	720
40	2,0	750
40	3,5	800

Analyse des résultats :

Les deux réactions de dissolution et d'oxydation de chlorate :

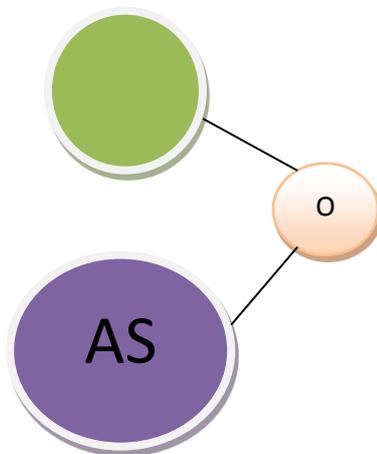




Cette réaction n'est pas rapide, elle a besoin de la température pour la dissolution de chlorate et libération de l'oxygène nécessaire pour lier les deux atomes de Fe et As.

Avec cette nouvelle préparation on va avoir deux avantages:

- ✓ on va consommer un faible volume de solution de chlorate
- ✓ on va faire la dissolution au niveau de la préparation, car au lieu de faire cette réaction au niveau de réacteur on va envoyer la solution déjà prête d'être utilisée. ce qui va diminuer le temps d'attaque au niveau de réacteur (au lieu de 45min on a besoin que de 15min).



Mais avant d'appliquer cette nouvelle préparation il faut tenir compte de la qualité de produit.

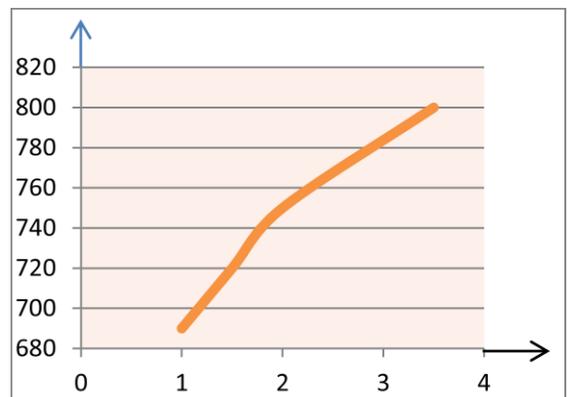
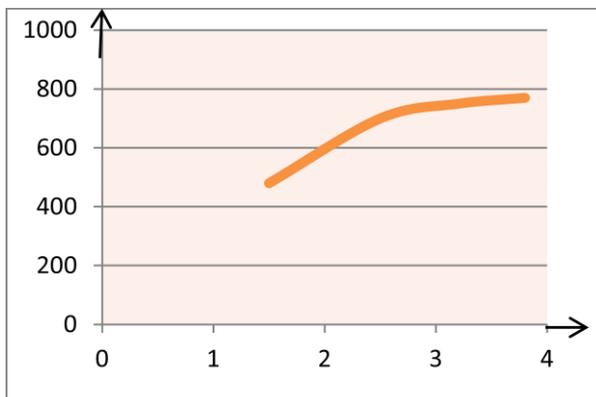
C'est pour cette raison qu'on va ajouter le calcaire pour précipiter le Fe et As et faire l'analyse pour vérifier la teneur de Fe et As dans la solution mère et déterminer par la suite le potentiel optimum convenable.

Tableau des résultats après précipitation :

Précipitation de Fe et As avec le calcaire (CaCO₃)

volume en ml de solution à oxyder RA 72 (E=330mv et T°= 54°C)	Volume chlorate ml à 62°C	Potentiel mV	Fe ppm	As ppm
40	1,6	680	2,7	8,2
40	2,4	720	1,7	5,72
40	2,8	750	0,98	1,23
40	3,5	800	0,9	1,05

Courbe de variation de potentiel en fonction de volume de chlorate ajouté :



- On peut conclure que **720 mV** potentiel optimum convenable au lieu de 750 mV.
- Durant une opération : $V_{NaClO_3} = 3 \text{ m}^3$ mais En utilisant cette nouvelle préparation on peut consommer que **1,7m³**.

❖ Deuxième essai : préparation des différentes concentrations de solution de sulfate de fer

Démarche d'expérience :

- Prendre l'échantillon de solution de cuivre.
- Peser des masses de sulfate de fer en poudre.
- Préparer la solution.
- Prendre un deuxième échantillon de solution mère.
- déterminer la teneur de Fe et As dans les 2 échantillons.
- Préparer des solutions avec des concentrations différentes.
 - En augmente la teneur de Fer et on diminue le volume.
- Calculer à l'aide d'EXCEL le volume à ajouter à la solution mère en utilisant cette formule :

$$V(\text{FeSO}_4) = (V \cdot 56) \cdot (\text{Fer RA112} - (\text{ARS RA112} \cdot 0,75)) \cdot 0,85 \cdot (\text{AS} / 75 - \text{Fe} / 56)$$

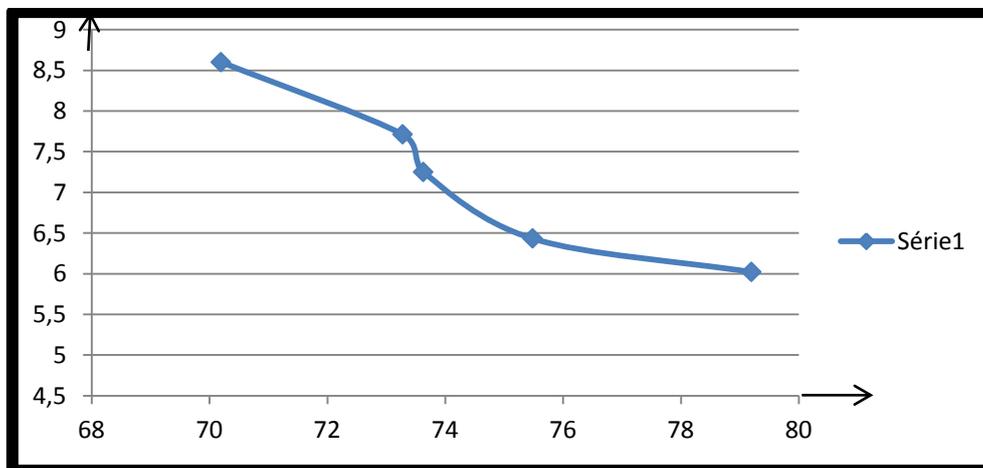
- **V : Volume de la solution mère**
- **Fer RA112 : teneur de Fer dans le Réacteur 112**

- **ARS RA112 : Teneur d'arsenic dans le réacteur 112**

Tableau des résultats

Echenillons	Masse Sulfate ajouté (g)	Volume de solution de cuivre S0 (ml)	concentrations de solution préparée (g /l)	volume de solutions mères (ml)	Volume de solution de sulfates de fer à ajouté (ml)
E0	15	50	70,20	50	8,60
E1	15	45	73,28	50	7,71
E2	15	40	73,63	50	7,25
E3	15	35	75,49	50	6,43
E4	15	30	79,20	50	6,02

Courbe de variation de volume de sulfate de fer on fonction de concentration





Interprétation des résultats :

- On constate une diminution de volume utilisé de solution de sulfate de fer en fonction de concentration.
- Cette diminution n'a aucune n'influence sur la précipitation des impuretés.

❖ **Deuxième essai : influence de la température sur la préparation de la solution de sulfate de fer**

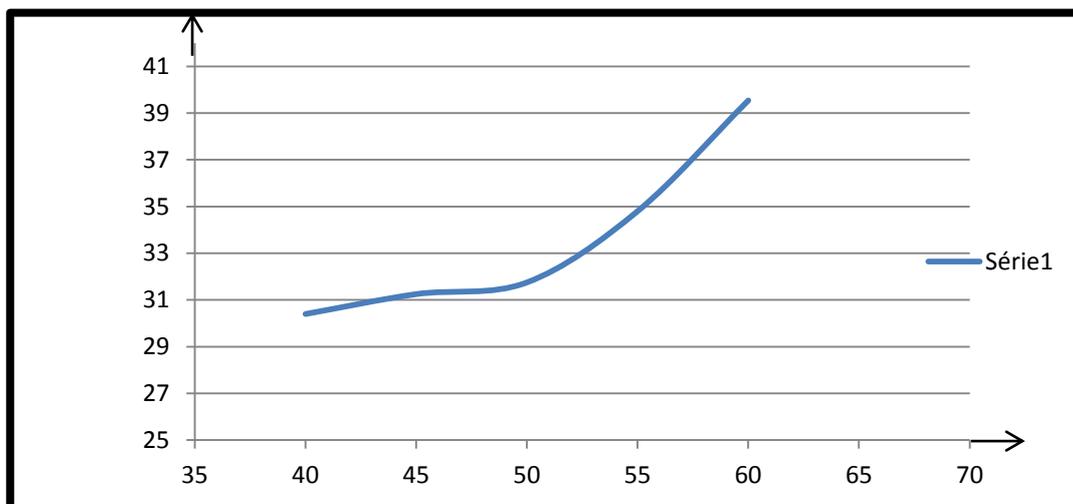
Mode opératoire :

- Prendre un échantillon de la solution de sulfate de fer.
- Prendre un échantillon de la solution mère : réservoir VR 101/102
- Déterminer la teneur de Fe et As dans chacun de ces deux solutions.
- Calculer à l'aide d'EXCEL le volume à ajouter de la solution de sulfate de fer.
- Chauffer ce volume à des températures différentes et ajouter sur le même volume de la solution mère.
- Faire l'analyse de la solution finale pour déterminer la teneur de Fer et Arsenic.
- Noter les résultats sous forme d'un tableau.

Tableau des résultats :

Volume de la solution mère en ml	Volume de la solution de sulfate de fer en ml	Température de la solution de sulfate de fer en °C	Concentration de fer dans la solution finale en g/l
22	13,6	40	30,40
22	13,6	45	31,25
22	13,6	50	31,75
22	13,6	55	34,8
22	13,6	60	39,54

Courbe de Variation de concentration de fer en fonction de température



Interprétation des résultats :

- On observe une augmentation de la concentration de fer dans la solution de sulfate de fer en fonction de température.
- La température est un catalyseur de la réaction, Elle sert à une dissolution total et rapide de fer dans la solution.
- Alors elle nous aide aussi d'optimiser la solution de sulfate de fer utilisée sur chaque poste.
- Ainsi que la température inhibe la formation de composé Jarosite de formule $KFe(OH)SO_4$: c'est un sulfate hydraté de fer et de potassium. Ce solide crée un problème au niveau des filtres (mauvaise filtrabilité).

3 .l'impact d'optimisation sur la partie économique :

Le tableau suivant résume les résultats obtenus :

Gain	Echelle labo	Echelle usine	Gain mensuel DH/mois
$NaClO_3$ à $62^\circ C$	0,1g /40ml	0,07 t/26m ³	117000
Augmentation de concentration de $FeSO_4$	2,7 g/50ml	1,18 t/22m ³	88020,5

Préparation de sulfate de fer à $60^\circ C$:

Avec une préparation à $40^\circ C$ on obtient une concentration de 30,4g/l .

Mais à une température de $60^\circ C$ on a une concentration de 39,5g/l.

Alors on a un gain de **23%**



Consommation de la vapeur injecté :

Calcul de volume de vapeur à injecter pour atteindre une température de 62°C :

Selon les lois de la thermodynamique on a :

$$Cp(\text{NaClO}_3) \cdot V(\text{NaClO}_3) \cdot \rho(\text{NaClO}_3) \cdot \Delta T = Cp(\text{vap}) V_{\text{vap}} \cdot \rho_{\text{vap}} \cdot \Delta T'$$

Avec :

- $Cp(\text{NaClO}_3) = 0,54 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$
- $Cp(\text{vap}) = 4,6 \text{ kJ/kg}$
- $V(\text{NaClO}_3) = 2 \text{ ml}$
- $T = T_f - T_i = 62 - 40 = 22^\circ\text{C}$
- $\rho(\text{NaClO}_3) = 2,27 \text{ kg/m}^3$
- $T' = 110 - 62 = 48^\circ\text{C}$
- $\rho(\text{vap}) = 1,98 \text{ g/l}$

Alors $V(\text{vap}) = 124 \text{ ml} = 0,124 \text{ L}$

On a

37,4dh \longrightarrow 1000 L

? \longrightarrow 0,124 L

Alors on a besoin de **4,6 10⁻³dh** pour chauffer 2m³ de la solution mère.

on a une perte mensuelle de 12600dh

Alors le gain final est **104400dh/mois**



Conclusion :

Au terme de ce travail, on a pu atteindre des résultats très importants.

- En effet, on a assisté à la préparation des réactifs et en a essayé d'améliorer la mode opératoire de préparation.
- Ensuite on a élaboré une étude chimique en appliquant plusieurs essais pour optimiser l'utilisation des réactifs au cours de la production de Cobalt en gardant toujours la qualité de produit et la satisfaction de client.

Ce projet de fin d'étude étant une parmi les phases qui nous préparent à franchir le monde industriel, a été vraiment d'un grand bénéfice pour nous.

On peut même affirmer qu'il va servir d'une véritable passerelle entre nos études et notre premier futur emploi.

Etant une mise en situation réelle, ce stage nous a donné l'occasion de mettre en application les enseignements théoriques reçus au sein de la FST en adéquation dans le domaine appliqué.