



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID - TLEMCEN

MEMOIRE

Présenté à :

FACULTE DES SCIENCES – DEPARTEMENT DE CHIMIE

Pour l'obtention du diplôme de :

MASTER EN CHIMIE

Spécialité : Chimie analytique

Par :

Melle BOUDIS Oumama Norhene

Sur le thème

Extraction de Ni(II) et de Co(II) par la technique de la membrane liquide émulsionnée (MLE)

Soutenu publiquement le 06 juin 2024 à Tlemcen devant le jury composé de :

Melle SEFROU Zeyneb	MAB	Université de Tlemcen	Présidente
Mme MESLI Meryem	MAB	Université de Tlemcen	Encadrante
Mme BENYAHYIA Nacera	MCB	C.U. de Maghnia	Examinatrice
Mr BELKHOUCHE Nasr-Eddine	Professeur	Université de Tlemcen	Co-encadrant

Année Universitaire : 2023 ~ 2024

Remerciements

Ce présent mémoire a été réalisé au sein du laboratoire des Technologies de Séparation et de Purification (LTSP) à l'Université d'Abou BekrBelaid Tlemcen.

Je souhaite exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements

A Madame MESLI Meryem, maitre assistante « B » à l'Université de Tlemcen, qui m'a fait l'honneur d'être mon encadrante. Son expertise dans le domaine a été déterminante dans les orientations prises dans ce travail. Je tiens à la remercier pour sa grande disponibilité, pour son soutien, son aide, et aussi surtout pour ses qualités humaines.

Que Melle SEFROU Zineb maitre assistante « B » à l'Université de Tlemcen, trouve mes meilleurs remerciements d'avoir accepté de présider le jury de la soutenance.

Mes sincères remerciements vont à Madame BENYAHIA Nacera maitre de conférences B, au centre universitaire de Maghnia, pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant d'examiner ce travail.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à l'ingénieur de laboratoire de L.T.S.P Melle BENOUDA Wafaa, je la remercie de m'avoir orienté, aidé et conseillé.

Enfin, je remercie mes amis, leurs soutiens et leurs encouragements ont été d'une grande aide.

À toutes ces personnes, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

Dédicaces

Je dédie ce modeste mémoire :

A ma très chère maman et mon cher père qu'ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé et surtout m'ont donné la force pour continuer et affronter les différents obstacles durant ces années d'études.

A mes sœurs qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de mon parcours.

A ma famille, mes proches et tous ceux que j'aime.

Table des Matières

REMERCIEMENTS

DEDICACES

LISTE DES ABREVIATIONS

INTRODUCTION GENERALE.....1

Partie Théorique

Chapitre I: Séparation Membranaire

I. Introduction	3
II. Généralité sur les membranes	3
II.1. Définition de la membrane	3
II.2. Classification de la membrane	3
II.2.1. Selon leur nature chimique.....	4
II.2.1.1. Membranes minérales ou inorganiques.....	4
II.2.1.2. Membranes organiques.....	4
II.2.1.3. Membranes composites.....	4
II.2.1.4. Membranes à charge électrique.....	4
II.2.2. Selon leur porosité.....	4
II.2.2.1. Membranes poreuses.....	4
II.2.2.2. Membranes denses.....	4
II.2.3. Selon leur morphologie.....	5
II.2.3.1. Membranes isotropes (ou symétriques).....	5
II.2.3.2. Membranes anisotropes (ou asymétriques).....	5
II.2.4. Selon leur géométrie de préparation.....	5
II.2.4.1. Membranes planes.....	5
II.2.4.2. Membranes cylindriques.....	5
III. Applications	5
III.1. Analyse biomédicale	5
III.2. Analyse environnementale	5
III.3 Applications industrielles	5
IV. Avantages	6
V. Les membranes liquides	6
V.1. Types de membranes liquides	7

V.1.1. Membrane liquide volumique ou épaisse (MLV)	7
V.1.2. Membrane liquide supportée (MLS)	7
V.1.3. Membrane liquide émulsionnée (MLE)	7
VI. Principe de la technique de membrane liquide émulsionnée (MLE)	8
VI.1. Préparation de la membrane liquide émulsionnée (MLE)	8
VII. Applications et procédés membranaires	9

Chapitre II: Aperçu général sur les métaux

I. Introduction	12
II. Les sources	12
II.1. Sources naturelles	12
II.2. Sources anthropiques	12
III. Impact toxicologique	12
IV. Aspect théorique sur le nickel	13
IV.1. Généralités	13
IV.2. Propriétés physico-chimiques	13
IV.3. Utilisation	14
V. Aspect théorique sur le cobalt	14
V.1. Généralités	14
V.2. Propriétés physico-chimiques	14
V.3. Utilisation	15

Chapitre III: Les tensioactifs

I. Introduction	16
II. Définition des tensioactifs	16
III. Classification des tensioactifs	16
III.1. Les tensioactifs cationiques	16
III.2. Les tensioactifs anioniques	17
III.3. Les tensioactifs amphotères (ou zwitterioniques).....	17
III.4. Les tensioactifs non-ioniques	17
IV. Tensioactif Span80	17
IV.1. Définition et propriétés	17

Chapitre IV : Les extractants

I. Introduction	19
II. Définition	19
III. Classification des extractants	19
IV. Les amines quaternaires	20
IV.1. L'extractant Aliquat336	21
IV.1.1. Définition	21
IV.1.2. Propriétés physico-chimiques	21

Partie expérimentale

I. Produits chimiques utilisés	22
II. Appareils et instruments de mesure	22
III. protocole et dosage des ions de cobalt(II) et de Nickel(II)	23
III.1. Pour le nickel(II)	23
III.2. Pour le cobalt(II)	23
IV. La préparation de l'émulsion	24
V. La procédure d'extraction	24
VI. Détermination des conditions optimales de l'extraction	25
VI.1. Effet de la concentration de l'extractant	25
VI.2. Effet du pH de la phase d'alimentation	25
VI.3. Effet de la concentration de la phase d'alimentation	25
VI.4. Effet de la concentration du tensioactif	25

Résultats et discussion

I-Etude de la prédominance des espèces de Ni ²⁺ et de Co ²⁺	26
II-Optimisation du dosage du Ni(II) et du Co(II) par complexométrie-visible	29
III-Courbes d'étalonnages de dosage du Ni(II) et du Co(II) par UV-Visible	30
IV. Etude de l'extraction du Ni(II) et Co(II) par MLE.....	31

IV.1. Effet de la concentration de l'extractant [Aliquat 336]	31
IV.2. Influence du pH sur l'extraction par MLE	33
IV.3 Effet de la concentration de la phase d'alimentation sur l'extraction par MLE	34
IV.4 Effet du tensioactif sur l'extraction par MLE	35
Conclusion	37

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

RESUME

Liste des abréviations

I_0 : Intensité du faisceau incident.

I : Intensité du faisceau émergent de la solution.

ε : coefficient d'extinction molaire ($\text{l.mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$).

L : Longueur du trajet optique (épaisseur de la cuve) (cm).

C : Concentration de la solution à analyser.

C_i : Concentration de Ni(II) ou de Co(II) avant extraction.

C_f : Concentration de Ni(II) ou de Co(II) après extraction.

R : Rendement d'extraction de nickel(II) ou de cobalt(II) (%).

A : Absorbance de la solution à analyser.

Aliquat336 : N-méthyl-N, N-dioctylotán-1-chlorure d'ammonium.

Span80 : sorbitane monooléate.

MLE : Membrane liquide émulsionnée.

MLS : Membrane liquide supportée.

MLV : Membrane liquide volumique.

ppm : Particule par million (mg/l).

m/m : La masse de l'aliquat336 ou de span80 par rapport la masse de la membrane liquide.

M : Unité de la concentration molaire (mol/l).

tpm : Tour par minute.

μl : Microlitre.

ml : Millilitre.

g : Gramme.

PAR : 4-(2-pyridylazo) resorcinol.

Arsenazo(III) : 2,7-Bis(2-arsonophenylazo)-1,8-dihydroxynaphtalene-3,6-disulfonic acide.

D2EHPA : Acide di-(2-éthylhexyl) phosphorique.

INTRODUCTION
GENERALE

Les déchets industriels solides ou liquides contiennent souvent des métaux lourds, ce qui entraîne un risque de pollution important en raison de leur toxicité élevée et de leur dispersion environnementale.

Dans le domaine industriel, il est fréquent de faire face à des déchets difficilement valorisables. Le stockage de ces déchets dans des décharges ou des installations contrôlées ne garantit pas l'absence totale de risque de pollution des sols et des eaux des nappes phréatiques par effet d'infiltration de métaux toxiques.

Dans le domaine d'hydrométallurgie, l'extraction et la préconcentration de métaux constituent un défi et un enjeu économique important.

La complexité et la difficulté associées aux effluents contenant des métaux lourds ont incité les chercheurs à explorer de nombreuses solutions possibles.

Les méthodes traditionnelles d'extraction des ions métalliques à partir de matrices environnementales comprennent les procédés suivants : L'adsorption, la précipitation, l'échange ionique, l'extraction par solvant et la récupération électrochimique, l'osmose inverse, la nanofiltration [1], l'ultrafiltration, la précipitation des hydroxydes métalliques puis filtration des boues, la fixation sur résines échangeuses d'ions, l'oxydation chimique, biologique, les techniques électrochimiques (électrodialyse, électroflotation ...) et les techniques d'extraction par solvant qui ont compris : l'extraction liquide-liquide classique et l'extraction par membranes liquides, Ces derniers, qui sont actuellement les plus employés dans les techniques de traitement, peuvent s'avérer inefficaces en raison des contraintes législatives, techniques ou économiques.

L'extraction par membrane liquide émulsionnée est un procédé simple qui offre de nombreux avantages, pour la récupération d'ions métalliques à partir des effluents solide ou liquide.

La technique de MLE permet la séparation sélective d'ions métalliques et d'opérer en continue sans le besoin de régénération fréquente, associée à un bas impact chimique et à une consommation en énergie minimale, ces avantages ont fait que cette technique est très concurrentielle sur le plan économique [2].

Le but de notre travail est l'application de la technique de membrane liquide émulsionnée, à l'extraction du Nickel(II) et Cobalt(II) à partir de solutions aqueuses nitrées.

Notre travail se divise en :

Partie théorique : Séparation membranaire (généralité sur les membranes), aperçu sur les métaux (nickel et cobalt), extractants et tensioactifs.

Introduction générale

Partie expérimentale : Description de l'ensemble des expériences effectuées le long de notre étude.

Partie des résultats et discussions où nous présentons nos conclusions et interprétations sur les différentes expériences réalisées.

PARTIE
THEORIQUE

I. Introduction

Le domaine de l'hydrométallurgie utilise plusieurs procédés pour l'extraction et la préconcentration (récupération) des métaux, mais la présence de contraintes techniques augmente la difficulté de ces procédés, la technologie des membranes a ouvert la voie à de nombreuses solutions liées à ces contraintes ce qui a amélioré ce domaine, d'où il ya plusieurs procédés membranaires pour l'extraction et la préconcentration des espèces ou des molécules chargés (organiques ou inorganiques) en solution ,et/ou pour l'extraction des particules ou des micro-organismes en suspension dans un liquide. Parmi ces procédés : La microfiltration, l'ultrafiltration, la nanofiltration, l'osmose inverse, la pervaporation, la dialyse, l'hémodialyse, l'électrodialyse et la piezodialyse [3].

II. Généralité sur les membranes

De nos jours, il existe une grande variété de membranes adaptées à divers procédés de séparation. Cette diversité est à l'origine des applications dans des domaines très différents.

Les membranes peuvent être solides ou liquides

II.1. Définition de la membrane

Une membrane peut être définie comme une barrière semi-perméable de matière poreuse ou non poreuse de quelques centaines de nanomètres à quelques millimètres d'épaisseur de matière; elle permet le passage sélectif de certaines espèces ou particules (ions, molécules ..etc) contenues dans un liquide, ce passage se fait selon un mécanisme de transfert défini et sous l'action d'une force motrice de transfert, qui peut être le gradient de pression, de concentration, d'activité, de potentiel électrique ou de température [3,4].

Les critères de séparation des particules ou des espèces peuvent être [3] :

- La dimension et la forme ;
- La nature chimique ;
- L'état physique ;
- La charge électrique.. etc.

II.2. Classification de la membrane

Il ya plusieurs catégories de classification des membranes, d'où la membrane peut être classifié selon plusieurs critères : leur nature chimique, leur porosité, leur morphologie, et selon leur géométrie de préparation [3,4].

II.2.1. Selon leur nature chimique

On distingue quatre types

II.2.1.1. Membranes minérales ou inorganiques : elles sont caractérisées par leur grande sélectivité et perméabilité, et aussi par leur grande résistance chimique, et mécanique et surtout thermique, leur nettoyage est facile ce qui les rend largement utilisées [3].

II.2.1.2. Membranes organiques : ses matières premières de fabrication sont les polymères organiques, ces membranes sont les plus utilisées et les plus demandées au marché (80% du marché) à cause de leurs coûts, la disponibilité des différentes tailles des pores, et leurs facilités lors de la manipulation, en plus 90% des membranes d'ultrafiltration et de microfiltration sont de nature organique, mais elles ont une faible résistance thermique et chimique (résistance limitée)[3,4].

II.2.1.3. Membranes composites : elles peuvent être organiques ou minérales (ou bien inorganiques),elles ont une morphologie anisotropique c'est-à dire une structure asymétrique, elles sont composées de plusieurs couches de nature chimique différentes ou d'état physique différent, ces couches sont dans une superposition, ces membranes sont caractérisées par une couche de peau très fine par rapport aux membranes non composites [3,4].

II.2.1.4. Membranes à charge électrique : dans ce type de membrane la séparation dépend de la charge des pores qui sont soit chargés positivement soit négativement et la concentration des ions à séparer c'est-à dire elle est basée sur le principe de la répulsion d'ions qui ont la même charge des pores [3].

II.2.2. Selon leur porosité

On distingue deux types

II.2.2.1. Membranes poreuses: elles sont caractérisées par la taille de ses pores qui est comprise entre 0,01 à 1 micron, la séparation par ces membranes est basée sur la taille des particules ou des substances à séparer et la distribution de la taille des pores, la structure de ces membranes est similaire à celle des filtres classiques (leurs diamètres de pore > à 1micron)[3].

II.2.2.2. Membranes denses: dans ce type de membrane le passage de soluté se fait par la diffusion à travers un film par une différence de pression, de concentration, ou de potentiel électrique, c'est-à dire la diffusivité et la solubilité de soluté sont responsables de cette diffusion [4].

II.2.3. Selon leur morphologie

On distingue deux types

II.2.3.1. Membranes isotropes (ou symétriques): elles ont une structure symétrique à cause de l'homogénéité de la taille de ses pores, elles peuvent être denses ou poreuses et elles ne se composent que d'un seul matériau [3-4].

II.2.3.2. Membranes anisotropes (ou asymétriques): ces membranes ont une structure asymétrique, elles sont composées de deux couches l'une très fine ($\approx 0.1 \mu\text{m}$ d'épaisseur), dense ou poreuses, qui a une grande sélectivité c'est la couche peau, elle est responsable de la séparation, et plus elle est fine plus on a un flux élevé ce qui est demandé en industrie et l'autre est une couche épaisse, elle assure la résistance à la membrane [3-4].

II.2.4. Selon leur géométrie de préparation

On distingue deux types [3]

II.2.4.1. Membranes planes : elles sont appelées membranes pillow-shaped, elles sont sous forme de plaque plate, ce type de membranes résulte de l'assemblage de deux membranes dans une unité ce qui donne une forme d'oreiller.

II.2.4.2. Membranes cylindriques : on peut distinguer deux sous types :

- **Membranes tubulaires :** elles ont un diamètre interne supérieur à 3 mm.
- **Membranes creuses :** elles ont un diamètre inférieur à 3 mm.

III. Applications

III.1. Analyse biomédicale

Dans le domaine biomédicale l'extraction par les membranes est très utilisée pour la détermination des composés qui existent dans les fluides biologiques (plasma sanguin, urine ...etc) et surtout pour les médicaments, ce qui demande une grande sélectivité et une automatisation pour l'utilisation des membranes dans les techniques d'extraction qui sont liés à ce domaine [4].

III.2. Analyse environnementale

L'extraction par membrane est très utilisée dans le domaine environnementale pour la détermination des composés polluants et des composés naturels qui existent dans les différentes sources naturelles de l'eau ou dans d'autres matrices environnementales, cette détermination demande des conditions spéciales pour les composés de faibles concentrations qui ont besoin des facteurs d'enrichissements élevés, les techniques d'extraction par les membranes peuvent offrir ces conditions pour faire ces applications [3].

III.3. Applications industrielles

Les membranes sont très utilisées pour plusieurs applications dans le domaine industriel par exemples :

- La séparation des gaz [4] et des applications sensibles dans les industries pharmaceutiques, exemple la cristallisation par la pervaporation membranaire en génie pharmaceutique [5], et dans les industries alimentaires, exemple la concentration et la clarification des jus de fruits (par des membranes hydrophobes et de microfiltration) [6,7].
- Le dessalement de l'eau de mer.
- Traitement des eaux usés et des effluents industriels, exemples :
 - Elimination des composés organiques et inorganiques toxiques qui ont contaminé un milieu aqueux, par exemple l'élimination des composés organohalogène volatils qui sont à l'état de traces dans l'eau [8], et des ions métalliques comme le zinc [3].
 - Le recyclage de l'eau dans les industries agroalimentaires [9].
 - L'application des membranes pour la biodégradation du phénol (par un bioréacteur à membranes) [10].
- Les applications des membranes sont aussi dans le domaine marin, par exemple pour la récupération de protéines solubles de poisson par les membranes d'ultrafiltration et pour la concentration de microalgues marines par les membranes de microfiltration [11].

IV. Avantages

- La protection de l'environnement car l'utilisation des membranes ne nécessite pas l'utilisation de grande quantité de produit chimique, et même ces produits sont relativement simples et ne sont pas nocifs [4].
- L'application des processus par les membranes se fait dans les conditions atmosphériques, elle sera simple, facile et efficace [4].
- Les systèmes des membranes sont économiques en termes d'investissement et en terme énergétique [4].
- Pour réaliser une séparation désirée il est possible d'ajouter des modules dans la conception du processus [4].
- L'utilisation des membranes ne nécessite pas de régénération fréquente, elle permet d'avoir un système continu, aussi elle fournit des propriétés très importantes de sélectivité, de puissance d'enrichissement et de potentiel d'automatisation [4].

V. Les membranes liquides

L'extraction par une membrane liquide consiste à utiliser trois phases liquides, une phase membranaire qui est placée entre une phase source c'est la phase d'alimentation, elle contient le soluté à extraire et une phase réceptrice où le soluté sera récupéré, et par l'effet de gradient de concentration le soluté est diffusé à travers la phase membranaire par diffusion pure ou facilitée [2].

V.1. Types de membranes liquides

V.1.1. Membrane liquide volumique ou épaisse (MLV)

C'est une phase membranaire de nature organique qui est mise en contact avec deux phases aqueuses, une c'est la phase d'alimentation et l'autre c'est la phase d'épuration (réceptrice).

La phase membranaire est plus dense que les autres phases, leur volume aussi est plus grand, ce qui nécessite l'utilisation d'une quantité importante d'extractant, aussi les phases aqueuses sont agitées séparément afin d'éviter de les mélanger [3].

V.1.2. Membrane liquide supportée (MLS)

C'est le cas où la phase membranaire qui contient l'extractant est imprégnée dans les pores d'un support polymérique microporeux, ce dernier est placé dans le milieu d'un téflon qui contient deux compartiments, l'un pour la phase d'alimentation (aqueuse) et l'autre pour la phase d'épuration (aqueuse), c'est-à dire le support est mis en contact avec deux phases [3].

V.1.3. Membrane liquide émulsionnée (MLE)

Ce type exige la création d'une émulsion, la phase d'épuration (aqueuse) dans la phase membranaire (organique) par un tensioactif, ce dernier est dissout dans la phase membranaire d'où il assure l'encapsulation de la phase d'épuration dans cette même phase membranaire, ensuite cette émulsion sera dispersée dans une troisième phase qui est la phase d'alimentation et le transfert de soluté se fait de l'extérieur de l'émulsion vers l'intérieur de l'émulsion [3].

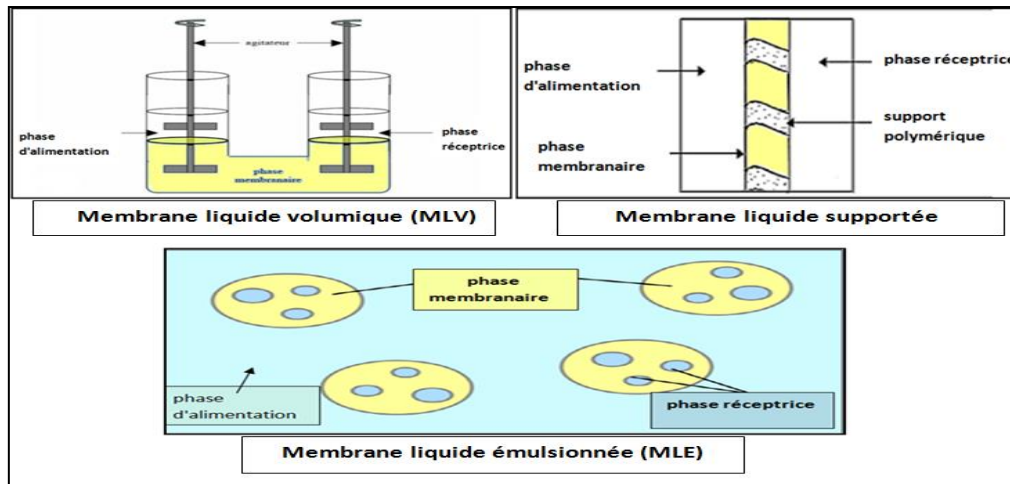


Figure 1: Différents types de membrane liquide

VI. Principe de la technique de membrane liquide émulsionnée (MLE)

VI.1. Préparation de la membrane liquide émulsionnée (MLE)

Le principe de la membrane liquide émulsionnée est de préparer une émulsion (**noté R-M**), une phase aqueuse c'est la phase réceptrice (ou d'épuration) qui est dispersée dans une phase organique c'est la phase membranaire, ensuite cette émulsion est mise en contact avec une autre phase aqueuse qui est la phase d'alimentation

- La phase membranaire (**noté M**) est composée de : diluant c'est un solvant organique qui dissout une quantité d'un tensioactif et une quantité d'un extractant, cette phase est sous forme de globules de taille de 0.5 à 2mm qui enferment des microgouttelettes de la phase réceptrice (**noté R**) d'où cette encapsulation qui est assurée par le tensioactif (émulsifiant) [3].
- La phase réceptrice ou d'épuration (**noté R**) est une solution aqueuse qui contient un agent de piégeage, ce dernier est le responsable de l'étape de la préconcentration (récupération) de soluté, la taille des microgouttelettes de cette phase est de l'ordre micromètre (de 1 à 10 μm) d'où l'importance d'avoir une grande surface de contact [3].
- La phase d'alimentation (**noté A**) c'est une solution aqueuse qui contient le soluté à extraire (voir la figure 2).

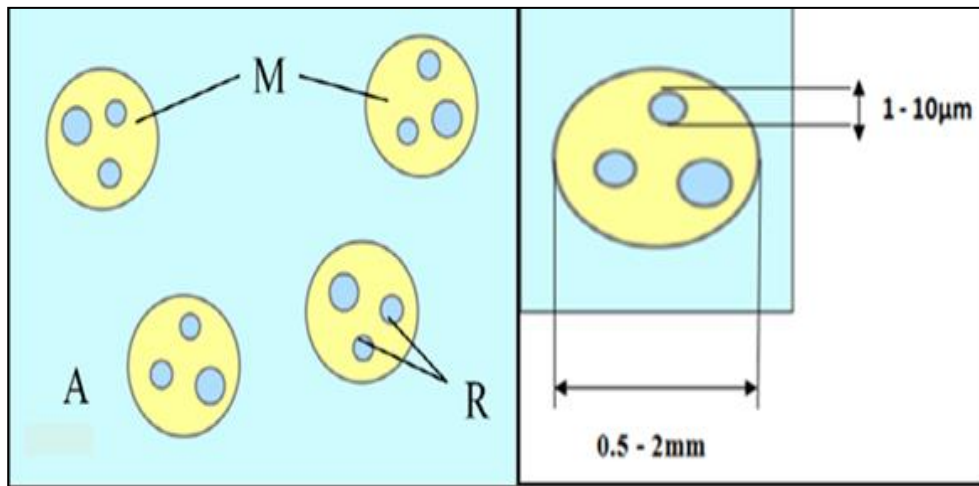


Figure 2: Le système de la membrane liquide émulsionnée

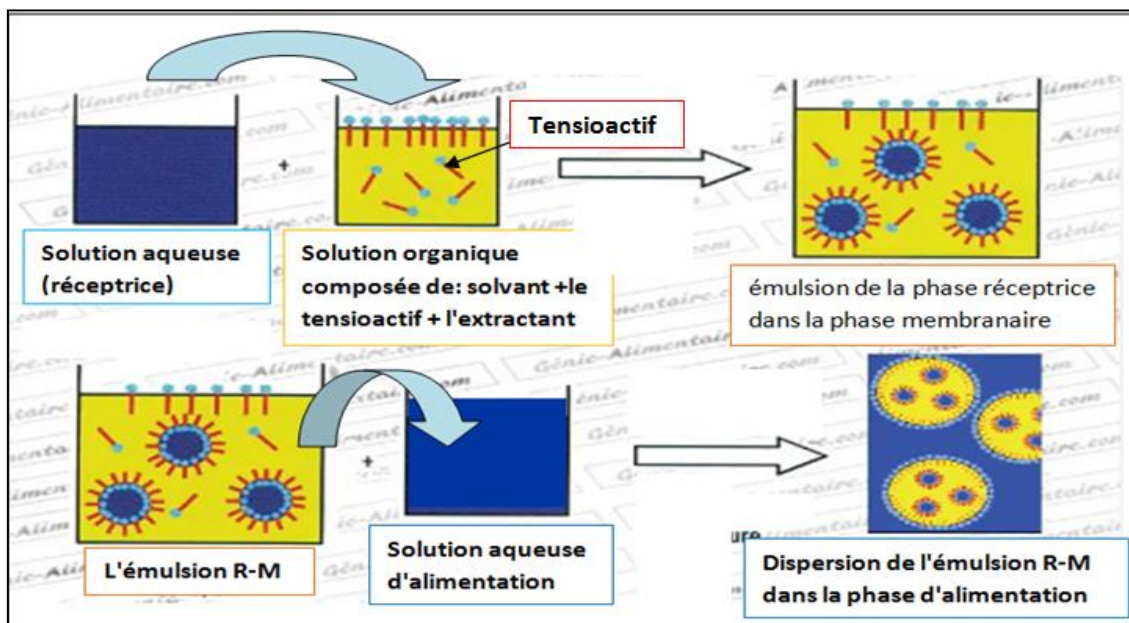


Figure 3: La préparation de la membrane liquide émulsionnée (MLE)

La solution d'épuration (réceptrice) est ajoutée goutte à goutte à la phase membranaire et lorsqu'ils sont en contact, les molécules de tensioactif encerclent cette goutte (la tête hydrophile du tensioactif attirée par la goutte aqueuse), jusqu'à la formation d'émulsion (R-M). Une fois la solution d'alimentation est ajoutée sur l'émulsion (R-M) cette dernière est dispersée dans cette solution, dans ce cas la phase d'alimentation c'est la phase continue (voir la figure 3).

VII. Applications et procédés membranaires

Le procédé d'extraction par la membrane liquide émulsionnée (MLE) passe par quatre étapes principales [1], (voir la figure 4)

- **L'émulsification**: c'est l'étape de préparation de l'émulsion (R-M) phase réceptrice dans la phase membranaire sous une agitation très rapide
- **L'extraction** : c'est l'étape où l'émulsion (R-M) est dispersée dans la phase d'alimentation, lorsque cette émulsion est mise en contact avec la phase d'alimentation il se produit un transfert du soluté à travers la phase membranaire vers la phase réceptrice (extraction et préconcentration).
- **La séparation** : dans laquelle la phase d'alimentation et l'émulsion (R-M) vont être séparées par la différence de la densité
- **La désémulsification** : dans laquelle l'émulsion (R-M) est séparée en deux phases: la phase membranaire et la phase réceptrice.

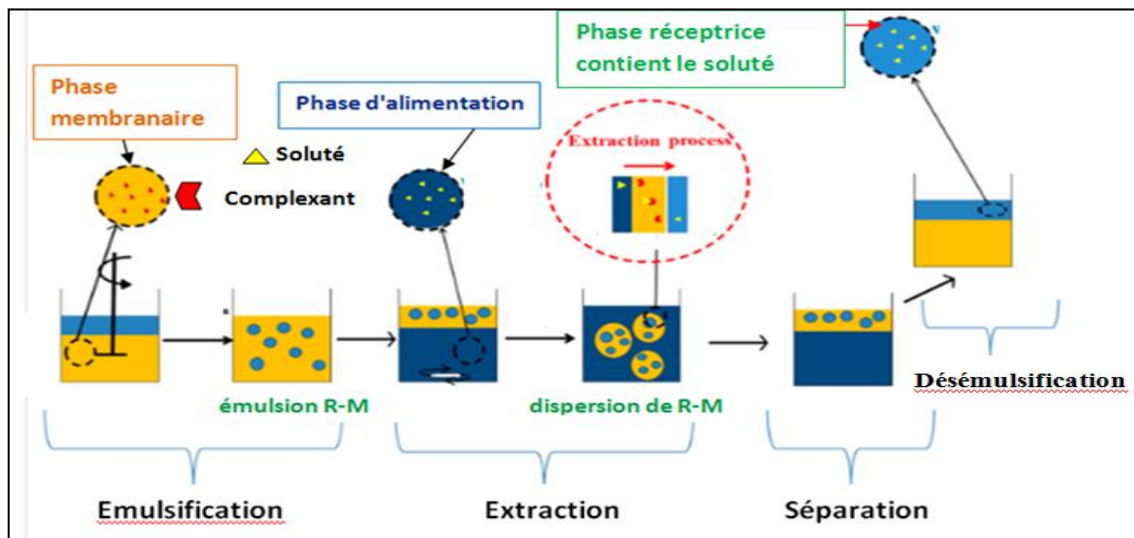


Figure 4: Les étapes du procédé d'extraction par membrane liquide émulsionnée (MLE)

- Le mécanisme de transport dans le système de la membrane liquide émulsionnée

Il ya deux types de transport de masse : Type I (non- facilité) et type II (facilité)

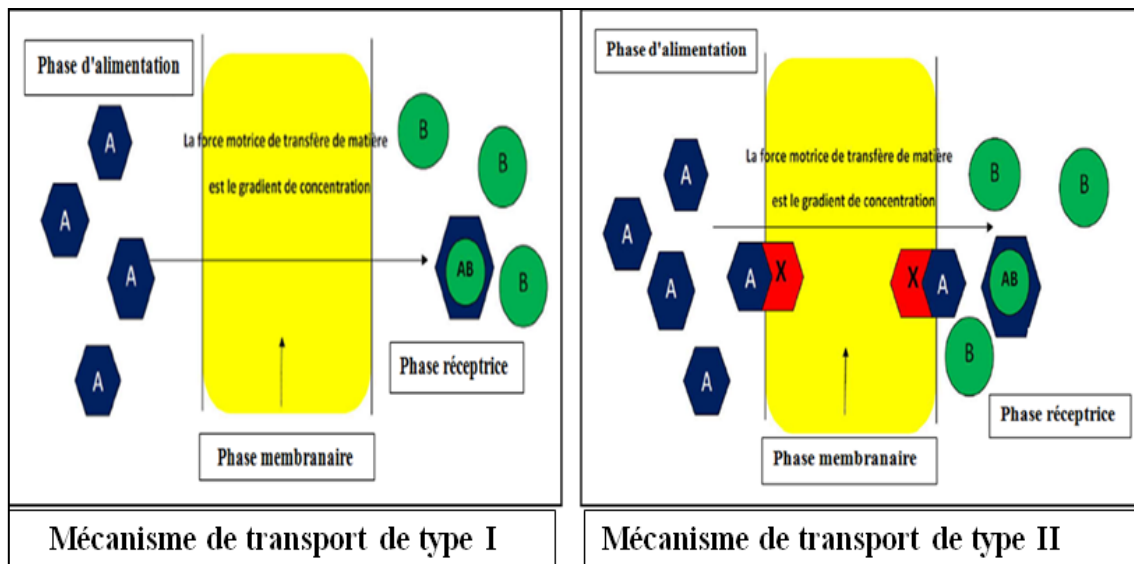


Figure 5: Les mécanismes de transport de masse dans un système de MLE

- **Type I (non-facilité) :** dans ce type, la phase membranaire ne contient pas d'extractant, à cause de la solubilité du soluté dans les trois phases du système, d'où il est transféré de la phase d'alimentation à travers la phase membranaire, à la phase réceptrice [3].
- **Type II (facilité) :** dans ce type, la phase membranaire contient un extractant, à cause de l'insolubilité du soluté dans la phase membranaire il ne peut traverser cette phase qu'à l'aide d'un extractant (voir la figure 5) d'où, le soluté (noté A) dans la phase d'alimentation diffuse à l'interface phase alimentation/phase membranaire dans laquelle il forme réversiblement un complexe avec l'extractant (noté X) soluble dans la phase membranaire, et grâce à son gradient de concentration ce complexe (noté AX) diffuse à travers la phase membranaire à l'interface phase membranaire /phase réceptrice, au niveau de cette dernière le soluté transporté subit une autre réaction irréversible pour former un complexe plus stable avec l'agent de piégeage (noté B) qui est contenue dans la phase réceptrice, c'est l'étape de la préconcentration du soluté [3].

I. Introduction

Les métaux sont des matières qui existent dans la nature, ils ont des caractéristiques très importantes comme la dureté, la malléabilité et sont de très bons conducteurs de chaleur et d'électricité.

Les métaux de transition sont des éléments chimiques qui ont des périodes de 4 à 7 et appartiennent aux groupe 3 à 12 du tableau périodique, ils sont caractérisés par une densité et un point de fusion élevé, par leurs capacité d'adopter plus d'un état d'oxydation stable, par leurs capacité de formation des complexes minéraux et aussi par leurs activité catalytique d'où il ya certains métaux de transition qui forment de bon catalyseur homogène et hétérogène ce qui les rend très utilisables dans les industries .

II. Les sources

II.1. Sources naturelles

Les métaux sont présent naturellement dans l'environnement, les plus importantes sources naturelles sont l'activité volcanique, l'altération des continents et les incendies de forêts, donc on peut les trouver dans la terre, les roches, les eaux de surface et souterraine (le ruissellement des eaux de pluies à travers la terre et les roches contenant les métaux peut apporter ces métaux dans les eaux de surface), dans l'air, aussi ils existent naturellement dans les plantes, les animaux et dans les aliments (par exemple le chocolat contient le nickel).

II.2. Sources anthropiques

Ces sources sont liées à l'activité humaine, les activités pétrochimiques, l'utilisation de combustibles fossiles (les centrales électriques, au charbon, chaudières industrielles), transport (véhicules, embarcations), l'incinération de déchets des produits (par exemple les interrupteurs électriques, amalgames dentaires, éclairages fluorescents), les déchets urbains (exemples: eaux usées, boues d'épuration, ordures ménagères) et les déchets agricoles.

III. Impact toxicologique

Il y a des métaux qui sont très importants et indispensables à l'organisme humain et aux êtres vivants (le cuivre, le zinc, le fer), mais si les organismes sont exposés à des concentrations élevées de ces métaux, ils deviennent toxiques et dangereux. Il ya des métaux qui sont très dangereux pour les êtres vivants, en toxicologie les métaux lourds sont des métaux à caractère cumulatif d'où ils s'accumulent dans les organismes vivants et perturbent les équilibres et mécanismes biologiques provoquant des effets toxiques, ils peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires..., et ils ne sont pas biodégradables dans l'environnement.

IV. Aspect théorique sur le nickel

IV.1. Généralités

Le nickel est un métal qui appartient à la famille des métaux de transition (groupe VIII_B), il a été découvert par le chimiste Axel Fredrik Cronstedt en 1751, les ressources naturelles terrestres de nickel sont les minerais de linnéite, les minerais de latérite, et les minerais de sulfure[12], il possède 5 isotopes stables : ^{58}Ni (68,25%), ^{60}Ni (26,10%), ^{61}Ni (1,15%), ^{62}Ni (3,60%), ^{64}Ni (0,90%) et 7 isotopes radioactifs identifiés, les propriétés mécaniques de nickel sont proches de celle du fer. Le nickel est un métal allergisant [13], à de certaine concentration il peut causer des allergies de la peau et des maladies respiratoires, possible cancérigène.

IV.2. Propriétés physico-chimiques

Le tableau suivant donne quelques propriétés physico-chimiques du nickel [13]

Tableau 1: propriétés physico-chimiques du nickel

Nombre atomique	28
Configuration électronique	[Ar] 3d ⁸ 4s ²
Masse atomique (g/mole)	58.71
Point de fusion (°C)	1453
Point d'ébullition à 1atm (°C)	2732
Electronégativité (v)	1,8
Potentiel normal M ⁿ⁺ / M (v)	- 0,25
Rayon atomique (Å)	1,24
Rayon ionique (Å)	0.69/0.6
Masse volumique à 20°C (g. cm ⁻³)	8.9
Energie de 1 ^{ère} ionisation (KJ .mol ⁻¹)	735
Energie de 2 ^{ème} ionisation (KJ .mol ⁻¹)	1753
Energie de 3 ^{ème} ionisation (KJ .mol ⁻¹)	3387

IV.3. Utilisation

Le nickel est principalement utilisé dans l'acier inoxydable, les superalliages, les alliages non ferreux et dans la galvanoplastie [12], le nickel est très utilisé dans plusieurs applications: en synthèse organique en raison de leur caractère catalyseur (par exemple pour les réactions d'hydrogénation et pour la gazéification du charbon), les traitements de surfaces (d'où il est utilisé dans les revêtements protecteurs: nickelage, plaquage), aussi sa dureté et sa résistance à la corrosion lui permettent de se trouver dans la composition de nombreux alliages. Le nickel entre dans la fabrication de plusieurs produits par exemple : les prothèses chirurgicales et dentaires, les piles nickel-cadmium, les pigments pour peintures, les moules pour les récipients en céramique et en verre, les creusets et les électrodes [13].

V. Aspect théorique sur le cobalt

V.1. Généralités

Le cobalt est un élément métallique, il appartient à la famille des métaux de transition (groupe VIII_B), il a été découvert par le chimiste Georg Brandt en 1735, il possède des propriétés similaires à celles du fer et du nickel, il est principalement extrait de la linnéite et la cobaltine [12], il possède plusieurs isotopes, les principaux sont le ⁵⁷Co, le ⁵⁸Co et le plus connue c'est le ⁶⁰Co, les radiocobalts sont présents dans les réacteurs nucléaires et représentent 39% de l'activité gamma totale, le cobalt est un oligoélément que l'on trouve en très petite quantité dans l'organisme, c'est un des constituants de la cobalamine (ou la vitamine B12) qui stimule la production de globules rouges et traite le problème de l'anémie, mais à des concentrations élevées de cobalt peut être nocif et dangereux, par exemple s'il est présent en concentration importante dans l'organisme, il peut causer des problèmes pulmonaires tels que l'asthme ou la pneumonie.

V.2. Propriétés physico-chimiques

Le tableau suivant donne quelques propriétés physico-chimiques du cobalt [13]

Tableau 2 : propriétés physico-chimiques du cobalt

Nombre atomique	27
Configuration électronique	[Ar] 3d ⁷ 4s ²
Masse atomique (g/mole)	58.93
Point de fusion (°C)	1495
Point d'ébullition à 1atm (°C)	2900
Electronégativité (v)	1,8
Potentiel normal M ⁿ⁺ / M (v)	- 0, 28 / 1. 84
Rayon atomique (Å)	1 , 25
Rayon ionique (Å)	0.78 /0.63
Masse volumique à 20°C (g. cm ⁻³)	8.9
Energie de 1 ^{ère} ionisation (KJ .mol ⁻¹)	757
Energie de 2 ^{ème} ionisation (KJ .mol ⁻¹)	1666.3
Energie de 3 ^{ème} ionisation (KJ .mol ⁻¹)	3226

V.3. Utilisation

Le cobalt est un élément incontournable dans de nombreux domaines stratégiques, comme l'aérospatial, militaire, la chimie, etc, il est utilisé dans les superalliages qui sont utilisés dans les turbines à gaz et les réacteurs nucléaires, et dans les aimants des radars, les systèmes de guidage de missiles, les systèmes de propulsion marins, ou encore les capteurs.

Le cobalt est un métal particulièrement sollicité par les technologies vertes (énergies renouvelables et batteries rechargeables) mobilisées par la transition énergétique, d'où 80% du cobalt est consommé pour fabriquer des batteries lithium-ion, il est présent aussi dans les batteries à hydrure métallique de nickel employées dans les véhicules électriques ou hybrides.

Le cobalt est utilisé comme catalyseur pour la synthèse de divers hydrocarbures (procédé Fischer-Topsch, hydrogénation des carbures non saturés ou aromatiques), les sels de cobalt (II)

sont aussi utilisés comme des catalyseurs d'oxydoréduction. L'oxyde Co_3O_4 est utilisé en verrerie, il permet d'obtenir une bonne adhérence de l'émail sur les tôles de fer ou d'acier, en céramique, l'oxyde Co_3O_4 sert à décolorer les argiles et à préparer des colorants bleus, verts, roses ou violets après cuisson.

Le radio-isotope artificiel ^{60}Co est utilisé depuis 1948 contre les tumeurs cancéreuses, il est utilisé comme traceur dans les recherches physiologiques concernant la vitamine B12, dans l'industrie, il remplace les rayons X pour effectuer des contrôles ou déterminer des structures internes.

I. Introduction

Les tensioactifs sont aujourd'hui très utilisés en raison de leurs propriétés importantes, qui les rendent indispensables dans de nombreux domaines tels que l'agrochimie, la pharmacologie, la cosmétique...etc. Pour plusieurs applications, par exemple : la récupération du pétrole brut, qui a accentué la nécessité de compréhension et de manipulation d'interfaces par le biais de l'action de tensioactif, la préparation et la stabilisation des peintures [3].

II. Définition des tensioactifs

Un tensioactif (ou agent de surface) est un composé de nature organique, d'origine naturelle ou synthétique (synthétisé à partir de ressources pétrochimiques), il est constitué de deux parties : une partie hydrophile, polaire appelée la tête, elle peut être chargée ou neutre liée à une autre partie hydrophobe, apolaire appelée la queue, qui est une chaîne hydrocarbonée soit linéaire, soit ramifiée. La différence de l'affinité avec l'eau de ces deux parties, lui confère un caractère amphiphile (voir la figure 6) [3,14].

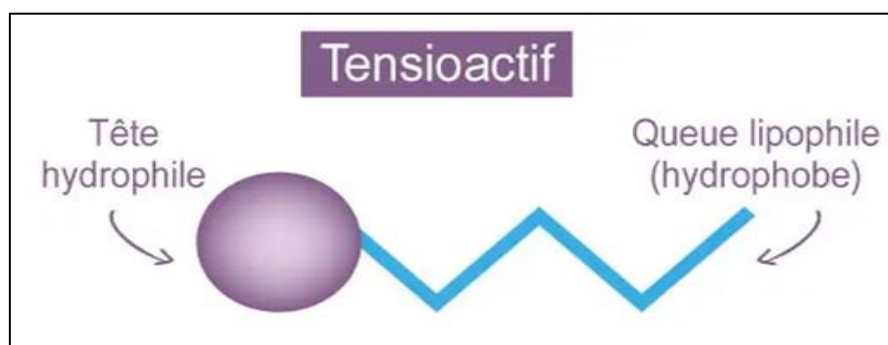


Figure 6 : Structure simplifié d'un tensioactif

III. Classification des tensioactifs

La classification des tensioactifs se fait selon la nature de la tête hydrophile du tensioactif, qui peut être cationique, anionique, zwitterionique ou bien non ionique, donc on distingue quatre types de tensioactif [14]

III.1. Les tensioactifs cationiques

Leurs partie hydrophile est chargée positivement, la majorité sont des produits azotés (sels d'amine ou ammonium quaternaire), ils sont relativement insensibles à la dureté de l'eau et sont

efficaces en milieu acide, aussi ce type de tensioactif est utilisé comme agents antiseptiques, germicides et fongicides dans de nombreuses préparations pharmaceutiques et cosmétiques et sont les moins utilisés à l'échelle industrielle, on les trouve principalement dans les adoucissants de textiles comme émulsionnants [2,14].

III.2. Les tensioactifs anioniques

Leurs partie hydrophile est chargée négativement, ils possèdent un ou plusieurs groupements fonctionnels s'ionisant en solution aqueuse pour fournir des anions organiques associés à des cations généralement de faible masse moléculaire, ce sont principalement les sels d'acides gras, ils proviennent le plus souvent des acides laurique, palmitique, stéarique et oléique, ce type de tensioactifs est le plus utilisé dans l'industrie, ils constituent de très bons agents moussants et détergents [2,14].

III.3. Les tensioactifs amphotères (ou zwitterioniques)

Selon le milieu, ils peuvent s'ioniser en solution aqueuse sous forme cationique ou anionique, ils sont stables à tout pH, et se dégradent partiellement à chaud au cours du temps, ils sont analogues aux phospholipides naturels et constituent une famille de produits peu irritants et peu agressifs sur le plan biologique, on trouve principalement les bétaines, les sulfobetaines et les dérivés des aminoacides [2,14].

III.4. Les tensioactifs non-ioniques

Leurs partie hydrophile ne possède pas de charge, ils sont pratiquement insensibles aux conditions de pH sauf les esters, ils sont classés suivant la nature de la liaison qui unit la partie hydrophile à la partie lipophile (liaison ester, éther oxyde ou amide), ils représentent aujourd'hui plus de 30% de la production mondiale, dans ce type de tensioactifs il existe plusieurs groupes tels que les alcools polyéthoxylés, les alkyl-phénols polyéthoxylés, les esters d'acides gras et de polyéthylène-glycols, etc. Ces tensioactifs, plus particulièrement, les alcools polyéthoxylés(AE) sont utilisés dans tous les domaines industriels (textile, domaine pharmaceutique et dans l'agriculture) [2,14].

IV. Tensioactif Span80

IV.1. Définition et propriétés

Le span80 ou le sorbitane monooléate est un liquide jaune, très visqueux, d'une masse molaire égale à 428,62 g/mol et d'une densité égale à 0,984, ayant une balance hydrophile/lipophile de 4,3 [1], le span80 est un agent de surface, il appartient à la famille des tensioactifs non-ioniques, il a des propriétés émulsifiantes, il est stable, combustible, incompatible avec les agents oxydants forts, et biodégradable dans l'environnement naturel.

Le span80 est soluble dans l'éthanol, l'isopropanol, l'huile minérale, l'huile végétale, et insoluble dans l'eau et le propylène glycol. Il est utilisé dans l'émulsion d'explosifs, le pétrole, la médecine et dans les cosmétiques, d'où les cosmétiques contenant du span80 présentent de fortes propriétés hydratantes, il est aussi utilisé comme un additif alimentaire sous le numéro E494 et comme un agent de préparation du textile, lubrifiant et adoucissant du textile et du cuir et dans d'autres industries.

Le Span80 a été utilisé dans une étude visant à étudier les facteurs dominants affectant la stabilité de la nano-émulsion par l'utilisation de réseaux neuronaux artificiels (ANNs).

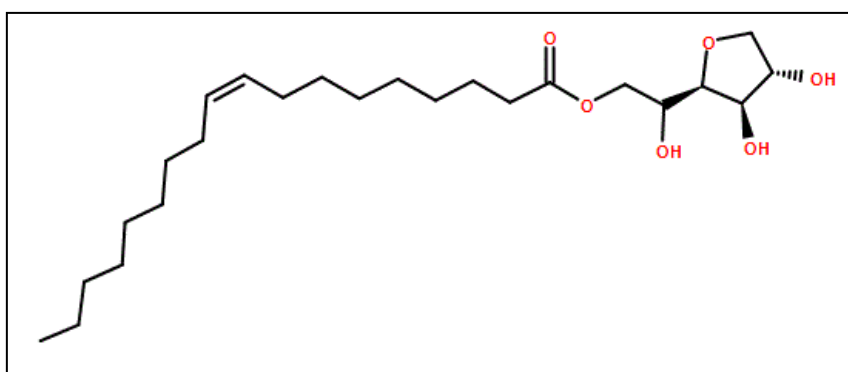


Figure 7: La structure chimique de Span80

I. Introduction

L'extraction est une technique de séparation et de purification qui est très utilisée en chimie, pour séparer ou extraire sélectivement une ou plusieurs espèces chimiques (les métaux ou les colorants) contenant dans une solution. L'extraction est basée surtout sur les propriétés chimiques et/ou physiques du soluté à extraire et sur l'extractant à fin d'avoir une efficacité et un rendement d'extraction élevé, l'utilisation et le choix de l'extractant sont très importants et nécessaires dans une extraction car il faut qu'ils soient très sélectifs et qu'ils réagissent de manière réversible avec le soluté [1].

II. Définition

Un extractant (ou un transporteur) est un composé utilisé pour capturer des espèces spécifiques contenant dans une solution ou dans un mélange (les ions métalliques, les colorants industriels...etc), ou bien pour faciliter le transport du soluté d'une phase à une autre phase (phases immiscibles).

Les propriétés chimiques, le mode d'action de l'extractant et la nature des interactions entre le soluté et l'extractant déterminent le type d'échange qui se fait lors de l'extraction (extraction par solvation pour un extractant neutre, extraction par échange de cations pour un extractant acide, extraction par chélation pour un agent chélatant...etc.). L'utilisation d'un extractant sert à pomper les ions contre leur gradient de concentration, à avoir un flux de matière élevé et à faire une séparation très sélective [1]

III. Classification des extractants

Généralement il y a trois grandes catégories pour la classification des extractants [1]

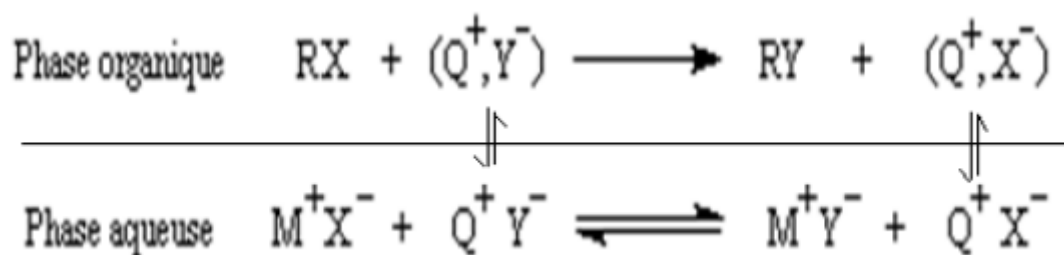
- ❖ **Les extractants acides ou échangeur de cations** : par exemple les acides organophosphoriques tel que le D2EHPA.
- ❖ **Les extractants basiques ou échangeurs d'anions** : par exemple les sels d'ammonium quaternaire tel que l'Aliquat336.
- ❖ **Les extractants solvatants** : dans ce type, l'extractant entre en compétition avec l'eau pour une position dans la première couche de solvation de l'ion métallique, d'où le remplacement des molécules d'eau par ces réactifs facilite le transfert du complexe métal-ion dans la phase organique, ces extractants (commerciaux) contiennent les oxydes de phosphines et les esters phosphoreux.

IV. Les amines quaternaires

Les ammoniums quaternaires (ou les quats) sont des composés dérivés de l'ammoniaque, leur formule générale est NR_4^+ où R représente un groupement alkyle, d'où les quatre ions hydrogènes sont remplacés par des groupements « alkyle » de longueur variable.

Les ammoniums quaternaires sont des amphiphiles possédant une partie apolaire et une partie ionique, ce qui les permettent d'être solubles en milieu aqueux sous forme ionique (Q^+) et d'exister en milieu organique engagés dans des paires d'ions faiblement liés (Q^+, Y^-) [4], la majorité sont obtenus par alkylation d'amines tertiaires.

Lorsqu'une réaction fait intervenir des espèces anioniques (X^-), la difficulté est de disposer des anions suffisamment réactifs dans la phase organique. Une solution à cette gêne consiste à transporter les anions dans cette phase grâce à un contre-ion positif (M^+) qui partage son affinité entre la phase aqueuse et la phase organique. Ces ions transporteurs sont recyclés au fur et à mesure de la réaction, c'est pourquoi on parle de catalyse par transfert de phase. Le schéma ci-dessous résume les principaux équilibres dans le cas d'une réaction de substitution.



Les ammoniums quaternaires sont utilisés dans plusieurs applications industriels, dans le traitement des eaux, le traitement antifongique en horticulture, ainsi que les produits pharmaceutiques et de consommation courante par exemples les cosmétiques où ils peuvent être synthétiques d'origine végétale ou pétrochimique ou naturels issus d'extraction de végétaux ou de dérivés d'acides gras issus d'huiles végétales, ils peuvent être utilisés comme des extractants, tensioactifs, antistatiques, désinfectants, conservateurs, inhibiteurs de corrosion...etc.

Le cation ammonium quaternaire présente quatre groupes organiques liés à l'atome d'azote. Ces cations, tels que le cation tétra-n-butylammonium, sont parfois utilisés pour remplacer les ions de sodium ou de potassium pour augmenter la solubilité d'un composé dans l'ensemble des solvants organiques.

Pour cette raison, ils sont aussi utilisés comme catalyseurs de transfert de phase et extractant ou transporteur dans les expériences d'extraction et de purification.

IV.1. L'extractant Aliquat336

IV.1.1. Définition

L'Aliquat336 (N-méthyl-N , N-dioctylotan-1-chlorure d'ammonium) est un sel d'ammonium quaternaire, sous forme liquide visqueux incolore, insoluble dans l'eau, il est composé d'un gros cation organique associé à un ion chlorure, l'Aliquat336 est synthétisé par la méthylation mixte de l'octylamine / tridécyle ce dernier capable de former des sels solubles dans l'huile d'espèces anioniques, il est utilisé comme un extractant pour les cations (par exemples les métaux) et comme un catalyseur (catalyseur de starks) de transfert de phase. (Voir la figure 8) [4].

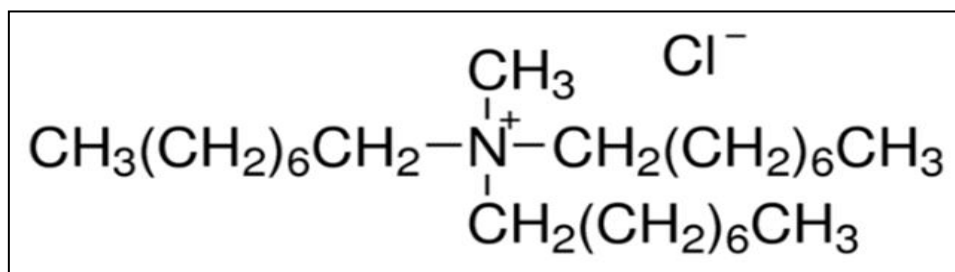


Figure 8: La structure chimique de l'Aliquat336

IV.1.2. Propriétés physico-chimiques

Le tableau suivant donne quelques propriétés physico-chimiques de l'Aliquat336 [4]

Tableau 3: Propriétés physico-chimiques de l'Aliquat336

Formule chimique	C ₂₅ H ₅₄ NCl
Masse moléculaire	404.16g/mol
Température d'ébullition	225°C
Température de fusion	-20°C
La masse volumique	0,884 g/cm ³
Viscosité	1500mPa.s
Point d'éclair	132°C
Tension de surface	28

PARTIE
EXPERIMENTALE

Le présent chapitre est consacré à la description de l'ensemble des expériences effectuées. Celles-ci concernent :

I. Produits chimiques utilisés

Le tableau ci-dessous récapitule tous les produits utilisés pendant notre travail

Tableau 4: Les produits et les réactifs utilisés

Le produit	Fournisseurs
Le nitrate de nickel L'hexane L'hydroxyde de sodium L'arsenazo(III)	CARLO ERBA
L'aliquat336 L'ammoniaque Le PAR	SIGMA-ALDRICH
Le nitrate de cobalt	Fluka-Garantie
Le span80	SIGMA
L'éthanol	BIOCHEM
L'acide nitrique	Riedel-de Haen
Le chlorure d'ammonium	Aldrich-chemie

II. Appareils et instruments de mesure

Le tableau ci-dessous comprend tous les appareils utilisés pendant notre travail

Tableau 5: Les appareils et les instruments utilisés

L'appareil ou l'instrument	Type
Agitateur mécanique à plateforme (multi-poses)	HAIER
Agitateur	Vortex
Balance analytique	OHAUS Carates Series
pH-mètre	Adwa 1030
Spectromètre d'absorption UV-Visible	Lange DR 5000

III. protocole et dosage des ions de cobalt(II) et de Nickel(II)

La solution à doser est un mélange équimolaire de Ni(II) et de Co(II). La quantification de ces deux métaux a été faite par la technique de spectrophotométrie d'absorption UV-visible.

III.1. Pour le nickel (II)

On commence par la préparation des solutions nécessaires au dosage des ions de Ni²⁺ par l'arsenazo(III). 0,079 g d'arsenazo(III) est introduite dans une fiole jaugée de 100 mL, on complète par de l'eau distillée afin d'obtenir une concentration de 10⁻³ M. Une solution aqueuse de nickel(II) est préparée à 100ppm avec une quantité de 0,4955g de nitrate de nickel dans 1000 millilitres d'eau distillée.

La quantification du nickel (II) est obtenue par la technique de spectrophotométrie d'absorption UV- Visible. L'absorbance du complexe Arsenazo(III)- Ni(II) est suivie à la longueur d'onde caractéristique. Des prélèvements de 100 µL de la solution du nickel(II) sont amenés au dosage spectrophotométrique tout en lui ajoutant 2 mL d'eau distillée et 100 µL de la solution d'arsenazo (III).

III.2. Pour le cobalt(II)

De même, on a préparé des solutions nécessaires aux dosages des ions de Co²⁺ par le PAR. Pour cela, on introduit une masse 0,0215 g de PAR (4-(2-pyridylazo) resorcinol) dans une fiole jaugée de 100 ml, à laquelle on ajoute de l'éthanol absolu afin d'avoir une concentration de 10⁻³M. Les concentrations inférieures de PAR sont obtenues par dilution telle la concentration utilisée de 4*10⁻⁴M. La solution métallique de cobalt a été préparée en dissolvant 0,4938g du sel correspondant dans 1000 ml d'eau distillée pour avoir une concentration en ions de cobalt égale à 100ppm. Aussi, les solutions de concentrations inférieures sont obtenues par dilution de cette solution mère.

Le PAR forme avec le Co (II) un complexe (PAR-Co) stable à pH=10, pour cela on a préparé une solution tampon de pH=10, selon le protocole suivant : Mélange aqueux de 22 mL d'ammoniaque (0,1M) et 13,7 mL de chlorure d'ammonium (0,1M).

La quantification du cobalt(II) est obtenue par la technique de spectrophotométrie d'absorption UV- Visible. L'absorbance du complexe PAR-Co(II) est suivie à la longueur d'onde caractéristique. Des prélèvements de 100 µL de la solution du cobalt(II) sont amenés au dosage spectrophotométrique tout en lui ajoutant 2 mL de la solution tampon et 100 µL de la solution de PAR à 4*10⁻⁴M.

Remarque

La ligne de base de l'appareil est corrigée en utilisant l'eau distillée ainsi que la solution d'arsenazo(III) pour la référence, cas du nickel. Tandis que pour le dosage du cobalt, la correction est faite par la solution tampon et la solution de PAR.

IV. La préparation de l'émulsion

La membrane destinée à extraire le métal est constituée d'un extractant, Aliquat336 (N-méthyl-N, N-dioctylotan-1-chlorure d'ammonium), dans un volume de 3,75 ml du diluant hexane, avec le tensioactif qui est le SPAN 80. La solution d'épuration choisie est l'acide nitrique HNO_3 0,5M (2,25 ml) est ajoutée goutte à goutte à la phase membranaire. Les émulsions sont créées au moyen d'un VORTEX. L'agitation est maintenue à une vitesse de 1800 tpm pendant 20 minutes.

V. La procédure d'extraction

La membrane est dispersée dans un erlenmeyer contenant un volume de 31,25 ml de la solution à traiter (solution d'alimentation), par un agitateur mécanique sous une vitesse de 210 tpm pendant 30 minutes.

Après la fin d'extraction, on sépare par une ampoule à décanter la phase membranaire et la phase métallique, on prend un volume de 100 μl de la phase d'alimentation après extraction pour le dosage par UV-visible.

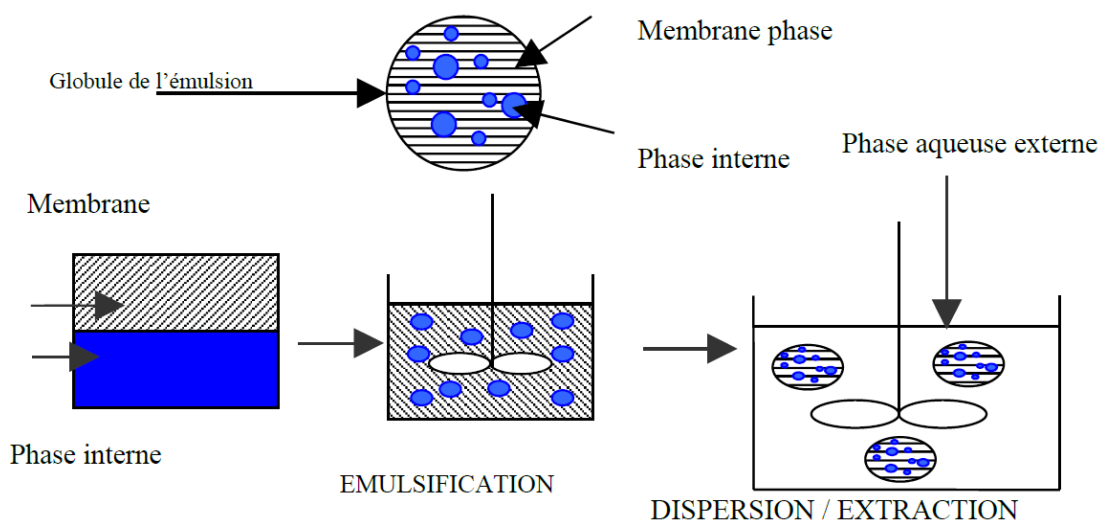


Figure 9: Procédure d'extraction par membrane liquide émulsionnée

VI. Détermination des conditions optimales de l'extraction

Pour optimiser l'extraction du Ni(II) et du Co(II), on a étudié l'effet des paramètres suivants: la concentration de l'extractant (Aliquat336), l'effet du pH de la phase d'alimentation sur l'extraction, la concentration de la phase d'alimentation et la concentration du tensioactif (span80).

VI.1. Effet de la concentration de l'extractant

Pour étudier l'effet de concentration de l'aliquat336 sur l'extraction de Ni(II) et de Co(II), on a fait varier le pourcentage massique de 0,1 à 3% m/m: 0,1 ; 0,5 ; 1 ; 2 et 3% m/m, on a fixé la quantité de span80 à 0,5% m/m, la concentration de la phase d'alimentation à 100ppm. La membrane est préparée sous agitation de 1800 tpm durant 20 min, et après on fait l'extraction sous agitation de 210 tpm durant 30 min.

VI.2. Effet du pH de la phase d'alimentation

Pour étudier l'effet de pH de la phase d'alimentation sur l'extraction de Ni(II) et de Co(II) dans leur mélange équimolaire, on a pris la quantité de l'aliquat336 déjà optimisé et la quantité de span80 dans la phase membranaire à 0,5% m/m, on a fixé la concentration de la phase d'alimentation à 100ppm et varié son pH de 1 à 9 (1 ; 2 ; 4 ; 5 ; 7 ; 8 et 9).

VI.3. Effet de la concentration de la phase d'alimentation

L'étude consiste à faire varier la concentration du mélange équimolaire de cobalt (II) et de nickel (II) de 50 à 800ppm (50ppm, 100ppm, 200ppm, 300ppm, 500ppm et 800ppm). L'agitation est fixée à 210 tpm et les autres conditions ont été maintenues.

VI.4. Effet de la concentration du tensioactif

Pour cet effet, on a fixé la quantité de l'aliquat336 dans la phase membranaire à 0,1% m/m, le pH de la phase d'alimentation est fixé à 2 et sa concentration à 300ppm et on a varié la quantité du span80 dans la phase membranaire de 0,05 à 2% m/m (0,05 ; 0,1 ; 0,5 ; 1 et 2% m/m).

RESULTATS
ET DISCUSSIONS

I-Etude de la prédominance des espèces de Ni^{2+} et de Co^{2+}

L'objectif de ce chapitre est d'analyser comment les espèces chimiques de nickel(II) et cobalt(II) réagissent dans des milieux nitrés à différentes valeurs de pH, en vue de découvrir des indications potentielles sur leur extraction par le tensioactif SPAN 80, en utilisant la technique de membrane liquide émulsionnée. La gamme du pH d'étude est de 1 à 10 alors que la concentration de chaque ion métallique était maintenue à 100 ppm.

Le nickel se présente sous sa forme libre (Ni^{2+}) dans les milieux aqueux acides, même au pH neutre (pH=7,5). Au-delà de ce dernier le nickel se précipite sous forme de $\text{Ni}(\text{OH})_2$ (Voir Schéma 10).



Schéma 10: Formes d'espèces de Ni(II) en fonction du pH

La recherche bibliographique sur la prédominance de Co(II) en fonction du pH (schéma 11) a montré la présence totale de Co(II) libre jusqu'à pH égal à 7,5. Au-delà de ce dernier, le cobalt se précipite sous forme de $\text{Co}(\text{OH})_2$.

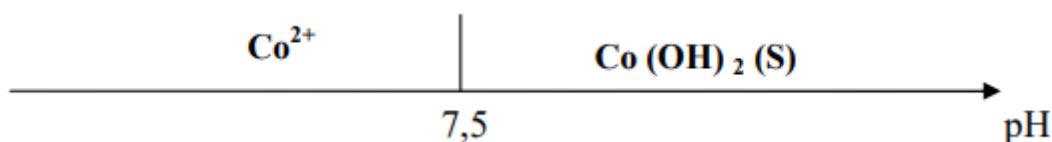


Schéma 11: Formes d'espèces de Co(II) en fonction du pH

Les résultats de l'étude de la prédominance des espèces de nickel(II) et cobalt (II), présent avec les nitrates comme contre-ions, en fonction du pH sont comparés avec ceux établis par des

logiciels semi-empiriques ChEAQSPRO.3 (Chemical Equilibria in Aquatic Systems, 2010) et MEDUSA_32.2010.

Les résultats de simulation de prédominance des espèces de Ni(II) et de Co(II) en utilisant ChEAQS sont donnés dans les figures 12 et 13 respectivement. Ceux utilisant MEDUSA sont donnés dans les figures 14 et 15 respectivement.

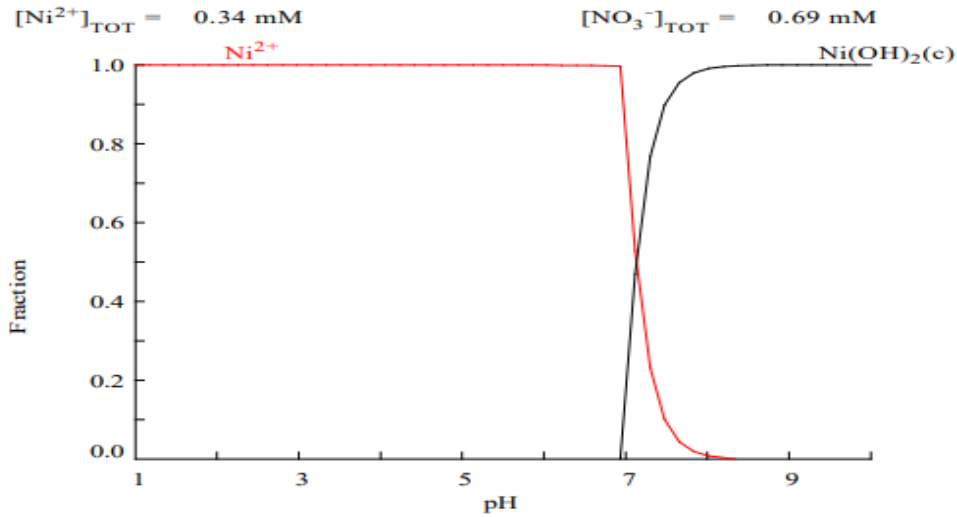


Figure 12: Prédominance des espèces de nitrate de nickel en fonction du pH. Logiciel MEDUSA
 $[\text{Ni}^{2+}] = 100 \text{ ppm}$

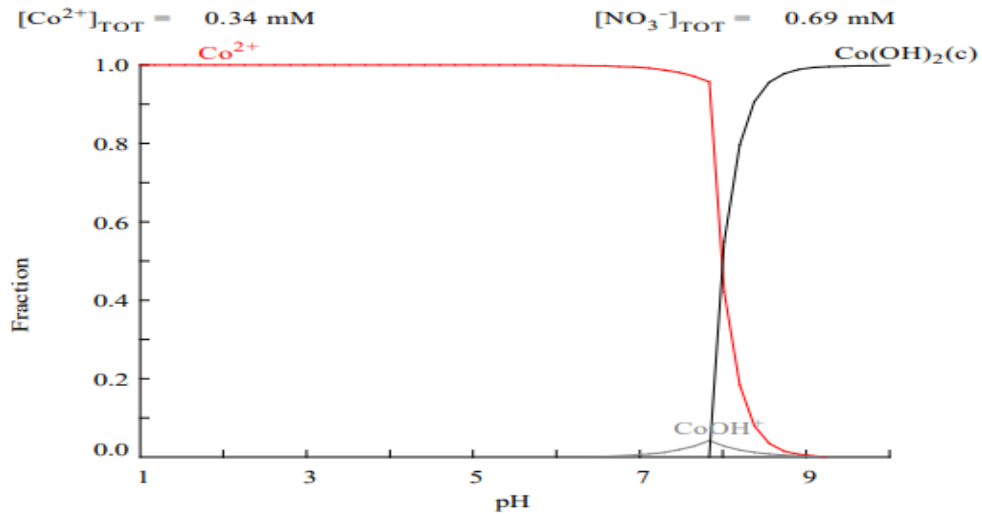


Figure 13: Prédominance des espèces de nitrate de cobalt en fonction du pH. Logiciel MEDUSA
 $[\text{Co}^{2+}] = 100 \text{ ppm}$

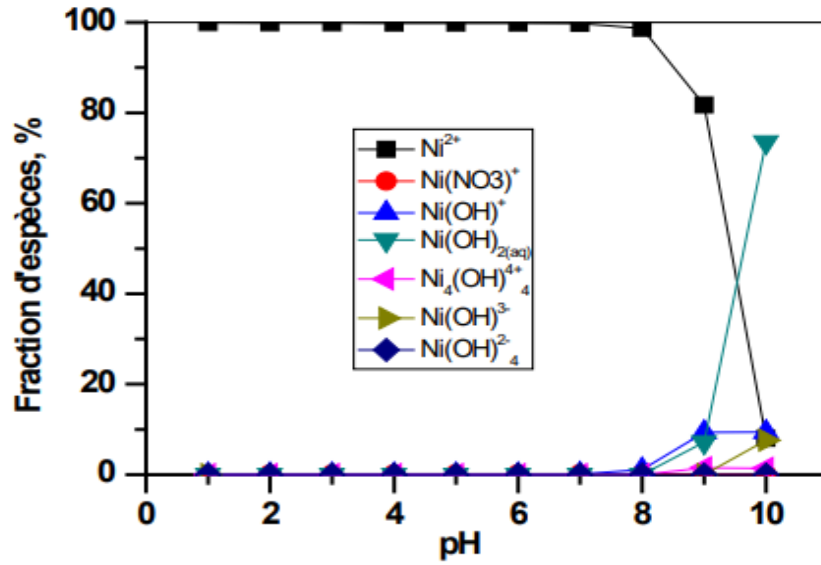


Figure 14: Prédominance des espèces de nitrate de nickel en fonction du pH. Logiciel CHEAQS
 $[\text{Ni}^{2+}] = 100 \text{ ppm}$

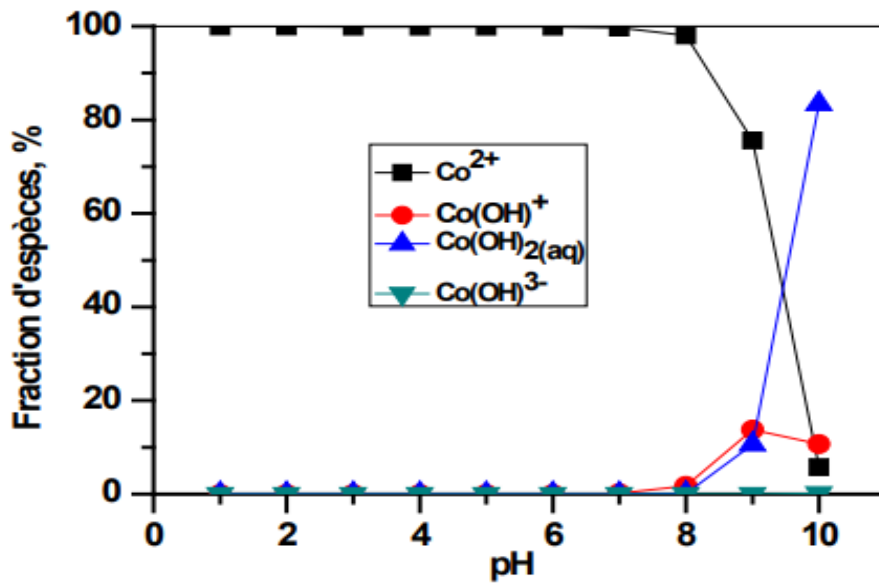


Figure 15: Prédominance des espèces de nitrate de cobalt en fonction du pH. Logiciel CHEAQS
 $[\text{Co}^{2+}] = 100 \text{ ppm}$

La prédominance des espèces de nickel et cobalt par le logiciel CHEAQS a montré que les ions de Ni(II) et Co(II) se trouvent sous leur forme libre (Ni^{2+} et Co^{2+}) dans le même domaine de pH, allant de 1 à 8 (Figures 14 et 15). D'autres espèces métalliques apparaitront telles que

$\text{Ni}(\text{NO}_3)^+$ (pH=2-9), $\text{Ni}(\text{OH})^+$ (pH=7-10), $\text{Ni}_4(\text{OH})_4^{4+}$ (pH=9-10), $\text{Ni}(\text{OH})_3^-$ (pH=10) et $\text{Co}(\text{OH})_3^-$ (pH=10) (Figures 14 et 15).

II-Optimisation du dosage du Ni(II) et du Co(II) par complexométrie-visible

Le complexant Arsenazo(III) est largement connu et couramment employé pour le dosage spectrophotométrique de divers ions métalliques [15] notamment le nickel(II). Le dosage des ions de cobalt(II) avec le PAR (4-(2-pyridylazo)-résorcinol) par spectrophotométrie d'absorption UV-Visible est une méthode rapide et sensible [16]. L'Arsenazo(III) forme un complexe stable avec l'ion Ni(II) (stœchiométrie 1/6), à pH neutre, en absorbant à une longueur d'onde caractéristique de 615 nm (voir figure 16). Aussi, le PAR forme un complexe stable avec l'ion Co (II) avec la même stœchiométrie 1/6 qui absorbe dans le visible à 512 nm (voir figure 16).

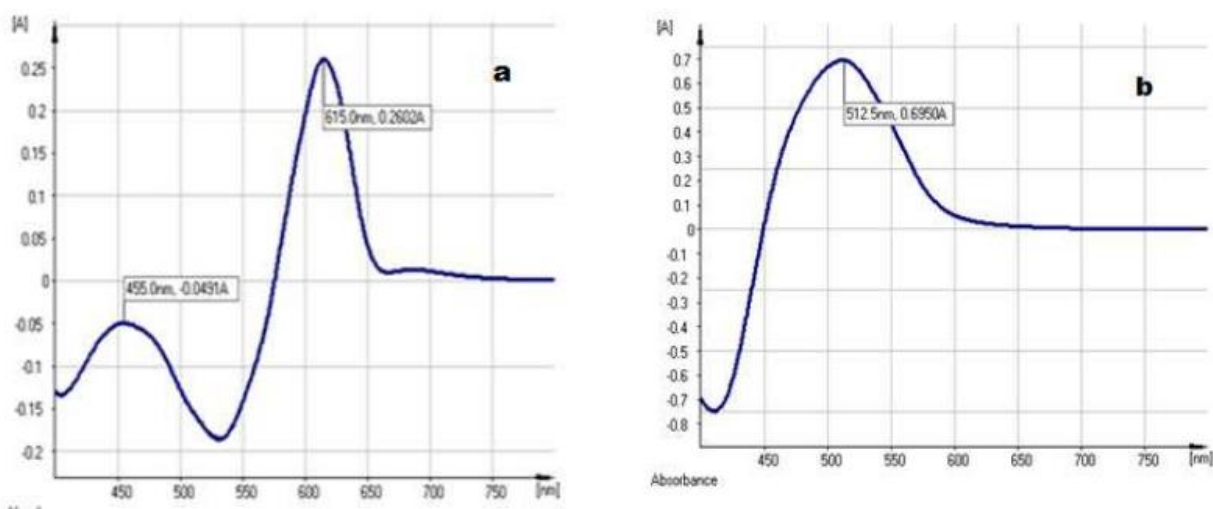


Figure16: Bande d'absorption visible des ions ; (a) : Ni(II) et (b) : Co(II)

III-Courbes d'étalonnages de dosage du Ni(II) et du Co(II) par UV-Visible

Différentes concentrations en cobalt(II) et Nickel(II) ont été utilisées pour tracer les courbes d'étalonnage correspondantes (figures 17 et 18 respectivement).

Les courbes ci-dessous (figures 17 et 18) sont linéaires dans l'intervalle de concentrations choisies, donc la loi de Beer-Lambert est vérifiée. Le domaine de linéarité de Beer-Lambert est entrepris entre ces concentrations.

$$\text{Absorbance} = \text{Log} \frac{I_0}{I} = \epsilon L C$$

Où :

I_0 : Intensité du faisceau incident ;

I : Intensité du faisceau émergent de la solution ;

ϵ : coefficient d'extinction molaire ($\text{l. mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$) ;

L : Longueur du trajet optique (épaisseur de la cuve), cm ;

C : Concentration de la solution à analyser.

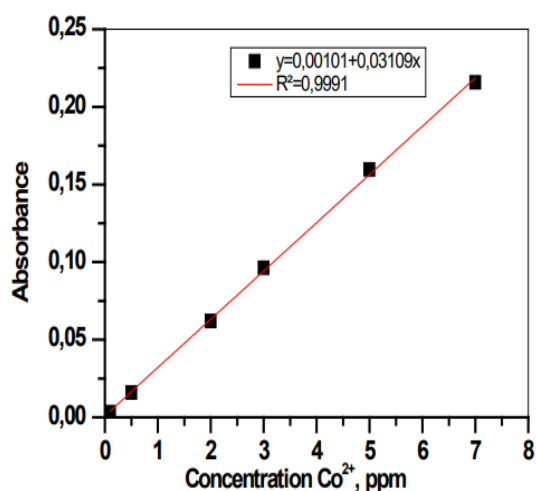


Figure 17: Courbe d'étalonnage du Co(II)

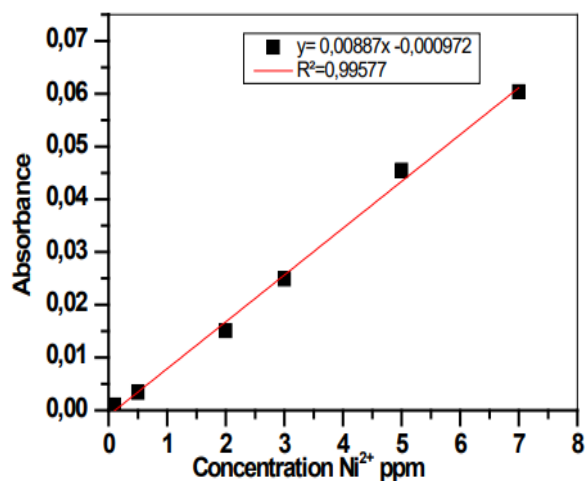


Figure 18: Courbe d'étalonnage du Ni(II)

Les courbes ci-dessus (figures 17 et 18) sont linéaires dans l'intervalle de concentrations choisies, donc la loi de Beer-Lambert est vérifiée.

IV. Etude de l'extraction du Ni(II) et Co(II) par MLE

L'expression utilisée pour calculer le rendement d'extraction (R) est la suivante :

$$R (\%) = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

C_i : la concentration initiale de Ni(II) ou de Co(II) avant extraction.

C_f : la concentration de Ni(II) et de Co(II) après extraction.

1. Effet de la concentration de l'extractant Aliquat 336

Le choix du transporteur joue un rôle crucial dans le processus d'extraction par membrane liquide émulsionnée (MLE). Le transporteur ou l'extractant doit former un complexe avec le métal, étant soluble dans la phase membranaire organique et insoluble dans les phases aqueuses interne (épuration) et externe (alimentation) [17].

Dans cette expérience, les ions du nickel (II) et cobalt (II) sont extraits avec 0,5 % m/m de SPAN 80 tout en faisant varier la concentration de l'extractant Aliquat 336 de 0,1 à 3%/m

Les résultats sont portés dans la figure 19.

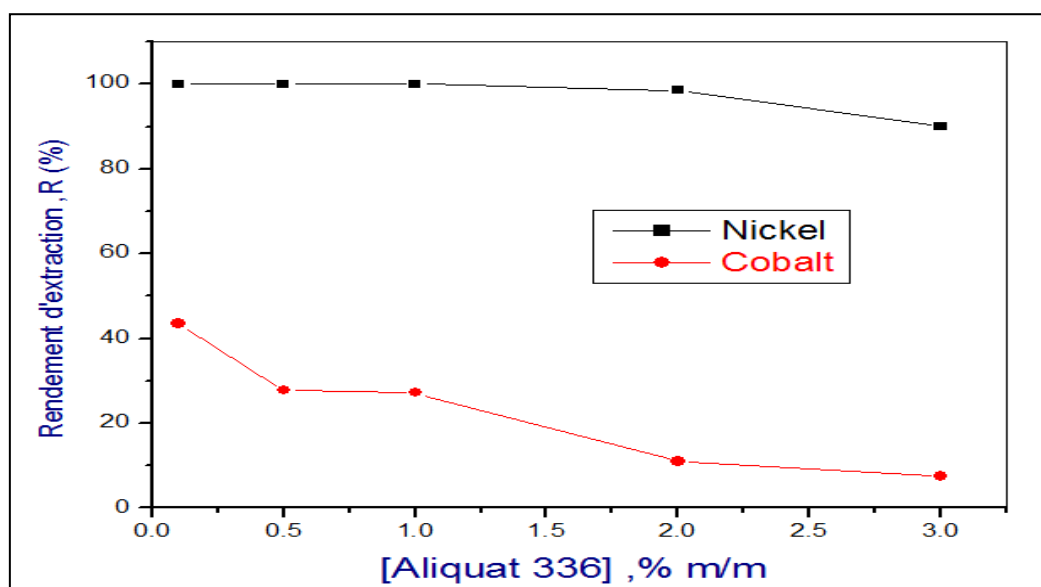


Figure 19: Le rendement d'extraction de Ni(II) et Co(II) en fonction de concentration de l'aliquat336

La figure montre que les rendements d'extraction du Ni(II) ont atteint 100% et restent pratiquement constant, tandis qu' on observe un rendement maximal de 43,56% pour les ions de Co(II) à une teneur de 0,1% m/m en extractant en suite le rendement diminue.

Cependant, il a été trouvé qu'en dépassant les teneurs en Aliquat336, requises pour l'extraction du Co(II) et Ni(II), l'extraction par MLE ne devient pas avantageuse [18]. Ceci est dû à l'augmentation de la viscosité de la membrane liquide qui mène à la formation des globules d'émulsion larges qui deviendront instables. Aussi lorsqu'on dépasse la concentration seuil

d'Aliquat336, on favorise le gonflement des gouttelettes d'émulsion, ce qui dilue la phase d'épuration et par conséquent diminuer le rendement d'extraction [18,19,20,21].

Donc on peut dire que 0,1% m/m est la quantité d'aliquat336 optimale pour cette extraction.

2. Influence du pH sur l'extraction par MLE

L'extraction des ions de Ni(II) et Co(II) par la technique de MLE implique des étapes qui se déroulent à l'interface entre la phase métallique et la membrane liquide. De plus le procédé implique nécessairement une étape d'extraction en retour simultanée à l'interface entre la membrane et la phase interne. A ce stade l'extractant est régénéré et les métaux sont pré-concentrés.

Les valeurs du pH ont été prise de 1 à 9, les résultats de L'étude de l'influence du pH initial de la solution aqueuse d'alimentation sur l'extraction par MLE est donnée par la figure 20.

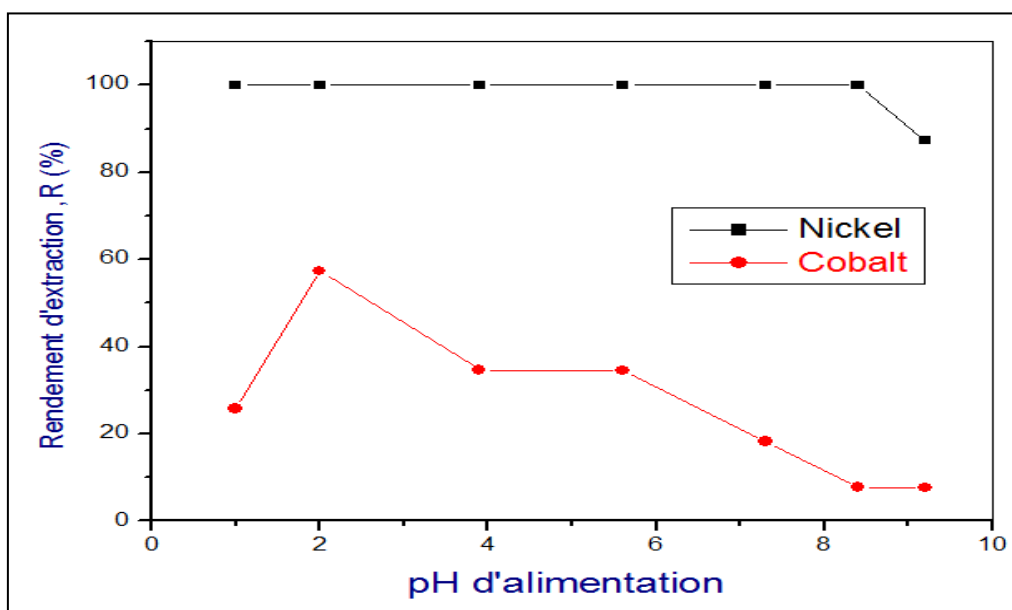


Figure 20: Le rendement d'extraction de Ni(II) et Co(II) en fonction de pH de la phase d'alimentation

A partir de cette courbe, l'extraction des ions de Co(II) et de Ni(II) évolue avec l'augmentation du pH de la phase d'alimentation.

L'extraction du Ni(II) est beaucoup plus avantageuse, le rendement d'extraction est et reste pratiquement constant(100%), mais à pH égale à 9 le rendement d'extraction diminue à 87,26%, on peut expliquer cette diminution par la prédominance des espèces du Ni(II) (voir

figure 14) qui montre qu'à pH = 9 il y a l'apparition de la forme hydroxyde $\text{Ni}(\text{OH})_2$, cette dernière est sous forme d'un précipité (vert), c'est-à-dire la consommation de la forme libre de Ni(II), donc la diminution de sa concentration, et par conséquent la diminution du rendement d'extraction.

Pour le cobalt(II), on remarque que le rendement d'extraction atteint son maximum de 57,40% à pH = 2, la théorie montre que l'Aliquat336 peut être affecté par les ions hydroniums en perturbant la paire d'ion de l'amine quaternaire [22].

3. Effet de la concentration de la phase d'alimentation sur l'extraction par MLE

La variation de la concentration du soluté influe sur la force motrice de transport et sur le taux de transfert de masse via la membrane liquide émulsionnée [22]. L'influence de la concentration de la phase d'alimentation (phase externe) sur l'extraction du Co(II) et Ni(II) est donnée par la figure 21.

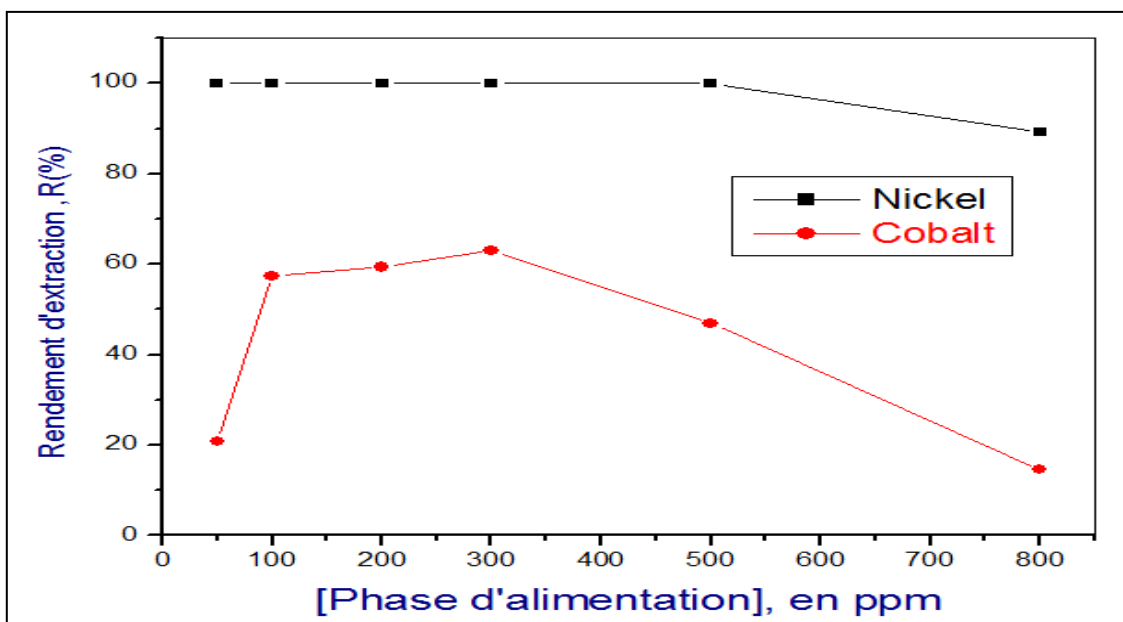
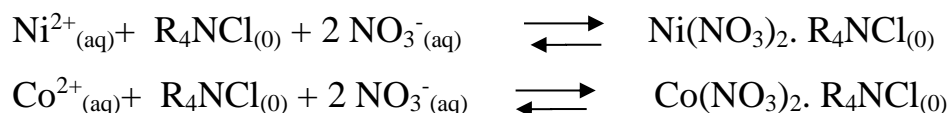


Figure 21: Le rendement d'extraction de Ni(II) et Co(II) en fonction de concentration de la phase d'alimentation

La figure montre que le rendement d'extraction du Co(II) augmente avec l'augmentation des ions de Co(II) dans la phase externe. Ceci est nettement observé pour une concentration de 300 ppm où on atteint un maximum de 63,01% à 30 minutes d'agitation, sous les mêmes conditions

d'émulsion, Ceci est dû à l'augmentation de la force motrice (gradient de concentration en ions de cobalt) lorsqu'on passe d'une concentration en phase externe de 300 ppm. Quand on concentre encore plus la phase externe (500 ppm), les rendements d'extraction s'affaiblissent et deviennent pratiquement indépendant de la concentration de la phase d'alimentation. Ce phénomène est attribué à la possibilité du gonflement des globules d'émulsion à cause de la différence dans la force, Ces conclusions sont similaires à celles trouvées par d'autres auteurs [3,4,23].

Le rendement d'extraction reste maximal (100%) dans l'intervalle de concentration initiale en Ni(II) compris entre 50 et 300 ppm. Pour l'extraction du Nickel (II), Ceci devient très intéressant sur les plans d'hydrométallurgie et de recyclage. On note que les rendements d'extraction des ions de Ni(II) et de Co(II) diminuent pour des concentrations d'alimentation élevées. Ceci est peut-être dû à la saturation de l'interface d'extraction [23]. On donne les mécanismes d'extraction de chaque métal par l'Aliquat336



Donc on peut considérer que la concentration optimale est 300ppm.

4. Effet de concentration du tensioactif sur l'extraction par MLE

Le tensioactif joue un rôle très important dans la conception et dans le processus d'extraction par MLE. Le choix du tensioactif est un paramètre crucial. Il doit avoir le comportement d'émulsionnant [24,25].

La figure 22 montre l'influence de la concentration du tensioactif SPAN 80 dans la phase membranaire en fonction du rendement d'extraction du nickel(II) et cobalt(II).

On retrouve le meilleur rendement d'extraction de Co(II) à 64,09%, avec une présence de SPAN 80 à 0,1% m/m, dans l'intervalle de concentration compris entre 0,05 à 2% m/m (0,05 ; 0,1 ; 0,5 ; 1,5 et 2% m/m), on peut expliquer ça par l'augmentation de la stabilité des globules d'émulsion, aussi l'augmentation de la concentration en tensioactif conduit à la formation des globules d'émulsion de petites tailles donc augmentation de la surface de contact et par conséquence l'augmentation du rendement d'extraction [1,2].

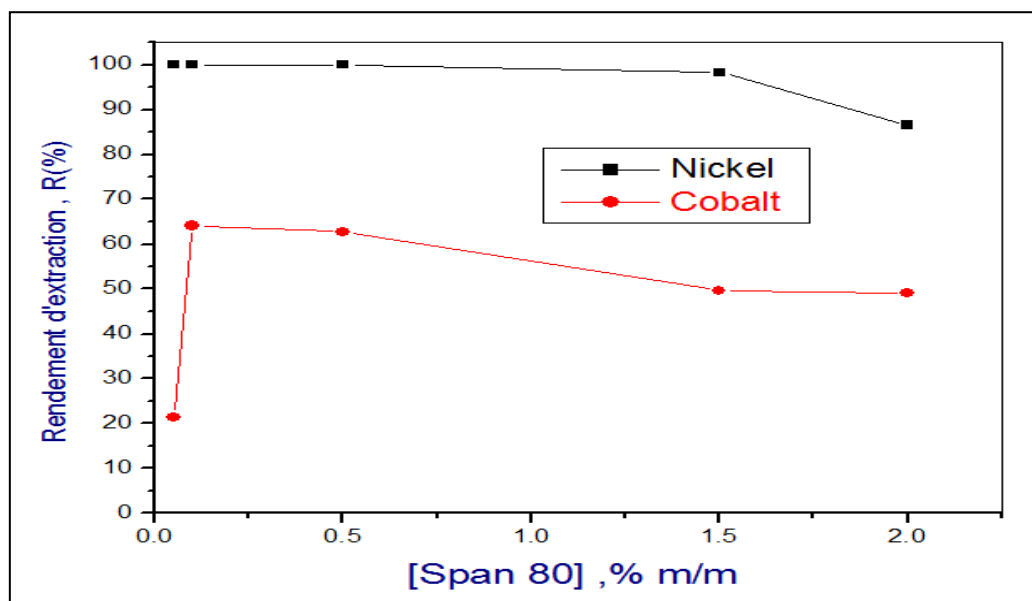


Figure 22: le rendement d'extraction de Ni(II) et Co(II) en fonction de concentration de span80

Cependant, au-delà de cette concentration, la présence d'excès de molécules de tensioactif à l'interface organique-épuration engendre une grande occupation interfaciale provoquant une diminution de l'efficacité de l'extraction ce qui va s'opposer au transfert des ions vers la phase d'épuration [26].

Donc on peut dire que 0,1% m/m est la quantité optimale pour cette extraction.

***CONCLUSION
GENERALE***

Des recherches sur l'extraction des ions de nickel(II) et de cobalt(II) par le N-méthyl-N, N-dioctylotétra-1-chlorure d'ammonium (Aliquat 336), en utilisant la technique de membrane liquide émulsionnée (MLE), ont été réalisées. Les résultats ont permis d'avoir les conclusions suivantes :

- La prédominance des espèces de Ni(II) et de Co(II) a été faite par deux simulateurs Cheaqs et Médusa. Ces derniers ont montré que l'espèce prédominante est l'ion métallique sous sa forme libre dans leur pH compris entre 1 et 7,5. D'autres complexes métalliques hydrosolubles sont obtenus à différents pH de la concentration initiale de la solution métallique, en comparant avec la littérature. Aussi la variation de la concentration du contre-ion nitrate a mis en évidence la formation de complexes métalliques nitrés.

-Le dosage a été optimisé par complexométrie au moyen de la spectrophotométrie d'absorption Visible. D'où le réactif 4-(2-pyridylazo)-résorcinol (PAR) a formé avec l'ion Co(II) un complexe stable qui a absorbé à une longueur d'onde de 512 nm et le réactif 2,7-Bis(2-arsonophenylazo)-1,8-dihydroxynaphtalène-3,6-disulfonate acide (Arsenazo III) a formé avec l'ion Ni(II) un complexe stable qui a absorbé à une longueur d'onde de 615 nm. La courbe d'étalonnage a été optimisée et le domaine de linéarité de Beer-Lambert a été vérifié.

-L'extraction des deux ions métalliques, prient dans leur mélange équimolaire, a eu lieu en fixant à la fois un paramètre et en changeant les autres.

-L'étude de l'extraction des deux ions métalliques par l'Aliquat 336, en utilisant le tensioactif SPAN 80, a donné un rendement d'extraction maximal de 43,56% et 100% et ceux pour le Co(II) et Ni(II) respectivement. Ceci a été obtenu avec des quantités en tensioactif de 0,5% m/m et une quantité d'extractant de 0,1% m/m.

-La variation du pH de la phase d'alimentation sur l'extraction de Ni(II) et de Co(II) dans leur mélange équimolaire, a donné un rendement d'extraction maximal de 57,40% à un pH égal à 2 et ceci en variant les valeurs de pH de 1 à 9.

-En variant la concentration initiale de la phase d'alimentation, l'extraction de Co(II) et Ni(II) atteint les 63,01% et 100% respectivement, à partir de 300 ppm en cobalt(II) et nickel (II).

-L'étude de l'effet de la concentration du tensioactif SPAN 80 sur l'extraction de ces deux ions métalliques a donné un rendement de 64,09% et 100% pour le Co(II) et Ni(II) respectivement et cela à une teneur de 0,1% m/m de SPAN80.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] CHAOUCHI Sarah , Enlèvement des polluants émergents dans l'eau par membrane liquide émulsionnée ,2015 ,Thèse de doctorat , Université B.M- Annaba .
- [2] RAPAUMBYA AKAYE Guy-Roland , Mise en point d'un procédé de dépollution d'effluent industriel aqueux contenant des traces de cations métalliques par membrane liquide émulsionnée ,1994 ,Thèse de doctorat , Université Paris VI .
- [3] BENYAHIA Nacera, Séparation de Bi(III) et Pb(II) par membrane liquide émulsionnée: optimisation et modélisation du procédé , 2015 .Thèse de doctorat , Université ABOU BEKR BELKAID-Tlemcen .
- [4] MESLI Meryem, Séparation et pré-concentration du Pb(II) et du Cu(II) par la technique de membrane liquide émulsionnée (MLE) , 2012 ,Thèse de magister , Université ABOU BEKR BELKAID-Tlemcen .
- [5] KHELLAF Maya, Pervaporation membranaire pour la cristallisation: développement d'un procédé semi-continu en génie pharmaceutique , 2021 ,Thèse de doctorat , Université Claude Bernard Lyon 1, France .
- [6] FRANCISCO Javier , GABINO Roman , Utilisation des membranes hydrophobes pour la concentration de jus de fruits par évaporation osmotique: étude du procédé et de son impact sur la flore endogène des jus , 2007 ,Thèse de doctorat ,Université M-L Bellevielle , France .
- [7] HADJ SAID Aissa , Etude des phénomènes limitant la clarification des jus de fruits par microfiltration tangentielle: application au jus de pommes , 1989 ,Thèse de doctorat ,Université Roger Ben Aim , France .
- [8] COUFFIN , NATHALIE , Elimination de composés organohalogènes volatils à l'état de traces dans l'eau par distillation membranaire sous vide , 2000, Thèse de doctorat ,Université Toulouse, INSA , France .
- [9] GARNIER Céline , Recyclage d'eau au sein des industries agroalimentaires: étude du traitement par procédés membranaires dans le cas de l'industrie des fruits et légumes surgelés. 2021 ,Thèse de doctorat , Université Paris-Saclay , France .
- [10] BARRIOS-MARTINEZ Adrian , Biodégradation du phénol dans un bioréacteur à membranes ,2006 ,Thèse de doctorat ,Université Aix-Marseille 3 , France .
- [11] PASCAL Jaouen , Etude des techniques de séparation par membrane dans le domaine des pêches et des cultures marines ,1989 ,Thèse de doctorat ,Université deFrance .
- [12] OMELCHUK Kateryna , Etude physicochimique de nouveaux agents d'extraction pour la récupération du cobalt , du nickel et du manganèse en milieu chlorure par extraction liquide-liquide , 2018 ,Thèse de doctorat , Université de recherche Paris sciences et lettres , France.

- [13] BENHADDOU Halima , Séparation et pré-concentration du Ni(II) et du Co(II) par la technique de membrane liquide volumique (MLV) , 2014 , Mémoire de master , Université ABOU BEKR BELKAID-Tlemcen .
- [14] SEFROU Zeyneb , Séparation des ions de lanthane(III) par la technique de point de trouble: optimisation expérimentale et statistique , 2020 , Thèse de doctorat , Université ABOU BEKR BELKAID-Tlemcen .
- [15] Michio Zenki, Kazuyoshi Minamisawa, Takashi Yokoyama, (2009) , Clean analytical methodology for the determination of lead with Arsenazo III by cyclic flow-injection analysis , *Talanta* ,68 (2005) , 68 , 281-286.
- [16] J.Rydberg, C.Musikas, G.R.Choppin , (1992) , Principles and Practices of Solvent Extraction , New York: Macel Dekker Inc.
- [17] Valenzuela, F., Araneda, C., Vargas, F., Basualto, C., Sapag, J., (2009) , Liquid membrane emulsion process for recovering the copper content of a mine drainage , *Chemical Engineering Research and Design*, 87(1) , 102-108.
- [18] Teramoto, M., Takihana, H., Shibutani, M., Yussa, T., and Hara, (1983) , Extraction of Phenol and Cresol by Liquid Surfactant Membranes, *Sep. Sci. Technol* , 18, 397-420.
- [19] Bognolo. G ,Tensioactifs Non-ioniques : Mise En Œuvre Industrielle. Techniques de l'ingénieur, 2004 , Thèse de doctorat, Université de Paris.
- [20] Said,B., Alessandra Criscuoli, Alberto,F., Agnieszka Leopold , Silvia Simone, Mohammed Benamor, Enrico Drioli , (2010), Removal of As(V) by PVDF hollowfibers membrane contactorsusing Aliquat-336 as extractant , *Desalination* ,264, 193–200.
- [21] Chakraborty, M., Bhattacharya, C., Datta, S., (2010), Emulsion liquid membranes: definitions and classification, theories, module design, applications new directions and perspectives , in: V.S. Kislik (Ed.), *Liquid Membranes: Principles and Applications in Chemical Separations and Wastewater Treatment* , Elsevier, 141–199.
- [22] Kumbasar, A., (2009) , Cobalt-nickel separation from acidic thiocynate leach solutions by emulsion liquid membranes (ELMs) using TOPO as carrier, *Separation and Purification Technology*, 68(2), 208-215.
- [23] A.Said Bey, B.A.Criscuoli, B.A.Figoli, C.A.Leopold, B.S.Simone, M.A.Benamor, E .Drioli, (2010) ,Removal of As(V) by PVDF hollow fibers membrane contactors using Aliquat-336 as extractant.
- [24] BahattaCharyya, S.N et Ganguly, B., (1987), *Journal of Colloïde and Interface Science*, 118 (1) .
- [25] Rajasimman, M., Sangeetha, R., Karthik, P., Statistical optimization of process

parameters for the extraction of chromium(VI) from pharmaceutical wastewater by emulsion liquid membrane , Annamalai Nagar 608002, Tamil Nadu, India.

[26] Selma Djaber, Saliha Bouranene , Souheila Bouacherine , (2024) , Highly effective emulsion liquid membrane based on Triethylamine for extraction of heavy metals: Investigation of extraction, de-extraction, swelling, and osmotic pressure gradient, *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification* , 195.

Résumé

Des expériences d'extraction des ions du Ni(II) et Co(II) par un extractant ; type amine quaternaire (Aliquat336) ont été réalisées. Le procédé chimique utilisé est la technique de membrane liquide émulsionnée (MLE). L'étude du procédé a dévoilé l'optimisation des paramètres expérimentaux d'extraction des ions métalliques, dans leur mélange équimolaire. La séparation de ces ions métalliques a été faite à partir de leur mélange synthétique. Les résultats ont montré qu'on peut extraire le cobalt et le nickel à 64,09% et à 100% respectivement à partir de leur mélange équimolaire.

Mots clés : Extraction par Membrane liquide émulsionnée, Ion métalliques, Aliquat336, Span80.

Abstract

Experiments were carried out to extract Ni(II) and Co(II) ions using a quaternary amine extractant (Aliquat336). The chemical process used is the emulsified liquid membrane (ELM) technique. The process study revealed the optimization of experimental parameters for extracting metal ions in their equimolar mixture. These metal ions were separated from their synthetic mixture. The results showed that cobalt and nickel could be extracted at 64.09% and 100% respectively from their equimolar mixture.

Keywords : Emulsified Liquid Membrane Extraction, Metal ions, Aliquat336, Span80.

ملخص

في هذا العمل أجريت تجارب لاستخلاص ايونات النيكل(2) والكوبالت (2) بواسطة مستخلص امين رباعي (اليكات336). وكانت التقنية الكيميائية المستخدمة هي تقنية الغشاء السائل المستحلب. كشفت دراسة العملية عن تحسين العوامل التجريبية لاستخلاص الايونات المعدنية في خليطها المتساوي الأقطاب. تم فصل هذه الايونات المعدنية من خليطها المصنع. كما أظهرت النتائج انه يمكن استخلاص الكوبالت والنيكل بنسبة 64.09 % و 100% على التوالي.

الكلمات المفتاحية: الاستخلاص الغشائي لسائل مستحلب، ايونات النيكل(2)، ايونات الكوبالت(2)، اليكات336، سبان80.