

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed Khider – Biskra  
Faculté des Sciences et de la technologie  
Département : Chimie Industrielle



جامعة محمد خيضر بسكرة  
كلية العلوم و التكنولوجيا  
قسم : الكيمياء الصناعية

Mémoire présentée en vue de l'obtention  
du diplôme de Master en : **Génie des Procédés**  
Option : **Génie Chimique**

## Effet du diluant sur l'extraction de nickel (II) par l'acide caprique en milieu chlorure

Présentée par :  
BEN AISSA Abir

Devant le jury composé de :

Président : M<sup>me</sup>. ADJEL Fatima.

Encadreur : M<sup>me</sup> .REHALI Hanane.

Examineur : M<sup>me</sup> .DEGHECH Kaltoum.

Promotion Juin 2017

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ  
الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي  
خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ  
وَالَّذِي يُضَوِّبُ الْمَوْتَى  
إِنَّ رَبَّهُ لَسَدِيدٌ  
إِلَىٰ عَرْشِهِ الرَّحِيمُ  
الَّذِي يُخْرِجُ الْمَوْتَىٰ  
وَيُدْخِلُهُمْ فِي الْأَرْحَامِ  
مَرَّةً أُخْرَىٰ إِنَّ رَبَّهُ لَسَدِيدٌ  
إِلَىٰ عَرْشِهِ الرَّحِيمُ

# dédicase

*Je dédie ce travail à*

*La mémoire de mon très cher père*

*A ma très chère mère*

*A mes frères et sœurs*

*A tous ma famille*

*A kheira ; noussaiba ; sarah*

*A tous mes amis*

*Et la promotion 2017*



# Remerciement

*Ce travail a été réalisé au Laboratoire de génies des Procédés du département Chimie Industrielle de la Faculté des Sciences et technologie, Université Mohammed khider, Biskra.*

*Je tiens d'abord à remercier Dieu le tout puissant de m'avoir permis de mener à terme ce travail.*

*je ne saurai exprimer suffisamment toute ma gratitude à ma encadreur M<sup>me</sup> .REHALI Hanane J'ai pu tout au long de ce travail de recherche bénéficier de sa grande compétence, mais également de l'encouragement et de ses précieux conseils qui m'ont permis de mener à bien cette étude.*

*Je tiens aussi à remercier M<sup>me</sup>. LIAJEL Fatima qui a bien voulu s'intéresser à ce travail et me faire l'honneur de présider le jury.*

*Je remercie également M<sup>me</sup> .DIGHECH Kaltoum d'avoir accepté d'examiner mon travail.*

*Je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail et particulièrement ma famille.*

*Et en fin je n'oublie pas d'adresser mes remerciements, à tous mes enseignants et camarades de promotion en reconnaissance de leur soutien moral lors de ma formation.*



# Sommaire

## Sommaire

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale	2
<b>Chapitre I : l'extraction liquide-liquide ; généralités, principe et applications</b>	
I.1.Introduction	4
I.2. Définition de l'extraction	4
I.3. Principe de base de l'extraction liquide – liquide	6
I.4. Evaluation du pouvoir d'extraction	7
I.4.1. Coefficient de partition	7
I.4.2 Coefficient de distribution	8
I.4.3. Rendement	8
I.5. Etude théorique sur l'équilibre d'extraction	9
I.6. Classification des systèmes d'extraction	9
I.6.1. Extraction par solvation	9
I.6.2. Extraction par échange de cations	10
I.6.3. Extraction par échange d'anions	11
I.6.4. Extraction par chélation	11
I.7. Les Solvant	11
I.8. Extractant	14
I.8.1. Propriétés de l'extractant	14
I.8.2. Les grandes classes d'agents extractants	16
I.8.3. Critères de choix d'extractant	17
I.9. Facteurs qui influencent l'extraction des métaux	17
I.10. Les avantages et les inconvénients de l'extraction liquide-liquide	17
I.10.1. Avantages de l'extraction liquide-liquide	17

<b>I.10.2. Désavantages des extractions liquides-liquides</b>	<b>18</b>
<b>I.11. Applications du procédé d'extraction liquide-liquide</b>	<b>18</b>
<b>I.12. Problèmes rencontrés dans l'extraction liquide-liquide</b>	<b>20</b>
<b>I.12.1. Formation d'une émulsion</b>	<b>20</b>
<b>I.12.2. Produits d'interface</b>	<b>20</b>
<b>I.13. Méthode de caractérisation du complexe</b>	<b>21</b>
<b>I.13.1. la spectroscopie</b>	<b>21</b>
<b>I.13.1.1. spectroscopie UV-visible</b>	<b>21</b>
<b>I.13.1.1.1. loi de BEER-LAMBERT</b>	<b>21</b>
 <b>Chapitre II : Effet de diluant polaire et non polaire sur l'extraction du nickel II en milieu chlorure</b>	
<b>II.1. Partie expérimentale</b>	<b>24</b>
<b>II.1.1. Les produits utilisés</b>	<b>24</b>
<b>II.1.1.1. Caractéristiques du nickel</b>	<b>24</b>
<b>II.1.1.2. Le chlorure de nickel</b>	<b>25</b>
<b>II.1.1.3. Caractéristique de l'acide caprique</b>	<b>27</b>
<b>II.1.1.4. Chlorure de sodium</b>	<b>29</b>
<b>II.1.1.5. Hydroxyde de sodium</b>	<b>30</b>
<b>II.1.2. Techniques et appareillage utilisés</b>	<b>32</b>
<b>II.1.3. Préparation de solution</b>	<b>33</b>
<b>II.1.4. Extraction et procédure analytique</b>	<b>34</b>
<b>II.2. Résultats et discussion</b>	<b>34</b>
<b>II.2.1. Extraction du nickel (II) par l'acide caprique dans le chloroforme</b>	<b>36</b>
<b>II.2.1.1. Effet de pH</b>	<b>36</b>
<b>II.2.1.2. Effet de concentration de l'extractant</b>	<b>36</b>
<b>II.2.2. Extraction du nickel (II) par l'acide caprique dans le toluène</b>	<b>37</b>

<b>II.2.2.1. Effet du pH</b>	<b>37</b>
<b>II.2.2.2. Effet de concentration de l'extractant</b>	<b>38</b>
<b>II.2.3. Extraction du nickel (II) par l'acide caprique dans l'octan-1-ol</b>	<b>39</b>
<b>II.2.3.1. Effet de pH</b>	<b>39</b>
<b>II.2.3.2. Effet de concentration de l'extractant</b>	<b>40</b>
<b>II.2 .4. Effet du diluant</b>	<b>41</b>
<b>II.2.5. Caractérisation du complexe</b>	<b>43</b>
<b>Conclusion</b>	<b>47</b>
<b>Référence bibliographique</b>	



# Liste des figures

## Liste des figures

### Chapitre I : L'extraction liquide-liquide ; généralités, principe et applications

---

Figure I.1 : Schéma d'un bac mélangeur décanteur	4
Figure I.2 : Ampoule à décanter contenant de l'huile et de l'eau colorée	5
Figure I.3 : Schéma de principe de l'extraction liquide-liquide	6
Figure I.4 : Domaines du spectre électromagnétique	21
Figure I.5 : Principe de spectroscopie	22

---

### Chapitre II : Effet de diluant polaire et non polaire sur l'extraction du nickel II en milieu chlorure

---

Figure II.1 : Echantillon de chlorure de nickel(II) hexahydrate	26
Figure II.2 : Structure géométrique de l'acide caprique	28
Figure II.3 : Hydroxyde de sodium	31
Figure II.4 : Spectroscopie électronique UV- visible PerkinElmer (UV/VIS spectrometer Lambda25)	32
Figure II.5 : Centrifugation	32
Figure II.6: Une balance électronique	32
Figure II.7 : Montage de l'extraction liquide-liquide	32
Figure II.8 : Effet de pH sur l'extraction de nickel II en milieu chlorure par l'acide caprique dans chloroforme T=25°C	36
Figure II.9 : Effet de concentration sur l'extraction de nickel (II) par l'acide caprique en milieu chlorure $\mu = 1$ dans chloroforme à pH constant	37

---

<b>Figure II.10 : Effet de pH sur l'extraction de nickel (II) en milieu chlorure par l'acide caprique dans toluène T=25°C</b>	<b>38</b>
<b>Figure II.11: Effet de concentration sur l'extraction de nickel (II) par l'acide caprique en milieu chlorure <math>\mu = 1</math> dans toluène à pH constant</b>	<b>39</b>
<b>Figure II.12: Effet de pH sur l'extraction de nickel (II) en milieu chlorure par l'acide caprique dans octan-1-ol à T=25°C</b>	<b>40</b>
<b>Figure II.13 : Effet de concentration sur l'extraction de nickel (II) par l'acide caprique en milieu chlorure <math>\mu = 1</math> dans l'octan-1-ol à pH constant</b>	<b>41</b>
<b>Figure II.14: Effet du diluant sur l'extraction de nickel (II) par l'acide caprique en milieu chlorure à concentration de l'extractant C=0.04 M</b>	<b>42</b>
<b>Figure II.15 : Spectre électronique visible de la phase organique lors de l'extraction du Ni(II) par l'acide caprique (0.04M) en milieu chlorure dans le chloroforme</b>	<b>43</b>
<b>Figure II.16 : Spectre électronique visible de la phase organique lors de l'extraction du Ni(II) par l'acide caprique (0.04M) en milieu chlorure dans le toluène</b>	<b>44</b>
<b>Figure II.17 : Spectre électronique visible de la phase organique lors de l'extraction du Ni(II) par l'acide caprique (0.04M) en milieu chlorure dans l'octan-1-ol</b>	<b>44</b>
<b>Figure II.18 : Structure du complexe NiL<sub>2</sub></b>	<b>45</b>
<b>Figure II.19 : Structure possible du complexe NiL<sub>2</sub>(HL)<sub>2</sub></b>	<b>45</b>

---



# Liste des tableaux

## Liste des tableaux

### Chapitre I : L'extraction liquide-liquide ; généralités, principe et applications

---

**Tableau I.1 : Les principaux solvants utilisés dans les opérations d'extraction liquide-liquide des métaux** 13

**Tableau I.2 : Les réactifs classiques pour l'extraction par un solvant** 15

**Tableau I.3 : Les applications et l'état d'activités de l'extraction liquide-liquide** 19

---

### Chapitre II : L'effet de diluant polaire et non polaire sur l'extraction du nickel (II) en milieu chlorure

---

**Tableau II.1 : Les propriétés thermiques et physiques du nickel** 25

**Tableau II.2: Les propriétés physiques de chlorure de nickel** 26

**Tableau II.3 : Les propriétés chimiques de chlorure de nickel** 27

**Tableau II.4: Les propriétés chimiques d'acide caprique** 28

**Tableau II.5 : Les propriétés physico-chimique d'acide caprique** 28

**Tableau II.6 : Les propriétés chimiques de chlorure de sodium** 29

**Tableau II.7 : Les propriétés physique de chlorure de sodium** 29

**Tableau II.8: Les propriétés chimiques d'hydroxyde de sodium** 31

**Tableau II.9: Les propriétés physiques de l'hydroxyde de sodium** 31

**Tableau II .10 : Les valeurs logarithmique des constantes d'extraction ( $\log K_{ex}$ ) obtenues dans les différents solvants** 41

**Tableau II .11 : Les longueurs d'ondes maximales des complexes du nickel (II)** 45

---



# **Introduction générale**

## Introduction générale :

L'extraction par solvant est une technique largement utilisée pour la séparation d'un ou plusieurs composants à partir des solutions aqueuses, il peut être l'une des solutions les plus efficaces pour le problème de pollution, en raison de sa sensibilité, simplicité, rapidité, grande efficacité, l'applicabilité aux différentes gammes des concentrations et la pureté des produits. Le diluant n'est pas seulement un support pour l'extractant et métaux extrait complexe, mais également un participant dans le processus d'extraction. L'effet du diluant est essentiellement une réaction de phase organique [1,2].

Tout au long du développement de cette technique, différents types d'extractants organiques ont été utilisés.

Les acides carboxyliques ont été largement utilisés comme extractants dans les procédés d'extraction liquide-liquide pour la séparation et la purification d'un certain nombre des métaux. Parmi ces derniers, l'acide caprique (décanoïque) a été largement utilisé et son pouvoir extractif établi [3,4].

Dans ce contexte, nous avons entrepris dans ce travail l'étude de l'extraction du nickel(II) en milieu chlorure par l'acide caprique dans solvant polaire (octan-1-ol) et non polaire (chloroforme toluène).

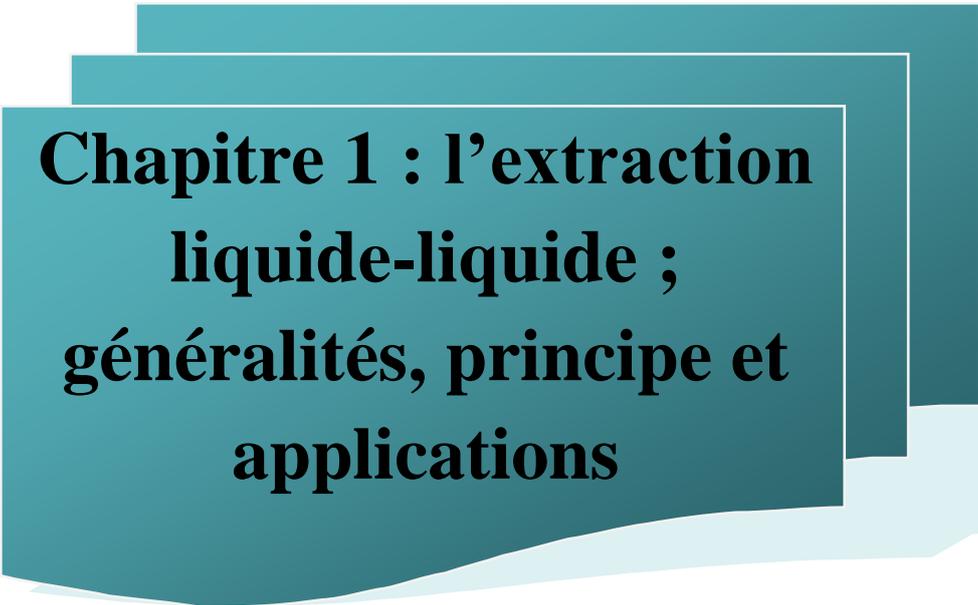
Le but consiste à déterminer les principaux paramètres d'extraction de ces métaux. La détermination et l'amélioration de ces paramètres se feront par la variation du pH, de la concentration de l'extractant, ainsi que la variation de la nature du diluant.

L'objectif de ce travail est l'étude de l'effet du diluant sur l'extraction liquide-liquide de nickel (II) par l'acide caprique en milieu chlorure dans des solvants polaires et non polaires.

Le travail réalisé, se divise en 2 chapitres : dont le premier concerne les généralités, principe et les applications de l'extraction liquide-liquide des métaux.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude de l'extraction du nickel(II) en milieu chlorure par l'acide caprique dans différents diluants polaire (octan-1-ol) et non polaires (chloroforme, toluène).

Et enfin on termine avec une conclusion générale résumé les résultats obtenus.



**Chapitre 1 : l'extraction  
liquide-liquide ;  
généralités, principe et  
applications**

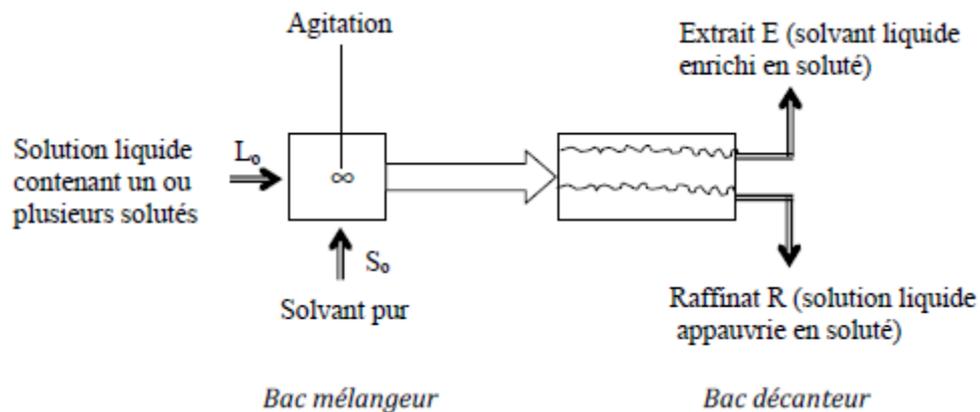
## I.1. Introduction

Les méthodes d'extraction liquide-liquide sont parmi les techniques les plus employées en laboratoire, elles ont pour but de séparer des divers corps purs formant un mélange, pouvant être un composé organique ou une substance naturelle, et cela en assurant un transfert de ce corps appelé encore soluté, initialement contenu dans une phase liquide, vers une autre phase non miscible au premier milieu [5].

## I.2. Définition de l'extraction [6]

L'extraction liquide-liquide parfois appelée extraction par solvant consiste à transférer un ou plusieurs solutés contenus dans une solution liquide  $L_0$  vers un autre liquide non miscible  $S_0$  (le solvant). La concentration finale du soluté dans chaque phase (L et S) dépend de sa solubilité dans les liquides mis en jeu. Le solvant s'enrichi en soluté, il est alors appelé extrait (E), la solution de départ s'appauvrit en soluté, elle est alors appelée raffinat (R).

La solution initiale  $L_0$  et le solvant pur  $S_0$  sont mis en contact pour favoriser le transfert du soluté. Généralement, la densité des deux phases liquides sortantes sont différentes et peuvent donc être séparées par décantation. Ces deux étapes sont réalisées dans un bac mélangeur-décanteur représenté sur la figure I.1.



*Figure I.1 : Schéma d'un bac mélangeur-décanteur.*

Ainsi l'extraction liquide-liquide est une opération de séparation qui fait intervenir le transfert de matière d'un soluté entre deux phases liquides totalement ou partiellement miscibles entre elles.

Contrairement à la distillation, le soluté ne change pas d'état au cours du transfert. La thermique intervient essentiellement en modifiant la solubilité du soluté dans chaque phase [6].

L'extraction liquide-liquide est un procédé physico-chimique de séparation qui a connu un grand développement en particulier dans les industries nucléaires, pharmaceutiques, pétrolières et pétrochimiques.

Elle est basée sur le principe de transfert de matière d'une ou plusieurs espèces métalliques dites « soluté » entre deux phases liquides non miscibles. Le système comprend :

- **Une solution aqueuse** de cations métalliques qui selon la nature et la composition de la phase aqueuse peuvent exister sous forme d'ions libre, de composés chargés ou de complexes neutres.
- **Une phase organique** constituée par un extractant ou un extractant dissous dans un diluant.

Pour réaliser cette extraction liquide-liquide deux opérations distinctes doivent être effectuées :

- Le mélange intime de deux phases par brassage (agitation).
- La séparation des deux phases par décantation.

La durée de l'agitation est régie par la cinétique de transfert du soluté pour atteindre une concentration d'équilibre, tandis que la durée de décantation est conditionnée par le temps de séparation des deux phases non miscibles. A l'équilibre, la phase aqueuse est dite « raffinat » et la phase organique « extrait » [7,8].



*Figure I.2 : Ampoule à décanter contenant de l'huile et de l'eau colorée.*

### I.3. Principe de base de l'extraction liquide – liquide [9,10]

Le principe de l'extraction liquide-liquide, consiste à rendre soluble un sel ou un acide minéral dans un solvant organique, en le complexant avec un composé ayant un groupement hydrophile et des radicaux hydrophobes.

Le processus de complexation a lieu à l'interface entre les deux liquides mis en contact. L'interface entre les deux phases se caractérise par une forte concentration des molécules d'agents complexants dont les groupements hydrophiles trempent dans la phase aqueuse ; il se forme ainsi un front interfacial très polarisé qui a pour effet d'attirer de la phase aqueuse les molécules (cations + anion) des sels ou d'acides [9,10].

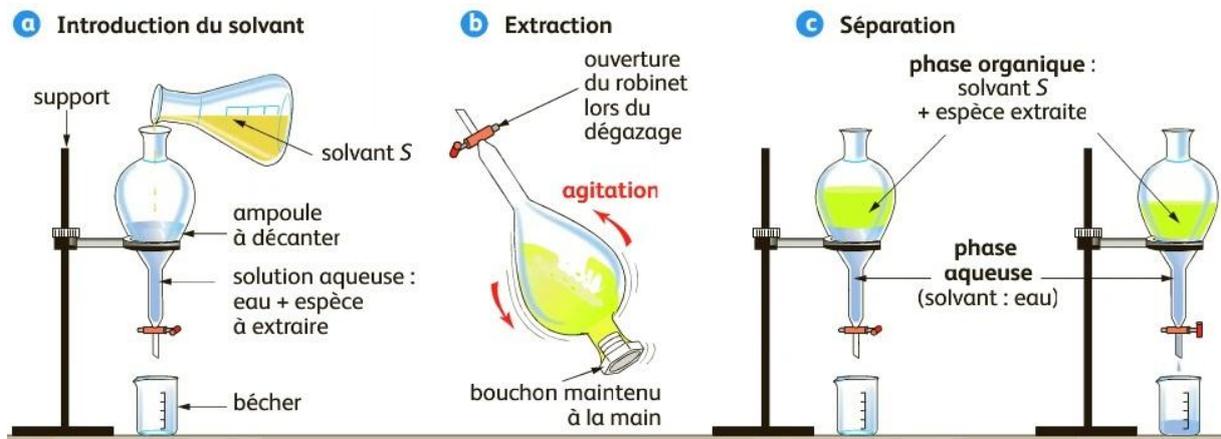


Figure I.3 : Schéma de principe de l'extraction liquide-liquide.

L'extraction liquide –liquide est fondée sur la distribution de soluté M entre les deux phases aqueuse et organique immiscibles. Durant ce transport, le potentiel chimique du soluté en phase organique s'accroît tandis que celui de la phase aqueuse diminue.

L'égalité du potentiel chimique d'une molécule dans deux phases en équilibre, se traduit par la proportionnalité des activités relatives, donc approximativement par la proportionnalité des concentrations de cette molécule dans les deux phases [11].

On peut donc écrire :

$$\begin{aligned} \mu_M &= \mu_M^- \\ \mu_M &= \mu_M^o + RT \ln a_M \\ \mu_M^- &= \mu_M^o + RT \ln a_M^- \\ \frac{a_M^-}{a_M} &= \exp \left[ \frac{\Delta \mu^o}{RT} \right] = P \end{aligned}$$

Avec :

$a$  : Activité chimique de M,

$\Delta\mu_M^o$  : Enthalpie libre de transfert d'une mole de M d'une phase à l'autre,

$P$  : constante de partition.

#### I.4. Evaluation du pouvoir d'extraction [7,12,13]

Pour évaluer le degré d'extraction d'une espèce pour un système d'extraction donné, on fait appel au coefficient de partition « P » ou de distribution « E ». Sur le plan pratique, la notion la plus utilisée est celle du rendement d'extraction « R ».

##### I.4.1. Coefficient de partition [7,12,13]

Le coefficient de partition “ P ” est donné par la relation suivante :

$$P = \frac{a_{i_{aq}}}{a_{i_{org}}} = e^{(\Delta\mu_i/RT)}$$

Où

$\Delta\mu_i$  : représente l'énergie de transfert du soluté “ i ” d'une phase à l'autre.

$a_i$  : L'activité de l'espèce i.

La relation entre l'activité et la concentration est donnée par la relation :

$$a_i = \gamma * C_i$$

Avec  $\gamma$  : Coefficient d'activité.

$$P = \frac{a_{i_{aq}}}{a_{i_{org}}} = \frac{(\gamma_i.C_i)_{aq}}{(\gamma_i.C_i)_{org}}$$

$C_i$  : Concentration de l'espèce i. En solution très diluée, le coefficient d'activité est proche de l'unité et le coefficient de partition peut être confondu avec le rapport des concentrations :

$$P = \frac{C_{i_{aq}}}{C_{i_{org}}}$$

**Remarque :** si l'élément métallique n'a pas la même forme chimique dans les deux phases, la loi de partition ne s'applique qu'à l'espèce chimique commune aux deux phases.

#### I.4.2. Coefficient de distribution [7,12,13]

Dans le domaine pratique, on utilise de préférence le coefficient de distribution « D » qui ne tient compte que de la concentration globale de l'élément métallique « M » dans les Deux phases :

$$D = E = \frac{C_{Maq}}{C_{Morg}} = \frac{m_i - m_f}{m_f} * \left( \frac{V_{aq}}{V_{org}} \right)$$

Avec :

$$C_M = \sum n_j C_j$$

Où

j représente une des formes chimiques de M,

$C_j$  Sa concentration,

$n_j$  Coefficient stœchiométrique,

$m_i$  ,  $m_f$  étant les masses initiale et finale du métal.

Le coefficient de distribution « E » dépend de plusieurs facteurs : la température, le rapport des volumes  $V_{aq} / V_{org}$ , la concentration de l'extractant, le pH initial de la phase aqueuse, la concentration initiale du métal dans la phase aqueuse et la forme de complexation du métal dans les deux phases.

#### II.4.3. Rendement [7,12,13]

Le rendement d'une extraction « R » est la fraction de la quantité totale d'un élément, initialement dans un volume ( $V_{aq}$ ) de solution aqueuse, qui est passée dans un volume ( $V_{org}$ ) de solution organique.

$$R = \frac{(m_i - m_f)}{m_i} * 100$$

Soit :

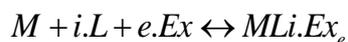
$$R = \frac{C_{Morg} \cdot V_{org}}{C_{Morg} \cdot V_{aq} + C_{Morg} \cdot V_{org}} * 100$$

La relation entre D et R est donnée comme suit :

$$D = R / 100 * (m_i / m_f) (V_{aq} / V_{org})$$

## I.5. Etude théorique sur l'équilibre d'extraction [7,12,13]

L'extraction liquide-liquide peut être représentée par un seul équilibre, ne faisant intervenir que les espèces majoritaires [7,12,13]. On la représente d'une façon générale par l'équilibre :



**Remarque :** les symboles surlignés désignent les paramètres ou les espèces chimiques de la phase organique. Cette convention sera constamment utilisée dans ce qui va suivre.

Où :

M : l'élément métallique étudié en phase aqueuse.

L : une espèce aqueuse (éventuellement chargée).

Ex : l'extractant dans la phase organique.

D'où l'équation d'équilibre :

$$\text{Log}E = i\text{Log}[L] + e\text{Log}[Ex] + Cte$$

En portant par exemple  $\text{Log} E = f(\text{Log}[Ex])$ , le coefficient stœchiométrique « e » de l'espèce Ex est déterminé ; c'est une méthode employée pour accéder aux mécanismes d'extraction et à la nature des espèces présentes en phase organique.

## I.6. Classification des systèmes d'extraction

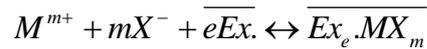
### I.6.1. Extraction par solvatation [14]

Un composé organique est dit solvant s'il possède un atome d'oxygène, de soufre, de phosphore ou d'azote susceptible d'engager un doublet électronique dans une liaison.

L'extractant agit par le biais de son pouvoir donneur, c'est une base de Lewis hydrophobe donnant lieu à des interactions de type accepteur-donneur avec les espèces métalliques neutres de la phase aqueuse. L'espèce extraite se trouve solvatée sous forme moléculaire électriquement neutre.

Les composés solvants les plus utilisés sont les éthers, les cétones, les alcools et les composés phosphorylés.

Le mécanisme d'extraction s'écrit de la façon suivante :



Où

Ex : le composé organique extractant,  $M^{m+}$  : l'ion métallique à extraire,  $X^-$  : l'anion qui lui est associé.

Le coefficient de distribution du métal « M » s'écrit sous la forme :

$$\text{Log}E = m\text{Log}[X^-] + e\text{Log}[Ex] + \text{Cte}E$$

L'étude pratique de cette relation permet de déterminer les coefficients stœchiométriques à l'équilibre.

### I.6.2. Extraction par échange de cations [14]

Certains acides organiques forment avec les cations métalliques des sels organosolubles. Ce sont essentiellement des acides possédant une acidité suffisante comme les acides carboxyliques, sulfoniques et phosphoriques.

L'extraction se produit par simple réaction de l'acide organique avec les cations métalliques de la phase aqueuse, en échangeant ces derniers avec les propres protons de l'acide.

L'extraction peut être décrite par l'équilibre général suivant :



Et la relation suivante en appliquant le logarithme :

$$\text{Log}E = \text{Log}K + m\text{Log}HE + mpH$$

Si on appelle à MN le coefficient de séparation de deux métaux M et N on aura :

$$\alpha_{MN} = \frac{E_M}{E_N}$$

D'où :

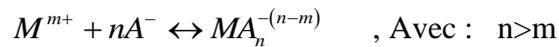
$$\text{Log}\alpha_{MN} = \text{Log}(K_M / K_N) + (m-n)\text{Log}HE + (m-n)pH$$

Avec : m et n représentant les valences des deux métaux.

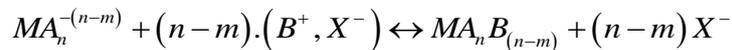
Pour  $m = n$ , la séparation ne dépend que des constantes d'équilibre d'extraction et de la différence des rayons ioniques des cations concernés, le moins volumineux étant le mieux extrait. L'extraction sera d'autant mieux réalisée que le pH sera plus élevé quand  $m$  est différent de  $n$ .

### I.6.3. Extraction par échange d'anions [14]

Certains milieux aqueux complexent les cations métalliques en formant des espèces anioniques. L'extraction peut être décrite par l'équilibre général suivant :



Ces entités ne sont extraites qu'en présence d'un extractant possédant un anion pouvant être échangé contre l'anion métallique, soit :



Les principaux extractants qui relèvent de ce mécanisme sont les cations ammonium et arsonium. Les plus utilisés restent les sels d'ammonium quaternaires et les amines tertiaires à longues chaînes carbonées.

### I.6.4. Extraction par chélation [14]

Dans ce cas, la molécule d'extractant fonctionne comme échangeur de cations et comme solvant. Il s'agit d'un composé comportant un groupement fonctionnel acide d'une part et un atome donneur de doublets électroniques d'autre part.

L'hydrogène acide est échangé avec le cation métallique ce qui neutralise ses charges ; le groupement donneur solvate le cation et sature ses sites de coordination [14].

En général, si on est en présence d'un extractant acide ou chélate, on a le même équilibre :



## I.7. Les Solvant

C'est un composé organique capable de donner des combinaisons avec le soluté métallique soluble dans la phase organique. Il présente des propriétés physico-chimiques lui permettant de former une phase organique continue, non miscible à la phase aqueuse [7,8].

Les solvants peuvent être classés en :

- Solvants protiques (hydrogène mobile) : eau, ammoniac, alcools, ...etc.
- Solvants aprotiques dipolaires (ne peuvent pas donner de protons mais sont fortement polaires) : cétone, diméthylformamide, dérivés nitrés, ...etc.
- Solvants aprotiques apolaires : essentiellement les hydrocarbures et leurs dérivés halogénés [15].

Les solvants les plus couramment employés dans l'extraction liquide-liquide sont généralement les hydrocarbures aliphatiques de haute inertie chimique, aromatiques et les solvants chlorés.

Selon la structure moléculaire on peut classer les solvants en :

❖ **Solvants aprotiques apolaires**

Ces solvants ne peuvent pas former des liaisons hydrogène, ils possèdent un moment dipolaire et une constante diélectrique nul, Ils sont souvent insolubles à l'eau. On retrouve : hexane, benzène, toluène, Tétrachlorure de carbone.

❖ **Solvants aprotiques dipolaires**

Ces solvants ne peuvent pas former de liaison hydrogène, mais leurs molécules agissent comme des dipôles. On observe que des charges opposées apparaissent par mésomérie. Ils possèdent un fort moment dipolaire ( $\mu$ ) et un constant diélectrique élevé. On retrouve : diméthylformamide, diméthylsulfoxyde, acetonitrile, N-méthyl-2-pyrrolidone.

❖ **Solvants aprotiques peu polaires**

Ces solvants possèdent un moment dipolaire faible. Ils ne peuvent pas former de liaison hydrogène. On retrouve : éthers, thioéthers, tétrahydrofurane.

❖ **Solvants protiques polaires**

Ces solvants peuvent former des liaisons hydrogène, possèdent un fort pouvoir ionisant et un pouvoir séparateur élevé, c'est dire le moment dipolaire caractérise le dipôle du solvant est élevé, plus celui-ci favorise la formation et le maintien des

charges. Ils sont souvent solubles à l'eau. On retrouve : H<sub>2</sub>O, alcools, acides carboxyliques.

Le diluant est alors non seulement utilisé comme porteur de l'extractant et de complexe organométallique extrait, mais participe aussi au processus d'extraction. D'autre part, des interactions de type soluté-solvant peuvent avoir lieu. Selon le type d'interaction on peut voir :

- ❖ Une interaction avec la molécule extractante, ce qui affecte l'activité de l'extractant et change la performance de l'extraction de l'extractant.
- ❖ Une interaction avec le complexe organométallique extrait, ce qui peut changer la composition du complexe par la coordination et/ou la substitution du diluant [16].

**Tableau I.1** : Les principaux solvants utilisés dans les opérations d'extraction liquide-liquide des métaux.

		Masse volumique ( $g/cm^{-3}$ )	Constante diélectrique $\epsilon$	Solubilité dans l'eau d'eau ( $g/l$ )
Hydrocarbure :	n-hexane:	0.66	1.9	0.15
	n-heptane	0.68	1.9	0.05
	Cyclohexane	0.78	2.0	0.1
	Benzène	0.89	2.3	1.8
	Toluène	0.86	2.4	0.5
	Mésitylène	0.86	2.0	<0.1
Hydrocarbures substitué	Dichlorométhane	1.33	9.1	20
	Chloroforme	1.50	4.8	10
	Tétrachlorure de carbone	1.60	2.2	0.8
	Dichloroéthane 1,2	1.26	10.4	9
	Nétraméthane	1.14	36	10
	m-dichlorobenzène	1.28	5.0	0.1
Alcools :	Hexanol-1	0.82	13.3	7
	Octanol-1	0.82	10.34	
	Cyclohexanol	0.97	15.0	5.7
	Ether diéthylique	0.72	4.2	7.5

	Ether di-isopropyle	0.73	3.88	4.7
	Diéthylecétone	0.81	17	47
	Methylisobutylcétone	0.8	13.11	16
	Cyclohexanone	0.95	18.5	50
Esters :	Acétate d'éthyle	0.9	6.02	86
	Tributyl phosphate(TBP)	0.97	8.91	6

Contrairement à l'eau ( $\epsilon = 78$  à  $20^\circ\text{C}$ ), pratiquement tous les solvants organiques utilisés pour l'extraction présentent une faible valeur de la constante diélectrique [17].

## I.8. Extractant

L'extractant possède le pouvoir de former avec le soluté métallique de la phase aqueuse un composé organométallique soluble dans la phase organique [7,8].

### I.8.1. Propriétés de l'Extractant [15]

Le choix de l'extractant est un élément clé du procédé d'extraction : il se doit d'extraire bien, vite et d'être éventuellement sélectif vis-à-vis du soluté. Ces propriétés doivent être satisfaites quelles que soient la nature et la composition des solutions aqueuses traitées. Or, les applications industrielles les plus courantes de l'extraction liquide – liquide en chimie minérale concernent le plus souvent des solutions acides (jus de lixiviation acide des minerais, bains usés de traitement de surface, ...). Peu ou pas d'extractants possèdent les qualités requises pour une extraction en milieu fortement acide. Il est impératif que l'extractant présente un certain nombre de caractéristiques, dont les plus importantes sont comme suit :

- Avoir un coefficient de distribution élevé vis-à-vis du soluté à extraire.
- Une viscosité faible (moins que 3 mPa.s), la valeur de cette dernière conditionne la quantité d'énergie qu'il faudra fournir au système (agitation, pompage, etc.) pour assurer une dispersion des phases, favorable au transfert de matière.
- La tension interfaciale joue un rôle important puisqu'elle détermine l'efficacité de la dispersion : une tension interfaciale trop élevée est défavorable à la dispersion mutuelle des phases et par conséquent à un contact efficace. Par contre une valeur trop basse de la tension interfaciale conduit à la formation d'émulsions stables : la décantation devient alors quasiment impossible.

- Une stabilité physico-chimique pour une réutilisation dans plusieurs cycles d'extraction.
- Un extractant de point de congélation assez bas, afin qu'il ne cristallise ni ne précipite au cours de l'extraction, est aussi préférable.

Théoriquement, un extractant efficace devrait posséder pratiquement toutes les propriétés énoncées ci-dessus, ce qui est très rare. Cependant il est souvent préférable de cibler juste une ou deux propriétés les plus importantes au regard du rendement de l'extraction (extractant présentant de fort coefficient de distribution par rapport à un soluté donné par exemple).

Enfin un compromis entre ces différents facteurs permettra la conception d'un procédé d'extraction plus compétitif sur le plan économique [15].

**Tableau I.2 : Réactifs classiques pour l'extraction par un solvant [15].**

Extractant	Formule chimique	Utilisation
<b>Acétylacétone</b>	$\text{CH}_3\text{COCHCOCH}_3$	Chélates avec 60 métaux
<b>Thénoltrifluoroacétone</b>	$\text{C}_6\text{H}_4\text{SCOCH}_2\text{COCF}_3$	Utile pour les lanthanides et les actinides
<b>8-hydroxyquinoléine (oxine)</b>	$\text{C}_6\text{H}_6\text{ON}$	Réactif pour Al, Bi, Cd, Cu, Fe(III), Pb, Mg
<b>I-Nitroso-2-naphtol</b>	$\text{C}_{10}\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$	Pour l'extraction du Co et Fe
<b>Diethldithiocarbamate de Sodium (SDDT)</b>	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NCS}_2\text{Na}$	Réactif d'extraction pour plus de 20 métaux lourds
<b>Pyrrolidinedithiocarbamate D'ammonium (APDC)</b>	$\text{C}_5\text{H}_2\text{N}_2\text{S}_2$	Pour les métaux lourds donnant des complexes solubles dans des solvants organiques
<b>Oxide de tri-n-octylphosphine (TOPO)</b>	$(\text{n-C}_8\text{H}_{17})_3\text{PO}$	$(\text{n-C}_8\text{H}_{17})_3\text{PO}$
<b>Benzoylacétone</b>	$\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_2$	Réactif pour plusieurs métaux tel que : Co et Ni

### **I.8.2. Les grandes classes d'agents extractants [4]**

Il existe plusieurs systèmes de classification des agents extractants dont le plus important se base sur leur mécanisme d'action dans l'extraction des métaux. Les extractants les plus connus peuvent être classés comme suit :

#### **Les extractants acides**

- Les acides mono- et dialkylphosphoriques, tels que les acides mono- et di-(2-éthylhexyl) phosphoriques et l'acide di(p-octylphényl) phosphorique.
- Les acides phosphoniques, comme par exemple l'acide mono(2-éthylhexyl) phosphonique.
- Les acides phosphiniques, comme l'acide di(2,4,4-triméthylpentyl) phosphinique et l'acide di(2-éthylhexyl) phosphinique.

#### **Les extractants basiques**

Les amines primaires, secondaires et tertiaires et les sels d'ammonium quaternaires, tels que : la di(tridécyl)amine, la di(isotridécyl)amine, la tri(octyl)amine, la tri(isooctyl)amine et le chlorure de tri(octylméthyl)ammonium.

#### **Les extractants par solvatation**

- ✓ Les trialkylphosphates, comme le tri(n-butyl) phosphate.
- ✓ Les dialkylalkylphosphonates, tel que le di-n-butylbutylphosphonate.
- ✓ Les oxydes de tri-alkylphosphines comme exemple l'oxyde de tri-octyl phosphine.

#### **Les extractants par chélation**

Les oximes, les acylpyrazolones et les hydroxy bases de Schiff. Comme dans le cas de la classification des systèmes d'extraction, il n'existe aucune classification pleinement satisfaisante d'agents extractants, car il reste toujours des extractants spéciaux qui n'entrent dans aucune des grandes catégories classées.

### **I.8.3. Critères de choix d'extractant [4]**

Les agents extractants diffèrent par leurs mécanismes d'action dans l'extraction mais aussi par d'autres caractéristiques par lesquelles les bons agents extractants se distinguent, et pour lesquelles ils sont généralement utilisés à l'échelle industrielle ; ces caractéristiques sont :

- Un faible prix de revient.
- Une très faible solubilité dans les phases aqueuses.
- Une très forte solubilité dans les diluants couramment utilisés (aliphatiques et aromatiques).
- Une bonne stabilité chimique pour une réutilisation dans plusieurs cycles d'extraction
- Formation d'émulsion instable avec les phases aqueuses.
- Un fort pouvoir d'extraction.
- Être ininflammable et non toxique.
- Avoir une bonne cinétique d'extraction [4].
- Dispose d'une grande capacité de chargement du métal.
- Sa purification est facile après l'extraction.
- Non volatil [7,8].

### **I.9. Facteurs qui influencent l'extraction des métaux [15]**

Les facteurs les plus importants et qui influencent l'extraction des métaux sont :

- Influence de la nature du chélateur.
- Influence de la concentration du chélateur.
- Influence du pH.
- Influence de la nature du métal.
- Influence du solvant [15].

### **I.10. Les avantages et les inconvénients de l'extraction liquide-liquide**

#### **I.10.1. Avantages de l'extraction liquide-liquide [18]**

L'extraction liquide-liquide demeure la technique de purification la plus employée au laboratoire et cela pour ses divers avantages qu'elle présente par rapport à d'autres opérations, citons quelques principaux de ses avantages :

- Facilité de mise en œuvre.
- Rapidité.
- Moindre coût [18].

#### **I.10.2. Désavantages des extractions liquides-liquides [22]**

- Nécessité de grands volumes de solvants.
- Le solvant ne doit pas être miscible avec l'eau.
- Difficile à automatiser [22].

#### **I.11. Applications du procédé d'extraction liquide-liquide [19]**

Cette technique est efficace et peu coûteuse, elle a fait l'objet de plusieurs études , améliorations portant sur la récupération et la purification de molécules chimiques ou de biomolécules. Actuellement, ce procédé est tout particulièrement utilisé lorsque les conditions technologiques ou physico-chimiques lui sont favorables, comme c'est le cas pour :

- La séparation des composés à températures d'ébullition voisines (séparation de certains hydrocarbures aromatiques et aliphatiques) ;
- La séparation de composés thermosensibles ou instables (obtention des antibiotiques) ;
- La concentration et la purification de solutions diluées, opérations souvent plus économiques que la distillation (cas des solutions diluées de sels métalliques tels que le cuivre, l'uranium et le vanadium) ;
- La séparation d'éléments ayant des propriétés chimiques voisines (séparation uranium-vanadium et hafnium-zirconium) ;
- L'obtention de produits de haute pureté (sels d'uranium de pureté nucléaire, sels de terres rares destinés à l'industrie optique ou électronique) ;
- Production des radionucléides ; un grand nombre parmi ces derniers utilisés en agriculture, médecine et dans le domaine de la recherche scientifique sont obtenus par extraction liquide-liquide [19].

Actuellement, l'extraction liquide-liquide joue un rôle très important dans divers secteurs industriels. Le Tableau I.3 donne une idée sur différentes applications dans les industries mentionnées.

Tableau I.3 : Applications et état d'activités de L'extraction Liquide-Liquide [15].

Activités	Applications	Industrie
Optimisation De procédés	-production d'aromatiques -purification du pétrole - alkylation	<b>Pétrochimique</b>
Optimisation et développement du procédé	-synthèse de polymères -fibres, -pesticides, herbicides	<b>Chimique</b>
Optimisation et développement du procédé	-récupération des antibiotiques et vitamines -purification des produits génétiques	<b>Alimentaire et pharmaceutique</b>
Développement de procédés	-traitement des déchets	<b>Nucléaire</b>
Recherche de solvants plus efficaces	-Récupération et purification des métaux	<b>Métallurgique</b>
Optimisation et développement du procédé	-traitement des eaux polluées -récupération et recyclage de sous-produits.	<b>Environnementale</b>

## **I.12.Problèmes rencontrés dans l'extraction liquide-liquide [22]**

### **I.12.1. Formation d'une émulsion**

Il peut arriver que la séparation entre deux phases ne soit pas nette, mais qu'il se forme une émulsion, c'est-à-dire, une zone intermédiaire contenant des gouttelettes d'une phase suspendues dans l'autre. Certains solvants organiques, tels que le dichlorométhane et le trichlorométhane, ont tendance à former des émulsions avec l'eau. De plus, la présence d'agents tensio-actifs (produits naturels, protéines, etc.) dans la phase aqueuse entraîne souvent la formation d'émulsions. Diverses méthodes, peuvent être employées pour briser une émulsion, seules celles que vous pourrez employer seront présentées :

- L'attente : laisser reposer l'ampoule pendant une longue période constitue souvent un bon moyen de rupture d'une émulsion ;
- Les agents chimiques : l'addition d'un sel inorganique (du chlorure de sodium en général) dans la phase aqueuse augmente sa densité, cela permet d'obtenir une meilleure séparation si la phase aqueuse était déjà la phase la plus dense.
- Filtrer
- Centrifuger
- Ajouter quelques gouttes de solvant polaire (MeOH, EtOH, acétone).

### **I.12.2. Produits d'interface**

Les émulsions mises à part, des produits d'interface d'aspect filamenteux, globulaire ou mal défini, apparaissent parfois entre les deux phases. L'application à l'ampoule d'un léger mouvement de rotation réduit souvent la dimension de ces produits. Ils sont régulièrement prélevés avec la phase qui nous intéresse et éliminés seulement à la dernière décantation avec l'autre phase. Cette manière de procéder permet de récupérer une phase propre et d'obtenir un rendement maximum.

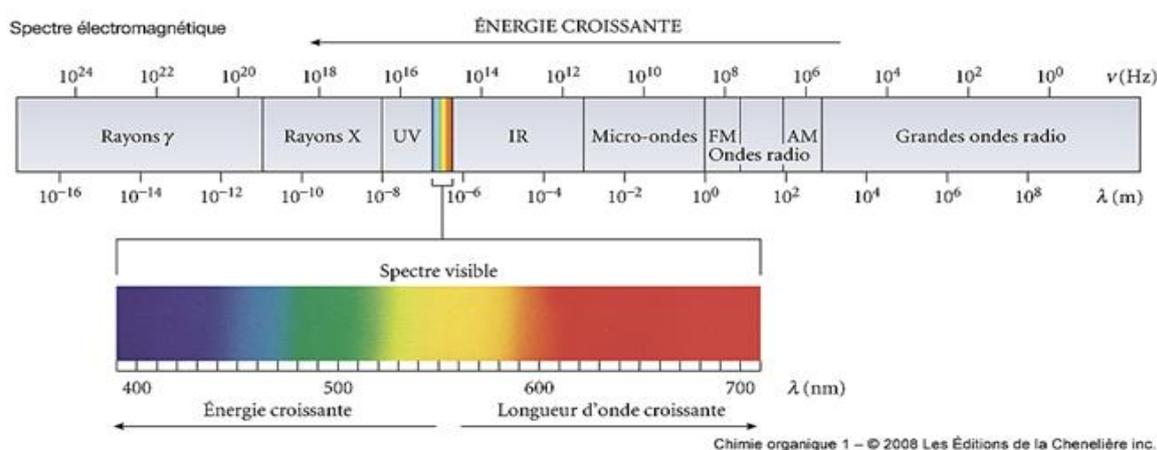
Donc

- Les prélever dans la phase organique (extraction).
- Les éliminer dans la phase aqueuse (lavage) [22].

## I.13. Méthode de caractérisation du complexe

### I.13.1. La spectroscopie

La spectroscopie est basée sur l'étude des interactions entre la matière et un rayonnement électromagnétique. Ces interactions sont nombreuses, les plus intéressantes et les plus étudiées font appel au phénomène d'absorption, celui-ci peut être défini par sa fréquence, sa longueur d'onde et son nombre d'onde [20], les méthodes spectroscopiques utilisées pour l'analyse qualitative et quantitative de composés inorganiques et organiques sont basées sur l'émission et l'absorption des rayonnements UV- Visible et infrarouge par espèces atomique et moléculaire [21].



*Figure I.4 : Domaines du spectre électromagnétique.*

#### I.13.1.1. Spectroscopie Ultra violette (UV-visible) [20]

Un spectre ultra-violet est une courbe, précisant les variations d'absorption d'énergie d'une substance soumise au rayonnement ultraviolet : Le tracé de cette courbe représente, en effet l'intensité de l'absorption en fonction de la longueur d'onde ou de la fréquence [20].

##### I.13.1.1.1. Loi de BEER-LAMBERT [20]

A une longueur d'onde spécifique pour substance donnée, il y a un rapport entre l'absorbance  $A$ , le nombre de molécules (la concentration)  $c$ , la longueur du chemin traversé  $l$  appelé aussi le trajet optique (l'épaisseur de l'échantillon) exprimée en cm, et une constante appelée le coefficient d'extinction spécifique qui indique l'intensité de l'absorption. Ce dernier dépend de la manière dont est exprimée la concentration. Si la concentration est exprimée en g/l,  $\varepsilon$  est appelé coefficient d'extinction spécifique. Si la concentration est

exprimée en mol/l,  $\varepsilon$  est appelé coefficient d'extinction molaire (l'absorptivité molaire). Cependant cette loi est définie par l'équation suivante :

$$A = \text{Log}(I_0 / I) = \varepsilon lc$$

Cette loi exprime le fait que la diminution de l'intensité lumineuse est proportionnelle au nombre de particules qui s'absorbent.

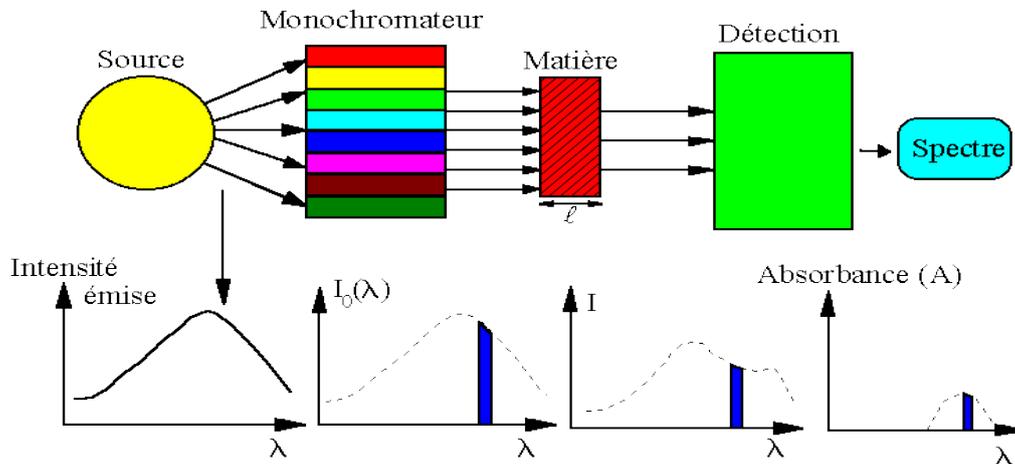


Figure I.5 : Principe de spectroscopie.



**Chapitre 2 : Effet de  
diluant polaire et non  
polaire sur l'extraction du  
nickel II en milieu  
chlorure**

Dans ce chapitre, nous avons entrepris l'effet de diluant polaire et non polaire sur l'extraction liquide-liquide du nickel(II) par l'acide caprique en milieu chlorure. Ce chapitre concerne l'effet du pH et l'effet de la concentration pour chaque diluant.

## II.1. Partie expérimentale

### II.1.1. Les produits utilisés

- Chloroforme ( $\text{CHCl}_3$ ) :  $M=119.4 \text{ g/mol}$ .
- Toluène ( $\text{C}_7\text{H}_8$ ) :  $M= 92.14052 \text{ g/mol}$ .
- Octan-1-ol ( $\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}$ ) :  $M=130.23 \text{ g/mol}$ .
- Acide caprique ( $\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_8\text{COOH}$ ) :  $M=172.27 \text{ g/mol}$ .
- Hydroxyde sodium ( $\text{NaOH}$ ) :  $M=40 \text{ g/mol}$ .
- Chlorure de sodium ( $\text{NaCl}$ ) :  $M= 58.44 \text{ g/mol}$ .
- Chlorure de nickel ( $\text{NiCl}_2+6\text{H}_2\text{O}$ ) :  $M= 237.69 \text{ g/mol}$ .

#### II.1.1.1. Caractéristiques du nickel [4]

- **Propriétés physiques et chimiques**

Le nickel est un métal blanc argenté qui possède un éclat poli, il fait partie du groupe de Fer, c'est un métal ductile (malléable), il est abondant dans les météorites et à l'intérieur du globe terrestre (manteau et noyau), où il se classe au cinquième rang par ordre d'abondance.

Ce n'est que 1890 que l'on commença à introduire le nickel comme élément d'alliage dans l'acier et la fonte pour améliorer les caractéristiques mécaniques.

L'utilisation de nickel a permis la réalisation de pointe et de performance élevées dans des domaines aussi divers que les industries aérospatiales, nucléaires, chimiques et pétrochimiques.

Grâce à sa résistance à l'oxydation et à la corrosion, il est utilisé dans les pièces de monnaie, pour le plaquage du fer, du cuivre, dans certaines combinaisons chimiques dans certains alliages.

Le nickel présente un aspect grisâtre, et se dissout facilement dans l'acide nitrique dilué tandis que dans les solutions concentrées d'acide nitrique, il est passif mais il est stable dans les solutions basiques.

*Tableau II.1 : Les propriétés thermiques et physiques du nickel [4].*

Caractéristiques	Valeurs	Caractéristiques	Valeurs
<b>Nombres atomique</b>	28	<b>Rayon atomique</b>	124.6 p.m
<b>Symbole atomique</b>	Ni	<b>Point de fusion</b>	1455 °C
<b>Point atomique</b>	58.70	<b>Point d'ébullition</b>	2913 °C
<b>Configuration électronique</b>	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>8</sup>	<b>Etat d'oxydation</b>	2 et 3
<b>Densité ( g / dm<sup>3</sup> )</b>	8902(298k)	<b>Electronégativité</b>	1.91
<b>Volume molaire ( cm<sup>3</sup> / mol )</b>	6.59 (298k)	<b>Température critique</b>	5117 °C
<b>Enthalpie de fusion</b>	17.6KJ/mol	<b>Enthalpie d'évaporation</b>	374.8 KJ/mol
<b>Etat physique</b>	Solide	<b>Structure cristalline</b>	CFC

- **Utilisations**

De par son importance et l'ampleur de ses bienfaits, il constitue nos jours, parmi les principaux éléments de base, utilisé pour différentes industries. En effet, il s'utilise dans des domaines aussi divers et variés que la métallurgie (fabrication de pièces de monnaie, adjuvant pour certains alliages), l'industrie chimique (élaboration de catalyseurs, fabrication des batteries...), la médecine (blindage électromagnétique des appareils médicaux) et l'électronique (constituants internes des téléphones mobiles) [23].

### II.1.1.2. Le chlorure de nickel

C'est un sel de nickel de formule chimique  $NiCl_2$ . Sa forme anhydre est jaune-brune, mais on le rencontre plus fréquemment sous sa forme hexahydratée  $NiCl_2 \cdot 6H_2O$  qui est verte et on lui connaît aussi une forme dihydrate. Il est très rarement présent dans la nature sous forme de minéral. Le chlorure de nickel(II), sous ses différentes formes, est la plus importante

source de nickel utilisée en synthèse chimique. Les sels de nickel sont cancérigènes et doivent être manipulés avec précaution. Ils sont également déliquescents, absorbant l'humidité de l'air pour former une solution [24].

Le chlorure de nickel(II) est irritant par ingestion, inhalation, contact avec la peau ou les yeux. Des expositions prolongées au nickel peuvent provoquer des cancers [25].



*Figure II.1 : Echantillon de chlorure de nickel(II) hexahydrate.*

*Tableau II.2 : Les propriétés physiques de chlorure de nickel [26].*

<b>Propriétés physiques</b>	
<b>Température de fusion</b>	1001°C (décomposition, anhydre) 140°C (décomposition-perte de l'eau de cristallisation-hexahydrate)
<b>Solubilité</b>	<i>Anhydre</i>
	642 g.l <sup>-1</sup> (eau, 20°C)
	876 g.l <sup>-1</sup> (eau, 100°C)
	<i>Hexahydrate</i>
	2540 g.l <sup>-1</sup> (eau, 20°C)
	876 g.l <sup>-1</sup> (eau 100°C)
	8g.l <sup>-1</sup> (Hydrazine), soluble dans l'éthylène glycol, l'éthanol, l'hydroxyde d'ammonium, insoluble dans l'ammoniaque et l'acide nitrique
<b>Masse volumique</b>	3.55 g.cm <sup>-3</sup> (anhydre)

	1.92 g.cm <sup>-3</sup> (hexahydrate)
<b>Point d'éclair</b>	Non inflammable

*Tableau II.3 : les propriétés chimiques de chlorure de Nickel [27].*

<b>Propriétés chimiques</b>	
<b>Formule brute</b>	$NiCl_2$ $NiCl_2 \cdot 6H_2O$
<b>Masse molaire</b>	129.559 ± 0.004 g / mol Cl54.71%, Ni45.29% 237.71g / mol (hexahydrate)
<b>Pka</b>	4(hexahydrate)

### II.1.1.3. Caractéristique de l'acide caprique

- **Définition [28]**

Acide décanoïque (acide caprique) est un acide gras saturé. Sa formule est  $CH_3(CH_2)_8COOH$ .

Les sels et les esters de l'acide décanoïque sont appelés décanoates ou « caprates ». L'acide caprique terme est dérivé du latin « caper/capra » (chèvre) parce que la sueur, l'odeur désagréable du composé rappelle les chèvres. Occurrence caprique est naturellement présent dans l'huile de coco (environ 10 %) et l'huile de palmiste (environ 4 %), sinon il est rare dans les huiles typiques de graines. On trouve dans le lait de différents mammifères, et dans une moindre mesure dans les autres les graisses animales.

Deux autres acides sont nommés d'après les caprins : caproïque (un acide gras en  $C_6$ ) et caprylique (acide gras en  $C_8$ ). avec l'acide décanoïque, ce total de 15% en matière grasse du lait chèvre.

- **Production**

Acide décanoïque peut être préparé à partir de l'oxydation du décanal d'alcool primaire en utilisant du trioxyde de chrome ( $CrO_3$ ) oxydant dans des conditions acides [28].

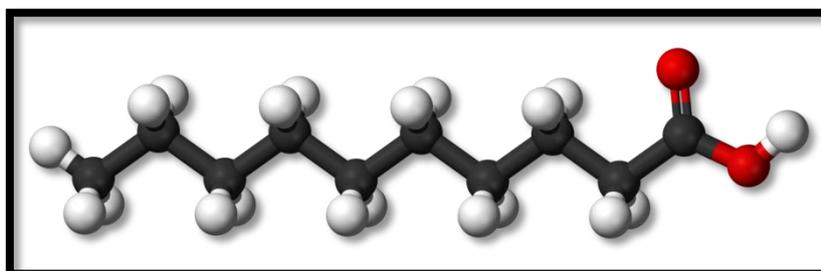
Neutralisation de l'acide décanoïque ou saponification de ses esters, typiquement les triglycérides, avec de l'hydroxyde de sodium donne le décanoate de sodium.

Ce sel ( $CH_3(CH_2)_8COO^-Na^+$ ) est un composant de certains types de savon.

- **Les usages [29]**

Acide décanoïque est utilisé dans la fabrication d'esters pour les arômes et les parfums des fruits artificiels. Il est également utilisé comme intermédiaire dans la synthèse chimique.

Il est utilisé dans la synthèse organique et industriellement dans la fabrication des parfums, des lubrifiants, des graisses, du caoutchouc, des plastiques, des colorants, des additifs alimentaires et des produits pharmaceutiques [29].



*Figure II.2 : La structure géométrique de l'acide caprique.*

*Tableau II.4 : Propriétés chimiques d'acide caprique.*

<b>Formule brute</b>	$C_{10}H_{20}O_2$ (isomères)
<b>Masse molaire</b>	$172.2646 \pm 0.01 \text{ g/mol}$ C 69.72%, H 11.7% ,O 18.58%,

*Tableau II.5 : Propriétés physico-chimique d'acide caprique.*

<b>T° fusion</b>	<b>32 C° (304K)</b>
<b>Poids moléculaire</b>	172.27 g/mol
<b>T° ébullition</b>	269 °C (542K)

<b>Masse volumique</b>	0.893 $g.cm^{-3}$ à 25 °C
<b>Point d'éclair</b>	112°C
<b>Pression de vapeur saturante</b>	15 mmHg à 160°C
<b>Solubilité d'acide caprique dans l'eau</b>	Non miscible
<b>Point d'inflammation</b>	147 °C

#### II.1.1.4. Chlorure de sodium [30]

Le chlorure de sodium est un composé chimique ionique de formule NaCl. On l'appelle plus communément sel de table ou sel de cuisine, ou tout simplement sel dans le langage courant. Cette roche évaporite a l'aspect d'une matière cristalline, sèche et solide, très soluble dans l'eau.

Cet exhausteur de goût, plus ou moins raffiné, est utilisé depuis des temps immémoriaux pour l'assaisonnement, la préservation et la conservation des aliments.

Le chlorure de sodium, matière première de base, est utilisé dans l'industrie chimique pour produire de la soude, du chlore, puis de la soude caustique et de l'hydrogène [30].

*Tableau II.6 : Les propriétés chimiques de chlorure de sodium[31,32].*

<b>Propriétés chimiques</b>	
<b>Formule brute</b>	NaCl
<b>Masse molaire</b>	58.443 ± 0.002g / mol Cl60.66%; Na39.34%
<b>Moment dipolaire</b>	9.00117 D

*Tableau II.7 : Les propriétés physique de chlorure de sodium[30,33].*

<b>Propriétés physiques</b>	
<b>T° fusion</b>	801 °C , 800.4 °C
<b>T° ébullition</b>	1465 °C, 1413 °C,
<b>Solubilité</b>	357 $g.l^{-1}$ (eau, 0°C)

	358.5 $g.l^{-1}$ (eau, 20°C)
	380.5 $g.l^{-1}$ (eau, 80 °C)
	391.2 $g.l^{-1}$ (eau, 100°C)
	0.65 $g.Kg^{-1}$ (éthanol, 25°C)
	71.5 $g.Kg^{-1}$ (éthylène glycol, 25°C)
	52.1 $g.Kg^{-1}$ (acide formique, 25°C)
	100 $g.Kg^{-1}$ (glycérol, 25°C)
	21.5 $g.Kg^{-1}$ (ammoniac liquide, -40°C)
	14.0 $g.Kg^{-1}$ (méthanol, 25°C)
	18.6 $g.Kg^{-1}$ (monoéthanolamine, 25°C)
	Insol, dans l'acide chlorhydrique
<b>Masse volumique</b>	2.163 $g.cm^{-3}$ (20°C)
	2.17 $g.cm^{-3}$ (25°C)
	1.549 $g.cm^{-3}$ (liquide, 805 °C)
<b>Viscosité dynamique</b>	1.93 mPa.s (solution aqueuse saturée)

#### II.1.1.5. Hydroxyde de sodium [34]

L'hydroxyde de sodium pur est appelé soude caustique, dans les conditions normales, c'est la forme solide cristalline. C'est un corps chimique minéral composé de formule chimique NaOH, qui est à température ambiante un solide ionique. Il est fusible vers 318 °C, il se présente généralement sous forme de pastilles, de paillettes ou de billes blanches ou d'aspect translucide, corrosives. Il est très hygroscopique, il est d'ailleurs aussi souvent commercialisé sous la forme dissoute dans l'eau. Il y est en effet très soluble et seulement légèrement soluble dans l'éthanol.

Ce produit, matière importante de l'industrie chimique, capitale pour le contrôle d'un milieu alcalin ou la régulation d'acidité dans un procédé, est aussi courant dans le commerce, sous forme de paillette ou de solution ; il est vendu par exemple comme déboucheur de canalisations, produit de nettoyage ou agent de neutralisation (d'acides).



*Figure II.3 : Hydroxyde de sodium.*

*Tableau II.8 : Les propriétés chimiques d'hydroxyde de sodium [34].*

Propriétés chimiques	
<b>Formule brute</b>	NaOH
<b>Masse molaire</b>	$39.9971 \pm 0.0004 \text{ g / mol}$ $H2.52\%, Na57.48\%, O40\%$
<b>PKa</b>	Base forte

*Tableau II.9 : Les propriétés physiques de l'Hydroxyde de sodium [35].*

Propriétés physiques	
<b>T° fusion</b>	318°C
<b>T° ébullition</b>	1390°C
<b>Solubilité</b>	Dans l'eau à 20°C $1090 \text{ g.l}^{-1}$
<b>Masse volumique</b>	$2.1 \text{ g.cm}^{-3}$
<b>Pression de vapeur saturante</b>	0.13kPa à 739°C 2.67kPa à 953°C 13.3kPa à 1111°C 53.3kPa à 1286°C

### II.1.2. Techniques et appareillage utilisés



*Figure II.4 : Spectroscopie électronique UV- visible PerkinElmer(UV/VIS spectrometer Lambda25).*



*Figure II.5 : Centrifugation.*



*Figure II.6 : Une balance électronique.*



*Figure II.7 : Montage de l'extraction liquide-liquide.*

### II.1.3. Préparation de solution

- Préparation de solution de 400 ppm de chlorure de nickel ( $NiCl_2 \cdot 6H_2O$ )

Calcul de la masse nécessaire de chlorure de nickel	Calcul de la masse de NaCl
$1000 \text{ ppm} \rightarrow 1 \text{ g / l}$ $400 \text{ ppm} \rightarrow X_m$ } $\rightarrow X_m = \frac{400 * 1}{1000} = 0.4 \text{ g / l}$ $M_{NiCl_2 \cdot 6H_2O} \rightarrow M_{Ni}$ $237.69 \text{ g} \rightarrow 58.76 \text{ g}$ $X = \frac{237.69 * 0.4}{58.76} = 1.618 \text{ g / l}$ $1.61 \text{ g} \rightarrow 1000 \text{ ml}$ } $m_{NiCl_2 \cdot 6H_2O} \rightarrow 500 \text{ ml}$ } $m_{NiCl_2 \cdot 6H_2O} = 0.809 \text{ g / 500 ml}$	$C=1 \text{ M (mol/l), V=0.5l, M(NaCl)=58.44g/l}$ $\mu = \frac{1}{2} \sum C_i Z_i^2 = 1 \text{ M}$ $m = C * V * M$ $= 1 * 0.5 * 58.44 = 29.22 \text{ g}$

- La préparation de solution aqueuse

Dans une fiole de 500ml en ajoute 0.809 g de  $NiCl_2 \cdot 6H_2O$  avec 29.22 g de NaCl et remplir jusqu'à la ligne de jugé.

- La préparation de solution organique

$$m = C * V * M$$

$$V=0.1 \text{ l}, M(C_{10}H_{20}O)=172.27 \text{ g/mol}$$

$$C=(0.02 ; 0.04 ; 0.08) \text{ (mol/l)}$$

$$m_1 = 0.1 * 172.27 * 0.02 = 0.34 \text{ g}$$

$$m_2 = 0.1 * 172.27 * 0.04 = 0.68 \text{ g}$$

$$m_3 = 0.1 * 172.27 * 0.08 = 1.36 \text{ g}$$

C(mol.l <sup>-1</sup> )	0.02	0.04	0.08
m(g)	0.34	0.68	1.36

• **Préparation de solution de (NaOH+NaCL)**

NaOH	NaCL
$m = C * V * M$	M=58.44g/mol, C=1M, V=250ml
C=0.2mol/l	$m = C * V * M = 1 * 0.25 * 58.44 = 14.61g$
V=0.25l=250ml	
M=40g/mol	
m=2g	

**II.1.4. Extraction et procédure analytique**

Dans une bucher de 200ml à T=25°C, 40ml de solution aqueuse contenant 400ppm du Nickel (II) de force ionique  $\mu = 1$  sont agités avec 40 ml de solution organique contenant 0.02, 0.04, 0.08M d'acide caprique soluble a différents solvants suivants : chloroforme, toluène et octan1-ol.

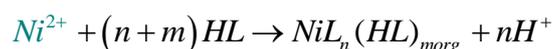
L'agitation des deux phases est assurée par un agitateur magnétique .la variation de pH de la phase aqueuse est ajustée par l'ajoute d'une 2 à 3 goutte de soude

Après 20 min l'équilibre d'extraction étant largement atteint on fait prélèvement de la phase aqueuse pour le dosage et la détermination du coefficient de distribution du nickel(II) au pH considéré.

Après l'extraction 10min décantation et on mesurer l'adsorption  $\lambda_m = 720 \text{ nm}$

**II.2. Résultats et discussion**

L'étude de l'extraction du nickel (II) ( $Ni^{2+}$ ) à partir d'un milieu chlorure par l'acide caprique dans les solvants polaire est décrit par l'équilibre suivant :



Pour une constante :

$$K_{ex} = \frac{[NiL_n(HL)_m]_{org} [H^+]^n}{[Ni^{2+}] [(HL)]_{org}^{n+m}}$$

Le coefficient de distribution du métal est défini par :

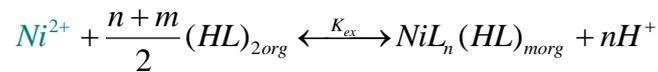
$$D = \frac{[NiL_n(HL)_m]_{org}}{[Ni^{2+}]_{aqu}}$$

Où

$$\begin{aligned} \log D &= \log K_{ex} + (n + m) \log [HL]_{org} + npH \\ \log K_{ex} &= \log D - npH - 2 \log [HL] \end{aligned}$$

Pour déterminer le coefficient stœchiométrique du complexe organométallique extrait dans la phase organique, nous avons utilisés la méthode des pentes qui consiste à tracer le logarithme du coefficient de distribution du métal en fonction du pH de la phase aqueuse et nous permettrons de déduire la stœchiométrie de l'espèce extraite.

Pour l'extraction de la même espèce métallique  $Ni^{2+}$  par extractant  $HL_{org}$  dans les solvants non polaires est décrite par l'équilibre suivant :



La constante d'équilibre d'extraction  $K_{ex}$  a pour expression

$$K_{ex} = \frac{[NiL_n(HL)_m]_{org} [H^+]_n}{[Ni^{2+}] [(HL)_{2org}]}$$

Le coefficient de distribution du métal est défini par :

$$D = \frac{[NiL_n(HL)_m]_{org}}{[Ni^{2+}]_{aqu}}$$

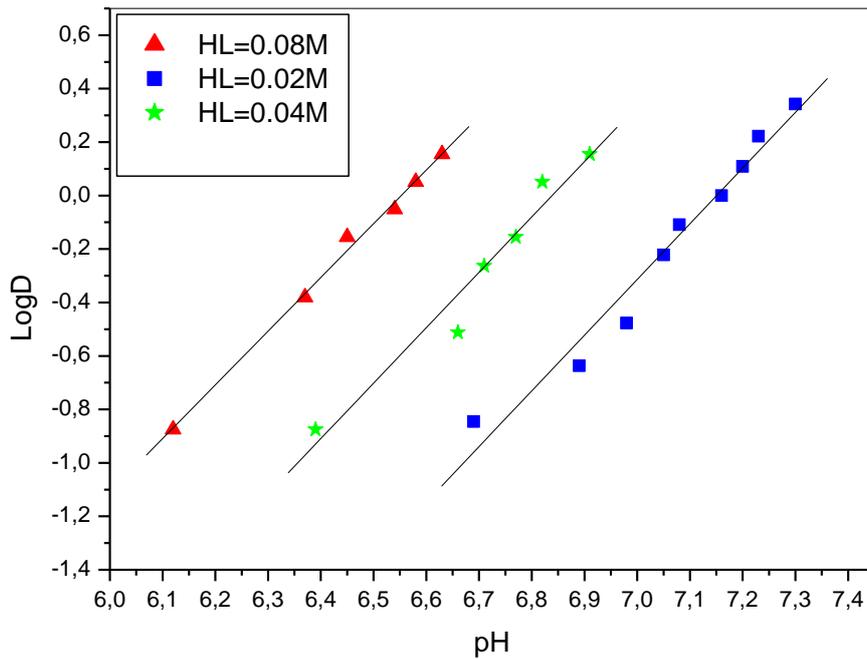
D'où l'expression logarithmique du coefficient de distribution est :

$$\begin{aligned} \log D &= \log \frac{[NiL_n(HL)_m]_{org}}{[Ni^{2+}]_{aqu}} = \log K_{ex} + \frac{n+m}{2} \log [(HL)_2]_{org} + npH \\ \log K_{ex} &= \log D - npH - \frac{n+m}{2} \log [(HL)_2]_{org} \end{aligned}$$

## II.2.1. Extraction du nickel (II) par l'acide caprique dans le chloroforme

### II.2.1.1. Effet de pH

L'étude de l'influence de pH sur l'extraction de nickel (II) par l'acide caprique dans le chloroforme en milieu chlorure de force ionique  $\mu = 1$ , a été réalisée par l'établissement du  $\log D = f(pH)$  à 25 °C, pour diverse concentration de l'extractant figure II.8.



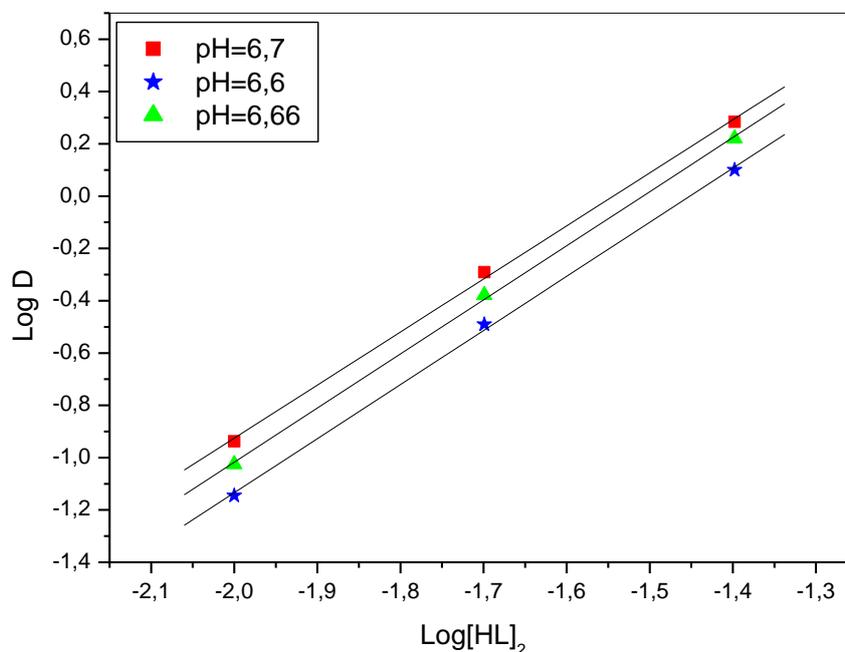
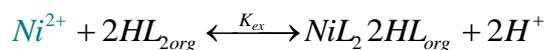
**Figure II.8 :** Effet de pH sur l'extraction de nickel (II) en milieu chlorure par l'acide caprique dans chloroforme  $T=25^{\circ}\text{C}$ .

### II.2.1.2. Effet de concentration de l'extractant

Sur la figure II.9 nous représentons les variations de  $\log D$  en fonction de  $\log [(HL)_2]_{org}$  différents pH (pH=6,70 ; pH=6,60 et pH=6,67) de l'extraction du nickel (II) en milieu chlorure de force ionique unitaire par l'acide caprique dans le chloroforme.

La courbe obtenue figure II.9 s'avèrent des droites de pente  $\frac{n+m}{2} \approx 2; m = 2$

Ce qui confirme la participation de deux molécules dimères d'extraction dans la formation de l'espèce métallique extraite, conformément à l'équilibre :

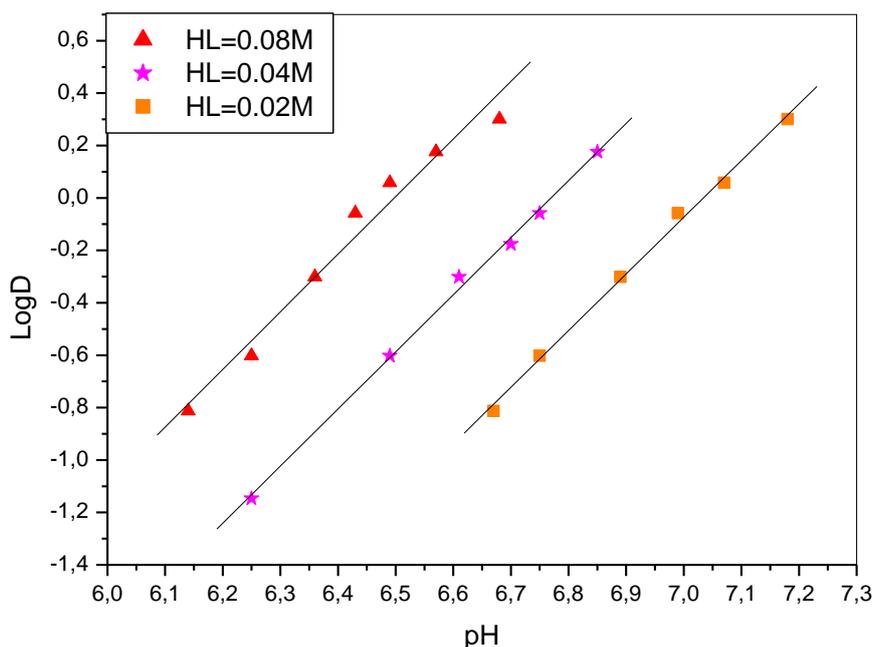


**Figure II.9 :** Effet de concentration sur l'extraction de nickel (II) par l'acide caprique en milieu chlorure  $\mu = 1$  dans chloroforme à pH constant.

## II.2.2. Extraction du nickel (II) par l'acide caprique dans le toluène

### II.2.2.1. Effet du pH

L'étude de l'influence de pH sur l'extraction de nickel (II) par l'acide caprique dans le toluène en milieu chlorure en force ionique  $\mu = 1$  a été réalisée par l'établissement du  $\log D = f(pH)$  à 25 °C, pour diverse concentration de l'extractant figure II.10.



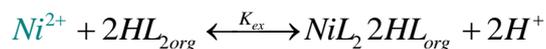
**Figure II.10** : Effet de pH sur l'extraction de nickel (II) en milieu chlorure par l'acide caprique dans toluène  $T=25^{\circ}\text{C}$ .

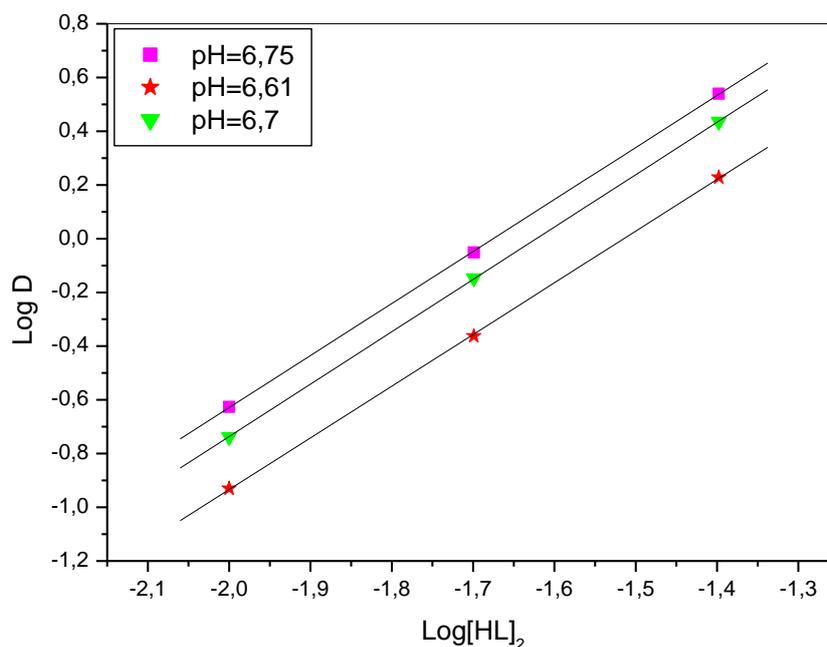
### II.2.2.2. Effet de concentration de l'extractant

Sur la figure II.11 nous représentons les variations de  $\log D$  en fonction de  $\log [(HL)_2]_{org}$  à différents ( $\text{pH}=6.75$  ;  $\text{pH}=6.61$ ,  $\text{pH}=6.70$ ) de l'extraction du nickel (II) en milieu chlorure de force ionique unitaire par l'acide caprique dans le toluène.

La courbe obtenue figure II.11 s'avèrent des droites de pente  $\frac{n+m}{2} \approx 2; m=2$

Ce qui confirme la participation de deux molécules dimères d'extraction dans la formation de l'espèce métallique extraite, conformément à l'équilibre :



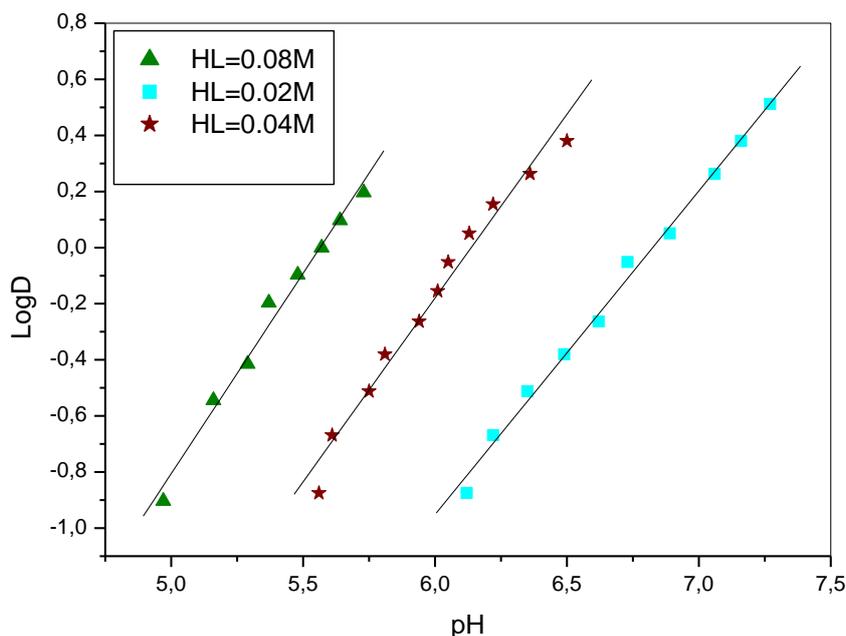


*Figure II.11 : Effet de concentration sur l'extraction de nickel (II) par l'acide caprique en milieu chlorure  $\mu = 1$  dans toluène à pH constant.*

### II.2.3. Extraction du nickel (II) par l'acide caprique dans l'octan-1-ol

#### II.2.3.1. Effet de pH

L'étude de l'influence de pH sur l'extraction de nickel (II) par l'acide caprique dans l'octan-1-ol en milieu chlorure de force ionique  $\mu = 1$ , a été réalisée par l'établissement du  $\log D = f(pH)$  à 25 °C, pour diverse concentration de l'extractant figure II .12



*Figure II.12 : Effet de pH sur l'extraction de nickel (II) en milieu chlorure par l'acide caprique dans octan-1-ol à T=25°C.*

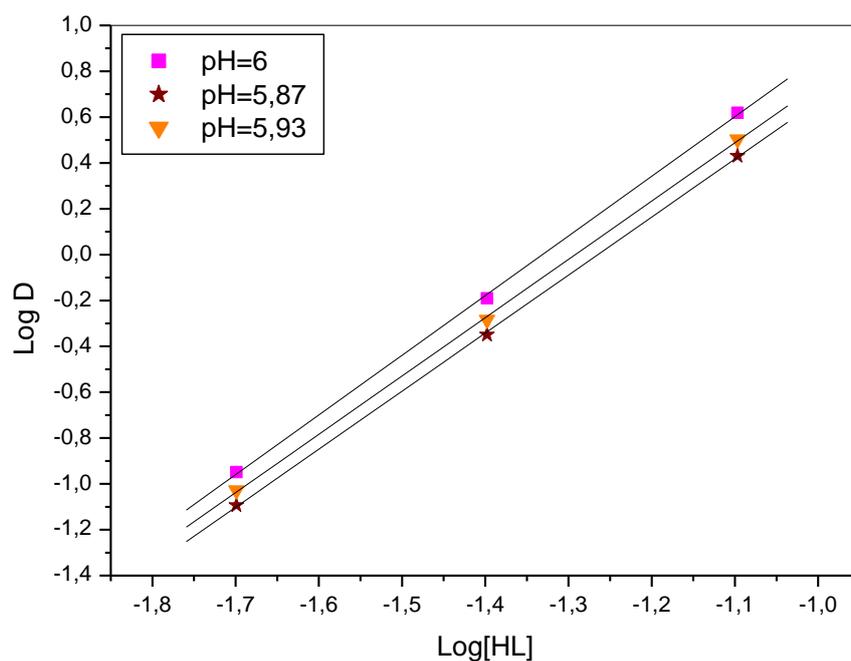
### II.2.3.2. Effet de concentration de l'extractant

Sur la figure II.13 nous représentons les variations de  $\log D$  en fonction de  $\log [(HL)_2]_{org}$  à différentes valeurs de pH (pH=6.0 ; pH=5.87 et pH=5.93) de l'extraction du nickel (II) en milieu chlorure de force ionique unitaire par l'acide caprique dans l'octan-1-ol.

Les courbes obtenues figure II .13 s'avèrent des droites de pente  $n + m \approx 2$  ; donc :  $m = 0$

Ce qui confirme la participation de deux molécules monomères d'extraction dans la formation de l'espèce métallique extraite, conformément à l'équilibre :





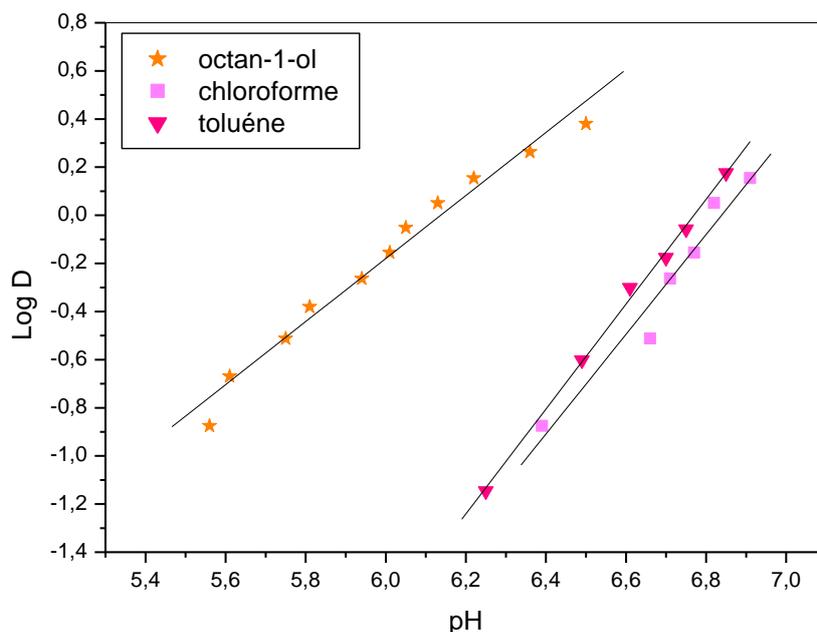
**Figure II.13 :** Effet de concentration sur l'extraction de nickel (II) par l'acide caprique en milieu chlorure  $\mu = 1$  dans l'octan-1-ol à pH constant.

#### II.2.4. Effet du diluant

L'effet du solvant sur l'extraction du nickel (II) par l'acide caprique (HL) est étudié en utilisant : le chloroforme, toluène et l'octan-1-ol.

**Tableau II .10 :** Les valeurs logarithmique des constantes d'extraction ( $\log K_{ex}$ ) obtenues dans les différents solvants.

Diluant	Chloroforme	Toluène	Octan-1-ol
$\log K_{ex}$	-10.304	-10.159	-9.343



**Figure II.14:** Effet du diluant sur l'extraction de nickel (II) par l'acide caprique en milieu chlorure à concentration de l'extractant  $C=0.04 M$ .

Dans le cas du 1-octanol, on remarque que l'extraction du nickel (II) est meilleure, malgré l'existence d'une interaction entre l'extractant et le diluant. L'amélioration de l'extraction du nickel (II) dans le 1-octanol s'explique aussi par la structure des complexes extraits qui change en fonction de la nature de diluant polaire et non polaire utilisé.

L'exaltation de l'extraction du nickel (II) dans ce cas est probablement due d'une part à la présence seulement de la forme monomère des molécules de l'extractant dans la phase organique qui favorise l'extraction des complexes extraits du nickel (II) du type  $NiL_2$  et l'absence partial des interactions entre les molécules de l'acide caprique et le diluant et d'autre part à l'entraînement des molécules d'eau qui accompagnent le complexe extrait dans la phase organique.

Pour les autres solvants, comme le chloroforme et le toluène on observe que les extractions du nickel (II) sont les plus faibles. Ceci est probablement dû aux interactions plus fortes entre l'extractant et les diluants dans la phase organique, ce qui diminue l'activité des molécules de l'acide caprique.

### II.2.5. Caractérisation du complexe

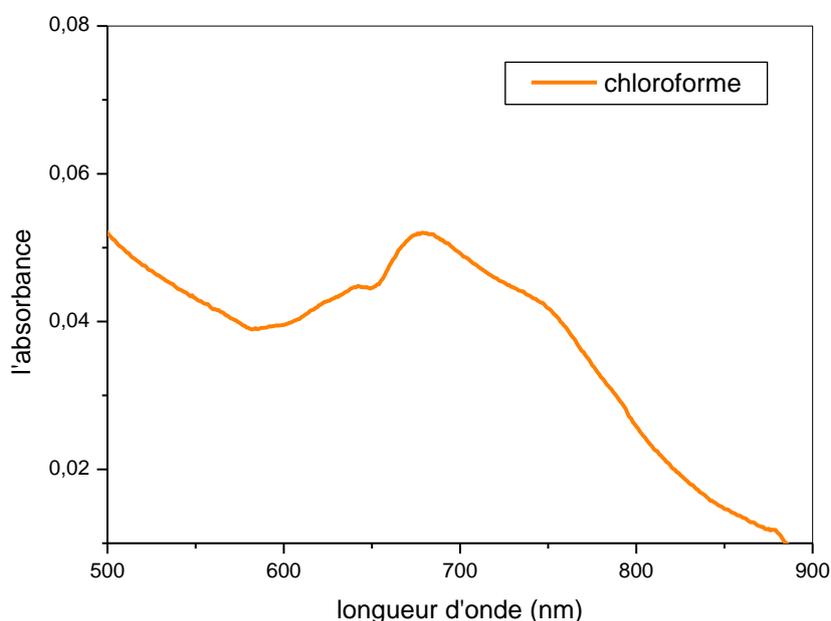
- Spectre UV- visible

Les spectres électroniques de la phase organique du complexe de nickel (II) ont été réalisés dans le chloroforme [36], le toluène et octan -1-ol comme des solvants non polaires et polaires lors de l'opération d'extraction du nickel (II).

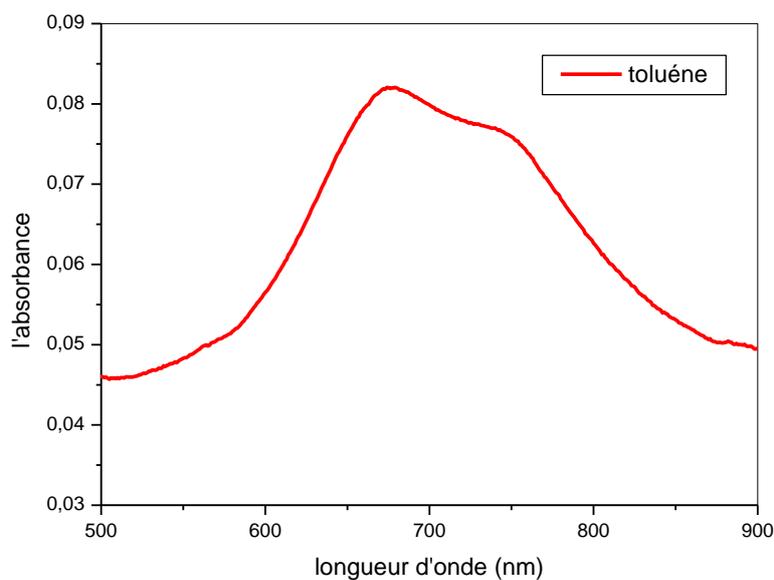
L'absorbance maximale des spectres suggère la structure du complexe de métal dans la phase organique.

Les spectres du nickel (II) par acide caprique dans (solvant non polaire et polaire) obtenus sont représentés dans les figures II.15 ; II.16 et II.17 indiquent qu'il s'agit des complexes de nickel(II) de géométrie octaédrique.

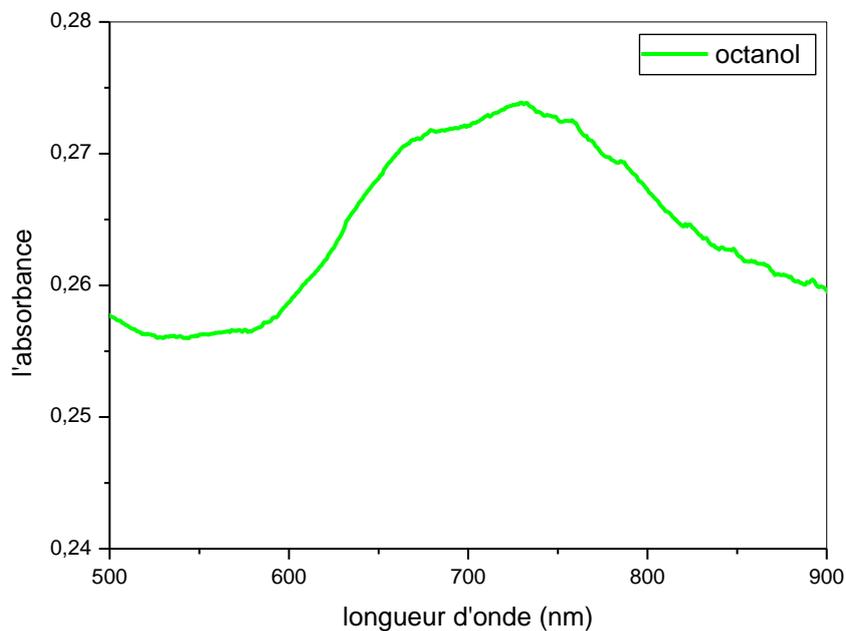
Les spectres obtenus dans notre travail sont analogues avec ceux publiés par A.Gherdouch et D.Barkat [37], montrant l'existence de la géométrie octaédrique pour les complexes du cuivre (II) avec l'acide dodécanoïque comme extractant.



**Figure II.15 :** Spectre électronique visible de la phase organique lors de l'extraction du Ni(II) par l'acide caprique (0.04M) en milieu chlorure dans le chloroforme.



**Figure II.16 :** Spectre électronique visible de la phase organique lors de l'extraction du Ni(II) par l'acide caprique (0.04M) en milieu chlorure dans le toluène.



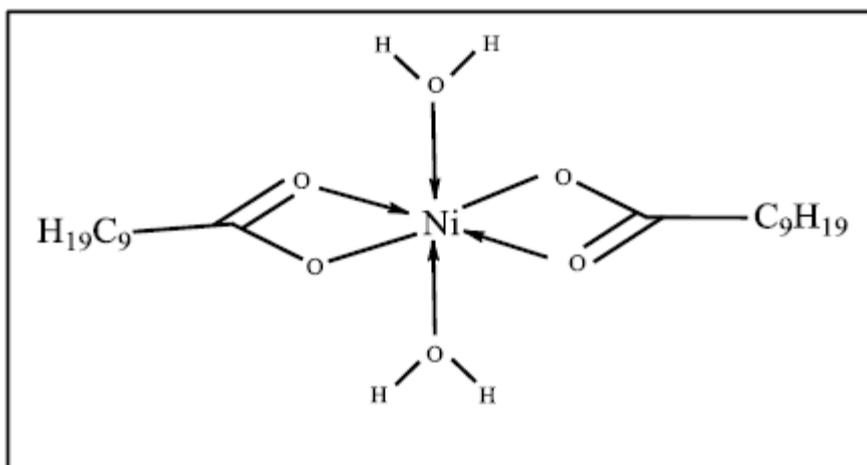
**Figure II.17 :** Spectre électronique visible de la phase organique lors de l'extraction du Ni(II) par l'acide caprique (0.04M) en milieu chlorure dans l'octan-1-ol.

Le tableau suivant présente les longueurs d'ondes d'absorption maximales des complexes du nickel (II) dans les diluants non polaires et polaires.

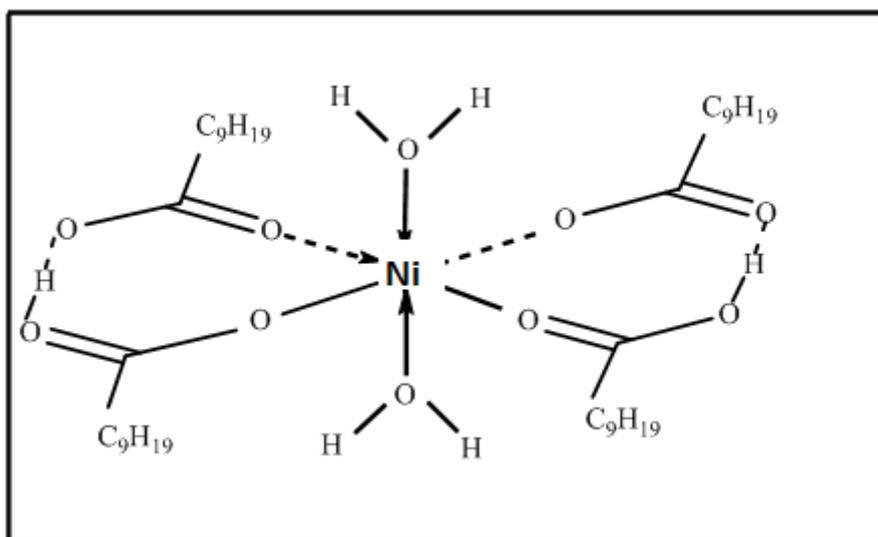
**Tableau II .11** : Les longueurs d'ondes maximales des complexes du nickel (II).

Les solvants	La longueur d'onde maximale (nm)	L'absorbance maximale
Chloroforme	687.75	0.051
Toluène	683.34	0.082
Octan-1-ol	727.27	0.27

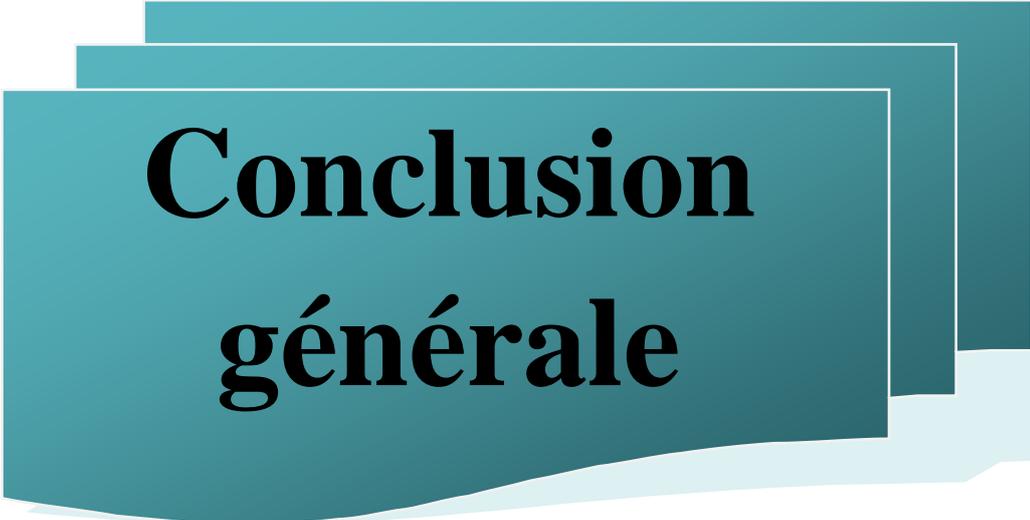
Nous proposons sur les figures suivantes les structures possibles des espèces extraites.



**Figure II.18** : Structure du complexe  $NiL_2$ .



**Figure II.19** : Structure possible du complexe  $NiL_2(HL)_2$ .



# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

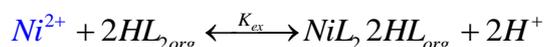
L'extraction du nickel (II) en milieu chlorure par l'acide caprique a été étudiée en fonction des paramètres suivantes :

- pH: l'efficacité de l'extraction augmente avec l'augmentation du pH.
- Concentration de l'acide caprique : l'efficacité de l'extraction augmente avec la concentration de l'acide caprique.
- Nature du diluant : l'extraction du nickel(II) a diminué suivant l'ordre :  
Octan-1-ol > toluène > chloroforme.

La stœchiométrie des complexes extraits a été déterminée par la méthode des pentes.

Les complexes organométalliques extraits dans la phase organique sont du type  $NiL_2 2HL$  et  $NiL_2$  dans les solvants non polaires et polaires respectivement.

Les équilibres de l'extraction du nickel (II) dans les solvants non polaires (chloroforme, toluène) peuvent être décrits comme suit :



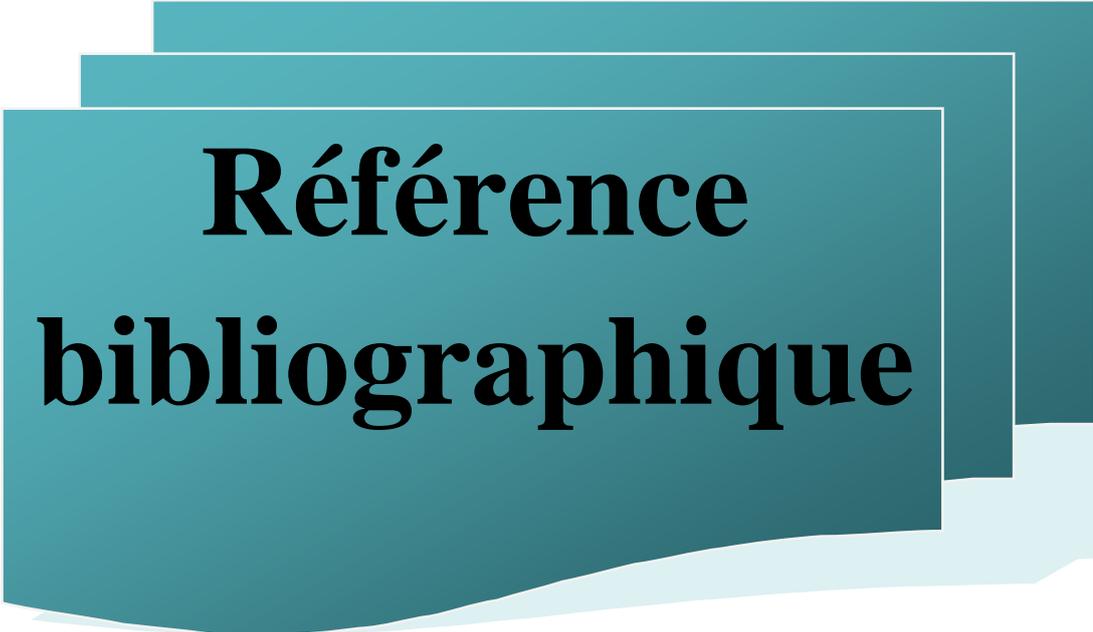
L'équilibre de l'extraction dans l'octan-1-ol peut être écrit :



Les constantes d'extraction du nickel (II) pour chaque diluant ont été calculées.

La géométrie des complexes extraits dépend de la nature du diluant utilisé. L'étude de l'effet du diluant (à  $[HL]=0.04$  M) sur la géométrie des complexes extraits par la spectroscopie **UV-visible** donne le résultat suivant :

- Le spectre UV –visble du complexe nickel caprate dans le solvant polaire et non polaire résulte la géométrie octaédrique.



# **Référence bibliographique**

## Références bibliographiques

- [1] **A. slimani ; d. barkat**, J fundam appl sci. 2017, 9(1), 23-35, issn 1112-9867, étude de l'extraction de cobalt (ii) à partir de milieu sulphate par l'acide capric dans le chloroform 2017.
- [2] **Houria benalia & djamel barkat** :études sur l'extraction des solvants de cobalt (ii) par l'acide caprique à partir de solution sodium sulphate ; journal of dispersion science and technology, doi: 10.1080/01932691.2016.1230864(2016).
- [3] **A. bartecki, w. apostoluk**, j. inorg. nucl. chem, 40, 109-116, (1978)
- [4] **FATIMA GHEBGHOUB** ; effet du diluant sur l'extraction du cuivre (ii), cobalt(ii) et nickel(ii) par l'acide di-(2-ethylhexyl) phosphorique ; université de biskra ; (2012).
- [5] **SALHI.R** ; Récupération des métaux précieux des effluents industriels solides ; Université de Constantine ;(2004).
- [6] **Daniel MORVAN** ; les opérations unitaires, génie chimique, procédés industriels, cours et exercices corrigés ; ellipses ;(2009).
- [7] **Hamdi, A. H., Speriosu, V. S., Nicolet, M. A., Tandon, J. L., & Yeh, Y. C. M.** Analyses of metalorganic chemical-vapor-deposition-grown  $Al_x Ga_{1-x} As / GaAs$  strained superlattice structures by backscattering spectrometry and x-ray rocking curves, (1985).
- [8] **D.S Flett, D.R. Spink**; Solvent extraction of non-ferrous metals; Hydrométallurgies, (1974).
- [9] **W. W. Schulz, J. D. Navratil**, Ed; Bifunctional organophosphorus liquid-liquid extraction reagents: development and applications, CRC Press, Vol. 1, P. 3, Florida, USA, (1984).

## Références bibliographiques

---

- [10] **MUSTAPHA SAOUD** ; modélisation de l'extraction du cuivre et du cobalt en milieu chlorure par le chlorure de tri-iso-octylammonium ; l'université de science flandres-artois ; (1989).
- [11] **D. Barkat**, Thèse Doctorat d'état, U.S.T.M.B, Oran, Algérie, (2001).
- [12] **Habashi, F.** "Principles of extractive metallurgy, 2, Gordon and Breach Science Publishers." New york; (1970).
- [13] **G. M. Ritcey, A.W. Ashbook**, Cobalt-nickel separation by solvent extraction with bis (2, 4, 4 trimethylpentyl) phosphinic acid ; (1984).
- [14] **J. A. Adam, E. Booth and, J. D. H. Strickland**, Anal. The determination of microgram amounts of beryllium using acetyl acetone ; (1952).
- [15] **MME SOUHEILA TOUATI épouse BENMOUNAH** ; étude expérimentale et modélisation de la purification de l'acide sulfurique ; (2012).
- [16] **BENKACEM SAMRA** ; effet du diluant sur l'extraction du cuivre (ii) par la n-salicylidèneaniline ; université de biskra ; (2012).
- [17] **LABED NADJOUA** ; extraction synergique du cuivre (ii) par l'acide di(2-ethylhexyl) phosphorique et la methylisobutylcétone ; université de Biskra ; (2008).
- [18] **HADJ SEYD ABDELKADER**, simulation du rendement et du coefficient de distribution dans une extraction liquide-liquide ; (2007).
- [19] **M. TAUBE, Siekierskis**, General remarks on synergic effects in the extraction of uranium and plutonium compounds ; (1961).
- [20] **M.Chavanne, A.Jullien et G.J.Odermato**; Chimie organique expérimentale, (1991).
- [21] **S.Westholler**; Chimie analytique, D. Boeck University, (1999).
- [22] **M AZEDDINE BOURAQADI IDRISSE** ; extraction par solvant : étude et modélisation du système tributylphosphate – acides monocarboxyliques ; (2006).

- [23] **MLLE. BENFETTOUMA ZEYNEB** ;synthese et caracterisation de bases de schiff tetradentes. etude de leurs proprietes extractantes vis-a-vis du nickel(ii) ; (2015).
- [24] **Wells, A. F.** Structural Inorganic Chemistry, Oxford, (2012).
- [25] **Tien-Yau Luh, Yu-Tsai Hsieh**; Nickel(II) Chloride" in Encyclopedia of Reagents for Organic Synthesis (L. A. Paquette, Ed.) 2001 **J. Wiley & Sons**, New York, (2001).
- [26] **Abu T. Khan, Mohan Lal ,Prasanta Ray Bagdi, R. Sidick Basha, Parameswaran Saravanan ,Sanjukta Patra** ; Synthesis of tetra-substituted pyrroles, a potential phosphodiesterase 4B inhibitor, through nickel(II) chloride hexahydrate catalyzed one-pot four-component reaction ; (2012).
- [27] **ME Wieser, M Berglund** - Pure and Applied Chemistry; Atomic weights of the elements; (2007).
- [28] **RE Whan**; Metals handbook, vol 10: materials characterization, ASM international, (1986).
- [29] **John McMurry**, organic chemistry 7th edition. thompsco brooks/cole, (2008).
- [30] **RM Atlas** Handbook of microbiological media, Hazardous Substances Data Bank,(2010).
- [31] **R. Lide**, Handbook of chemistry and physics, CRC, 89<sup>e</sup> éd, (2008).
- [32] **David R. Lide**, CRC Handbook of Chemistry and Physics, CRC Press, 90<sup>e</sup> éd, (2009).
- [33] **RH Perry, DW Green**; chemical engineer's Handbook, (1999).
- [34] **DJELLOULI DELLA SIHAM** ; extraction et separation des acides lactique et tartrique par solvants-diluants ; universite de chlef ; (2009).
- [35] **M. Avila, L.Reguera , J.Rodriguez-Hernandez , J.Balmaseda , E.Reguera** , Porous framework of  $T_2[Fe(CN)_6] \cdot xH_2O$  with T=Co, Ni, Cu, Zn, and H<sub>2</sub> storage ;

## Références bibliographiques

---

Journal of Solid State Chemistry volume 181; (2008).

[36] **A.gherdouh,D.Barkat** ,effect solvent from extraction Cu(II) with lauric acid from mrdium nitrate,j.thermodynamic and catalytic 2015.

[37] **Rehali H, BarkatD**, Extractible Synthesis and Characterization of Cu (II) Complex with Capric Acid,journal nanomedecine and nanotechnology ,6:6 ,2015

### Avec l'aide des sites :

- <ftp://mrw.wallonie.be/dfrh/dfc/Syllabus/Accession/NIV2+/Chimie/Etapes%20pr%C3%A9paratoires/01%20Extraction%20liq%20liq.pdf>
- [https://www.mlm26.eu/IMG/pdf/extraction\\_liquide-liquide.pdf](https://www.mlm26.eu/IMG/pdf/extraction_liquide-liquide.pdf)
- <http://www.zysman-colman.com/courses/chm302/Extraction.pdf>

### Résumé :

Ce travail porte sur l'étude de l'extraction liquide-liquide du nickel (II) en milieu chlorure par l'acide caprique dans différents solvants polaires et non polaires à température  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ . la stœchiométrie du complexe extrait a été déterminés par la méthode des pentes.

Les complexes organométalliques extraits dans la phase organique sont du type  $NiL_2$  dans l'octan-1-ol et le complexe extrait à pour stœchiométrie  $NiL_2(HL)_2$  dans toluène et le chloroforme.

Les constantes d'extraction ont été calculées et suivant la nature du diluant, l'extraction du nickel (II) par l'acide caprique a diminué dans l'ordre :

Octan-1-ol > toluène > chloroforme

Etude spectrale par UV-visibles de complexe du nickel a différents solvants qui confirme la géométrie octaédrique.

**Mots clés :** acide caprique, nickel (II), solvant polaire, solvant non polaire, UV –visible

### Abstract:

This work focuses on the study of liquid-liquid extraction of nickel (II) in chloride media with capric acid in different polar and non-polar solvents at  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ .

The stoichiometry of the extracted complex has been determined by the slopes method.

The organometallic complexes extracted in the organic phase are the type  $NiL_2$  in octan-1-ol and the complex samples extracted into the stoichiometry for  $NiL_2(HL)_2$  in toluene and chloroform.

Extraction constants have been calculated according to the nature of diluent, extraction of nickel (II) of capric acid decreased in the order:

Octan-1-ol > toluene > chloroform

Spectral study by UV-visible from the nickel complex has different solvents which confirm the octahedral geometry.

**Keywords:** capric acid, nickel (II), polar solvent, non-polar solvent, UV-visible