

Extraction liquide-liquide du cobalt(II) par la N-(2-hydroxybenzylidene) aniline

Extraction liquide-liquide du cobalt(II) par la N-(2-hydroxybenzylidene) aniline

Amel Aidi , Djamel Barkat

Faculté des Sciences et de la technologie, Laboratoire de chimie moléculaire et environnement, Département de Chimie Industrielle, Université de Biskra, BP 145, Biskra, Algérie.

Received 13 October 2015

Published online: 9 June 2018

Keywords

Liquid-liquid extraction

Cobalt(II)

N-(2-hydroxybenzylidene)aniline

Solvent

Abstract: The liquid-liquid extraction of cobalt(II) from sulfate medium with N-(2-hydroxybenzylidene)aniline is studied with the following parameters: pH, concentration of the extractant and the nature of diluent. The solvent extraction of cobalt(II) in different diluents leads to third phase formation. The stoichiometry coefficients of the extracted complexes are determined by the slope analysis method. The extraction constants are evaluated for the different diluents. The extraction is better in the following order: cyclohexane > toluene > chloroform.

© 2018 The authors. Published by the Faculty of Sciences & Technology, University of Biskra. This is an open access article under the CC BY license.

Résumé : Ce travail porte sur l'étude de l'extraction du cobalt(II) en milieu sulfate par N-(2-hydroxybenzylidene) aniline dans différents solvants à 25°C, et cela afin de déterminer les meilleurs paramètres d'extraction pour ce métal. L'extraction liquide-liquide du cobalt(II) par la N-(2-hydroxybenzylidene) aniline a été étudiée en fonction du pH, de la concentration de l'extractant et de diluant. L'étude de l'effet du pH sur l'extraction du cobalt(II) par la N-(2-hydroxybenzylidene) aniline a mené à la formation d'une troisième phase dans les différents solvants étudiés. Les stœchiométries des complexes organométalliques extraits ont été déterminées par la méthode bi-logarithmique des pentes. Les complexes organométalliques extraits dans la phase organique sont du type CoL_2 dans le cyclohexane et CoL_2HL dans le chloroforme. Dans le toluène deux types des complexes extraits qui ont pour stœchiométries CoL_2 avec CoL_2HL . Les spectres électroniques de ces complexes montrent qu'ils possèdent une géométrie octaédrique et tétraédrique. Les valeurs des constantes d'extraction du cobalt(II) dans les différents solvants ont été déterminées et suivent l'ordre décroissant suivant: cyclohexane > toluène > chloroforme.

Mots clés : Extraction liquide-liquide; Cobalt(II) ; N-(2-hydroxybenzylidene) aniline; Stœchiométrie; Complexe; Effet de diluant.

1. Introduction

L'extraction liquide-liquide est une technique de séparation qui demeure la plus fortement utilisée, recouvrant ainsi un champ d'applications industrielles et analytiques très importants telles que; le nucléaire (purification de l'uranium), la pétrochimie (séparation d'hydrocarbures aromatiques et aliphatiques), ou encore à la détoxification des effluents industriels pollués pour la protection de l'environnement (recyclage de métaux tels que le chrome à partir de déchets) (Mourgues et al. 1970; Treybal 1963; Shigeki et al 1996).

Elle permet de séparer une grande variété de solutés (métaux, acides, molécules organiques telles que le phénol ou les colorants) à partir de solutions aqueuses (effluents industriels,..). Elle repose sur la différence de solubilité du soluté entre deux phases non totalement miscibles, l'une aqueuse et l'autre organique. Celle-ci est généralement constituée d'un extractant approprié assurant le rôle chimique dans le processus d'extraction mélangé avec un diluant inerte, généralement un hydrocarbure aliphatique saturé. Dans l'industrie, l'extraction liquide-liquide concurrence les autres procédés, tel que la

distillation, la cristallisation, l'adsorption...etc. (Cote 1998; Coulson et al 2002; Cimerman et al 1997).

Tout au long du développement de cette technique, différents types d'extractants organiques ont été utilisés. Il s'agit généralement de composés organiques dotés d'un fort pouvoir de coordination vis-à-vis des ions métalliques.

Les hydroxy bases de Schiff ont été utilisés comme extractants dans les procédés d'extraction liquide-liquide pour la séparation et la purification d'un certains nombres des métaux, grâce à leurs bonnes propriétés physico-chimiques (Aggett et al 1981; Panda et al. 1985; Kameche et Barkat 2007). Almi (2017) a étudié l'extraction synergiques du cuivre(II), cobalt(II) et du nickel(II) par la salicylidène ortho, méta et para-toluidine. Elle a montré que les stœchiométries des complexes extraits dans la phase organique en absence de l'agent synergique sont de type CuL_2 et $CuL_2(HL)$, NiL_2 , CoL_2 et $CoL_2(HL)$ dans le chloroforme. L'efficacité de l'extraction du Cu(II) est meilleure que celle du Co(II) et Ni(II). Guerdouh et Barkat (2017) sont intéressés à effet du Solvant sur L'extraction Liquide-Liquide du Cuivre(II) et du Chrome(III) par L'acide Laurique et la Salicylidéneaniline. Ces auteures trouvent que Le complexe organométallique du cuivre(II) extrait par la

Corresponding author. E-mail address: aidi.haidi77@gmail.com

salicylidèneaniline est de type CuL_2 dans le cyclohexane, le toluène, le 1-octanol et la méthylisobutylcétone. Dans le dichlorométhane et le chloroforme, deux types de complexes ont été extraits qui ont pour stœchiométries CuL_2 et CuL_2HL . L'efficacité d'extraction du cuivre(II) en milieu nitrate par l'acide laurique et la salicylidèneaniline a diminuée selon l'ordre suivant: Cyclohexane > dichlorométhane > toluène ~ chloroforme > 1-octanol > méthylisobutylcétone.

Dans ce contexte, nous avons entrepris dans ce travail l'étude de l'extraction du cobalt(II) en milieu sulfate par la N-(2-hydroxybenzylidène) aniline (HSA). Le but consiste à déterminer pour ce métal les principaux paramètres d'extraction. La détermination et l'amélioration de ces paramètres se feront par la variation du pH, de la concentration de l'extractant et la variation de la nature du diluant.

L'objectif principal de notre travail, est non seulement d'extraire et séparer le Cobalt(II), mais aussi d'étudier l'influence du type de solvant sur l'extraction et la géométrie des complexes extraits. En plus, de rechercher un meilleur solvant, pour solubiliser et diluer l'extractant. La présente étude a été donc entreprise pour évaluer entièrement la nature de l'interaction avec le solvant pour ce système d'extraction. Plusieurs solvants comme: le cyclohexane, le chloroforme et le toluène, ont été utilisés pour réaliser ce travail.

2. Partie expérimentale

2.1 Techniques et appareillages utilisés

Le dosage du cobalt(II) dans la phase aqueuse a été réalisé à l'aide d'un spectrophotomètre visible PYE UNICAM SP6-350 (PHILIPS). La variation du pH de la phase aqueuse a été suivie à l'aide d'un pH-mètre de type PHS-3E.

2.2 Réactifs et solutions

La solution de cobalt a été préparée à partir de sulfate de cobalt ($CoSO_4 \cdot 7 H_2O$) (Fluka) et sulfate de sodium (Na_2SO_4) (Fluka) utilisé comme milieu ionique.

Les diluants organiques; cyclohexane, toluène et le chloroforme ont été pré équilibrés à l'aide d'une solution aqueuse ne contenant pas le métal.

2.3 Synthèse de N-(2-hydroxybenzylidène) aniline

La condensation de l'aniline sur l'aldéhyde salicylique nous a permis d'élaborer une base de Schiff de type N-(2-hydroxybenzylidène) aniline [salicylidèneaniline HSA], selon le mode opératoire suivant (Barkat 2001) (Figure 1).

Des quantités équimolaires d'aldéhyde salicylique et d'aniline sont dissoutes dans le minimum d'éthanol pur est placées dans un ballon bicol muni, d'un réfrigérant et d'un thermomètre gradué. L'ensemble est maintenu au reflux est sous agitation pendant environ deux heures. Le mélange est ensuite refroidi à température ambiante puis concentré par élimination du solvant à l'aide de l'évaporation. Le produit solide obtenu est alors filtré puis recristallisé dans le minimum d'éthanol pur.

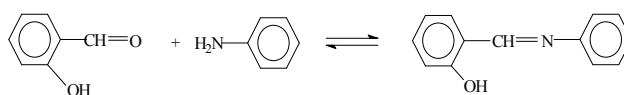


Fig. 1. Synthèse de N-(2-hydroxybenzylidène) aniline.

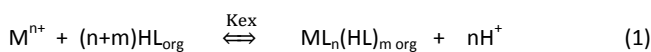
2.4 Procédure analytique de l'extraction

Dans une cellule de verre thermo régulée à 25°C, 30 ml d'une solution aqueuse contenant le cobalt de concentration $6.78 \cdot 10^{-3} M$ agités avec 30 ml de solvant organique contenant 0.01 ; 0.02 et 0.04M de HSA. L'agitation des phases est assurée par un agitateur magnétique de vitesse constante. La variation du pH de la phase aqueuse se fait par ajout de soude 0.1 M de même force ionique dans le système. Au bout de 30 minutes, l'équilibre d'extraction étant largement atteint, on fait des prélèvements de la phase aqueuse pour le dosage et la détermination du coefficient de distribution du métal au pH considéré. La concentration du cobalt dans la phase organique a été calculée à partir de la différence entre les concentrations du métal dans la phase aqueuse avant et après extraction.

3. Discussion des résultats

3.1 Effet du pH et de la concentration de l'extractant sur l'extraction du cobalt(II) par HSA

L'étude de l'extraction d'une espèce métallique M^{n+} à partir d'un milieu sulfate par HSA dans les solvants: cyclohexane, toluène et chloroforme est décrite par l'équilibre général suivant:



Qui a pour constante:

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

Le coefficient de distribution du métal est défini par:

$$D = \frac{[ML_n(HL)_m]_{org}}{[M^{n+}]_{aq}} \quad (3)$$

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

$$\log D = \log K_{ex} + (n+m)\log[HL]_{org} + n\text{pH}$$

Pour déterminer les coefficients stœchiométriques 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 en fonction du logarithme de la concentration de l'extractant. Les pentes des droites obtenues, nous permettrons de déduire la stœchiométrie de l'espèce extraite. Nous avons représenté sur les Figures 2-4 les courbes d'extraction $\log D = f(\text{pH})$ à 25° C du cobalt(II) à partir du milieu sulfate de force ionique = 1, pour diverses concentrations de HSA dans le cyclohexane, le chloroforme et le toluène.

Dans tous les cas, on constate que lorsque la concentration augmente, l'extraction du cobalt(II) augmente. Les courbes obtenues sont des droites de pente voisine de deux, donc $n = 2$.

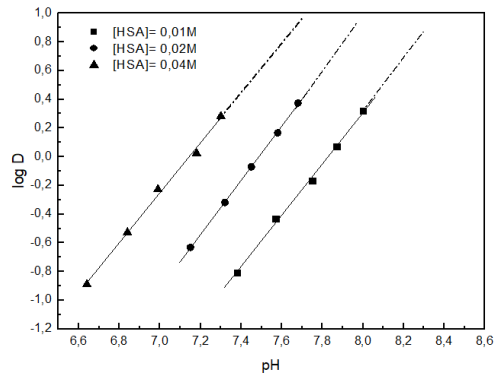


Fig. 2. Influence du pH sur l'extraction du cobalt(II). Phase organique: HSA dans le cyclohexane.

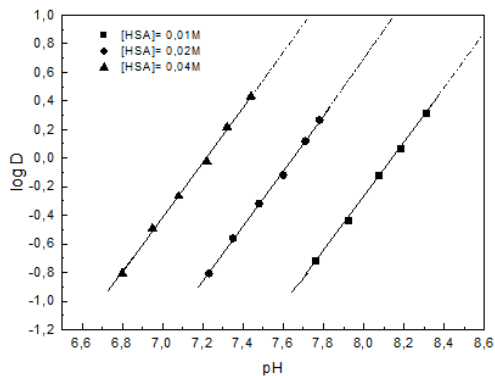


Fig. 3. Influence du pH sur l'extraction du cobalt(II). Phase organique: HSA dans le chloroforme.

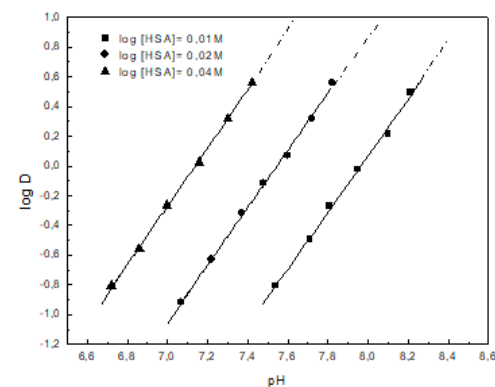


Fig. 4. Influence du pH sur l'extraction du cobalt(II). Phase organique: HSA dans le toluène.

Ceci indique que deux protons sont échangés entre le cation métallique et l'extractant. L'étude de l'effet du pH sur l'extraction liquide-liquide du cobalt(II) a mené à la formation d'une troisième phase lorsque la concentration du Co(II) dépasse $4.58 \cdot 10^{-3}$ M pour le cyclohexane; $5.13 \cdot 10^{-3}$ M pour le toluène et $4.58 \cdot 10^{-3}$ M pour le chloroforme dans la phase organique. L'apparition du phénomène de troisième phase a déjà été évoquée pour le nickel(II), le cobalt(II) (Lakkis et al. 1985) et le cadmium(II) (Barkat 2001) lors de l'extraction par la benzolpyrazolone dans le toluène, lorsque la concentration en métal dans la phase organique dépasse $0.2 \cdot 10^{-3}$ M.

Sur les Figures 5-7, nous représentons les variations de $\log D = f(\log [HL]_{org})$ à différentes valeurs du pH sur l'extraction du cobalt(II) par HSA dans le cyclohexane, le chloroforme et le toluène.

Les courbes obtenues pour le cyclohexane sont des droites de pente voisine de 2 donc $n+m=2$ (c à d $m=0$). Ceci confirme la participation de deux molécules de HSA à la formation de l'espèce organométallique extraite dans la phase organique qui a pour stœchiométrie CoL_2 . Pour le toluène, les courbes obtenues sont des droites de pente de 2.7; ceci confirme la présence d'un mélange de deux types de complexes organométalliques extraits dans la phase organique CoL_2 et $CoL_2 HL$. Dans le cas du chloroforme, les courbes obtenues sont des droites de pente voisine de 3 donc $n+m=3$ (c à d $m=1$). Ceci confirme que trois molécules de HSA participent à la coordination de l'espèce organométallique extraite dans la phase organique qui a pour stœchiométrie $CoL_2 HL$.

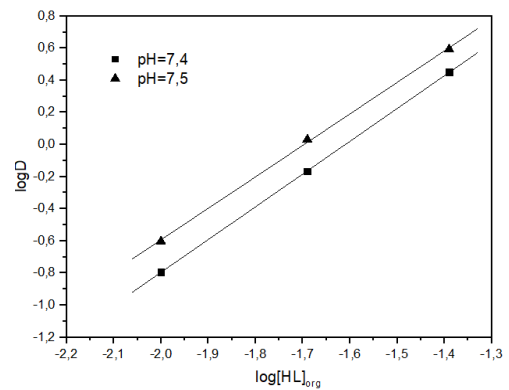


Fig. 5. Influence de la concentration de HSA sur l'extraction du cobalt(II). Phase organique: HSA dans le cyclohexane.

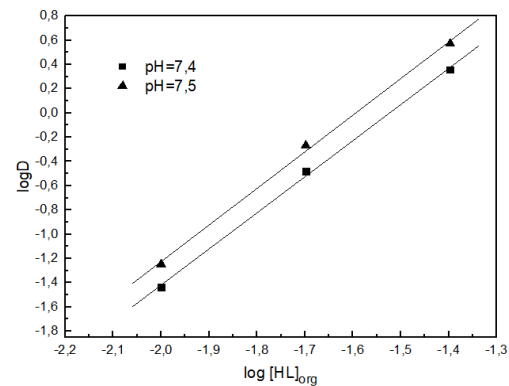


Fig. 6. Influence de la concentration de HSA sur l'extraction du cobalt(II). Phase organique: HSA dans le chloroforme.

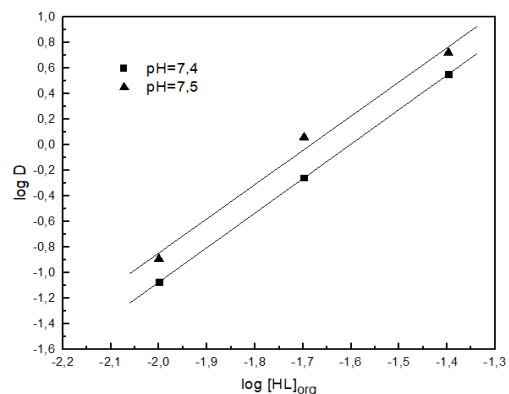
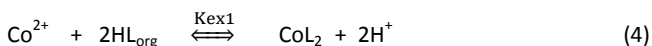


Fig. 7. Influence de la concentration de HSA sur l'extraction du cobalt(II). Phase organique: HSA dans le toluène.

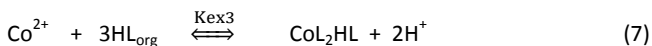
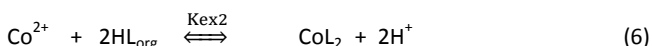
L'équilibre global de l'extraction du cobalt(II) dans le cyclohexane peut être formulé comme suit:



La constante d'équilibre d'extraction $\log K_{\text{ex}1}$ est calculée à partir de la relation suivante:

$$\log K_{\text{ex}1} = \log D - 2 \text{pH} - 2 \log [\text{HL}]_{\text{org}} \quad (5)$$

Les équilibres de l'extraction du cobalt(II) dans le toluène peuvent être formulés comme suit:



Avec:

$$K_{\text{ex}2} = \frac{[\text{CoL}_2][\text{H}^+]^2}{[\text{Co}^{2+}][\text{HL}]^2} \quad (8)$$

$$K_{\text{ex}3} = \frac{[\text{CoL}_2\text{HL}][\text{H}^+]^2}{[\text{Co}^{2+}][\text{HL}]^3} \quad (9)$$

D'où l'expression du coefficient de distribution du métal est défini par:

$$D = \frac{[\text{CoL}_2] + [\text{CoL}_2(\text{HL})]}{[\text{Co}^{2+}]} \quad (10)$$

Pour calculer les constantes d'équilibres d'extraction $\log K_{\text{ex}2}$ et $\log K_{\text{ex}3}$, on utilise les équations 5, 6 et 7 et après simplification, on obtient la relation suivante:

$$\frac{D[\text{H}^+]^2}{[\text{HL}]^2} = K_{\text{ex}2} + K_{\text{ex}3}[\text{HL}] \quad (12)$$

La variation de $D[\text{H}^+]^2 / [\text{HL}]^2$ en fonction de $[\text{HL}]$ donne une droite de pente $K_{\text{ex}3}$, et l'intersection de la droite avec l'axe des $(D[\text{H}^+]^2 / [\text{HL}]^2)$ donne $K_{\text{ex}2}$ (Figure 8).

L'équilibre global de l'extraction du cobalt(II) dans le chloroforme peut être formulé comme suit:



La constante d'équilibre d'extraction $\log K_{\text{ex}4}$ calculée à partir de la relation suivante:

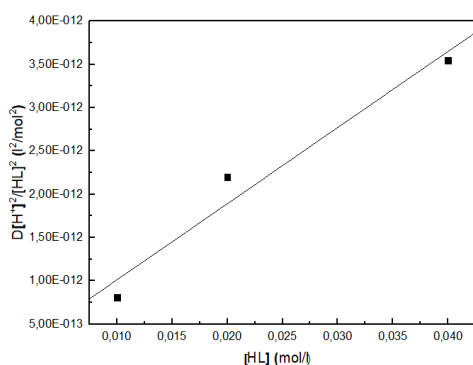


Fig. 8. Effet de la concentration de HSA sur l'équilibre d'extraction du cobalt(II) dans le toluène à 25°C et pH=7.4.

$$\log K_{\text{ex}4} = \log D - 2 \text{pH} - 3 \log [\text{HL}]_{\text{org}} \quad (14)$$

La stœchiométrie finale des espèces organométalliques extraites a été confirmée par la réalisation du spectre électronique de la phase organique lors de l'extraction du cobalt(II) par HSA.

Les spectres électroniques du complexe de cobalt(II) avec le ligand HSA ont été effectués dans le cyclohexane, toluène et le chloroforme (figure 9). Les bandes et les épaulements d'absorptions observées dans ces différents solvants sont toutes analogues et en accord avec un entourage octaédrique et tétraédrique autour du cobalt(II).

Les absorptions observées dans la région 800-900nm correspondent à la transition ${}^4T_{1g}(F) \rightarrow {}^4T_{2g}(F)$ est en faveur d'un entourage octaédrique. Ce même type d'entourage octaédrique a été déjà observé autour du cobalt(II) lors de la complexation de ce métal avec la salicylidene -2-aminobenzimidazole (Mohamed et Abd El-Wahab 2003). Mapari et Mangaonkar (2011) ont observées l'entourage octaédrique lors de l'étude de la structure des complexes extraits du Co(II), Ni(II), Cu(II) et Zn(II) par un mélange de deux ligands de bases de Schiff N-(2-hydroxy-1-naphthylidene)-2,6-diisopropylaniline (HL)¹ et N-(2-hydroxybenzylidene)-2,3-dimethylaniline (HL)².

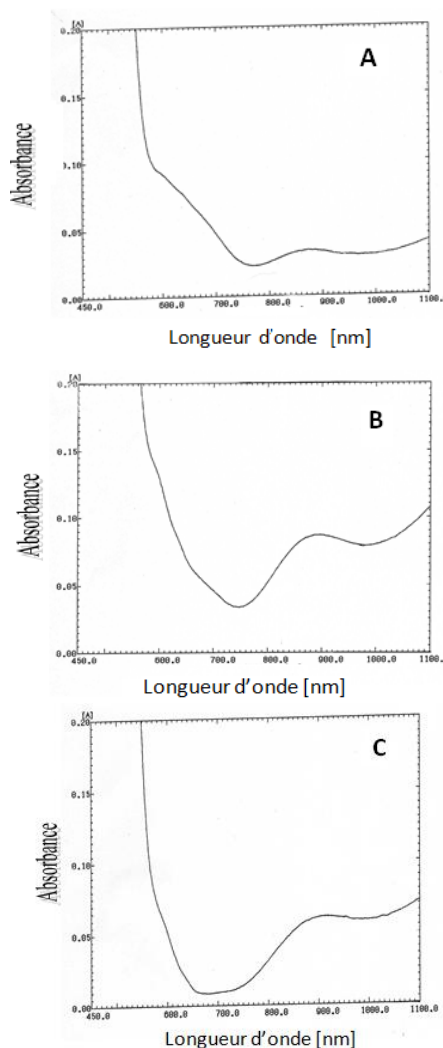


Fig.9. Spectres électroniques du complexe de cobalt avec HSA dans: A: Cyclohexane ; B:Toluène ; C: Chloroforme

La géométrie octaédrique dans le cas du complexe CoL_2 ; les deux ligands HSA sont dans un plan et les deux positions axial sont occupées par deux molécules d'eau (Figure 10a). Pour le complexe CoL_2HL les deux ligands HSA sont dans un plan et les deux positions axiales sont occupées par une molécule d'eau et une troisième molécule de HSA (Figure 10b). L'absence d'absorption caractérisant les complexes octaédrique dans la région 580-480nm, pourrait être due au phénomène de transfert de charge trop intense dans les régions moyennes.

Les absorptions observées à 620nm correspondent à la transition ${}^4A_2 \rightarrow {}^4T_1(p)$ est en faveur d'un entourage tétraédrique autour du cobalt(II). Ce même type d'entourage tétraédrique a été déjà observé autour du cobalt(II) lors de la complexation de ce métal avec la benzoyl-pyrazolone (HPMBP) en absence et présence de MIBK (Barkat 2001) et avec la 4-hydroxysalicylidène-p-minoacetophenoneoxime (Canpolat et al. 2007).

Pour la géométrie tétraédrique dans le cas du complexe CoL_2 ; les deux ligands HSA sont dans un plan et la position axiale est occupée par une molécule d'eau (Figure 11a). Pour le complexe CoL_2HL les deux ligands HSA sont dans un plan et la position axiale est occupée par une troisième molécule de HSA (Figure 11b).

3.2 Effet du diluant sur l'extraction du cobalt(II) par HSA

Nous avons étudié l'effet du solvant sur l'extraction du cobalt(II) par la N-(2-hydroxybenzylidène) aniline en utilisant le chloroforme, le toluène et le cyclohexane comme diluants. Sur la Figure 12, on représente les variations de log D en fonction du pH lors de l'extraction du cobalt(II) par HSA dans les diluants cité ci-dessus.

Les valeurs logarithmiques des constantes d'extraction ($\log K_{ex}$) obtenues dans les différents solvants sont calculées à partir des relations 4, 8, 9 et ils sont regroupés dans le Tableau 1.

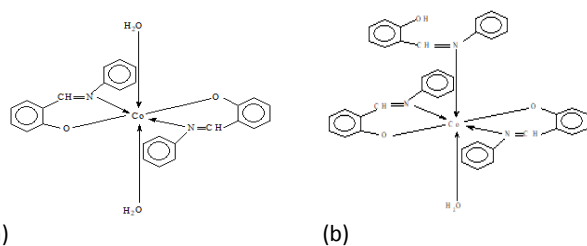


Fig. 10. Géométrie octaédrique proposée des complexes (a) CoL_2 , (b) CoL_2HL .

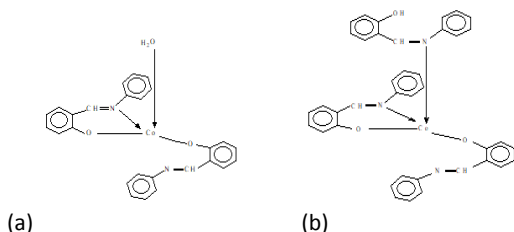


Fig. 11. Géométrie tétraédrique proposée des complexes (a) CoL_2 et (b) CoL_2HL .

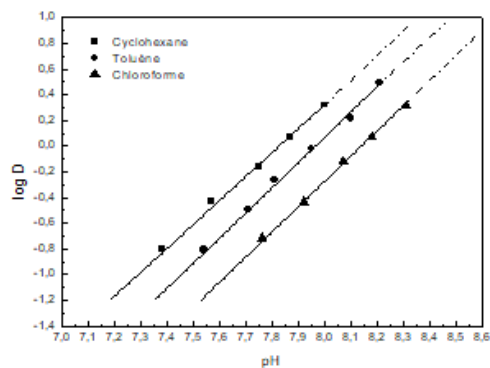


Fig.12. Géométrie octaédrique proposée du complexe.

Tableau 1. Valeurs de $\log K_{ex}$ d'extraction du cobalt(II) pour 0.01M de HSA à 25°C.

Diluant	Log K_{ex}	Espèces extradites
Cyclohexane	-11.62	CoL_2
Toluène	-12.87	CoL_2
	-10.05	CoL_2HL
Chloroforme	-10.27	CoL_2HL

Quand on prend le cyclohexane comme solvant, l'extraction se trouve nettement améliorée. En effet, le cyclohexane qui a un moment dipolaire nul et un constant diélectrique plus faible que les deux autres solvants (lui conférera une certaine inertie chimique vis-à-vis de l'extractant) est plus favorable à la formation du complexe extrait. Une étude plus détaillée sur l'effet de diluant a été effectuée par Brunette et al (1982) et Komasa et al (1984) qui ont constaté que les diluants polaires ou non polaires pourraient considérablement affecter l'extraction des cations métalliques. Pour le chloroforme, on observe que l'extraction du cobalt(II) est la plus faible. Ceci est probablement dû à l'entraînement des molécules d'eau en phase organique plus important dans le chloroforme que dans le toluène et le cyclohexane (Aidi et Barkat 2010).

4. Conclusion

L'extraction du cobalt(II) par la N-(2-hydroxybenzylidène) aniline a été étudiée en fonction du pH, de la concentration de l'extractant et du diluant.

L'étude de l'effet du pH sur l'extraction du cobalt(II) par la N-(2-hydroxybenzylidène) aniline a mené à la formation d'une troisième phase dans les différents solvants étudiés (cyclohexane, toluène et chloroforme).

La stœchiométrie des complexes extraits pour ce métal a été déterminée par la méthode bi-logarithmique des pentes, il s'agit des complexes de types: CoL_2 dans le cyclohexane; CoL_2 avec CoL_2HL dans le toluène; et CoL_2HL dans le chloroforme.

Les valeurs des constantes d'extraction pour ce métal dans les différents solvants ont été calculées.

L'extraction du cobalt(II) est meilleure selon l'ordre suivant: Cyclohexane > toluène > chloroforme.

L'étude par spectroscopie électronique a montré que: Pour chaque type de complexe et dans chaque solvant on a un mélange de deux géométries octaédrique et tétraédriques.

Références

- Aggett, J., A.W. Khoo and R. A. Richardson (1981) Solvent extraction of Cu(II) by Schiff Bases-II. *J.inorg. nul. chem* 43: 1867-1872.
- Aidi, A., D. Barkat (2010) Solvent extraction of copper(II) from sulfate medium with N -(2-hydroxybenzylidene)aniline. *J. Coord. Chem* 63(23): 4136- 4144.
- Almi, S (2017) Extractions synergiques du Cuivre(II), Cobalt(II) et du Nickel(II) par la Salicylidène ortho, méta et paratoluidine. Université Mohamed Khider , Biskra, Algérie.
- Barkat, D (2001) Extraction Synergiques, Synthèse et Caractérisation des Complexes se Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn(II) et Cd(II) avec la 1- PHENYL-3-METHYL-4- BENZOYLPYRAZOL-5-ONE et avec les Anilinesalicylidènes substituées. U.S.T.M.B, Oran, Algérie.
- Brunette, J. P., M. Lakkis., G. Goetz-Grandmont (1982) Extraction of cobalt(II) and nickel(II) with mixtures of 1-phenyl-3-methyl-4-benzoylpyrazol-5-one (HPMBP) and tri-n-octylamine (TOA). *Elsevier* 1(5): 461-466.
- Canpolat, E., A. Yazici., M. Kaya (2007) Studies on Mononuclear Chelates Derived from Substituted Schiff Base Ligands: Synthesis and Characterization of a New 4-Methoxysalicyliden-p-Aminoacetophenoneoxime and Its Complexes with Co(II), Ni(II), Cu(II), and Zn(II). *Journal of Coordination Chemistry*, 60(4): 473-48.
- Cimerman, Z., N. Galic., B. Bosner (1997) The Schiff bases of salicylaldehyde and aminopyridines as highly sensitive analytical reagents. *Analytica Chimica Acta* 343: 145-153.
- Cote, G (1998) Extraction liquide-liquide, Techniques de l'Ingénieur, J 2760.
- Coulson, J.M., J.F. Richardson J. H. Harker; J. R. Backhurst (2002) *Chemical Engineering: Vol 2 fifth Edition*. Great Britain, Bath Press.
- Guerdouh, A., D. Barkat (2017) Influence of the solvent on the extraction of Copper(II) from nitrate medium using Salicylideneaniline. *Journal of Dispersion Science and Technology* 38: 930-934.
- Kameche, M., D. Barkat (2007) Liquid-liquid extraction of Copper(II) with Schiff's Bases derived from Salicylaldehyde. *Physics and Chemistry of Liquids* 45 (3): 289-293.
- Komasawa, I., T. Otake., Y. Ogawa (1984) The effect of diluent in the liquid-liquid extraction of cobalt and nickel using acidic organophosphorus compounds. *J. Chem. Eng. Japan* 17: 410-417.
- Lakkis, M., Z. Lakkis., J. Genevière., G. Grandmont, and J.P. Brunette (1991) Extraction of cobalt(II) with mixtures of 4-Acyl-pyrazol-ols and aliquat 336 in Toluene: Effet of the pyrazolol substituents. *Monatshefte fur chemie* 122: 9-15.
- Mapari, A. K., K. V. Mangaonkar (2011) Synthesis, Characterization and Antimicrobial Activity of Mixed Schiff Base Ligand Complexes of Transition Metal(II) ions. *International Journal of ChemTech Research* 3 (1): 477-482.
- Mohamed, G. G., and Z. H. Abd El-Wahab (2003) Salicylidene-2-Aminobenzimidazole Schiff Base Complexes of Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn(II) AND Cd(II). *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 73: 347-359.
- Mourgues, J., J. Maugenet ; H. Vigne (1970) Les eaux résiduaires des cuves de vinification. Récupération de l'acide tartrique dans les solutions alcalines de détartrage automatique descuves. *Ind. Alim. Agric* 87 (12): 1535-1541.
- Panda, C. R., V. Chakravorty., K. C. Dash (1985) Solvent extraction of zirconium(IV) and uranium(VI) from chloride media with bidentate schiff bases. *solvent extraction and ion exchange* 3 (6): 857- 866.
- Shigeki, A., M. Jiroh., S. Tyo (1996) Liquid-liquid extraction of Iron(III) and Gallium(III) with macrocyclic Schiff bases containing Bisphenol A subunits. *Analytica Chimica Acta* 319 (3): 387-392.
- Treybal, R.E (1963) *Liquid extraction: 2nd Ed.* USA, McGraw-Hill Book Company, Inc.