

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE SALAH BOUBNIDER CONSTANTINE 3**



**FACULTE DE GENIE DES PROCEDES  
DEPARTEMENT DE GENIE PHARMACEUTIQUE**

N° d'ordre :... ..  
...Série:... ..

**Mémoire de Master**

Filière: **Génie des procédés**

Spécialité: **Génie Pharmaceutique**

**Etude Expérimentale de l'Effet de Sel sur l'Equilibre  
Liquide-liquide du Système : Eau/Propanol /Butanol-1**

Dirigé par:

**Dr. S. LAROUS**

Présenté par:

**RayhaneKermani**

**Manel BENLAZREG**

**Amani BENLABED**

**Grade: MCA**

Année Universitaire2022/2023.

Session: Juin 2023

Sommaire

|   |           |
|---|-----------|
| Remerciements   |           |
| Liste des figures   |           |
| Liste des tableaux  |           |
| Introduction générale   | 1         |
| <b>CHAPITRE I : Généralité sur l'extraction liquide-liquide</b>       | <b>3</b>  |
| <b>I.1. Introduction</b>  | <b>3</b>  |
| <b>I.2. Notions de base sur l'extraction liquide-liquide</b>          | <b>3</b>  |
| <b>I.2.1. Définition et principe d'extraction liquide-liquide</b>     | <b>3</b>  |
| <b>I.2.3 Paramètres de suivi de l'extraction liquide-liquide</b>      | <b>4</b>  |
| <b>I.2.3.1 Coefficient de distribution (ou de partage)</b>            | <b>4</b>  |
| <b>I.2.3.2 Sélectivité (ou facteur de séparation)</b>                 | <b>4</b>  |
| <b>I.2.4 Equilibre liquide-liquide</b>                                | <b>5</b>  |
| <b>I.2.4.1 Représentation des équilibres</b>                          | <b>5</b>  |
| <b>I.2.4.2 Types de diagrammes</b>                                    | <b>6</b>  |
| <b>I.2.5 Application industrielle de l'extraction liquide-liquide</b> | <b>7</b>  |
| <b>I.3 Effet de sel sur l'équilibre liquide-liquide</b>               | <b>8</b>  |
| <b>I.3.1 Phénomène de solvation des ions</b>                          | <b>8</b>  |
| <b>I.3.2 Définition de l'effet de sel</b>                             | <b>9</b>  |
| <b>I.3.3 Phénomène de salting-out</b>                                 | <b>9</b>  |
| <b>I.3.4 Phénomène de salting-in</b>                                  | <b>9</b>  |
| <b>I.3.5 Mécanisme de l'effet du sel</b>                              | <b>9</b>  |
| <b>I.3.5.1 Théorie d'hydratation</b>                                  | <b>9</b>  |
| <b>I.3.5.2 Théorie électrostatique</b>                                | <b>10</b> |
| <b>I.3.5.3 Théorie de pression interne</b>                            | <b>11</b> |
| <b>I.4 Application de l'effet de sel</b>                              | <b>12</b> |
| <b>CHAPITRE II : Procédure expérimentale</b>                          | <b>12</b> |
| <b>II.1 Introduction</b>  | <b>13</b> |
| <b>II.2 Matériel et produits</b>                                      | <b>13</b> |
| <b>II.2.1 Matériel utilisés</b>                                       | <b>13</b> |
| <b>II.2.2 Produits chimiques utilisés</b>                             | <b>14</b> |
| <b>II.2.2.1 Solvant (Butanol-1)</b>                                   | <b>14</b> |
| <b>II.2.2.2 Soluté (Propanol)</b>                                     | <b>14</b> |
| <b>II.2.2.3 Electrolytes (Sels)</b>                                   | <b>15</b> |
| <b>II.3 Procédure expérimentale</b>                                   | <b>16</b> |
| <b>II.3.1 Construction la courbe binodale</b>                         | <b>16</b> |
| <b>II.3.2 Courbe d'étalonnage</b>                                     | <b>17</b> |
| <b>II.3.3 Lignes d'attache</b>  | <b>17</b> |
| <b>II.4. Méthode d'analyse</b>  | <b>17</b> |
| <b>CHAPITRE III : Résultats et discussion</b>                         | <b>20</b> |
| <b>III.1 Introduction</b>   | <b>20</b> |
| <b>III.2 Données expérimentales des systèmes ternaires</b>            | <b>20</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>III.2.1 Système ternaire Eau/Propanol/Butanol-1 en présence de KCl</b>             | <b>20</b> |
| <b>III.2.1.1 Courbes d'étalonnage</b>   | <b>25</b> |
| <b>III.2.1.2 Lignes d'attache (d'équilibre)</b>                                       | <b>26</b> |
| <b>III.2.1.3 Courbes de distribution</b>  | <b>29</b> |
| <b>III.2.1.4 Facteurs de séparation, sélectivité, et coefficients de distribution</b> | <b>31</b> |
| <b>III.2.2 Système Eau / Propanol/ Butanol-1 en présence de CaCl<sub>2</sub></b>      | <b>33</b> |
| <b>III.2.2.1 Courbes d'étalonnage</b>   | <b>37</b> |
| <b>III.2.2.2 Lignes d'attache</b>   | <b>38</b> |
| <b>III.2.2.3 Courbes de distribution</b>  | <b>41</b> |
| <b>III.2.2.4 Facteurs de séparation et Coefficients de distribution</b>               | <b>43</b> |
| <b>III.3 Comparaison des effets de sels sur le système Eau/Propanol / Butanol-1</b>   | <b>44</b> |
| <b>III.4 Fiabilité des données expérimentales</b>                                     | <b>45</b> |
| <b>III.4.1 Système Eau/propanol/ Butanol-1 sans sel</b>                               | <b>46</b> |
| <b>III.4.2 Système Eau/Propanol / Butanol-1 en présence de sel</b>                    | <b>47</b> |
| <b>III.4.2.1 Système Eau/Propanol/Butanol-1 en présence de KCl</b>                    | <b>47</b> |
| <b>III.4.2.2 Système Eau/Propanol / Butanol-1 en présence de CaCl<sub>2</sub></b>     | <b>48</b> |
| <b>Conclusion générale</b>  | <b>50</b> |
| <b>Références bibliographiques</b>  | <b>51</b> |

## Nomenclature

| Symboles                                  | Désignation   |
|---|---|
| <b>A</b>                                  | Diluant   |
| <b>B</b>                                  | soluté  |
| <b>C</b>                                  | solvant   |
| <b>a<sub>1</sub>, b<sub>1</sub></b>       | Constantes d'Othmer-Tobias                            |
| <b>a<sub>2</sub>, b<sub>2</sub></b>       | Constantes de Hand                                    |
| <b>a<sub>3</sub>, b<sub>3</sub>, c, d</b> | Constantes d'Eisen-Joffe                              |
| <b>K</b>                                  | Coefficient de partage                                |
| <b>M<sub>i</sub></b>                      | Masse molaire du constituant i (g/mol)                |
| <b>m<sub>i</sub></b>                      | Masse du constituant i (g)                            |
| <b>n<sub>D</sub></b>                      | Indice de réfraction (Brix)                           |
| <b>n<sub>1</sub></b>                      | Indice de réfraction du milieu 1 (Brix)               |
| <b>n<sub>2</sub></b>                      | Indice de réfraction du milieu 2 (Brix)               |
| <b>R</b>                                  | Raffinat  |
| <b>R<sup>2</sup></b>                      | Facteur de détermination                              |
| <b>V<sub>i</sub></b>                      | Volume du constituant i (cm <sup>3</sup> )            |
| <b>w<sub>i</sub></b>                      | Fractions massique du constituant i                   |
| <b>w<sub>12</sub></b>                     | Fraction massique du soluté dans le raffinat          |
| <b>w<sub>13</sub></b>                     | Fraction massique du soluté dans l'extrait            |
| <b>w<sub>22</sub></b>                     | Fraction massique de diluant dans le raffinat         |
| <b>w<sub>33</sub></b>                     | Fraction massique de solvant dans l'extrait           |
| <b>w<sub>s</sub></b>                      | Fraction massique de sel utilisé                      |
| <b>β</b>                                  | Coefficient de sélectivité ou de séparation           |
| <b>ρ<sub>i</sub></b>                      | Masse volumique du constituant i (g/cm <sup>3</sup> ) |

## Résumé

Le présent travail concerne l'effet d'un sel inorganique sur l'équilibre liquide-liquide. L'équilibre liquide-liquide est le résultat de forces intermoléculaires qui peuvent être modifiées de manière significative par l'ajout de sel qui crée des forces ioniques, affectant l'équilibre thermodynamique. Dans cette étude, l'effet de sel sur le système " Eau/Propanol/Butanol-1 " a été étudié en testant différents sels à température ambiante et pression atmosphérique. Les sels testés sur ce système sont le KCl, CaCl<sub>2</sub> avec des fractions massiques de 5%, 10% et 15%. Les données relatives aux courbes de solubilité et des lignes d'attache sont obtenues expérimentalement pour différentes fractions massiques de sel. Il a été remarqué que l'équilibre entre phases est modifié en faveur de la phase extrait et le « Salting-out » dans le cas de CaCl<sub>2</sub> est le plus important que celui de KCl. Les données expérimentales des lignes d'attache ont été vérifiées par les corrélations de Othmert Hand et d'Eisen-Joffe.

**Mots clés:** Equilibre liquide-liquide, Effet de sel, Salting-out, Propanol

## Abstract

The present work concerns the influence of an inorganic salt on liquid-liquid equilibrium. Liquid-Liquid Equilibrium is the result of intermolecular forces which can significantly change due to salt addition which introduces ionic forces, affecting the thermodynamic equilibrium. In this study the salt effect on the system ' Water/Propanol/Butanol-1' has been studied with various salts at ambient temperature and atmospheric pressure. The salts used in the above system are KCl, CaCl<sub>2</sub> with mass fractions 5%,10% and 15% . The solubility data and tie-line data are taken experimentally at different mass fractions of salt. It is noted that the equilibrium between phases is modified in favor of the extracted phase and the "Salting-out" in the case of CaCl<sub>2</sub> is the most important that of NaCl. The experimentally determined tie-line data have been correlated by Hand's correlation and Eisen-Joffe correlations.

**Key Words:** Liquid-liquid equilibrium, Salting effect, Slating-out, Propanol

## ملخص:

يتعلق العمل الحالي بتأثير الملح غير العضوي على توازن سائل - سائل. توازن سائل-سائل هو نتيجة القوى الموجودة بين الجزيئات والتي يمكن تعديلها بطريقة مهمة عن طريق إضافة الملح الذي يخلق بدوره قوى أيونية مما يؤثر على التوازن الترموديناميكي. تمت دراسة تأثير الملح على نظام (ماء/ بروبانول /بيتانول- 1) عن طريق اختبار أملاح مختلفة في درجة حرارة الغرفة و تحت ضغط جوي، الأملاح التي تم اختبارها على هذا النظام هي: KCl و CaCl<sub>2</sub> بنسب كتلية 5 % و 10 % و 15 % . تم تحديد معطيات منحنيات الذوبانية و خطوط الربط تجريبيا في مختلف النسب الكتلية للملح. لوحظ انه يتم إزاحة التوازن لصالح المحلول المستخرج. و التمليح التدريجي في حالة CaCl<sub>2</sub> يكون احسن منه في حالة KCl. تم التحقق من موثوقية البيانات التجريبية التي تم الحصول عليها بنجاح من خلال تطبيق نظريات أوثرمر- توبياس وهاند وايزن .

جوف Othmer-Tobias; Hand; Eisen-Joffe

**الكلمات المفتاحية:** توازن سائل - سائل ، تأثير الملح ، salting in ، salting out بروبانول