

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



**UNIVERSITE SALAH BOUBNIDER, CONSTANTINE 03**  
**FACULTE DE GENIE DES PROCEDES**  
**DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCEDES DE L'ENVIRONNEMENT**

N° d'ordre : ... ..  
Série : ... ..

## **Mémoire**

**PRESENTE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER**  
**EN GENIE DES PROCEDES**  
**OPTION : GENIE DES PROCEDES DE L'ENVIRONNEMENT**

### **Modélisation de la polarisation de concentration dans une cellule d'ultrafiltration en batch**

**Présenté par :**

- MAHROUG Soheyb
- TAMER Brahim

**Dirigé par :**

**Mr HAMDACHE Abdarrazaq**  
**Maître Assistant**

**Session : Juin**  
**2017-2018**

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>I. Les procédés de traitement des eaux : .....</b>	<b>3</b>
I.1 Traitements physico-chimiques :.....	3
I.2 Les procédés thermiques : .....	3
I.3 Les procédés à membranes :.....	4
I.3.1 Historique : .....	4
I.3.2 Les différentes filières :.....	5
I.3.2.1 L'osmose inverse : .....	5
I.3.2.2 La nano filtration :.....	6
I.3.2.3 L'ultrafiltration : .....	7
I.3.2.4 Microfiltration :.....	7
I.3.3 Les différents types de membranes de filtration : .....	8
I.3.3.1 Selon leur nature chimique : .....	8
I.3.3.1.1 Les membranes organiques.....	8
I.3.3.1.2 Les Membranes inorganiques .....	8
I.3.3.1.3 Les membranes hybrides : .....	8
I.3.3.2 Selon leur structure : .....	9
I.3.3.3 Selon leur géométrie : .....	9
I.3.3.4 Selon leur mécanisme de séparation : .....	9
<b>II. L'ultrafiltration : .....</b>	<b>11</b>
II.1 Introduction : .....	11
II.2 Mise en œuvre des membranes : .....	11
II.2.1 Principes de mise en œuvre des membranes :.....	11
II.2.1.1 Écoulement frontal :.....	11
II.2.1.2 Écoulement tangentiel :.....	12
II.3 Dispositif d'ultrafiltration :.....	13
II.4 Type de modules.....	14
II.4.1 Modules fibres creuse : .....	14
II.4.2 Module spiralé.....	15

II.4.3	Module plan.....	17
II.4.4	Modules tubulaires :.....	17
II.5	Paramètres de membrane d'ultrafiltration :.....	18
II.5.1	Sélectivité et taux de rejet : .....	18
II.5.2	Pression transmembranaire (PTM) : .....	18
II.5.3	Flux, perméabilité et résistance hydraulique de la membrane .....	18
II.5.4	Rétention et seuil de coupure de la membrane .....	19
II.6	Phénomènes limitants de transfert de matière :.....	19
II.6.1	Polarisation de concentration : .....	20
II.6.2	Colmatage : .....	21
II.6.2.1	Définition : .....	21
II.6.2.2	Mécanismes de colmatage : .....	22
II.6.2.3	Techniques de nettoyage des membranes :.....	22
II.7	Modélisation d'ultrafiltration : .....	22
II.7.1	Modèle de polarisation de la couche de gel :.....	22
II.7.2	Modèle des résistances hydrauliques en série.....	24
II.7.3	Modèle osmotique : .....	25
II.7.4	Modèle associant modèle osmotique et résistances en séries .....	26
<b>III.</b>	<b>Les méthodes numériques de résolutions .....</b>	<b>27</b>
III.1	Méthodes de discrétisation d'EDP :.....	27
III.1.1	La méthode des différences finies :.....	27
III.1.1.1	Caractéristique de méthode :.....	28
III.1.2	La méthode des volumes finies :.....	28
III.1.2.1	Caractéristique de méthode :.....	28
III.1.3	La méthode des éléments finis :.....	28
III.1.3.1	Démarche éléments finis.....	29
III.1.3.2	Approximation nodale .....	29
III.1.3.3	Caractéristiques de méthode : .....	29

<b>IV.COMSOL Multiphasiques :</b>	<b>30</b>
IV.1 Introduction	30
IV.2 Présentation du logiciel	30
IV.3 Principe de l'utilisation de comsol	31
IV.4 Utilisation COMSOL :	31
IV.4.1 Choix du modèle :	31
IV.4.2 Géométrie de la structure :	32
IV.4.3 Physique du modèle :	32
IV.4.3.1 Définition du matériau :	32
IV.4.3.2 Définition des conditions aux limites :	32
IV.4.3.3 Définitions du chargement extérieur :	32
IV.4.3.4 Définition du régime temporelle :	32
IV.4.4 Maillage :	32
IV.4.5 Simulation :	33
IV.4.6 Visualisation des résultats :	33
<b>V. Résultats et discussions</b>	<b>34</b>
V.1 Module d'ultrafiltration en batch :	34
V.2 La géométrie :	34
V.3 hypothèses utilisés	35
V.3.1 Transfert de matière	35
V.3.2 Écoulement laminaire (Navier-Stokes)	35
V.4 Maillage :	36
V.5 Conditions aux limites :	37
V.6 Simulation des différents paramètres	39
V.6.1 Profil de la concentration	39
V.6.2 Profil de la vitesse suivant l'axe des x :	41
V.6.3 Profil de la vitesse suivant l'axe des y	42
V.6.4 Profil de la pression	43
V.6.5 Profil de concentration au niveau de la paroi perméable	44

**Conclusion générale : .....47**  
**Bibliographie :.....48**

## الملخص

الهدف من إنجاز هذا المشروع هو دراسة ظاهرة الاستقطاب في خلية لترشيح الفائق في نظام مغلق. في الصناعات الحساسة التي تستعمل المياه كالصناعة الصيدلانية يبقى الوصول الى أكبر درجة نقاوة ممكنة للماء شيء رئيسي لذلك تستعمل عملية الفصل بالترشيح الفائق كونها عملية جد فعالة كما أن استعمالها في نظام مغلق يحسن من مردودها. اما العائق الأكبر لهذه العملية هو ظاهرة الاستقطاب التي تؤدي إلى انسداد مسام الغشاء وبالتالي التخفيض من مردود عملية الترشيح. لهذا قمنا في عملنا هذا بدراسة تطور طبقة الاستقطاب في ثلاث أزمنة مختلفة بالاستعانة ببرنامج محاكاة فيزيائي كومصول والذي بدوره يساعدنا في تحديد تأثير بعض العوامل كالتركيز والسرعة إضافة الى تأثير الحواجز.

الدراسة أثبتت أن طبقة الاستقطاب تتزايد مع مرور الوقت وبسرعة كبيرة كما أن الزيادة في التركيز ساهم هو الآخر في الزيادة من حدة هذه الظاهرة عكس الحواجز التي عملت على تخفيضها.

**الكلمات المفتاحية:** خلية ترشيح، ترشيح فائق، غشاء، إستقطاب، نظام مغلق، كومصول

## Résumé :

Le but de ce projet est d'étudier le phénomène de polarisation dans une cellule d'ultrafiltration en batch.

Dans les industries sensibles qui utilisent l'eau, comme l'industrie pharmaceutique, l'accès à la plus grande pureté d'eau reste un problème majeur, l'ultrafiltration est utilisée comme un procédé très efficace et son utilisation dans un système fermé améliore son rendement. Le plus grand obstacle à ce processus est le phénomène de polarisation, qui conduit à un blocage des pores de la membrane et réduit ainsi le rendement du processus de filtration. Dans ce travail, nous avons étudié l'évolution de la couche de polarisation en trois temps différents en utilisant le programme de simulation physique COMSOL, qui à son tour nous aide à déterminer l'effet de certains facteurs tels que la concentration, la vitesse et l'effet des promoteurs.

L'étude a montré que la couche de polarisation augmente avec le temps et très rapidement et que l'augmentation de la concentration a également contribué à l'augmentation de ce phénomène, contrairement au niveau des promoteurs où nous remarquons une diminution considérable de cette dernière.

**Mots clés :** Cellule filtrante, ultrafiltration, Membrane, Polarisation, Système fermé, COMSOL.