

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA**

**RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



**UNIVERSITÉ SALAH BOUBNIDER, CONSTANTINE 03**

**FACULTÉ DE GÉNIE DES PROCEDÉS**

**DÉPARTEMENT DE GÉNIE DE L'ENVIRONNEMENT**

N° d'ordre :... ..

Série :... ..

## **Mémoire**

**PRESENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER**

**EN GÉNIE DES PROCEDÉS**

**OPTION : GÉNIE DES PROCEDÉS DE L'ENVIRONNEMENT**

# **ETUDE HYDRODYNAMIQUE DANS LES RÉACTEURS BIOLOGIQUES**

**Présenté par :**

**M<sup>elle</sup>MECHERI NourheneAmani**

**M<sup>elle</sup> KOUITTEN Rabab**

**M<sup>elle</sup>LAKEHAL Meriem**

**Dirigé par :**

**Dr.Zamouche- Zerdazi Rania**

**Année universitaire**

**2023-2024**

**Session : juin**

## Table des matières

<b>Remerciements</b> .....	<b>I</b>
<b>Dédicaces</b> .....	<b>II</b>
<b>Table des matières</b> .....	<b>V</b>
<b>Liste des figures</b> .....	<b>VI</b>
<b>Liste des tableaux</b> .....	<b>VIII</b>
<b>Nomenclature</b> .....	<b>IX</b>
<b>Introduction générale</b> .....	<b>1</b>
<b>Chapitre 1 : Revue bibliographique</b> .....	<b>3</b>
1. Introduction.....	3
2. Définition d'un réacteur chimique .....	3
3. Classification des réacteurs.....	3
3.1 Selon l'opération .....	3
3.1.1 Opération continue-----	3
3.1.2 Opération semi continue -----	4
3.1.3 Opération discontinue -----	4
3.2 Selon la réaction .....	5
3.2.1 Les réactions homogènes -----	5
3.2.2 Les réactions hétérogènes-----	6
3.3 Selon le réacteur .....	6
3.3.1 Réacteur cuve-----	6
3.3.2 Réacteur tube ou réacteur tubulaire-----	6
4.1 Réacteur parfaitement agité.....	7
4.1.1 Le bilan massique d'un réacteur parfaitement agité idéal -----	8
4.2 Réacteur en écoulement piston.....	8
4.2.1 Le bilan massique d'un réacteur à écoulement piston idéal -----	8
4.3 Le réacteur Batch .....	9
5.1 Les réacteurs à biofilm à lit mobile (MBBR).....	10
5.2 Les réacteurs à lit fixe .....	11
5.3 Le réacteur anaérobie à chicanes (Anaerobic Baffled Reactor) (ABR) .....	11
5.4 Le réacteur à lit ruisselant (Trickle Bed Reactor) (TBR) .....	12
6.1 Les bioréacteurs à cuve agité (Continuos Stirred Tank Reactor) (CSTR) .....	13
6.2 Le bioréacteur à membrane (MBR) .....	14

6.3	Le réacteur à biofilm à lit mobile (MBBR).....	15
6.4	Les réacteurs Airlift (ALR).....	16
6.5	Les bioréacteurs à lit garni .....	16
6.6	Les bioréacteurs à lit fluidisé .....	17
6.7	Les bioréacteurs à mélange en série.....	18
6.8	Le réacteur discontinu séquencé .....	18
6.9	Les réacteurs anaérobies à biofilm (ANBR) .....	19
8.1	Généralités sur la distribution du temps de séjour .....	21
8.2	Définition .....	21
8.3	Principe.....	22
9.1	Injection échelon .....	22
9.2	Injection impulsion ou Dirac.....	23
10.1	Le temps de séjour moyen .....	24
10.2	La variance .....	25
10.3	Le temps de passage .....	25
10.4	L'équivalence du comportement du réacteur réel .....	25
11.1	Les écoulements dans un réacteur piston .....	25
11.2	Les écoulements dans un réacteur parfaitement agité .....	26
13.1	Notion de court-circuit.....	28
13.2	Notion de volume mort.....	28
<b>Chapitre II : Méthodes et matériels .....</b>		<b>30</b>
2.	PRESENTATION DES REACTEURS BIOLOGIQUES UTILISES .....	30
2.1	PILOTE DE DIGESTION ANAEROBIE (PDAN).....	30
2.1.1	Généralités.....	30
2.1.2	Descriptif du pilote PDAN .....	30
2.2	PILOTE DE DIGESTION AEROBIE (PDA) .....	33
2.2.1	Généralités.....	33
2.2.2	Descriptif .....	33
2.3	PILOTE MP43 .....	35
2.3.1	Généralités.....	35
2.3.2	Descriptif .....	35
2.3.3	Description technique.....	35
2.4	PILOTE A REACTEUR PISTON .....	37
2.4.1	Descriptif .....	37

3.1	Réactifs.....	39
3.2	Matériaux .....	39
3.3	Etablissement de la courbe d'étalonnage .....	40
3.4	Préparation du traceur et son mode d'injection.....	40
3.4.1	Préparation du traceur-----	40
<b>Chapitre III: Résultats et discussions .....</b>		<b>46</b>
3.	Résultats et discussion du comportement hydrodynamique dans les réacteurs parfaits étudiés .....	47
3.1.1	Pilote à reacteur Piston-----	47
3.1.2	STATION PILOTE DE BOUE ACTIVEES (MP43)/ Réacteur parfaitement agié.....	51
3.3	Résultats et discussion du comportement hydrodynamique dans les réacteurs réels étudiés .....	58
3.3.1	PILOTE DE DIGESTION ANEEROBIE (PDAN)	58
3.3.2	PILOTE DE DIGESTION AEROBIE (PDA).....	63
<b>Conclusion Générale.....</b>		<b>70</b>
<b>Références.....</b>		<b>i</b>
<b>Annexe chapitre III.....</b>		<b>X</b>
<b>Résumé.....</b>		<b>ii</b>

## ملخص

تلعب المفاعلات المثالية والحقيقية دورًا حيويًا في معالجة المياه، حيث تؤثر بشكل مباشر على سلوك المفاعلات تحت ظروف متنوعة. تعتبر المفاعلات المثالية، مثل المفاعلات المختلطة تمامًا والمفاعلات ذات التدفق المكبسي، نماذج نظرية مبسطة تستخدم للتنبؤ بسلوك المفاعلات الحقيقية. ومع ذلك، فإن المفاعلات الحقيقية غالبًا ما تنحرف عن هذه النماذج المثالية بسبب عوامل مثل التدفقات غير المتجانسة والمناطق الميتة.

لفهم وتحسين وظيفة المفاعلات الحقيقية، تعتبر الدراسات الهيدروديناميكية أساسية. تستخدم هذه الدراسات المتتبعات، وهي مواد تُدخل إلى النظام لتتبع التدفقات والخلط داخل المفاعلات. تسمح البيانات المستمدة من هذه العملية بتحليل سلوك المفاعلات تحت ظروف مختلفة. هذه التحليلات ضرورية لضبط المعايير التشغيلية وتحسين كفاءة معالجة المياه.

باختصار، فإن دراسة سلوك المفاعلات من خلال استخدام المتتبعات والدراسات الهيدروديناميكية يساعد في تحسين معالجة المياه من خلال أخذ الاختلافات بين المفاعلات المثالية والحقيقية في الاعتبار، وكذلك الظروف التشغيلية المختلفة. أتاح هذا البحث دراسة سلوك أربعة مفاعلات بيولوجية مخصصة لمعالجة المياه، وتحديد أعطالها (المناطق الميتة، الدوائر القصيرة)، وتعريف المكافئ للمفاعلات الحقيقية.

**الكلمات المفتاحية:** دراسة الهيدروديناميكية، المفاعلات المثالية، المفاعلات الحقيقية، المتتبع.

## Résumé

Les réacteurs idéaux et réels jouent un rôle crucial dans le traitement des eaux, influençant directement le comportement des réacteurs dans diverses conditions. Les réacteurs idéaux, tels que les réacteurs parfaitement mélangés et les réacteurs à piston, servent de modèles théoriques simplifiés permettant de prévoir le comportement des réacteurs réels. Cependant, les réacteurs réels dévient souvent de ces modèles idéaux en raison de facteurs comme les flux non homogènes et les zones mortes.

Pour comprendre et optimiser le fonctionnement des réacteurs réels, des études hydrodynamiques sont essentielles. Ces études utilisent des traceurs, des substances introduites dans le système pour suivre les flux et les mélanges dans les réacteurs. Les données obtenues permettent d'analyser le comportement des réacteurs sous différentes conditions. Ces analyses sont cruciales pour ajuster les paramètres opérationnels et améliorer l'efficacité du traitement des eaux.

En résumé, l'étude du comportement des réacteurs à travers l'utilisation de traceurs et d'études hydrodynamiques permet d'optimiser le traitement des eaux en prenant en compte les différences entre réacteurs idéaux et réacteurs réels, ainsi que les différentes conditions opérationnelles. Ce mémoire a permis d'étudier le comportement de quatre réacteurs biologiques destinés au traitement des eaux, d'identifier leurs défaillances (zones mortes, courts-circuits) et de définir l'équivalent des réacteurs réels

**Les mots clés :** Hydrodynamique, Réacteurs Idéaux, Réacteurs Réels, Traceurs.

### **Abstract**

Ideal and real reactors play a crucial role in water treatment, directly influencing reactor behavior under various conditions. Ideal reactors, such as perfectly mixed reactors and plug flow reactors, serve as simplified theoretical models to predict the behavior of real reactors. However, real reactors often deviate from these ideal models due to factors like non-homogeneous flows and dead zones.

To understand and optimize the functioning of real reactors, hydrodynamic studies are essential. These studies use tracers, substances introduced into the system to track flows and mixing within the reactors. The data obtained allow for the analysis of reactor behavior under different conditions. These analyses are crucial for adjusting operational parameters and improving the efficiency of water treatment.

In summary, studying reactor behavior through the use of tracers and hydrodynamic studies helps optimize water treatment by accounting for the differences between ideal and real reactors, as well as the various operational conditions.

This thesis made it possible to study the behavior of four biological reactors intended for water treatment, identify their failures (dead zones, short circuits), and define the equivalent of real reactors.

**Key words:** Hydrodynamic Studies, Ideal Reactors, Real Reactors, Tracer.