

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ SALAH BOUBNIDER, CONSTANTINE 03
FACULTÉ DE GÉNIE DES PROCÉDÉS
DÉPARTEMENT DE GÉNIE DE L'ENVIRONNEMENT

N° d'ordre :... ..

Série :... ..

Mémoire

PRESENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER
EN GÉNIE DES PROCÉDÉS
OPTION : GÉNIE DES PROCÉDÉS DE L'ENVIRONNEMENT

MODÉLISATION DE L'ADSORPTION LINÉAIRE **DANS UN MILIEU POREUX NON SATURÉ**

Présenté par :

GAMOUEH Bahae Etedj Roufeida

SAIDI Rayene

BENABDELKADER Imane

Dirigé par :

M^{me} KOLLI Mounira

Grade : MAA

Année universitaire

2020-2021

Session : juillet

Table des matières	I
Liste de sigle et abréviations	IV
Liste des figures	IX
Liste des tableaux	XI
Introduction générale	1
chapitre I : les milieux poreux	
I.1. introduction	3
I.2. Définition des milieux poreux	3
I.3. phases des milieux poreux	3
I.3.1. phase solide	3
I.3.2. phase liquide	4
I.3.3. phase gazeuse	4
I.4. Propriétés des milieux poreux	4
I.4.1. porosité	4
I.4.2. tortuosité.....	6
I.4.3. surface spécifique	6
I.4.4. perméabilité.....	6
I.4.5. conductivité hydraulique	8
I.4.6. volume élémentaire représentatif	8
I.4.7. granulométrie	9
I.5. loi de darcy	9
I.5.1. Définition	9
I.5.2. Critiques et limitations de la loi de Darcy	11
I.6. écoulement dans les milieux poreux	12
I.6.1. Généralité	12
I.6.2. type d'écoulement en milieu poreux	12
I.6.2.1. Ecoulements en milieux poreux saturés	12
I.6.2.2. Ecoulements en milieux poreux non saturés	13
I.6.3. Mécanique du transport en milieu poreux	13
I.6.3.1. Advection (convection)	13
I.6.3.2. Dispersion hydrodynamique	14
Chapitre II : L'adsorption	
II.1. Introduction	16
II.2. Définition de l'adsorption	16
II.3. Mécanisme d'adsorption	17
II.4. Types d'adsorption.....	17
II.4.1. Adsorption physique	17
II.4.2. Adsorption chimique	18
II.5. Application de l'adsorption	18
II.6. Définition de l'adsorbant	19
II.7. Types d'adsorbants	19
II.7.1. charbons actifs	19
II.7.2. gels de silice	19
II.7.3. argiles activées	20
II.7.4. zéolithes	20

II.8. différents types d'isothermes et les modèles d'adsorption	21
II.8.1. Isotherme linéaire	21
II.8.2. Modèle de Langmuir	22
II.8.3. Modèle de Freundlich	22
II.9. paramètre influençant l'adsorption	22
II.9.1. Structure de l'adsorbant	22
II.9.2. Nature de l'adsorbat	23
II.9.3. Influence de la température.....	23
II.9.4. Influence de pH	23
II.9.5. La polarité.....	23
II.10. Courbe de percée	23
II.10.1. Utilisation de la courbe de percée	24

Chapitre III : Les méthodes numériques

III.1. Introduction	25
III.2. Méthode des différences finies.....	25
III.2.1. Définition.....	25
III.2.2. Méthodes d'approximation aux différences finies	26
III.2.2.1. Discrétisation totale	26
III.2.2.2. Semi-discrétisation	26
III.2.3. Principe de la méthode	26
III.2.4. Avantages et inconvénients de la MDF.....	27
III.2.5. Schémas explicites et implicites	28
III.2.5.1. Schéma explicite	28
III.2.5.2. Schéma implicite.....	28
III.3. Méthodes des éléments finis.....	29
III.3.1. Définition	29
III.3.2. Principe de la méthode des éléments finis	29
III.3.3. Les grandes lignes de la MEF	29
III.3.4. Avantages et inconvénients de la MEF	31
III.4. Méthode des volumes finis	32
III.4.1. Définition	32
III.4.2. Principe de la méthode des volumes finis	33
III.4.3. Avantages et inconvénients de la MVF	33

Chapitre IV: Modélisation et résolution

IV.1. Introduction	34
IV.2. Description du problème	34
IV.3. Modèle mathématique du transport de soluté réactif dans un milieu poreux non saturé	34
IV.3.1. hypothèses simplificatrice	35
IV.3.2. Modèle mathématique du transport de soluté réactif en milieu poreux non saturé.....	35
IV.3.3. Résolution numérique du modèle MIM	39
IV.3.3.1. Discrétisation du domaine	39
IV.3.3. Résolution du modèle MIM	40
IV.3.3.1. Résolution de l'équation du transport dans la fraction mobile	40
IV.3.3.2. Résolution de l'équation du transport dans la fraction immobile	42

IV.4. Organigramme de résolution du modèle MIM 43

Chapitre V : Résultats et discussions

V.1. Introduction 45

V.2. Résultats et discussions 46

V.2.1. Fronts de concentration dans le lit à une abscisse fixe 46

V.2.2. Profil de concentration (onde d'adsorption) dans le lit à un temps fixe 46

V.2.3. Etude de la sensibilité des paramètres du modèle MIM 47

V.2.3.1. Effet de la fraction d'eau mobile sur l'allure des courbes simulée 48

V.2.3.2. Effet du coefficient de dispersion sur l'allure des courbes simulées 48

V.2.3.3. Effet du coefficient cinétique d'échange sur l'allure des courbes simulées 49

V.2.3.4. Effet de la fraction des sites réactifs en contact de l'eau mobile sur l'allure des courbes simulées 50

V.2.4. Comparaison entre les courbes de percée du 9-ACA en milieu saturé et non saturé..... 51

Conclusion générale 53

Référence bibliographique

ملخص:

يهدف هذا العمل إلى نمذجة الآليات الفيزيو-كيميائية الناتجة عن تدفقات و نقل المواد التفاعلية في وسط مسامي غير مشبع، وقد تم نمذجة هذه الظاهرة باستخدام نموذج متحرك ثابت، MIM. حيث يكون حل هذا النموذج باستخدام طريقة الفروق المحدودة والمخطط الصريح والضمني. الذي يسمح لنا بإعادة إنتاج منحنيات الاختراق على وسط مسامي غير مشبع. تمت دراسة تأثير بعض المتغيرات على التشتت عددياً من خلال تنفيذ مجموعة من المتغيرات على بعض العوامل.

لقد أظهرنا تأثير وجود المناطق الثابتة على التشتت من خلال مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الحالة مع تلك التي تم الحصول عليها في حالة وسائط مشبعة، حيث لوحظ وجود امتصاص قوى في ظل الظروف الغير المشبعة، مما أدى إلى انخفاض تعبئة هذه المواد المذابة .

الكلمات المفتاحية: وسط مسامي غير مشبع، إمتزاز، نموذج متحرك ثابت، طريقة الفروق المحدودة.

Résumé

Ce travail a pour objectif de modéliser les mécanismes physico-chimiques régissant les écoulements et les transferts de solutés réactifs dans un milieu poreux non saturé. Ce phénomène a été modélisé en utilisant le modèle mobile immobile, MIM. Ce modèle a été résolu en utilisant la méthode des différences finies et le schéma explicite et celui implicite. Il permet de reproduire les courbes de percée simulées sur le milieu poreux non saturé. L'étude de l'influence de certains paramètres sur la dispersion a été étudiée numériquement en réalisant un jeu de paramètres.

Nous avons mis en évidence un effet de la présence des zones immobiles sur la dispersion en comparant les résultats obtenus dans ce cas avec ceux obtenus dans le cas des milieux saturés. Une plus forte sorption a été observée en conditions non saturées, conduisant donc à une plus faible mobilisation de ces solutés.

Mots clés : Milieu poreux non saturé, Adsorption, Modèle mobile immobile, Méthode des différences finies.