

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 D'UN DIPLOME DE MASTER
EN GÉNIE DES PROCÉDÉS
OPTION : GÉNIE DES PROCÉDÉS DE L'ENVIRONNEMENT

SIMULATION DU TRANSPORT DE SOLUTE
INERTE DANS UN MILIEU POREUX AVEC LA
PRESENCE DES ZONES MOBILES ET IMMOBILES

Présenté par :

HADJI Ayoub

KORICHI Anis

Dirigé par :

M^{me} KOLLI Mounira

Grade : MAA

Année universitaire

2019-2020

Session : Septembre

Table des matières	I
Liste des sigles et abréviations	IV
Liste des figures et tableaux	VII
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1

CHAPITRE I : LES MILIEUX POREUX

I.1. Introduction	3
I.2. Le milieu poreux.....	3
I.3. Propriétés du milieu poreux.....	3
I.3.1. Volume élémentaire représentatif	4
I.3.2. La porosité.....	4
I.3.3. La tortuosité.....	5
I.3.4. Surface spécifique	5
I.3.5. La granulométrie	6
I.3.6. La perméabilité.....	7
I.4. Loi de Darcy	8
I.5. L'eau en milieu poreux.....	11
I.6. Le transport en milieu poreux.....	12
I.6.1. La convection	12
I.6.2. La diffusion moléculaire	13
I.6.3. Dispersion mécanique	13
I.6.4. Dispersion hydrodynamique	14
I.7. Courbe de percée	15

CHAPITRE II: MÉTHODES NUMÉRIQUES

II.1. Introduction	16
II.2. Méthodes de résolution.....	17
II.2.1. Méthode des différences finies.....	17
II.2.1.1. Définition	17
II.2.1.2. Principe de la méthode.....	17
II.2.1.3. Les avantages et les inconvénients de la méthode des différences finies ...	18

II.2.2.	Méthode des éléments finis	18
II.2.2.1.	Définition	18
II.2.2.2.	Principe de la méthode	19
II.2.2.3.	Les grandes lignes de la méthode	19
II.2.2.4.	Les avantages et les inconvénients de la MEF	21
II.2.3.	Méthode des volumes finis	21
II.2.3.1.	Définition	21
II.2.3.2.	Principe de la méthode	22
II.2.3.3.	Les étapes de la méthode	22
II.2.3.4.	Les avantages et les inconvénients de la MVF	22
II.3.	Rappels sur le langage de programmation Fortran	23
II.3.1.	Fortran	23
II.3.2.	Les étapes de mise en œuvre d'un programme	24
II.3.3.	Avantages et inconvénients	24
II.3.3.1.	Avantages du langage Fortran	24
II.3.3.2.	Inconvénients du langage Fortran	25

CHAPITRE III: MODÉLISATION ET RÉOLUTION

III.1.	Introduction	26
III.2.	Description du problème	26
III.3.	Modèle mathématique du transport de soluté inerte dans un milieu poreux non saturé ...	26
III.3.1.	Les hypothèses	27
III.3.2.	Bilan du modèle mathématique MIM	27
III.3.2.1.	Bilan de matière dans la fraction d'eau mobile :	28
III.3.2.2.	Bilan de matière dans la fraction immobile	30
III.4.	Résolution numérique du modèle MIM	31
III.4.1.	Discrétisation du domaine	31
III.4.1.1.	Discrétisation suivant la position	31
III.4.1.2.	Discrétisation suivant le temps	32
III.4.2.	Résolution du modèle MIM	32
III.4.2.1.	Résolution de l'équation du transport dans la fraction immobile	32
III.4.2.2.	Résolution de l'équation du transport dans la fraction mobile	34

CHAPITRE IV: RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

IV.1.	Introduction.....	37
IV.2.	Résultats et discussions.....	38
IV.2.1.	Profil des concentrations à une position fixe	38
IV.2.2.	Profil des concentrations à un temps fixe.....	39
IV.2.3.	Etude de la sensibilité des paramètres du modèle MIM.....	39
IV.2.3.1.	Effet de la fraction d'eau mobile sur l'allure des courbes simulées	40
IV.2.3.2.	Effet du coefficient cinétique d'échange sur l'allure des courbes simulées	42
IV.2.3.3.	Effet du coefficient de dispersion sur l'allure des courbes simulées	44
IV.3.	Conclusion	46
	CONCLUSION GÉNÉRALE	47
	BIBLIOGRAPHIE	48

Conclusion générale

L'objectif principal de ce travail est de résoudre le modèle MIM décrivant le transport d'un soluté inerte dans un milieu poreux non saturé, à double porosité, et d'étudier l'effet de certains paramètres caractérisant ce modèle sur l'allure des courbes de percée. Ce modèle suppose que l'écoulement du soluté inerte dans le milieu poreux n'est pas homogène et qu'une partie d'eau ne participe pas à l'écoulement. La résolution numérique du modèle MIM a été faite par la méthode de Runge Kutta, pour la deuxième équation, et la méthode des différences finies, pour la première équation. Les concentrations réduites simulées ont été calculées à l'aide d'un programme développé en langage Fortran 90. L'exécution de ce programme permet de tracer les courbes de percée simulées à des temps et des espaces différents.

La résolution numérique du modèle MIM a conduit aux conclusions suivantes:

- L'existence d'un échange du soluté entre les zones de fluide mobile et les zones de fluide immobile conduit à des courbes de percée non symétriques.
- La fraction d'eau mobile a un effet important sur le temps d'apparition du soluté.
- Le coefficient cinétique d'échange influe sur les pentes des queues des courbes.
- Le coefficient de dispersion agit principalement sur la pente des montées des courbes.
- Ces trois paramètres ont des effets bien distincts sur l'allure des courbes simulées,
- Pour des valeurs des f élevées, les sensibilités de f et α sur l'allure des courbes de percée sont faibles.
- Seul le coefficient de dispersion contrôle l'allure des courbes de percée pour des valeurs des f élevées.
- La comparaison entre les résultats numériques et théoriques nous permet de valider notre programme développé.