

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	01
CHAPITRE I	
 ECOULEMENT DE L'EAU À TRAVERS UN MILIEU POREUX.....	04
I.1 Introduction.....	04
I.2 Généralités sur les milieux poreux	04
I.2.1 Définition et Morphologie des pores et milieux poreux.....	05
I.2.2 Interconnexions des pores et milieu continu.....	05
I.2.3 Etude granulométrique du milieu poreux.....	06
I.2.4 Caractéristiques physiques du milieu poreux.....	06
I.2.5 Définition et différents types de porosité.....	07
I.2.5.1 La porosité efficace - coefficient de porosité.....	07
I.2.5.2 La porosité effective.....	07
I.2.5.3 La porosité cinématique.....	07
I.2.5.4 Indice des vides.....	08
I.2.5.5 Densité – Poids spécifique.....	08
I.2.6 La conductivité hydraulique ou perméabilité.....	08
I.2.6.1 Définition.....	08
I.2.6.2 Le coefficient de perméabilité.....	09
I.3 Etude mécanique de l'écoulement de l'eau à travers un milieu poreux.....	10
I.3.1 Loi fondamentale de l'écoulement.....	10
I.3.2 Dispositif expérimental de DARCY.....	10
I.3.3 Conditions de validité de la loi de Darcy	11
I.3.4 Généralisation de la loi de DARCY aux écoulements tridimensionnels	11
I.3.5 Application aux écoulements souterrains de la théorie des écoulements à potentiel de vitesse.....	12
I.3.5.1 Existence d'un potentiel des vitesses.....	12
I.3.5.2 Les surfaces équipotentiels.....	13
I.3.6 Equations des écoulements en régime permanent.....	14
I.3.6.1 L'équation de la continuité.....	14
I.3.6.2 L'équation de Laplace.....	14
I.4 Etude cinématique des écoulements à potentielles des vitesses.....	16
I.4.1 Système de référence	16
I.4.1.1 Méthode de Lagrange	16
I.4.1.2 Méthode d'Euler	17
I.4.2 Ligne de courant, surface et tube de courant.....	17
I.4.3 Lignes équipotentiels	17
I.4.4 Fonction de courant.....	18
I.4.5 Conditions aux limites.....	20
I.5 Méthodes de résolution de ces équations	21
I.5.1 Méthode analytique.....	21
I.5.2 Méthode graphique	22
I.5.3 Méthodes analogiques	22
I.5.4 Méthodes numériques	23
I.6 Conclusion.....	23

CHAPITRE II

ETAT DE CONNAISSANCE SUR LES ECOULEMENTS BI ET TRIDIMENSIONNELS ATOURS DES ÉCRANS ÉTANCHES.....	24
II.1 Introduction	24
II.2 Définition	24
II.3 Etude de l'écoulement autour des écrans étanches	25
II.3.1 Notion de débit et perte de charge adimensionnelle	26
II.3.2 Débit d'exhaure des batardeaux plans sans fouille.....	26
II.3.2.1 Débit d'exhaure des batardeaux plans sans fouille dans un milieu fini.....	26
II.3.2.2 Débit d'exhaure des batardeaux plans sans fouille dans un milieu semi-infini	28
II.3.3 Débit d'exhaure des batardeaux plans avec fouille.....	29
II.3.4 Ecoulement sous un écran circulaire	33
II.3.4.1 Batardeaux circulaires sans fouille.....	33
II.3.4.2 Batardeaux circulaires avec fouille.....	35
II.3.4.3 Extension aux batardeaux carrés.....	37
II.3.5 Prise en compte de l'épaisseur de l'écran.....	37
II.4 Prévision du renard dans les écoulements de contournement des écrans étanches.....	38
II.4.1 Introduction.....	38
II.4.2 L'approche expérimentale du phénomène de renard.....	39
II.4.3 Etude expérimentale du renard sur modèle réduit	41
II.4.4 Les méthodes de calcul	43
II.4.4.1 Méthodes de calcul négligeant le frottement.....	43
II.4.4.2 Méthodes de calcul considérant le frottement	45
II.4.5 Comparaison des essais et des différentes méthodes de calcul	45
II.5 Conclusion.....	46

CHAPITRE III

PRESENTATION DE L'OUTIL NUMERIQUE UTILISÉ.....	48
III.1 Introduction.....	48
III.2 Généralités.....	48
III.3 Méthode des différences finies (FDM).....	49
III.4 Schéma de résolution explicite	50
III.5 Forces non équilibrées (UNBALANCED FORCE).....	53
III.6 Présentation du code bidimensionnel (Flac2D).....	54
III.7 Présentation du code tridimensionnel (Flac3D).....	54
III.7.1 Formulation du modèle 3D en différences finies explicite.....	55
III.7.2 Description du modèle mathématique.....	55
III.7.3 Formulation numérique.....	55
III.7.4 Nomenclature.....	56
III.7.5 La solution statique	58
III.7.6 La solution dynamique.....	58
III.7.7 Le maillage en différences finies	58
III.7.8 Création de fichiers de données en Flac3D.....	59
III.7.9 Méthodologie de simulation avec Flac3D.....	60
III.7.10 Génération de maillage.....	61
III.8 Modélisation de l'écoulement.....	62
III.8.1 Modélisation de l'écoulement en Flac.....	62
III.8.2 Modélisation de l'écoulement en Flac3D.....	63
III.8.3 Modélisation de l'écoulement de l'eau avec le calcul de la surface phréatique....	64
III.9 Modèles de comportement.....	65
III.10 Conclusion.....	68

CHAPITRE IV

SIMULATION NUMERIQUE TRIDIMENSIONNELLE ET INTERPRETATION DES RESULTATS.....

IV.1	Introduction.....	70
IV.2	Simulation numérique.....	72
IV.2.1	Procédure de simulation en Flac3D.....	72
IV.2.2	Maillage et conditions aux limites.....	72
IV.3	Débit d'exhaure des batardeaux tridimensionnels sans fouille en milieu fini - Avec alimentation verticale.....	73
IV.3.1	Cas de batardeaux tridimensionnels carrés.....	73
IV.3.2	Cas de batardeaux tridimensionnels rectangulaires.....	79
IV.3.3	Cas de batardeaux axisymétriques circulaires	84
IV.4	Confrontation aux résultats existants.....	92
IV.5	Débit d'exhaure des batardeaux tridimensionnels sans fouille en milieu semi-infini.....	101
IV.5.1	Cas de batardeaux tridimensionnels carrés.....	101
IV.5.2	Cas de batardeaux tridimensionnels rectangulaires.....	101
IV.5.3	Cas de batardeaux axisymétriques circulaires	102
IV.6	Confrontation aux résultats existants.....	104
IV.7	Propositions pour le calcul du débit dans les batardeaux carrés sans fouille.....	106
IV.8	Propositions pour le calcul du débit dans les batardeaux rectangulaires sans fouille.....	107
IV.9	Débit d'exhaure des batardeaux tridimensionnels avec fouille en milieu fini - Avec alimentation verticale.....	107
IV.9.1	Cas de batardeaux tridimensionnels carrés.....	107
IV.9.2	Cas de batardeaux tridimensionnels rectangulaires.....	113
IV.9.3	Cas de batardeaux axisymétriques circulaires	118
IV.10	Confrontation aux résultats existants.....	123
IV.11	Débit d'exhaure des batardeaux tridimensionnels avec fouille en milieu semi-infini	128
IV.11.1	Cas de batardeaux tridimensionnels carrés.....	128
IV.11.2	Cas de batardeaux tridimensionnels rectangulaires.....	129
IV.11.3	Cas de batardeaux axisymétriques circulaires	130
IV.12	Confrontation aux résultats existants.....	132
IV.13	Conclusion.....	137

CHAPITRE V

PREVISION NUMERIQUE TRIDIMENSIONNELLE DU RENARD DANS LES ECOULEMENTS DE CONTOURNEMENT DES ECRANS ETANCHES.....

V.1	Introduction.....	139
V.2	Gradient de sortie des batardeaux tridimensionnels et coefficient de sécurité à la boullance.....	140
V.3	Gradient moyen des batardeaux tridimensionnels et coefficient de sécurité au soulèvement.....	141
V.4	Gradient de sortie et coefficients de sécurité des batardeaux tridimensionnels sans fouille dans un milieu fini.....	142
V.4.1	Cas de batardeaux tridimensionnels carrés	142
V.4.2	Cas de batardeaux tridimensionnels rectangulaires.....	143
V.4.3	Cas de batardeaux axisymétriques circulaires	144
V.5	Gradient de sortie et coefficients de sécurité des batardeaux tridimensionnels sans fouille dans un milieu semi-infini.....	145

V.5.1 Cas de batardeaux tridimensionnels carrés	145
V.5.2 Cas de batardeaux tridimensionnels rectangulaires	146
V.5.3 Cas de batardeaux axisymétriques circulaires	147
V.6 Gradient de sortie et coefficients de sécurité des batardeaux tridimensionnels avec fouille dans un milieu fini.....	148
V.6.1 Cas de batardeaux tridimensionnels carrés	148
V.6.2 Cas de batardeaux tridimensionnels rectangulaires	149
V.6.3 Cas de batardeaux axisymétriques circulaires	150
V.7 Gradient de sortie et coefficients de sécurité des batardeaux tridimensionnels avec fouille dans un milieu semi-infini.....	151
V.7.1 Cas de batardeaux tridimensionnels carrés	151
V.7.2 Cas de batardeaux tridimensionnels rectangulaires	152
V.7.3 Cas de batardeaux axisymétriques circulaires	152
V.8 Calcul pratique des gradients moyen et de sortie.....	154
V.8.1 Calcul du gradient moyen	154
V.8.2 Calcul du gradient de sortie	154
V.9 Tableau récapitulatif.....	155
V.10 Conclusion	155
 CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS	156
 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	