

## INTRODUCTION GENERALE

La présence de l'eau dans le sol représente un facteur de gêne ou d'intérêt selon les préoccupations de l'ingénieur. Dans certains cas, le problème porte sur l'exploitation de la ressource par des prélèvements d'eau souterraine ; et dans d'autres il peut s'agir d'épuiser une fouille avant les travaux souterrains. Après avoir introduit les lois et équations qui gouvernent les écoulements en milieux poreux, on s'attache à résoudre par des méthodes numériques, quelques problèmes courants en hydraulique souterraine. Ainsi la distribution des pressions interstitielles dans un sol, l'évaluation de l'influence d'excavation, et le calcul du débit d'exhaure à travers un ouvrage géotechnique sont abordés.

Lorsque l'excavation pénètre dans la nappe, il peut être intéressant de combiner les fonctions des écrans de soutènement et d'étanchéité, cette solution étant presque obligatoire en cas d'horizon très perméable. La mise hors d'eau de la fouille, bien que provisoire, pèse alors lourdement sur l'économie du projet. Elle peut être de plus à l'origine d'incidents tels que le renard. Généralement localisé, il n'entraîne que très exceptionnellement la ruine de l'ouvrage mais occasionne fréquemment des désordres aux ouvrages voisins et des retards importants dans l'exécution des terrassements.

Ces problèmes d'écoulements peuvent être résolus au moyen de diverses méthodes analogiques ou numériques, mais leur mise en œuvre trop lourde limite leur emploi aux projets exceptionnels.

La résolution des problèmes d'écoulement souterrains réels décrits par la loi de Darcy est le plus souvent impossible analytiquement. On peut obtenir des solutions approchées soit à l'aide de méthodes analogiques telles que la cuve rhéométrique et l'analogie sur papier conducteur, soit au moyen de méthodes numériques telles que les différences finies et les éléments finis.

Pour toutes nos simulations de l'écoulement contournant les écrans étanches, nous avons adopté la méthode des différences finies explicite implantée dans le code **Flac**.

Fréquemment, les configurations réelles sont telles (enceinte ramassée) que le problème ne peut être considéré comme plan. L'écoulement vers la fouille n'est plus alors à filets parallèles mais convergents, ce qui introduit une perte de charge supplémentaire (KASTNER [1982]).

L'hypothèse de l'écran carré, rectangulaire et circulaire constitue donc une approche commode de ces écoulements tridimensionnels en notant que la symétrie de révolution permettant d'en faire l'étude dans le plan pour le dernier cas. Les résultats pratiques concernant ces problèmes sont cependant assez peu nombreux. En outre, les résultats des diverses études faites étant trop fragmentaires, nous allons réaliser nos expérimentations numériques qui permettent de simuler ces écoulements tridimensionnels avec précision. Les modèles conçus à l'aide du code Flac3D et

Flac2D (en axisymétrie) nous permettent d'étudier les batardeaux carrés, rectangulaires et circulaires dans différents types de milieu.

Face au problème de la mise hors d'eau d'une fouille, l'ingénieur se trouve confronté à un triple problème :

- Ø Evaluer correctement les perméabilités des différentes couches du sol concernées à l'échelle des travaux envisagés.
- Ø Calculer les débits d'exhaure en remplaçant le domaine réel, hétérogène et avec des conditions aux limites complexes par une représentation schématique accessible au calcul.
- Ø Estimer l'incertitude dont est entaché le résultat. Ce dernier point est important pour les problèmes d'écoulement dans la mesure où la marge d'incertitude y est généralement assez large, pouvant dépasser 100 % et mettre en cause la solution retenue.

Le risque, négligeable lorsque le débit ainsi évalué est de l'ordre de quelques dizaines de  $m^3/h$ , peut devenir inacceptable lorsqu'il atteint 1000 à 2000  $m^3/h$ .

Si la méthode de calcul est précise, la marge d'incertitude dépendra essentiellement de l'évaluation des perméabilités et de la pertinence de la schématisation du domaine réel et des conditions aux limites.

C'est dans ce contexte que nous nous sommes fixés pour objectif l'élaboration d'un « Outil » de calcul précis du débit d'exhaure et des pertes de charge pour des cas *tridimensionnels* bien proches de la réalité. Cet outil, composé d'abaques, doit rester de mise en oeuvre très simple afin de permettre au praticien de tester rapidement ses diverses hypothèses sur les perméabilités, les conditions aux limites et schématisations du domaine d'écoulement. L'ensemble des résultats ainsi obtenus lui permettra de mieux apprécier l'incertitude touchant son estimation du débit.

L'ingénieur dispose déjà de quelques abaques et relations analytiques en écoulement *plan* qui fournissent des solutions partielles et plus au moins précises à ce problème, mais ces relations présentent, pour la plupart, l'inconvénient d'avoir un domaine d'application défini de manière très vague en surestimant le débit et sous-estimant les pertes de charge. Ainsi telle relation est-elle censée s'appliquer au cas des fouilles étroites, sans autre précision.

Les simulations numériques réalisées, nous ont permis de proposer des abaques et des méthodes de calcul approchées couvrant un éventail de cas rencontrés en pratique plus large que celui disponible en littérature.

En comparant nos résultats avec ceux de littérature, on a mis en évidence et cerné les limitations de chaque méthode et l'erreur maximale pouvant entacher le débit ainsi calculé.

Ce document, synthétisant notre étude est scindé en cinq chapitres, la présente introduction et une conclusion générale.

- Le **premier chapitre** est consacré aux généralités sur les écoulements souterrains et les différentes méthodes de résolutions des problèmes liés aux écoulements à travers un milieu poreux.
- L'étude bibliographique des écoulements contournant les écrans étanches et les différentes méthodes de calcul de ces écoulements fait l'objet du **chapitre II**.
- Le **chapitre III**, quant à lui, il est consacré à la présentation de l'outil numérique utilisé dans notre étude et les lois de comportement adoptées dans notre modèle.
- Dans le **chapitre IV**, nous allons enfin implanter tous ces modèles dans le code de calcul aux différences finies **Flac3D** et **Flac2D**. La démarche consiste de déterminer les caractéristiques hydrauliques : débit d'exhaure, pressions interstitielles et les pertes de charge. L'étude de l'effet tridimensionnel sur les différents calculs obtenus, les résultats, les graphes et les discussions de ces derniers font aussi l'objet de ce chapitre.
- L'étude numérique tridimensionnelle du phénomène de renard en faisant évaluer le gradient adimensionnel et les facteurs de sécurité contre la boullance et le soulèvement sera la tache du **chapitre V**.

Enfin, les conclusions générales de cette étude sont dégagées, des perspectives et des recommandations proposées.