

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche Scientifique

UNIVERSITE MOHAMED KHIDER – BISKRA-  
Faculté des sciences et des Sciences de l'ingénieur  
Département d'Hydraulique

N° d'ordre :.....  
Série :.....

## **Mémoire de Magister en hydraulique**

*Option : Sciences hydrauliques*

Présenté par

Allia Zineb

Ingénieur d'état en hydraulique

### **THEME**

***prévision numérique du débit d'exhaure des  
fouilles protégées par un écran étanche et  
risque du renard***

**SOUTENU LE 23/ 04 / 2005**

**Devant le jury :**

<b>Président :</b>	<b>A. BOUMEKIK</b>	<b>Professeur</b>	<b>Univ.Constantine</b>
<b>Examineur :</b>	<b>M.T. BELARBI</b>	<b>Maître de conférence</b>	<b>Univ. Biskra</b>
<b>Examineur :</b>	<b>M. DEBABECHE</b>	<b>Maître de conférence</b>	<b>Univ. Biskra</b>
<b>Rapporteur :</b>	<b>N. BENMEBAREK</b>	<b>Maître de conférence</b>	<b>Univ. Biskra</b>
<b>Invité :</b>	<b>A. OUAMANE</b>	<b>Chargé de cour</b>	<b>Univ. Biskra</b>

# *Remerciements*

J'exprime mes sincères et profonds remerciements et reconnaissances à madame BENMEBAREK Naïma Maître de conférences à l'université de Biskra qui m'a encadrée durant ce travail et pour ses conseils et son suivi pour l'élaboration de ce travail. Qu'elle puisse trouver ici témoignage de ma profonde gratitude.

Je tiens à remercier également monsieur le Professeur BOUMEKIK Ahmed qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de jury. Je tiens à lui exprimer ma plus profonde gratitude.

Je tiens aussi à remercier les membres de jury : Monsieur DEBABECHE Mahmoud et Monsieur BELARBI M.Tahar, Maîtres de Conférences pour l'intérêt qu'ils portent à ce travail en acceptant de le juger.

J'exprime également mes plus vifs remerciements à monsieur OUMANE Ahmed qui a accepté d'être invité à la soutenance;

Un remerciement spécial est adressé à Dr PHILIPPE MATHIEU, de l'INSA de Lyon, qui nous a offert gratuitement la clé du logiciel Eausol.

Je remercie aussi tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour l'élaboration de ce travail.

Enfin mes remerciements vont à l'ensemble du corps enseignant de l'institut d'Hydraulique à l'université de Biskra

# ABSTRACT

Urban development often requires the construction of excavations penetrating deeply under ground water table. The seepage flow forces during dewatering may have significant consequences on the site work advance and may influence the stability of the sheet piles where bulk heave or piping may occur. Although, the engineer find in literature several analytical relations and charts, using these methods, the comparison of results highlight the inaccuracy of certain relations and certain charts often with a very unclear definition of the applicability domain.

In particular, the intersection between these methods, at their boundaries is often bad in very useful zones for the practical applications. This study deals with the estimation of the pumping flow and the risk of bottom excavation instability using the software EAUSOL and the method of the fragments with the condition of lower pumping flow so that the level of the water can be considered constant.

**Key words:** deep excavation, seepage, numerical modelling, piping, stability.

## الملخص

غالبا ما تؤدي الأشغال الجوفية في المناطق الحضرية إلى حفر عميقة تمتد بعيدا في الطبقة المائية حيث تفريغها يؤثر سلبا على ميزانية المشروع كما يمكن أن يسبب التفريغ أيضا مشاكل عديدة أبرزها ظاهرة الثعلب يتوفر المهندس على عدة مخططات وعلاقات تحليلية ناجمة عن تجارب مخبرية يستعملها في الميدان يواجه صعوبات ناتجة عن ضيق مجال تطبيقها . تطور برمجة الطرق العددية في السنوات الأخيرة سمح لنا بدراسة معظم الحفر التي تواجهنا في التطبيق مع تحديد المجال ومقدار الخطأ بدقة . يهدف هذا العمل إلى التنبؤ بتدفق التفريغ و خطر عدم استقرار أرضية الحفرة باستعمال البرامجي EAUSOL في الحفر المحمية بأحجبة واقية كتيمة. تعتمد الحسابات العددية المستعملة على طريقة التجزئة بشرط أن يكون تدفق الضخ ضعيفا نوعا ما حتى لا يؤثر على مستوى مياه الطبقة المائية و يمكن اعتباره ثابتا.

الجزء الأول من هذا البحث يتطرق إلى تقييم تأثير العرض النسبي للحفر على الخصائص الهيدروليكية, و كذا تأثير الحاجز المغمور في التربة, و ذلك في وسط نهائي و نصف نهائي.

تحليل هذه النتائج سمح لنا باستخراج نتائج نظرية و كذا تطبيقية.

الجزء الثاني يتعلق بتحديد قيم الميل الهيدرو ليكي (ميل الخروج و المتوسط), هذا الأخير يرتكز على الملاحظات التجريبية التي تبين إن عدم استقرار الحفر يمكن أن يكون نتيجة صعود جزء من التربة أو الماء المحمل بالتربة.

نتائج عددية و منحنيات قد تم تقديمها و مناقشتها.

**الكلمات المفتاحية:** نمذجة رقمية, ظاهرة الثعلب, الحفر, الجريان, الحاجز.

# RESUME


Les observations effectuées sur les différents chantiers et modèles réduits ont mis en évidence l'effet des forces d'écoulement sur la stabilité du fond de fouille, avec le développement d'excavations pénétrant profondément sous le niveau de la nappe, ces forces peuvent avoir des conséquences importantes sur le déroulement du chantier. Face au problème de la mise hors d'eau d'une fouille, l'ingénieur dispose déjà de relations analytiques et des abaques, l'étude et la comparaison de ces résultats mettent en évidence l'imprécision de certaines relations et certains abaques avec une définition souvent très floue du domaine d'application. En particulier, les recoupements entre ces méthodes, à leurs frontières sont souvent mauvais dans des zones très utiles pour les applications pratiques. Ce travail vise l'estimation du débit d'exhaure et la prévision du danger de renard en utilisant le Logiciel EAUSOL en éléments finis et la méthode des fragments à condition que le débit de pompage soit faible pour que le niveau de la nappe puisse être considéré constant. De nombreuses simulations nous ont permis de proposer des abaques couvrant des cas rencontrés en pratique. La comparaison de nos résultats avec ceux de la partie bibliographique nous a permis de préciser le domaine d'application des différents abaques et formules utilisés couramment dans la pratique. Les abaques obtenus permettent l'estimation des pertes de charges hydrauliques causant le renard et les conditions d'apparition du soulèvement dans les batardeaux plans sans et avec fouille protégés par des écrans étanches dans les milieux fini et semi infini.


**Mots clés :** Modélisation numérique, Renard, fouille, écoulement, écran.

# INTRODUCTION GENERALE

Les observations effectuées sur les différents chantiers et modèles réduits ont mis en évidence l'effet des forces d'écoulement sur la stabilité du fond de fouille, lors de la mise hors d'eau des excavations. Avec le développement d'excavations pénétrant profondément sous le niveau de la nappe, ces forces, souvent ignorées ou mal prises en compte, peuvent avoir des conséquences importantes sur le déroulement du chantier. Le phénomène élémentaire provoquant le renard est bien connu et expliqué par la notion du gradient hydraulique critique. Par contre, l'application de cette notion au problème de l'écoulement autour d'un écran étanche est complexe, cet écoulement n'étant pas uniforme.

Le phénomène susceptible de se développer sous l'effet de l'écoulement autour du rideau de soutènement recouvre en fait deux mécanismes distincts :

 La boullance, phénomène de surface directement gouverné par le gradient critique de TERZAGHI.

 Le soulèvement généralisé est plus complexe et mal connu, concernant dans sa masse un prisme de sol devant la fiche, et susceptible de mettre en cause la stabilité de l'écran.

En pratique, le problème est encore compliqué par l'hétérogénéité marquée du sol vis à vis de la perméabilité.

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.

Ø 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 avons fixé pour objectif l'élaboration d'un « outil » de calcul précis du débit d'exhaure et des pertes de charge. Cet outil, composé d'abaques, doit rester de mise en œuvre 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 nous permettra de mieux apprécier l'incertitude touchant notre estimation du débit.

Nous avons partagé notre mémoire en deux parties :

La première partie est consacrée à la recherche bibliographique, elle comporte deux chapitres.

Dans le premier chapitre, nous rappelons un certain nombre de connaissances de base, nous aborderons l'eau dans le sol et l'écoulement de l'eau dans le sol ainsi que les techniques de résolution des problèmes d'écoulement en milieu poreux.

Une étude bibliographique concernant le calcul du renard à partir d'expérimentations sur modèles réduits et les travaux antérieurs sur la stabilité de l'écran font l'objet du deuxième chapitre.

Dans la deuxième partie, nous présentons dans le troisième chapitre une description du code numérique *EAUSOL*.

Le chapitre IV vise l'estimation du débit d'exhaure et la prévision du danger de renard en utilisant le Logiciel EAUSOL et la méthode des fragments à condition que le débit de pompage soit faible pour que le niveau de la nappe puisse être considéré constant. De nombreuses simulations nous ont permis de proposer des abaques couvrant des cas rencontrés en pratique. Nous avons essayé finalement de préciser le domaine d'application des différents abaques et formules utilisés couramment dans la pratique.