

**THÈSE PRÉSENTÉE A L'UNIVERSITÉ D'ORLÉANS  
POUR OBTENIR LE GRADE DE  
DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ D'ORLÉANS**

**PAR**

**Carlos ALDANA**

**ÉCOLE DOCTORALE ENERGIE, MATERIAUX, SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS**  
*Discipline : Science de la Terre*

**Etude des propriétés de transfert de la zone non saturée.  
Application aux Calcaires Aquitaniens de l'aquifère de Beauce**

Soutenue Publiquement

**Le 17 juin 2019 à 14h00**

*Salle E001 de l'ISTO - 1A rue de la Ferrolerie – 45100 Orléans  
Observatoire des Sciences de l'Univers en région Centre*

**MEMBRES DU JURY :**

**Yves COQUET**  
**Ary BRUAND**

Professeur, AgroParisTech  
Professeur, Université d'Orléans

**Claude HAMMECKER**  
**Christelle MARLIN**

Chargé de recherche, IRD  
Professeur, Université Paris Sud

**Isabelle COUSIN**  
**Laurent LASSABATÈRE**  
**Christophe POINCLOU**

Directrice de recherche, INRA Orléans  
Ingénieur des Travaux Publiques de l'Etat, ENTPE  
Ingénieur, ANTEA Group Orléans

**RÉSUMÉ**

L'aquifère calcaire de Beauce a été étudié au cours des dernières décennies. Cependant, la plupart des études ont concerné les tous premiers mètres de la zone non saturée et/ou la zone saturée de l'aquifère. Les processus d'écoulement, à travers la ZNS ne sont pas bien compris. De nombreux auteurs ont souligné son hétérogénéité, aussi bien latérale que verticale, avec des lithologies assez variables. L'accès à toute la ZNS reste un enjeu majeur, dont les principales difficultés sont techniques et économiques. L'objectif est de contribuer à une meilleure compréhension des mécanismes de transfert de l'eau au sein de la ZNS l'aquifère de Beauce. Cette ZNS va de la surface du sol jusqu'à une profondeur d'une vingtaine de mètres. L'échantillonnage de la zone d'étude a été réalisé via une campagne de carottage. Trois sondages carottés d'une profondeur de 20 m ont permis de recueillir d'échantillons intacts pour pouvoir réaliser une caractérisation des matériaux. Pour l'étude des propriétés de transfert de l'eau, un dispositif expérimental de type triaxial a été conçu pour la mesure des propriétés hydriques avec la méthode multi-step de débit d'extraction. Les valeurs  $K_{sat}$  de sable marneux sont les plus élevées parmi les faciès de la ZNS à exception des certains échantillons de roches micro-fissurées. Les valeurs plus faibles ont été observés pour le sol limono-argileux et pour les faciès de marne. La courbe de  $\theta(h)$  la plus élevée est celle mesurée pour les sols. Les valeurs les plus faibles correspondent à la roche. La roche calcaire se désaturent très rapidement lorsque le potentiel matriciel diminue, ce qui engendre une diminution brutale de  $K(\theta)$ . Nos résultats montrent que les premiers mètres de la ZNS représentent une zone où l'écoulement vers la nappe est relativement lent, mais, à partir d'environ 7 mètres de profondeur, le transport de l'eau est beaucoup plus rapide étant donné la présence de fissures et fractures et la faible rétention en eau des roches de la ZNS. Une première estimation du temps de transfert dans la ZNS de l'aquifère des Calcaires de Beauce, au droit du site étudié, donne une valeur de 25 – 30 ans.