

Soutenance de thèse de Haroun Nouradine le mercredi 20 décembre 2023 à 14 h

Salle de conférences de l'UFR TEB - Tour 46/56 - 2^{ème} étage - site Jussieu - SU

Salle virtuelle : <https://zoom.us/j/96789918442?pwd=b3ZuSWRZYlIiWZUhdzV0RHBOY240UT09>

Évaluation des ressources en eau dans les aquifères de socle dans la région du Guéra (Tchad) : combinaison d'approches géologiques, hydrogéologiques, géophysiques, géochimiques et d'apprentissage automatique

Résumé : Les aquifères de socle cristallin posent un défi majeur pour les hydrogéologues d'aujourd'hui en raison de leur hétérogénéité et de leur discontinuité. Ils sont la principale source d'eau potable dans plusieurs régions du monde, notamment en Afrique subsaharienne et au Tchad. Cependant, les aquifères de socle du Tchad ont été peu étudiés, ce qui rend difficile leur exploitation pour répondre aux besoins en eau de la population. Notre étude porte sur la région du Guéra, située dans le bassin du lac Tchad, qui est caractérisée par un socle cristallin composé à 90% de granitoïdes et de roches métamorphiques, et soumise à un climat sahélo-soudanien. Cette région a été choisie pour cette étude en raison de la disponibilité de données existantes. En effet, malgré les efforts déployés pour améliorer l'accès à la ressource en utilisant des techniques hydrogéologiques et géophysiques basées sur des méthodes électriques 1D et 2D combinées aux linéaments, le taux d'échec des forages d'eau reste élevé.

Afin de mieux comprendre le fonctionnement des aquifères de socle et d'améliorer l'accès à l'eau potable dans cette région, nous proposons dans cette thèse une approche multidimensionnelle, combinant la géologie, l'hydrogéologie, la géophysique, la géochimie et l'apprentissage automatique. L'approche hydrogéophysique, basée sur l'exploitation approfondie des nombreuses données existantes (données techniques de 798 forages, 700 profils EM34 et 592 panneaux électriques), a permis d'identifier les principales formations sur lesquelles repose le modèle hydrogéologique conceptuel local, ainsi que leur gamme de résistivité électrique, et de déterminer les facteurs qui contrôlent la productivité des aquifères. L'installation d'un réseau préliminaire de suivi piézométrique automatisé depuis 2021 a permis d'aborder la dynamique des fluctuations de la nappe. Les méthodes géochimiques et isotopiques, appliquées à 211 échantillons, ont permis d'identifier et de comprendre les processus de minéralisation des eaux souterraines, de différencier les différentes formations aquifères, de valider le modèle conceptuel, d'évaluer la vulnérabilité et de comprendre les mécanismes de recharge et l'âge des eaux souterraines. Enfin, une méthode d'apprentissage automatique a été testée à partir des données produites dans cette thèse pour évaluer le potentiel de ce type d'approche à identifier les critères de productivité, et cartographier à grande échelle les zones dont le potentiel en eau souterraine est favorable à l'implantation de forages.

Mots-clefs : aquifère de socle, géophysique, hydrogéologie, modèle conceptuel, géochimie, apprentissage automatique, Guéra (Tchad).

Summary: The crystalline basement aquifers present a major challenge for today's hydrogeologists due to their heterogeneity and discontinuity. They are the main source of drinking water in several regions of the world, particularly in sub-Saharan Africa and Chad. However, the crystalline basement aquifers in Chad have been poorly studied, making it difficult to exploit them to meet the water needs of the population. Our study focuses on the Guéra region, located in the Lake Chad Basin, which is characterized by a crystalline basement composed of 90% granitoids and metamorphic rocks, and subjected to a Sahelian-Sudanian climate. This region was chosen for this study due to the availability of existing data. Despite efforts to improve access to the resource using hydrogeological and geophysical techniques based on 1D and 2D electrical methods combined with lineaments, the failure rate of water wells remains high.

In order to better understand the functioning of the crystalline basement aquifers and improve access to drinking water in this region, we propose in this thesis a multidimensional approach, combining geology, hydrogeology, geophysics, geochemistry, and machine learning. The hydrogeophysical approach, based on the in-depth exploitation of numerous existing data (technical data from 798 wells, 700 EM34 profiles, and 592 electrical panels), has allowed us to identify the main formations on which the local hydrogeological conceptual model is based, as well as their range of electrical resistivity, and to determine the factors that control the productivity of the aquifers. The installation of a preliminary automated piezometric monitoring network since 2021 has addressed the dynamics of groundwater fluctuations. Geochemical and isotopic methods, applied to 211 samples, have allowed us to identify and understand the processes of groundwater mineralization, differentiate between different aquifer formations, validate the conceptual model, assess vulnerability, and understand recharge mechanisms and groundwater age. Finally, a machine learning method has been tested using the data produced in this thesis to evaluate the potential of this approach to identify productivity criteria and map on a large scale the areas where the potential for groundwater is favorable for well installation.

Keywords: crystalline basement aquifer, geophysics, hydrogeology, conceptual model, geochemistry, machine learning, Guéra (Chad).