



# PROPOSITION DE THESE 2021

>Réf: Avant-projet de thèse N°ED/01/2021

<b>Titre du projet</b>	<b>Développement de nouveaux outils hydrogéophysiques de caractérisation des aquifères en milieu de socle</b>
<b>Mots clés</b>	Socle, hydrogéologie, hydrogéophysique, cartographie
<b>Contexte et enjeux</b>	<p>Aujourd'hui, environ 30% des Burkinabés n'ont pas accès à l'eau potable. La nouvelle politique nationale de l'eau élaborée en 2016 se fixe pourtant comme objectif que « En 2030, la ressource en eau du pays est connue et gérée efficacement pour réaliser le droit d'accès universel à l'eau et à l'assainissement, afin de contribuer au développement durable» (MEA, 2016). Cette politique s'appuie notamment sur une nouvelle approche dans laquelle la majorité de la population est desservie en eau par borne-fontaine ou branchement privé, et plus par pompe à motricité humaine. Cependant, le type d'infrastructure recommandé nécessite une production locale d'eau beaucoup plus importante que celle nécessaire au fonctionnement d'une pompe manuelle. Or, l'eau est une ressource difficile à trouver dans la zone dite de Socle qui couvre près de 80% de la superficie du Burkina Faso (Koussoubé, 1996). En effet, le nombre de forages abandonnés, car secs ou ne délivrant pas assez d'eau, réalisé dans cette zone est très important. En outre, une fois le forage implanté et réalisé, la durabilité du pompage n'est pas assurée et la production d'eau de nombreux forages diminue au cours de leur exploitation. Ce dernier point constitue une faiblesse notée dans la nouvelle approche de la politique nationale pour l'accès à l'eau en ce sens où seul les « gros débits » (qui sont rares en zone de socle) pour une production locale d'eau beaucoup plus abondante sont ciblés sans tenir compte de la pérennité des prélèvements d'eau.</p> <p>Depuis des décennies, les linéaments identifiés en surface sont supposés indiquer la présence d'eau souterraine et constituent, pour les hydrogéologues et les opérateurs de terrain, la cible recherchée pour l'implantation de forage en zone de socle. Cependant, une synthèse des données existantes (plus de 25000 forages au Burkina Faso, Bénin, Niger et Côte d'Ivoire) indique que près de 40% des forages réalisés à partir de recherche de linéaments sont négatifs (secs ou ne délivrant pas assez d'eau pour être mis en exploitation). De même, une étude menée récemment au Bénin semble indiquer une absence de relation entre le taux d'échecs des forages et la distance qui les sépare des linéaments, quelle que soit leur orientation (Vouillamoz et al., 2015a ; Allé et al., 2018). Les observations issues de ces études sont (1) que le nombre de forages négatifs réalisés dans le socle est très important au Burkina Faso et dans toute la région</p>

	<p>d'Afrique de l'Ouest, et (2) un forage n'a, peut-être, pas plus de chance d'être positif si il est proche d'un linéament.</p> <p>En revanche, l'étude menée au Bénin (Vouillamoz et al., 2015a) sur près de 4000 forages indique une bonne relation entre l'épaisseur d'altération et le taux de succès des forages (Fig. 2). Ainsi, une altération de 10 m d'épaisseur présente 50% de chance de produire un forage négatif, alors qu'à partir d'une épaisseur d'altération de 20 m, on a environ 80% de chance d'avoir un forage positif avec un débit acceptable. ces observations suggèrent que le succès des forages est contrôlé par l'épaisseur d'altération plutôt que par la proximité d'un linéament, et donc qu'il indispensable de revisiter la façon dont les forages sont implantés traditionnellement dans le socle au Burkina Faso et en Afrique de l'Ouest pour améliorer l'accès à l'eau des populations.</p> <p>Dans l'optique d'une révision de la démarche classique d'implantation de forage en zone de socle basée sur la recherche de linéaments, il est nécessaire de valider les résultats obtenus au Bénin avec des données issues d'un pays voisin mais présentant des différences climatiques et géologiques: c'est le cas du Burkina Faso dont le climat est plus aride et la géologie de socle différente.</p> <p>Ce travail de validation dans un autre contexte a été amorcé au cours de travaux antérieurs effectués sur le site de Sanon au Burkina Faso (Soro et al., 2017). Quelle que soit la source d'imagerie (images satellitaires ou photos aériennes), on arrive aux mêmes conclusions : alors qu'ils recoupent des linéaments, les panneaux électriques ne révèlent pas l'existence de fracturation (Soro et al., 2017). Ainsi donc, si les linéaments ne représentent pas toujours une fracture, cela pourrait expliquer le taux d'échec élevé des forages implantés à proximité de linéaments.</p> <p>Le seul site de Sanon ne pouvant pas représenter la diversité du socle du Burkina Faso, nous proposons d'étendre ces études à d'autres régions de socle du pays. Notre objectif est de vérifier si le succès des forages au Burkina Faso est d'abord contrôlé par l'épaisseur d'altération (comme au Bénin) ou si la proximité d'un linéament joue également un rôle de premier ordre. Cette vérification est indispensable pour clarifier la cible hydrogéologique et ainsi proposer une démarche d'implantation de forage robuste pour améliorer l'accès à l'eau sans investissements supplémentaires notables. La révision de la démarche d'implantation s'appuiera sur les données de socle du Burkina Faso qui seront comparées à celle déjà obtenues au Bénin, avec en perspective, des extensions futures à d'autres pays de socle en Afrique de l'Ouest.</p> <p>Ce projet est ainsi élaboré dans le but de l'amélioration de l'accès à l'eau en zone de socle Africain en générale et au Burkina Faso en particulier en tenant compte de la nouvelle approche de la politique nationale pour l'accès à l'eau. Il se décline en 2 axes. Pour faire en sorte que les populations vivant en zone de socle au Burkina Faso (et en Afrique) aient accès à l'eau potable en quantité suffisante et de façon durable, le présent projet ambitionne apporter des améliorations à (1) l'état de la connaissance des eaux souterraines et (2) aux techniques mises en œuvre pour leur détection/mobilisation.</p>
<p><b>Objectifs</b></p>	<p>L'objectif général de cette étude est d'améliorer l'accès à l'eau en zone de socle Africain en générale et au Burkina Faso en particulier</p> <p>Spécifiquement, il s'agira de :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Proposer une cartographie des cibles hydrogéologique</li> <li>2. Développement d'une approche hydrogéophysique pour la</li> </ol>

	recherche d'eau en zone du socle
<b>Références citées</b>	<p>Vouillamoz, J.M., Tossa, A.Y.A., Chatenoux, B., Kpegli, K.A.R., 2015b. Propriétés des aquifères de socle du Bénin: analyse multi-variables et multi-échelles des paramètres de contrôle. « Aquifères de socle : le point sur les concepts et les applications opérationnelles » La Roche-sur-Yon, juin 2015.</p> <p>Alle, I.C., Descloitres, M., Vouillamoz, J.-M., Yalo, N., Lawson, F.M.A., Adihou, A.C., 2018. Why 1D electrical resistivity techniques can result in inaccurate siting of boreholes in hard rock aquifers and why electrical resistivity tomography must be preferred: The example of Benin, West Africa. Journal of African Earth Sciences 139,341–353.</p> <p>Donissongou Dimitri Soro, Mahamadou Koïta, Chabi Angelbert Biauou, Eli Outoumbe, Jean-Michel Vouillamoz, Hama Yacouba, Roger Guerin. (2017). Geophysical demonstration of the absence of correlation between lineaments and hydrogeologically usefull fractures: Case study of the Sanon hard rock aquifer (central northern Burkina Faso), Journal of African Earth Sciences 129 (2017) 842-852</p>
<b>Approche et Résultats attendus</b>	<p><b>Cartographie des cibles hydrogéologiques</b></p> <p>Livrables de cet objectif sont :  Définition de(s) cible(s) hydrogéologique(s) pour l'implantation de forage en zone de socle.  Carte hydrogéologique des réservoirs d'eau souterraine comportant des couches renseignant sur (1) la/les cibles hydrogéologiques pour l'implantation de forage en fonction des unités géologiques, (2) les réserves en eau souterraine disponible et (3) le renouvellement des réserves (recharge).</p> <p>L'impact principal des résultats est l'amélioration l'accès à l'eau des populations en favorisant la localisation de forages ayant des débits élevés et pérenne.</p> <p><b>Développement d'une approche hydrogéophysique pour la recherche d'eau en zone du socle</b></p> <p>Livrables de cet objectif sont :  Proposition d'une méthodologie révisée d'implantation de forage en zone de socle.  Proposition d'un seuil d'intérêt économique d'utilisation de chaque méthode et/ou combinaison de méthode.</p> <p>L'impact principal des résultats de cet axe est l'amélioration l'accès à l'eau des populations en optimisant l'implantation des forages et les coûts associés.</p> <p><u>Afin d'obtenir les résultats escomptés, les activités ci-dessous seront mises en place. Notons que certaines activités, notamment celles relatives aux travaux de terrain, sont communes aux deux axes.</u></p> <p><b>Cartographie des cibles hydrogéologiques</b></p> <p>1. Sélection de 4 sites expérimentaux. Ces sites doivent représenter</p>

	<p>les principales formations géologiques de socle rencontrés au Burkina Faso, et disposer d'un certain nombre de données nécessaires à la présente étude (suivi piézo et météo, caractérisation de l'aquifère). Sur chacun des sites expérimentaux, les principales activités suivantes seront réalisées:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. analyse des linéaments</li> <li>b. réalisation de mesures géophysiques (DC-2D et RMP) pour déterminer l'épaisseur des réservoirs souterrains</li> <li>c. réalisation de pompages d'essai (72 heures) pour déterminer les propriétés hydrogéologiques des réservoirs souterrains,</li> <li>d. recherche des paramètres de contrôle des propriétés des forages (rôle des linéaments, de l'altération etc.)</li> <li>e. calcul des réserves en eau souterraine et de leur renouvellement.</li> </ol> <p>2. Étude statistique des forages de socle du Burkina Faso : épaisseur d'altération, profondeur des venues d'eau, débit spécifique, etc.</p> <p>3. Analyse et traitement des chroniques piézométriques du réseau d'observation national:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. sélection de sites disposant de chroniques piézométriques exploitables</li> <li>b. mesures géophysiques (RMP) sur les sites sélectionnés.</li> <li>c. Quantification des réserves en eau souterraines</li> <li>d. Calcul de la recharge</li> </ol> <p><b>Développement d'une approche hydrogéophysique pour la recherche d'eau en zone du socle</b></p> <p>1. Sélection de 4 sites expérimentaux en zone de socle du Burkina Faso. Ces sites doivent représenter les principales formations géologiques de socle rencontrées au pays, et disposer d'un certain nombre de données nécessaires à la présente étude (présence de forages/piézomètres renseignés). Sur chacun des sites expérimentaux, les principales activités suivantes seront réalisées:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Mesures géophysiques : électromagnétique fréquentiel, électrique 1D et 2D, sismique réflexion, RMP.</li> <li>b. Réalisation d'essais de pompage longue durée (72 heures)</li> <li>c. Comparaison des résultats d'interprétation des mesures géophysiques et de pompages.</li> </ol> <p>2. Analyse économique de la mise en œuvre de chaque méthode géophysique.</p>
<b>Laboratoire d'accueil</b>	Laboratoire Eau Hydrosystèmes et Agriculture
<b>Direction et Encadrement</b>	Dr. KOITA Mahamadou, 2iE Dr. VOUILLAMOZ Jean Michel, IRD Dr. Fabrice LAWSON, IRD M. Massaoudou, BALIMA, GEOREVA AFRIQUE
<b>Date de démarrage</b>	1 <sup>er</sup> septembre 2021
<b>Financement</b>	Programme DAAD
<b>Durée</b>	3 ans + 1 an (dérogation)

<p><b>Profil du candidat</b></p>	<p>Diplôme d'ingénieur avec grade de Master ou Master recherche en sciences et techniques de l'eau option hydrogéologie.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bonne connaissance des outils hydrogéophysiques</li> <li>▪ Bonne connaissance et goût des travaux de terrain (instrumentation, suivi et collecte de données)</li> <li>▪ Autonome, dynamisme, bon relationnel.</li> <li>▪ Bonne maîtrise de l'anglais indispensable.</li> </ul>
<p><b>Pour postuler</b></p>	<p>Le dossier de candidature doit comprendre :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une lettre de motivation</li> <li>▪ Un curriculum vitae</li> <li>▪ Une photocopie du diplôme de Master ou équivalent</li> <li>▪ Les photocopies des relevés de notes du Master ou équivalent</li> <li>▪ Le rapport de mémoire de Master</li> </ul> <p>Les candidatures se font exclusivement en ligne à l'adresse suivante : <a href="http://candidat-2ie-edu.org/">http://candidat-2ie-edu.org/</a></p> <p><b>Le délai de candidature est fixé au 30 novembre 2020 à 15h00 GMT.</b></p> <p><b>Aucun dossier physique ou envoyé par email ne sera recevable.</b></p> <p>Pour tout renseignement contacter : <b>Igor W. K OUEDRAOGO</b>  Tél: (226) 25 49 28 00, Poste 1531  E-mail : <a href="mailto:igor.ouedraogo@2ie-edu.org">igor.ouedraogo@2ie-edu.org</a></p>