

CENTRE D'ETUDES ET DE RECHERCHES DE DJIBOUTI

PROJET MAWARI

**GESTION DURABLE DE LA RESSOURCE EN EAU
DANS LE SYSTEME DU RIFT EST-AFRICAIN**

**SITE EXPERIMENTAL
HYDROGEOLOGIQUE
EN DOMAINE DE RIFT
DJIBOUTI**

Rapport d'avancement N°1

**DJIBOUTI
Février 2006**

1. Objectifs et résultats recherchés

L'objectif global de ce projet financé par le Ministère des Affaires Etrangères Français est de permettre d'initier et de consolider la coopération scientifique entre les pays de la région Ethiopie – Kenya – Djibouti.

Le travail entrepris dans ce projet vise à améliorer les connaissances géologiques et hydrogéologiques sur les milieux fissurés volcaniques, à comprendre les processus de recharge et des écoulements souterrains de la nappe dans les milieux volcaniques fissurés et en condition aride, à étudier le degré d'hétérogénéité, à identifier les propriétés hydrodispersives de ces milieux en liaison avec les caractéristiques lithologiques et géométriques de l'aquifère, à étudier la chimie des eaux souterraines et de déterminer les spécificités hydrodynamiques de l'aquifère. En résultats, il est envisagé de faire une synthèse de toutes les études dans un modèle mathématique hydrodynamique représentatif du milieu étudié avec la prise en compte du biseau salé.

La réalisation d'un tel programme régional basé sur le développement de thématiques scientifiques sur les eaux souterraines, est un atout certain dans l'applicabilité des méthodes, techniques et résultats sur les systèmes aquifères des pays de la région. Le site expérimental hydrogéologique vise à résoudre des questions scientifiques clés communes aux différents pays de la région impliqués dans le programme scientifique.

La formation tient une place essentielle dans le cadre du programme MAWARI. Deux chercheurs du CERD vont effectuer leur thèse de Doctorat en géologie et en hydrogéologie.

Enfin, l'un des objectifs majeurs de ce programme consiste à publier les résultats dans des articles scientifiques dans les revues internationales reconnues.

2. Formation

Le Projet MAWARI apporte une contribution essentielle sur le plan de la formation des chercheurs scientifiques du Centre d'Etudes et de Recherches de Djibouti. Effectivement, deux thèses de doctorat ont été entamées en hydrogéologie et en géologie respectivement par Abdourahman Houmed Gaba et Mohamed Daoud. Les deux thèses s'insèrent dans le cadre de l'étude de la nappe de Djibouti et les objectifs scientifiques du projet.

La thèse de doctorat en hydrogéologie est réalisée sous la direction de recherche du Pr. Razack à l'Université de Poitiers et s'intitule « Modélisation hydrodynamique de l'aquifère volcanique de la nappe de Djibouti, sous climat aride ». Il s'agit de réaliser un modèle hydrodynamique du système aquifère volcanique en 3D et en tenant compte de l'intrusion d'eau marine, étant donné que l'aquifère est côtier. Le modèle devra intégrer l'ensemble des données disponibles notamment celles géologiques et géophysiques pour la détermination de la structure de l'aquifère. Les résultats sur les caractéristiques hydrodynamiques et hydrodispersives du site expérimental fourniront un élément important pour le modèle. A ce stade, la synthèse bibliographique a été effectuée sur les techniques de modélisation notamment en recherchant les travaux pour l'intégration du rôle des champs de fractures. Le logiciel VISUAL MODFLOW a été acquis. Il servira pour la modélisation 3D avec prise en compte

de l'intrusion marine. Le logiciel est installé et est en cours de test. De plus, la base de données nécessaires pour le modèle est pratiquement terminée avec les données des forages.

La thèse de doctorat en géologie est réalisée sous la direction de recherche du Pr. Le Gall de l'Institut Européen de la Mer ainsi que les Pr. Maury et Rollet de l'Université de Bretagne Occidentale. Le travail de thèse apporte un approfondissement des connaissances géologiques et structurales de la région de la nappe de Djibouti qui couvre Djibouti, Arta et Ali-Sabieh. Une étude spécifique des structures géologiques est menée pour comprendre les champs de fractures observés qui ont un rôle essentiel dans l'écoulement des nappes d'eau souterraine. Il s'agit aussi de déterminer l'extension géométrique des différentes formations basaltiques en surface et en profondeur pour permettre au modèle hydrodynamique d'introduire la structure de l'aquifère. A ce stade, le tracé des cartes de fracturation à l'aide des images satellites et des photographies aériennes a été réalisé. Les études de terrain ont été menées pour la reconnaissance terrain de ces fractures identifiées. Une seconde mission de terrain a permis de procéder à un large échantillonnage des roches pour la détermination géochimique et des âges afin de définir les structures en place.

3. Missions de terrain

3.1. Mission géologique de novembre 2005

La mission géologique réalisée en novembre 2005 dans le secteur Plaine de Djibouti-Ali Sabieh par des membres de l'UMR-CNRS 6538 de l'Université de Bretagne Occidentale (Brest) se situe dans le cadre, d'une part, du projet hydrogéologique MAWARI (financement M.A.E) et, d'autre part, de la thèse de Mohamed Daoud à Brest.

Participants : Bernard LE GALL, Joel Rolet, R. Maury et M. Daoud

Les objectifs scientifiques de cette seconde mission de terrain sont multiples et concernent :

- Les basaltes récents de la Plaine de Djibouti dont il faut (1) compléter l'échantillonnage (étude pétro-géochimique et géo-chronologique), (2) préciser leurs modes de mise en place et (3) discriminer les basaltes du Golfe des Basaltes Somalis ;
- La nature et la chronologie des mouvements verticaux responsables du soulèvement de la zone d'Arta ;
- L'étude (structure et magmatisme) de la zone d'Ali Sabieh dont la signification n'apparaît pas clairement à la lecture des travaux antérieurs.

Compte tenu de la diversité des objectifs et des zones d'étude, les 3 semaines de mission ont été scindées de la façon suivante ; 8 jours ont été consacrés à la Plaine de Djibouti, 3 jours à la zone d'Arta et 9 jours à la zone d'Ali Sabieh. Les résultats acquis sont nombreux et originaux et apportent des éléments de réponse à un certain nombre de problèmes d'ordres à la fois tectonique et magmatique. Par ailleurs, plus d'une centaine d'échantillons (de nature magmatique pour l'essentiel) ont été récoltés en vue d'études pétro-géochimiques et datations

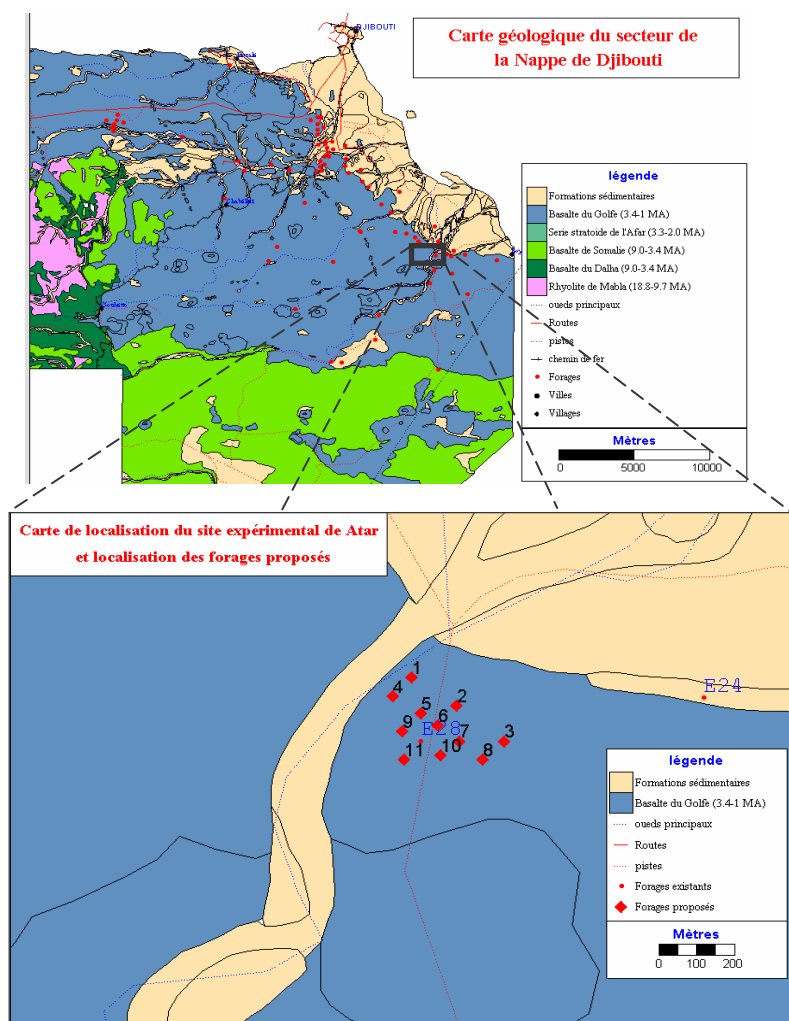
3.2. Autres missions de terrain

Le CERD avait invité à Djibouti les professeurs Travi, Razack et Faillat (Universités d'Avignon, de Poitiers et de Nîmes) dans le cadre de l'atelier scientifique portant sur « l'origine des substances dissoutes dans les eaux souterraines en République de Djibouti, sous climat aride ». Cette visite a été l'occasion d'organiser une mission de terrain sur le site prévu pour la mise en place du site expérimental du projet MAWARI.

Cette mission a permis d'identifier les dimensions du site expérimental et de définir la localisation des piézomètres à réaliser. De même, il a été question des équipements d'observations à installer : piézographes, station multiparamètre et limnigraphe.

D'autres missions de terrain ont été réalisées par le CERD pour reconnaître le site d'installation du limnigraphe (Seba radar sensor). Le site le plus favorable a été défini dans un rayon de moins de 500 mètres du site expérimental, sur l'oued Atar, où il existe une paroi basaltique sur la rive gauche. Il s'agirait donc d'installer une structure métallique ayant pour support la paroi basaltique. L'appareil sera installé sur la structure métallique en aplomb du lit d'oued.

Localisation du site expérimental.



4. Site expérimental

L'activité principale du projet consiste à mettre en place un site expérimental hydrogéologique constitué de plusieurs piézomètres dans les formations basaltiques de la plaine de Djibouti. Le site a pour objectif de fournir des informations sur les hétérogénéités géologiques, la dispersion des paramètres hydrodynamiques et de connaître les caractéristiques hydrodispersives de ces milieux complexes. Le suivi de ce site dans le temps permettra d'étudier les effets de la mer ainsi que la recharge, car le site est implanté à proximité de l'oued Atar.

Les piézomètres seront réalisés au cours des mois de février à avril. Les piézomètres feront l'objet de pompages d'essai, de tests de traçage ainsi que d'échantillonnages pour les analyses chimiques et isotopiques. Certains piézomètres seront équipés par des équipements automatiques. La liste de ces équipements a été établie :

- 3 Seba data logger type MDS dipper-2
- 1 Seba multiparamètre type MDS : niveau, température, conductivité, pH, redox, oxygène

D'autres équipements ont été identifiés pour les différentes activités sur le site expérimental :

- 1 Seba radar sensor type seba puls pour la mesure des hauteurs des crues de l'oued Atar
- Echantillonneur KLL-S 2 pouces
- 2 Seba sonde électrique KLL 14 mm

Le budget du projet MAWARI consacra une enveloppe de 60 000 Euros pour la réalisation des piézomètres. D'après les coûts disponibles, quatre à cinq piézomètres de 8 pouces de diamètre pourraient être construits. Bien que le nombre de piézomètres se révèle réduit, il permettra cependant de réaliser les études par pompage d'essai et les traçages.

Toutefois, le CERD dispose d'une sondeuse pouvant réaliser des sondages de quelques dizaines de mètres avec un diamètre de 4 pouces. On se propose donc de réaliser huit à dix piézomètres supplémentaires à l'aide de cette sondeuse. Le coût de l'ensemble de ces sondages serait constitué essentiellement par les consommables et les frais de déplacements. Une estimation permet d'évaluer à environ 5000 Euros le coût pour l'ensemble de ces piézomètres.

5. Partenariat scientifique régional

Un des atouts majeurs du projet MAWARI réside dans son concept de renforcer le partenariat scientifique régional entre l'Éthiopie, le Kenya et Djibouti.

Avant la fin de la campagne des piézomètres du site expérimental d'Atar, les partenaires scientifiques des autres pays seront informés du programme des pompages d'essai et des traçages qui devront se dérouler sur le site, afin qu'ils puissent organiser leur arrivée pour une participation sur le terrain. Il serait souhaitable que des étudiants universitaires puissent contribuer aux différentes opérations de terrain.

Le projet bénéficiera aussi de la participation des cadres intervenant dans le domaine des eaux souterraines et se trouvant dans les autres institutions nationales : Direction de l'Eau, ONED, ...etc.

De même, les chercheurs du CERD organiseront leur départ dans les pays participants afin de suivre les principales activités des différents projets. En ce sens, le programme scientifique de l'Éthiopie étant défini, la participation porterait sur l'étude du Transect depuis le plateau jusqu'à la vallée du rift.

6. Perspectives

La réalisation d'un site expérimental en milieu basaltique et sous les conditions d'un climat aride représente une expérience assez unique. Effectivement, les recherches bibliographiques sur le thème révèlent que de telles expériences scientifiques n'ont pas été réalisées ou restent non publiées. L'intérêt scientifique d'un tel programme repose sur une meilleure connaissance des écoulements souterrains et du transport dans des milieux hétérogènes et fracturés. Les résultats obtenus permettront d'améliorer les travaux de modélisations hydrodynamiques en milieu fissuré volcanique.

De plus, le site expérimental permettra d'étudier en détail le mécanisme de recharge des milieux volcaniques. La question sera abordée par les mesures directes dans le lit de l'oued à l'aide d'un perméamètre mais aussi par la modélisation et les méthodes chimiques et isotopiques.

L'ensemble des études qui seront réalisées dans le cadre du site expérimental à Atar devrait permettre contribuer significativement à la gestion et la protection des systèmes aquifères basaltiques.
