

INONDATIONS DÛES À LA HAUSSE DE LA NAPPE PHRÉATIQUE EN MILIEU URBAIN : APPORT DE LA GÉOPHYSIQUE POUR UNE MEILLEURE COMPRÉHENSION DU PROCESSUS À NIAMEY (NIGER)

ALASSANE H. H.¹, ADAMOU M. M.¹, FAVREAU G.², BOUCHER M.² LEGCHENKO A.²

¹ Université Abdou Moumouni de Niamey, Niamey, Niger, alassanehado@yahoo.fr

² Université Grenoble Alpes, IRD, CNRS, Grenoble INP, IGE, Grenoble, France, guillaume.favreau@ird.fr

RESUME

Dans la ville de Niamey (Niger), la montée du niveau des eaux de la nappe phréatique affecte quatre quartiers et engendre d'importantes perturbations sur la vie des habitants. Le but de cette étude est de déterminer les conditions ayant conduit à ces inondations afin de faire des propositions pour une éventuelle gestion. Cent-onze (111) sondages TDEM, onze (11) sondages RMP, deux (2) profils ERT et des mesures piézométriques ont été réalisés et corrélés avec des informations géologiques (logs de forage, 1980s-2010s). Les investigations croisées permettent d'identifier un aquifère superficiel peu perméable, sus-jacent à un niveau argileux peu profond (~ 10 m) et reposant sur le socle précambrien (schistes, granites) et empêchant l'infiltration. Contenir le niveau de la nappe apparaît à terme indispensable pour un assainissement durable de la ville de Niamey (ODD n°6).

Mots clés : inondation par montée de nappe, TDEM, RMP, ERT, milieu urbain et péri-urbain, Sahel.

FLOODING DUE TO THE RISE IN GROUNDWATER LEVELS IN URBAN AREA: CONTRIBUTION OF GEOPHYSICS FOR A BETTER UNDERSTANDING OF THE HYDROLOGICAL PROCESS IN NIAMEY (NIGER)

ABSTRACT

In the growing city of Niamey (Niger), the rise in the water table affects four districts and generates major perturbations on the lives of the inhabitants. The aim of this study is to determine the conditions that led to these floods in order to make proposals for possible management. One hundred eleven (111) TDEM soundings, eleven (11) magnetic resonance soundings, two (2) electrical resistivity tomographies and water table measurements were carried out and correlated with geological information (borehole logs, 1980s - 2010s). Combined analyses allowed to identify a clay level close to the ground (of the order of 10m in depth) as an aquiclude. Containing the depth of the groundwater levels appears essential for sustainable sanitation in the city of Niamey (SDG no. 6).

Key words: flooding by rising groundwater, TDEM, MRS, ERT, urban and peri-urban context, Sahel.

INTRODUCTION

Niamey, la capitale du Niger a connu une croissance démographique continue (+4%), accompagnée par une extension urbaine rapide insuffisamment maîtrisée. Cette croissance, combinée aux effets de changements climatiques (intensification des pluies) ainsi que d'un changement drastique d'occupation des sols (urbanisation de champs cultivés) bouleversent le cycle de l'eau, conduisant ainsi à la superposition de trois types d'inondations : i) inondations pluviales ; ii) inondations fluviales ; et iii) inondations dues à la montée de la nappe phréatique. Cette dernière n'est pas prise en compte par le schéma directeur d'assainissement de la ville de Niamey, alors que dans plusieurs quartiers, la nappe est sub-affleurante à affleurante de manière pérenne. Cela provoque des pertes économiques importantes, des ruptures du tissu social pour les propriétaires des parcelles et un déséquilibre sanitaire pour tous les riverains voire la ville dans son ensemble (maladies hydriques à transmission vectorielle).

A l'Est de Niamey, dans de nombreuses parties du bassin sédimentaire des lullemeden, une hausse piézométrique à long terme a été mise en évidence et attribuée au changement d'usage des sols (Favreau et al., 2012). A Niamey la comparaison des niveaux piézométriques dans les rapports

techniques BRGM décrivant les forages réalisés de 1984 à 1986 et des niveaux mesurés plus récemment (Kheren, 1995 ; Boubakar Hassane, 2010) suggèrent que cette hausse touche aussi la capitale. Cependant, Niamey étant en bordure de bassin sédimentaire, la situation géologique est plus complexe. Cette étude vise à préciser le fonctionnement des aquifères grâce à la combinaison de données géologiques, géophysiques et hydrogéologiques.

ZONE D'ÉTUDE

Notre étude se focalise sur le bassin versant du Gouti Yéna (~61 km²) qui est un affluent du fleuve Niger. La vallée du Gouti Yéna est située dans les 3 premiers arrondissements communaux des 5 que compte la ville de Niamey (fig. 1). Elle a été lotie entre 1990 et 1991, après les deux (2) décennies de sécheresse intense (1970s, 1980s) qui ont touché le Sahel. La nappe phréatique était alors relativement profonde (> 10 m ; Plote, 1961), favorisant des constructions y compris dans le lit de la vallée. Actuellement, seule la partie amont reste encore semi-rurale mais est en voie accélérée de lotissement.

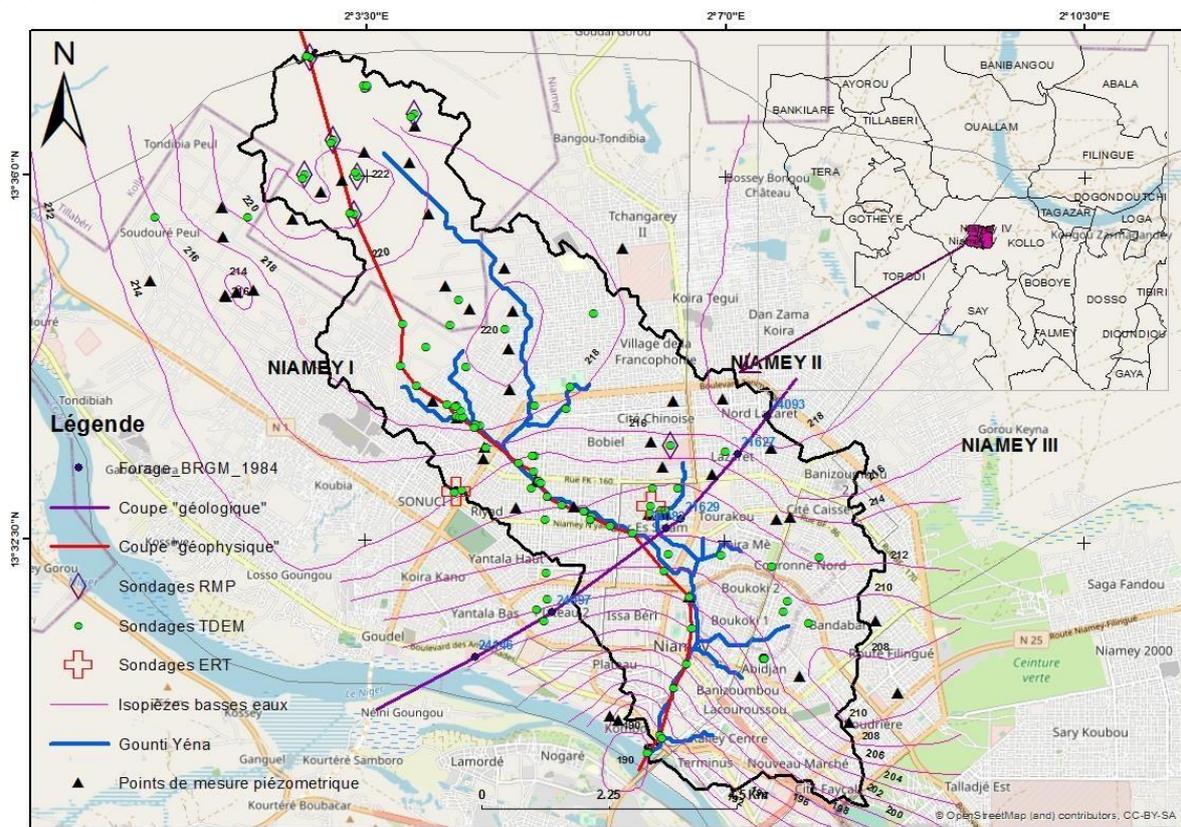


Fig. 1 - Localisation de la zone d'étude et des mesures effectuées.

La géologie dans le bassin du Gouti Yéna est formée de trois (3) entités géologiques (fig. 2) : en profondeur, **le socle Méta-Liptako** d'âge protérozoïque inférieur se compose de roches plutoniques (granites, granulites) et métamorphiques (gneiss, quartzites, schistes verts) dans des états différents d'altération ; ce socle est recouvert par **le Continental Terminal** d'âge Eocène moyen à Pliocène et constitué d'une alternance de grès plus ou moins argileux et d'argiles versicolores avec intercalations de niveaux d'oolithes ferrugineuses ; enfin, proche du fleuve Niger se trouve **les alluvions quaternaires** qui sont composées de sables grossiers peu compactés.

Les trois formations géologiques donnent lieu à des aquifères différents : l'aquifère du socle capté par les forages profonds, l'aquifère du Continental Terminal (CT) et l'aquifère alluvial captés par les puits superficiels. Les niveaux piézométriques mesurés en 2020 confirment un écoulement souterrain qui s'effectue principalement du NNW vers le Sud (ABN/BGR, 2018) en direction du fleuve et un drainage vers le Gouti Yéna qui se superpose à cet axe principal d'écoulement.

MESURES GÉOPHYSIQUES

L'ensemble des travaux géophysique est récapitulé dans le Tab.1. Les sondages TDEM et les profils ERT ont été réalisés pour identifier les niveaux argileux. Les sondages RMP avaient pour objectif de caractériser les niveaux aquifères. Dans notre zone d'étude urbaine la localisation des sites et les dispositifs de mesures ont été contraints par les conditions de bruits électromagnétiques et la densité d'habitation (manque d'espace dégagé).

Méthode	Appareil et logiciel	Dispositif	Nombre de mesures
Sondages électromagnétique	TEMFAST TEMRES	Dispositif coïncident de 25 × 25 m	111 sondages TDEM
Résonnance Magnétique Protonique	Numis Auto Samovar 11	Boucle carré en huit de 50 × 50 m	11 sondages RMP
Tomographie de résistivité électrique	Syscal Pro Res2DInv	72 électrodes avec espacement de 2 m	2 panneaux ERT

Tab. 1 - Mesures géophysiques réalisées

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats TDEM (Fig. 2 et 3) ont permis de distinguer trois niveaux de terrains différents sur l'ensemble du bassin : un premier terrain d'épaisseur décroissante de l'amont à l'aval avec des résistivités variant de 10 à 350 $\Omega \cdot m$; un second niveau très conducteur (2-9 $\Omega \cdot m$) et d'épaisseur allant de 7 à 20 m ; et enfin un terrain très résistant de l'ordre de 2000 $\Omega \cdot m$ à des profondeurs variant de 10 m (aval) à 88 m (amont). La comparaison de ces résultats avec la géologie (fig. 2) montre que le 1^{er} niveau identifié par TDEM correspond à des sables plus ou moins argileux du Continental Terminal, le 2^{ème} niveau à des argiles appartenant soit à la base de la formation du CT, soit à l'altération du socle ; le 3^{ème} niveau est le socle. Les panneaux ERT donnent des résultats cohérents et complémentaires avec le TDEM : leur profondeur d'investigation n'a pas atteint le 3^{ème} niveau mais donne une image plus précise des hétérogénéités de surface. Les mesures RMP (fig. 3) en amont du bassin montrent un niveau aquifère dans le 1^{er} terrain identifié par le TDEM avec des faibles teneurs eau (de 3 à 6%) et de perméabilité variant de $2 \cdot 10^{-6}$ à $1 \cdot 10^{-4}$ m/s.

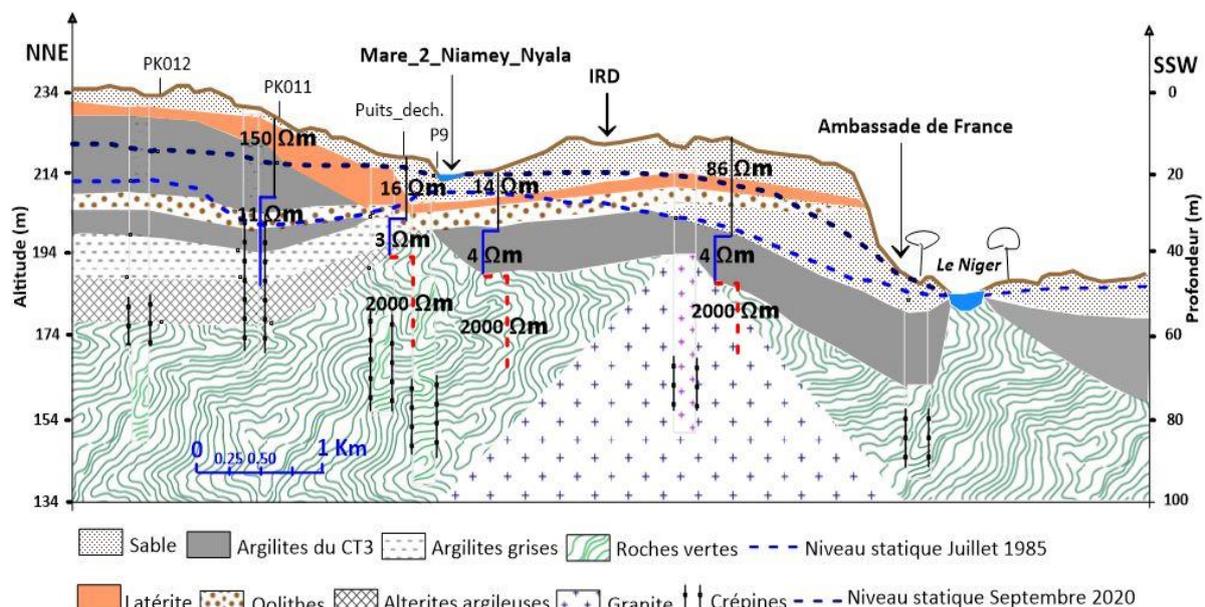


Fig. 2 - Coupe géologique à travers la vallée du Gounti Yéna avec quelques résultats TDEM.

Par ailleurs, il est à noter que là où la nappe affleure les résistivités du 1^{er} terrain sont faibles (10-40 $\Omega\cdot m$). L'ensemble de ces résultats suggèrent que l'aquifère du CT n'est pas connecté avec l'aquifère de socle puisqu'une couche argileuse sépare les deux aquifères. Ce résultat est en cohérence avec des investigations plus large sur le « biseau sec » au Nord de Niamey qui identifie une double couche argileuse jaune et/ou grise à la base du CT (Monfort, 1996). La possibilité d'infiltration des eaux est donc limitée dans un aquifère peu épais et peu perméable en cette bordure de bassin sédimentaire, ce qui accroît les risques d'affleurement de la nappe. Les zones dans les dépressions topographiques et dans les terrains les plus argileux sont les plus vulnérables aux inondations par remontée de nappe.

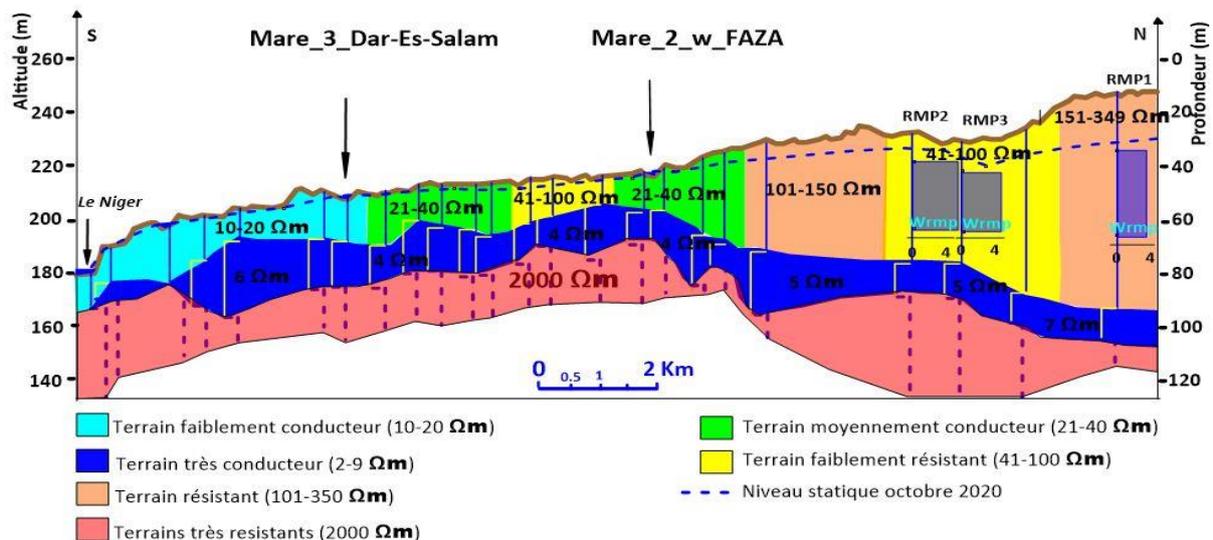


Fig. 3 - Coupe géophysique le long du Goutti Yéna avec les résultats TDEM et RMP.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les risques d'inondation par hausse de nappe sont liés à la présence d'un niveau argileux qui limite les flux en profondeur, vers le socle, des eaux d'un aquifère phréatique à la fois peu transmissif ($3 \cdot 10^{-5}$ à $2 \cdot 10^{-3}$ m^2/s) et peu capacitif (3 à 8% pour l'ensemble des sondages). Les informations recueillies permettent d'orienter les décideurs pour des solutions d'urgences adaptées à la gestion des risques d'inondation de nappe à l'échelle de la ville de Niamey.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABN/BGR, 2018-** Appui à l'Autorité du Bassin du Fleuve Niger pour la Gestion des Eaux Souterraines. Caractérisation physicochimique et piézométrique des aquifères de la zone de Niamey. Projet AGES, Rapport technique n°6, 120 pp.
- BOUBAKAR HASSANE A., 2010-** Aquifères superficiels et profonds et pollution urbaine en Afrique : Cas de la communauté urbaine de Niamey (NIGER). Thèse de l'Univ. Abdou Moumouni, Niamey 250 pp.
- BOUCHER M., FAVREAU G., MASSUEL S., VOUILLAMOZ J.M., 2006-** Caractérisation hydrogéologique de l'aquifère libre du Continental Terminal 3 (CT3) au Niger par la méthode de Résonance Magnétique Protonique (RMP). Rapport IRD & Rapport BRGM/RP-54746-FR, 106 p., 28 fig., 3 tabl., 4 ann.
- KEHREN S., 1995-** L'agglomération de Niamey (Niger). Contribution à une meilleure connaissance des disponibilités et des besoins en eau. Mémoire de Maîtrise. Univ. Strasbourg 1, 138 pp.
- MONFORT M., 1996-** Reconstitution géologique des aquifères du continental terminal dans la région de Niamey. Mémoire de Maîtrise. Univ. Montpellier II, 56 pp.
- PLOTE H., 1961-** Reconnaissance hydrogéologique du Liptako et des régions adjacentes. Rapport BRGM. 95 pp.