

LAC TCHAD

GESTION DURABLE DES RESSOURCES EN EAU



Activités du projet - Rapport N° 2

Mars 2009



Commission du Lac Tchad
Rond Point de l'Etoile,
N'Djamena



Institut Fédéral de Géosciences et
Ressources Naturelles
Hannover, Germany

Contenu

1. Le bassin versant du Lac Tchad	1
2. Les eaux de surface.....	2
3. Géologie du bassin versant.....	2
4. L'écoulement des eaux souterraines dans les différents aquifères	4
5. Les travaux de recherche effectués dans le cadre du projet BGR.....	6
5.1 Localisation, mesure et échantillonnage des puits	6
5.2 Résultats obtenus.....	7
5.2.1 Profondeur de la nappe phréatique du Quaternaire	7
5.2.2 Niveau piézométrique (année 1984).....	7
5.2.3 Carte de niveau piézométrique de la période 2008-2009.....	8
5.2.4 Hydrogéochimie.....	11
6. Résumé et conclusions	18

Liste de figures

Figure 1.1 Bassin versant du Lac Tchad désigné avec HYDRO1K (réseau hydrologique mondial à une échelle de 1 km).	1
Figure 2.1 Les eaux de surface et les zones humides dans le bassin versant du Lac Tchad. .2	
Figure 3.1 Géologie du bassin versant. La figure ci-dessous montre un profil vertical tout le long de la ligne AA'.....	3
Figure 3.2 Profil vertical pour montrer la géologie en profondeur.	3
Figure 4.1 Lignes piézométriques pour le Quaternaire. Elles montrent trois dépressions importantes : l'une au niveau de Chari-Barguimi (sud-est du Lac Tchad), l'autre dans la région de Komadugu-Yobe, et la troisième dans le Pays Bas au Tchad. L'écoulement général des eaux souterraines est indiqué par des flèches en bleu foncé.....	4
Figure 4.2 Lignes piézométriques pour le Pliocène Inférieur. L'écoulement général des eaux souterraines est indiqué par des flèches en bleu foncé.	5
Figure 4.3 Lignes piézométriques pour le Continental Terminal. L'écoulement général des eaux souterraines est indiqué par des flèches en bleu foncé.	5
Figure 5.1 Zone d'étude pour l'analyse de l'origine de la dépression dans la nappe du Quaternaire. Elle couvre une surface de 55,000 km ² dans laquelle 136 points d'eau ont été localisés et échantillonnés.....	6
Figure 5.2 Profondeur de la nappe phréatique du Quaternaire (en m sous le sol).	7
Figure 5.3 Carte du niveau piézométrique pour l'année 1984 (en m au-dessous du niveau de la mer). Elle a été produite avec les données de base disponibles à la CBLT. La dépression maximale a une hauteur de 240 m au-dessous du niveau de la mer.....	8
Figure 5.4 Carte de niveau piézométrique de la période 2008-2009 (en m au-dessous du niveau de la mer). Cette carte a été faite à partir des mesures obtenues lors de la campagne du terrain. La dépression maximale a une hauteur de 235 m au-dessous du niveau de la mer.	9

Figure 5.5 Changement annuel du niveau piézométrique pour le période 1984-2008.	9
Figure 5.6 Précipitations annuelles mesurées par la DREM pour trois stations localisées dans la région d'étude. La ligne en bleu indique la moyenne de 1970 à 2007.	10
Figure 5.7 Minéralisation des eaux souterraines pendant l'écoulement dans le sous-sol.	11
Figure 5.8 Diagramme Piper pour le représentation de la qualité des eaux.	12
Figure 5.9 Résultats des analyses chimiques pour les onze échantillons des eaux de surface (laboratoire BGR, 2009).	13
Figure 5.10 Résultats des analyses des eaux souterraines (laboratoire BGR, 2009).....	13
Figure 5.11 Carte de conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Les eaux au nord de la zone d'étude montrent une conductivité très élevée alors que les eaux près du Chari et de Massénya indiquent des conductivités typiques pour des eaux souterraines relativement récentes.	14
Figure 5.12 Contenus de chlore (mg/l) dans les eaux souterraines.....	15
Figure 5.13 Carte de la distribution du sulfate (mg/l) dans les eaux souterraines.	15
Figure 5.14 Concentration de nitrate (mg/l) des eaux souterraines.	16
Figure 5.15 Contenus de fluor (mg/l) des eaux souterraines.	17
Figure 5.16 Concentrations de phosphate (mg/l) des eaux souterraines.....	17

Rapport des activités du Projet BGR pour le période Septembre 2008 – Mars 2009

Cette rapport resume les activités réalisées pendant la mission de la coordinatrice du projet à la CBLT de Septembre 2008 à Mars 2009. La présentation du rapport a eu lieu le 25 Février 2009 à la CBLT. La thématique principale du rapport est la situation des eaux souterraines dans le bassin versant du Lac Tchad et surtout dans le Département de Chari-Baguirmi au Tchad.

Le Projet du BGR (Institut Fédéral de Géosciences et Ressources Naturelles) est financé par le BMZ (Ministère Fédéral de la Coopération Économique et du Développement de l'Allemagne). Sa première phase qui a commencé en Mai 2007 aura une durée de 3 ans.

L'objectif du projet est de renforcer la CBLT pour qu'elle soit capable de **coordonner l'échange de données** sur les eaux souterraines et **les intégrer dans un système de gestion pour élaborer des stratégies durables** en matière de ressources en eau.

1. Le bassin versant du Lac Tchad

Le bassin versant du Lac Tchad a été désigné par la AHT en utilisant HYDRO1K (réseau hydraulique mondial à une échelle de 1 km).



Figure 1.1 Bassin versant du Lac Tchad désigné avec HYDRO1K (réseau hydrologique mondial à une échelle de 1 km).

Le bassin versant (Figure 1.1) occupe une surface de 2,381,635 km² distribué dans la partie sud-est de l'Algérie (3,8% du bassin), quelques petites parties de la Libye (0,1%), l'est du Niger (29%), le nord-est du Nigeria (7,6%), le nord du Cameroun (2,1%), le nord de la République Centrafricaine (9,3%), presque tout le Tchad sauf l'extrême nord (43,9%), et la région de Darfour en Soudan (4,2%).

2. Les eaux de surface

Deux sub-bassins hydrologiques constituent le plus important apport d'eau pour le Lac Tchad. Ce sont le Chari-Logone, qui est le plus important parce qu'il emporte environ 95% du volume annuel d'eau qui arrive au lac, et le Komadugu-Yobe, qui emporte quelque 3%.

Un autre apport d'eau pour le lac est la pluie: la précipitation sur la surface du lac emporte environ 2% du volume annuel d'eau qui arrive au lac.

Dans le bassin versant, il y a des grandes régions humides bien connues comme les Yaérés dans l'extrême nord du Cameroun, le Lac Tchad lui-même, le Lac Fitri, le Massénya au sud du Tchad, le Salamat au sud-est du Tchad et le Komadugu-Yobe à l'est du Niger et Nigéria (voir Figure 2.1).



Figure 2.1 Les eaux de surface et les zones humides dans le bassin versant du Lac Tchad.

3. Géologie du bassin versant

La Figure 3.1 ci-dessous montre la géologie du bassin versant. La plupart du bassin est couverte par des sables du Quaternaire. Au dessous des sables, approximativement à 75 m de profondeur, apparaissent les argiles du Pliocène qui ont une épaisseur moyenne de 280 m (comparer avec Figure 3.2). Les prochaines 30 m sont des sables du Pliocène Inférieur. Ces ci constituent le vraie aquifère du Pliocène parce que les argiles sont généralement considérées comme imperméables. En bas se trouvent les grès du Continental Terminal (Tertiaire) avec environ 150 m d'épaisseur. Au dessous apparaissent les grès du Continental Hamadien (Crétacé). Le socle au dessous établit la base du système aquifère.

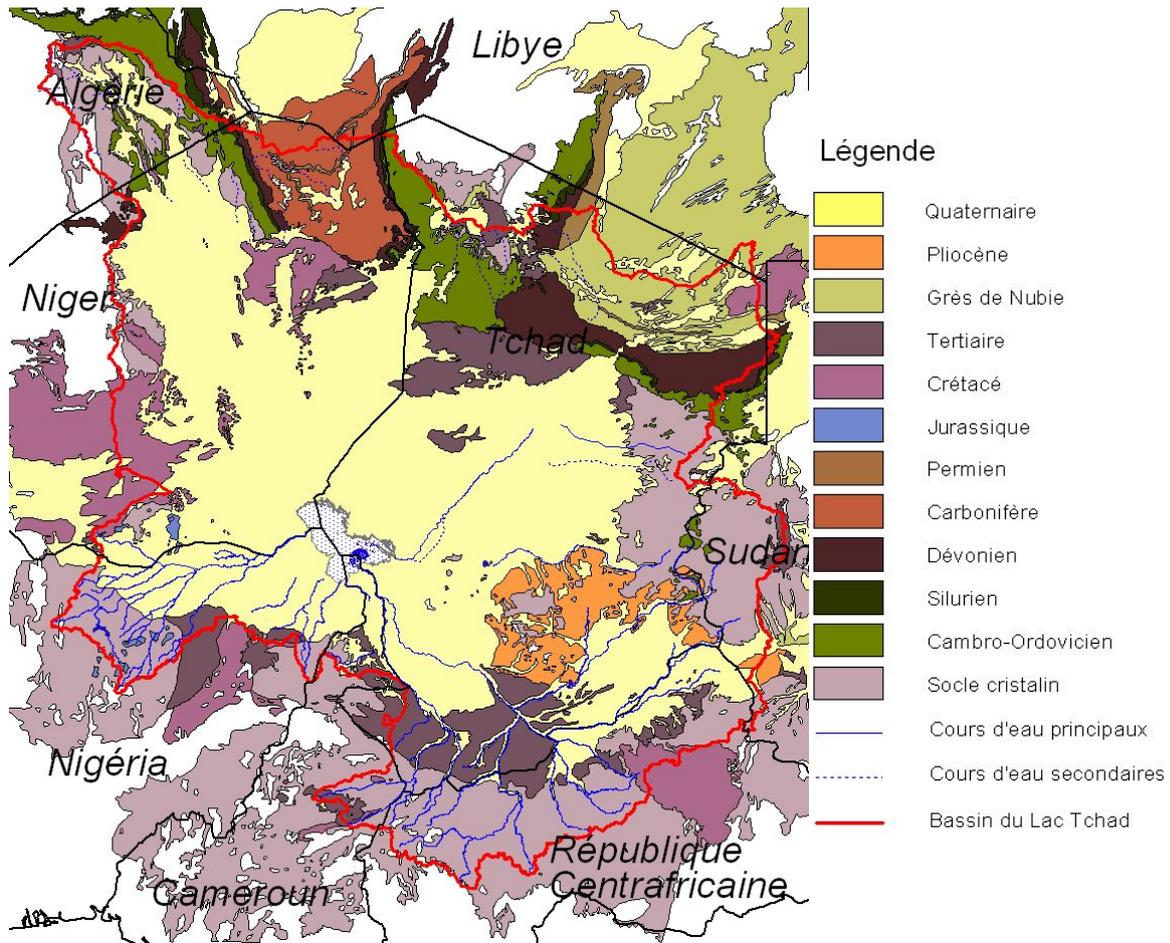


Figure 3.1 Géologie du bassin versant. La figure ci-dessous montre un profil vertical tout le long de la ligne AA'.

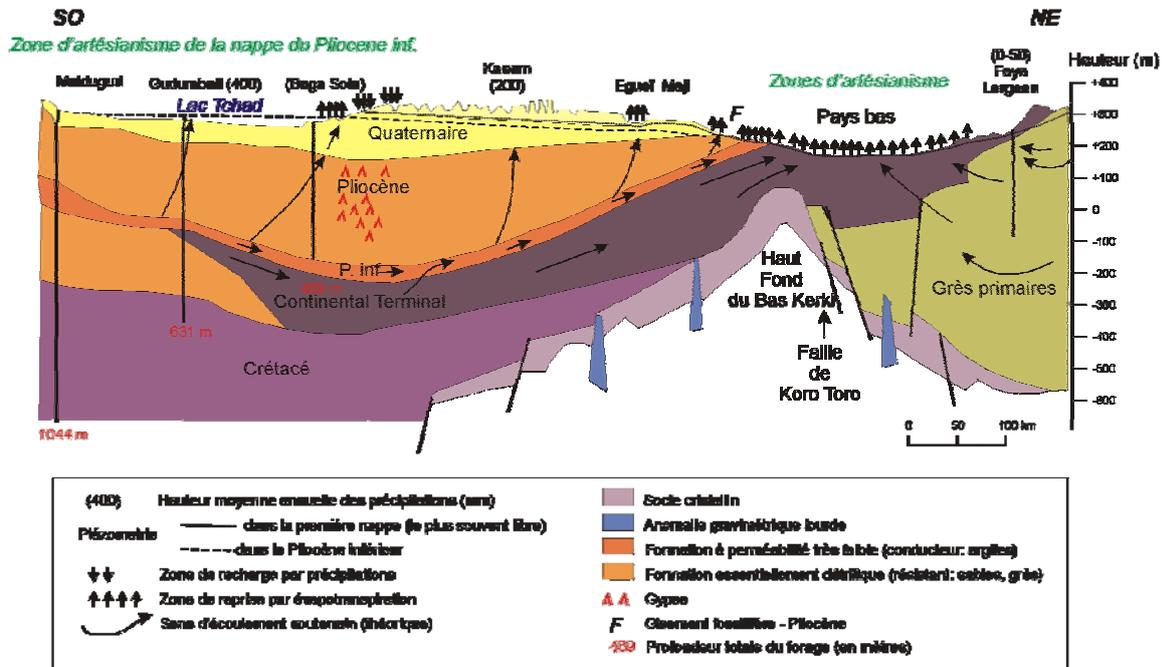


Figure 3.2 Profil vertical pour montrer la géologie en profondeur.

4. L'écoulement des eaux souterraines dans les différents aquifères

Les cartes des lignes piézométriques ont été faites avec des données recueillies à partir des niveaux d'eau dans les puits afin de définir la direction générale d'écoulement des eaux souterraines.

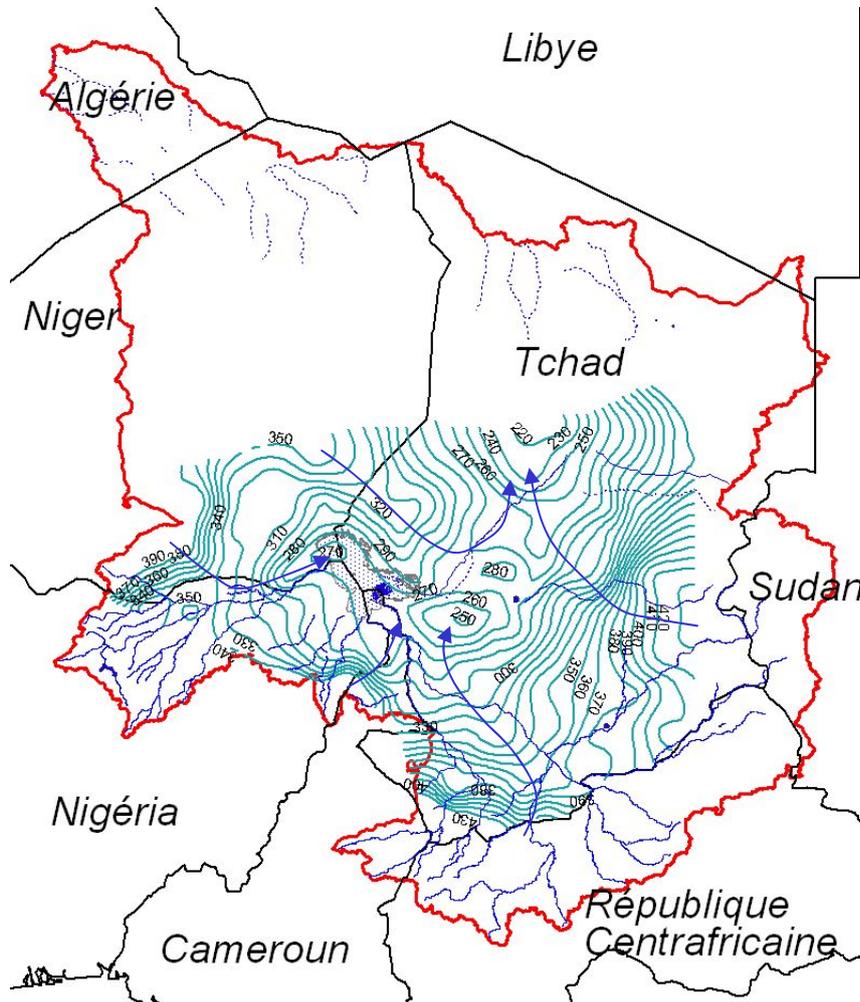


Figure 4.1 Lignes piézométriques pour le Quaternaire. Elles montrent trois dépressions importantes : l'une au niveau de Chari-Baguirmi (sud-est du Lac Tchad), l'autre dans la région de Komadugu-Yobe, et la troisième dans le Pays Bas au Tchad. L'écoulement général des eaux souterraines est indiqué par des flèches en bleu foncé.

Dans le cas du Quaternaire (Figure 4.1), les lignes piézométriques montrent la présence de trois dépressions importantes dans la région :

- Dans la Département du Chari-Baguirmi, au sud-est du Lac Tchad.
- Dans la région du Komadugu-Yobe, à l'est du Niger et Nigéria.
- Dans le Pays Bas au Tchad.

Au sud du bassin versant l'écoulement des eaux souterraines est vers le lac et les deux premières dépressions, c'est-à-dire vers le nord. Le nord du bassin versant est caractérisé par la dépression du Pays Bas qui reçoit les eaux provenant de l'est (Tchad) et de l'ouest (Niger). Cet écoulement est montré dans la Figure 4.1 par des flèches en bleu foncé.

De la même façon, les lignes piézométriques pour le Pliocène inférieur et le Continental Terminal ont été tracées. Ici, il faut remarquer que l'information régionale est insuffisante pour donner confiance à ces lignes. Les figures montrent tout de même une direction générale d'écoulement, qui devrait être confirmée à l'arrivée des nouvelles données.



Figure 4.2 Lignes piézométriques pour le Pliocène Inférieur. L'écoulement général des eaux souterraines est indiqué par des flèches en bleu foncé.

La Figure 4.2 montre que les eaux souterraines dans les sables du Pliocène Inférieur coulent du sud au nord dans la partie sud du bassin, mais dans la partie nord il y a un écoulement du nord-ouest à nord-est.



Figure 4.3 Lignes piézométriques pour le Continental Terminal. L'écoulement général des eaux souterraines est indiqué par des flèches en bleu foncé.

Dans le cas des grès du Continental Terminal, l'écoulement est toujours vers le nord (Figure 4.3)

5. Les travaux de recherche effectués dans le cadre du projet BGR

5.1 Localisation, mesure et échantillonnage des puits

Comme déjà expliqué, les lignes piézométriques du Quaternaire montrent la présence des dépressions à échelle régionale dans la nappe phréatique. Pour comprendre l'origine de ces dépressions, des études de recherche ont été effectués dans le Département de Chari-Baguirmi au Tchad.

Une première campagne du terrain de 45 jours a été réalisée après la saison humide (Novembre 2008 à Janvier 2009). Elle consistait à la localisation, l'échantillonnage et la mesure de niveau piézométrique dans des puits distribués d'une façon plus au moins homogène dans la zone d'étude (environ 15 et 25 km entre puits).

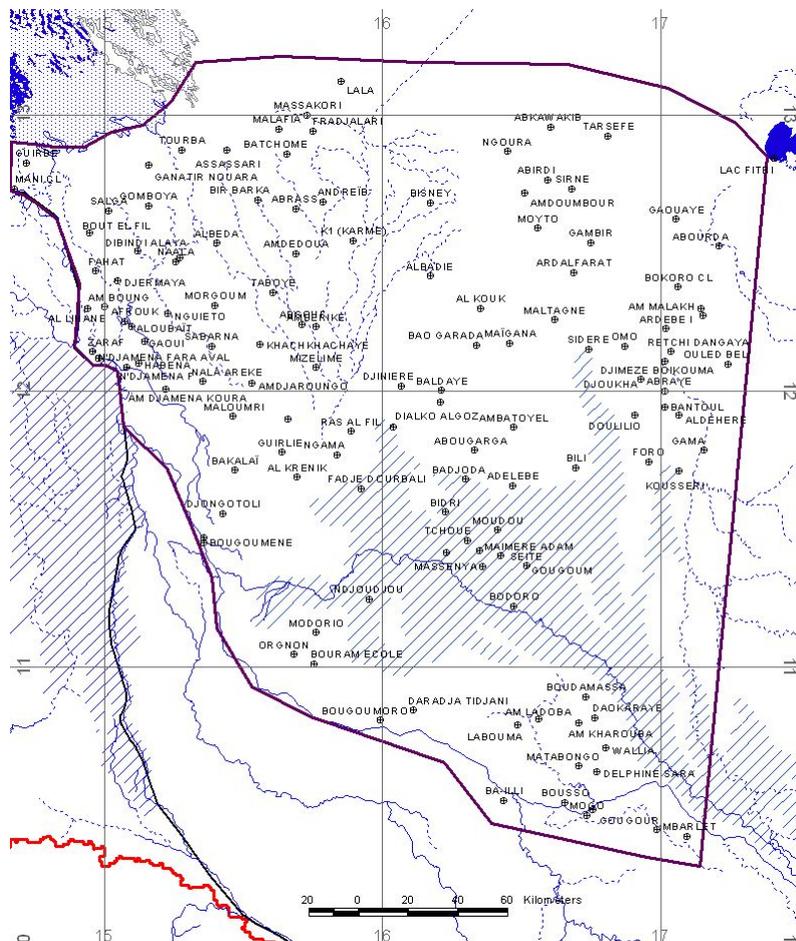


Figure 5.1 Zone d'étude pour l'analyse de l'origine de la dépression dans la nappe du Quaternaire. Elle couvre une surface de 55,000 km² dans laquelle 136 points d'eau ont été localisés et échantillonnés.

La Figure 5.1 montre la zone d'étude. Elle couvre une surface de 55,000 km² et est presque dans sa totalité dans le Département de Chari-Birguimi. An total 136 points d'eau ont été visités, mesurés, et échantillonnés pendant cette première campagne. Cependant, la carte montre des espaces vides, surtout dans la zone humide de Massénya vers le sud-est, à cause d'inaccessibilité lors de la campagne. Ils seront complétés dans la prochaine campagne qui aura lieu en Mars-Avril, c'est-à-dire à la fin de la saison sèche. Cette deuxième campagne comprendra une nouvelle mesure des niveaux piézométriques et l'échantillonnage de ces puits n'ayant pas été inclus dans la première campagne.

L'échantillonnage a pour but, les analyses de la qualité de l'eau (cations totaux, anions totaux et éléments traces) ainsi que l'isotopie (^{18}O et ^2H) qui seront effectuées dans les laboratoires du BGR, en Allemagne.

5.2 Résultats obtenus

5.2.1 Profondeur de la nappe phréatique du Quaternaire

Une carte de profondeur de la nappe phréatique a été dessinée avec les mesures obtenus pendant la première campagne du terrain (Figure 5.2).

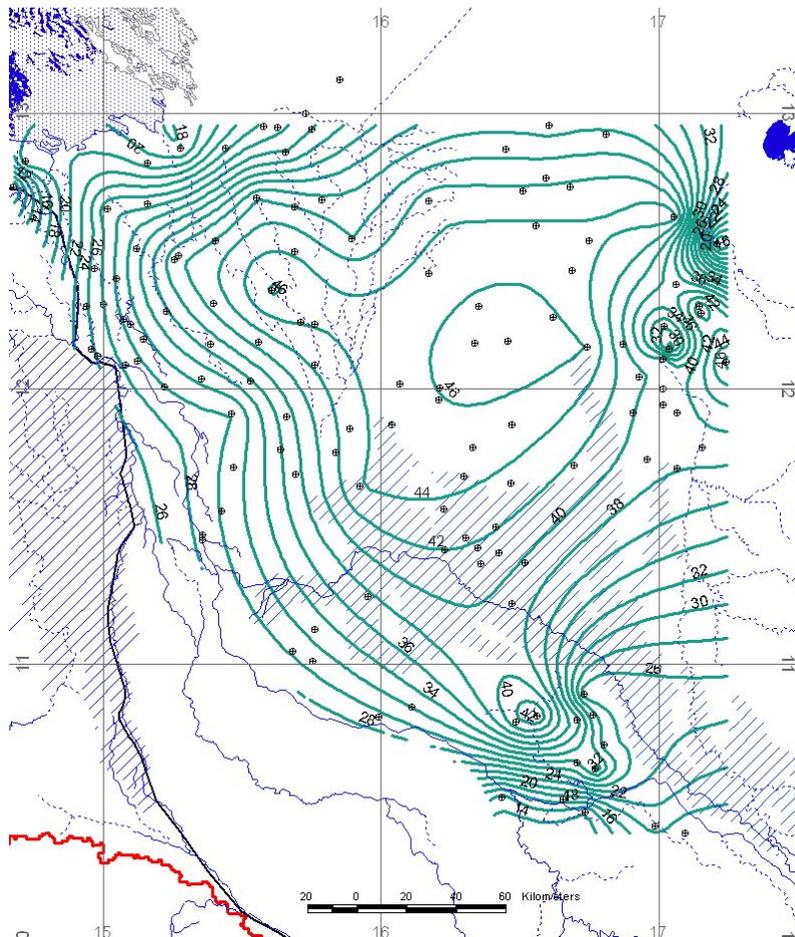


Figure 5.2 Profondeur de la nappe phréatique du Quaternaire (en m sous le sol).

La carte montre que la nappe se trouve entre 15 m sous le sol le long du fleuve Chari et 46 m sous le sol vers le centre de la zone d'étude.

5.2.2 Niveau piézométrique (année 1984)

Une carte du niveau piézométrique a été produite au cours de l'année 1984 en utilisant la base des données disponible à la CBLT (Figure 5.3). Elle montre une dépression de la nappe, comme déjà décrite dans le chapitre 4. La partie la plus profonde est localisée à 240 m au-dessous du niveau de la mer.

Il est aussi possible de distinguer que le fleuve Chari ainsi que de la zone humide de Massénya rechargent l'aquifère. Ici, les lignes piézométriques sont des combes très prononcées au-dessous des deux cours d'eau de surface.

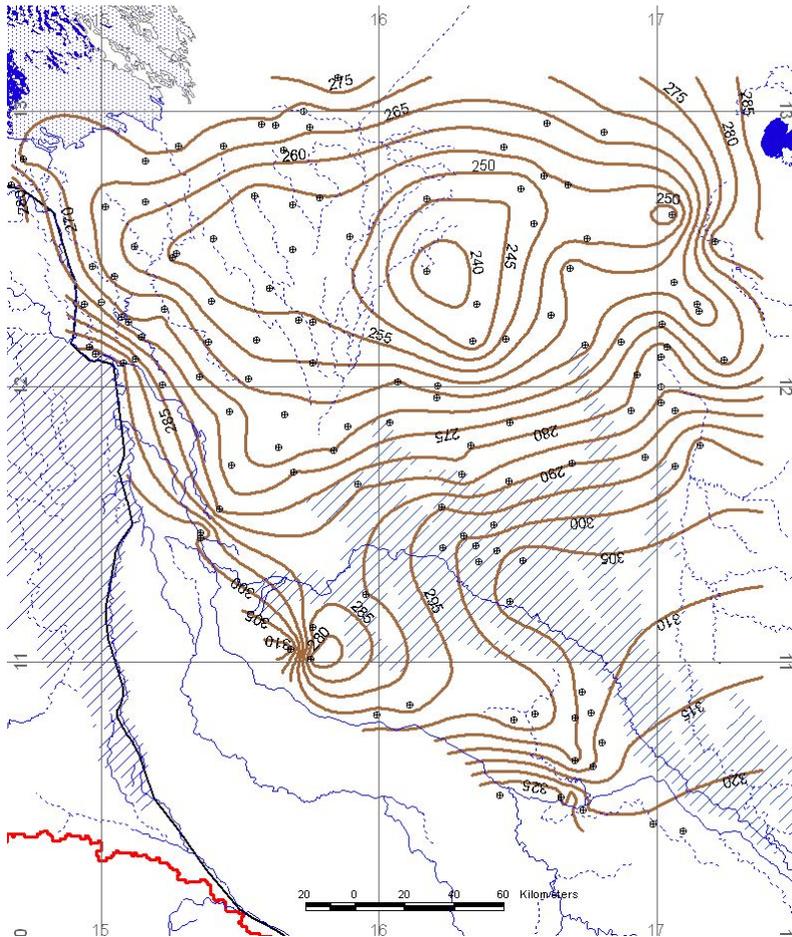


Figure 5.3 Carte du niveau piézométrique pour l'année 1984 (en m au-dessous du niveau de la mer). Elle a été produite avec les données de base disponibles à la CBLT. La dépression maximale a une hauteur de 240 m au-dessous du niveau de la mer.

5.2.3 Carte de niveau piézométrique de la période 2008-2009

La carte de niveau piézométrique de la période 2008-2009 (Figure 5.4) a été faite avec les mesures obtenues lors de la campagne du terrain. Elle montre de nouveau la dépression de la nappe, mais cette fois plus profonde (235 m au-dessous du niveau de la mer). Cette dépression pourrait être le résultat de deux effets, à savoir :

- Prélèvements trop intenses, c'est-à-dire une surexploitation de la nappe dans la région.
- Évaporation élevée dans la zone. Dans ce cas, les eaux souterraines auront une concentration des sels plus importante que les eaux voisines, surtout le chlore et sulfate, qui devraient se retrouver dans les analyses chimiques.

Pour analyser le développement de la nappe dans le période 1984-2008, une carte de changement annuel du niveau piézométrique a été faite (Figure 5.5). Pendant que le nord de la zone d'étude montre un abaissement de la nappe avec une vitesse de 0,40 m/an, la région de la dépression n'a presque pas changé pendant le période considérée. En revanche, une récupération de la nappe est aperçue sous la zone humide de Massénya (avec une maximale vitesse de 0,6 m/an) et sous le fleuve Chari (avec une vitesse de 0,2 m/an).

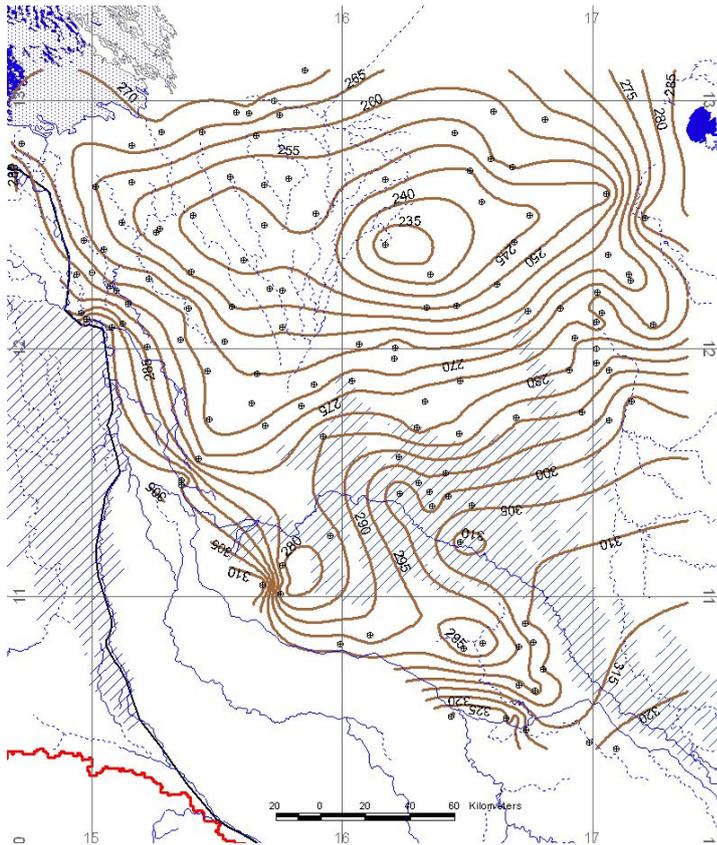


Figure 5.4 Carte de niveau piézométrique de la période 2008-2009 (en m au-dessous du niveau de la mer). Cette carte a été faite à partir des mesures obtenues lors de la campagne du terrain. La dépression maximale a une hauteur de 235 m au-dessous du niveau de la mer.

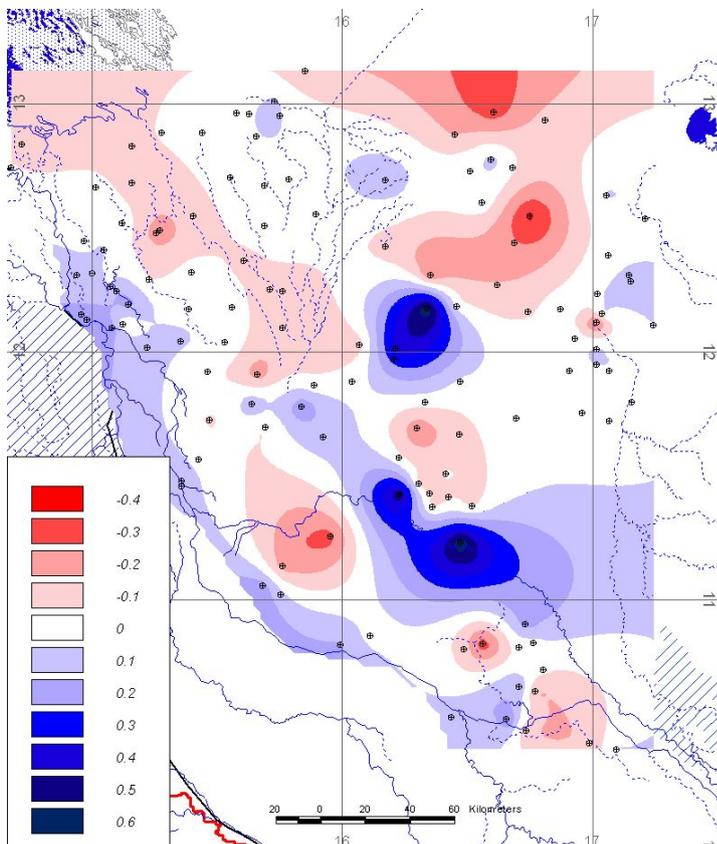


Figure 5.5 Changement annuel du niveau piézométrique pour le période 1984-2008.

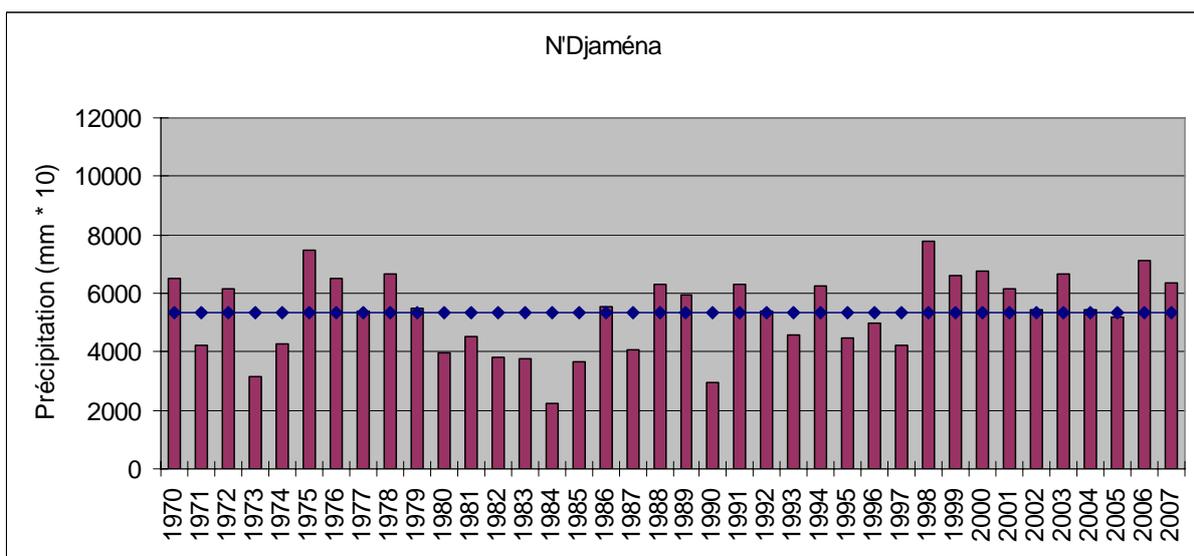
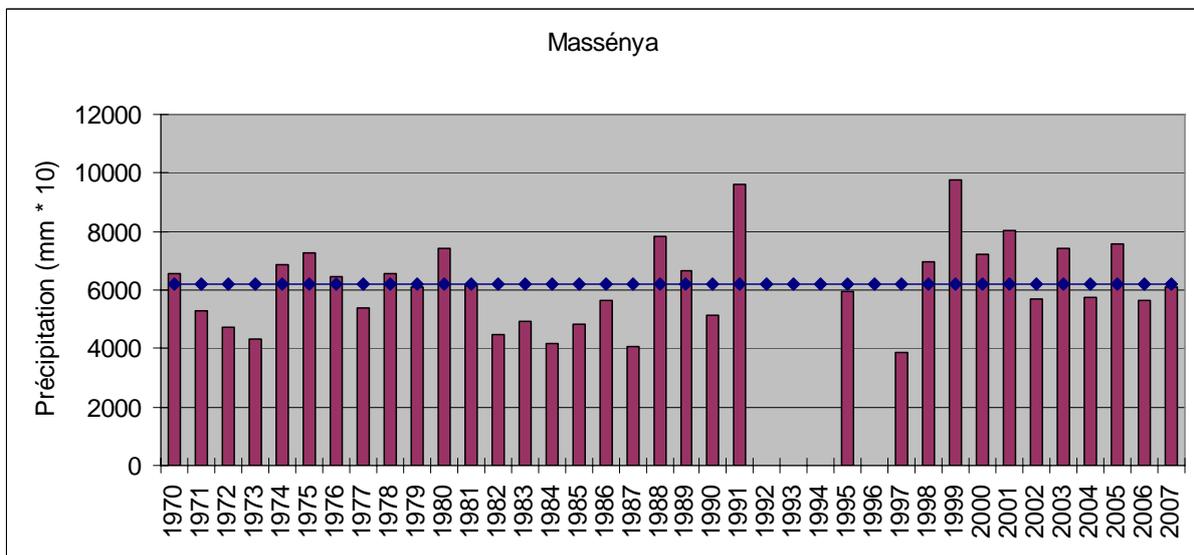
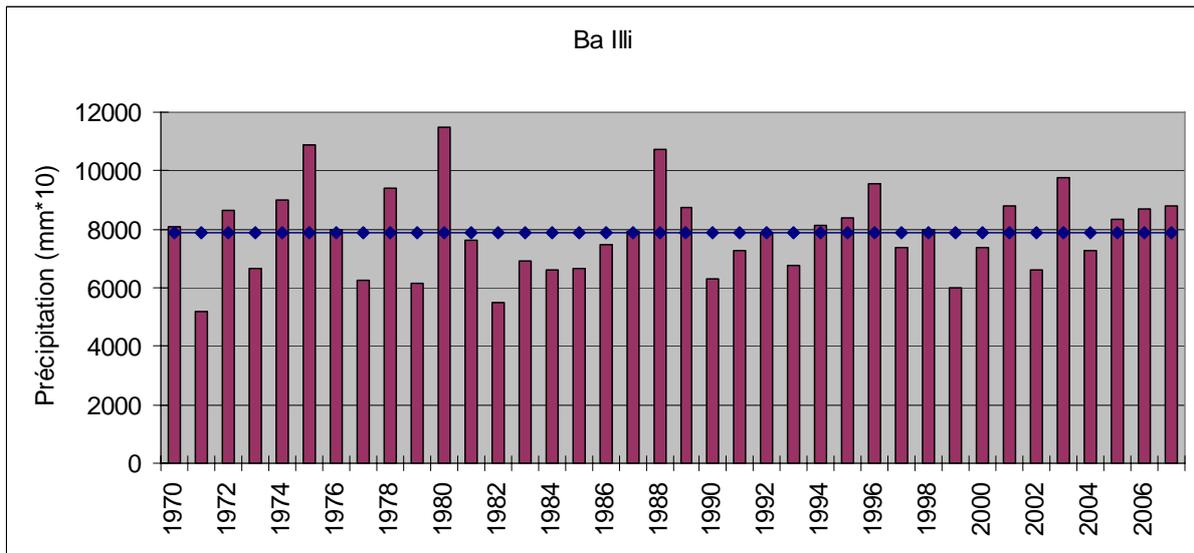


Figure 5.6 Précipitations annuelles mesurées par la DREM pour trois stations localisées dans la région d'étude. La ligne en bleu indique la moyenne de 1970 à 2007.

La recharge de la nappe par les cours d'eau de surface est probablement le résultat d'une augmentation de la précipitation annuelle pendant le période considéré. En 1984 la région souffrait déjà de plusieurs années de sécheresse, mais depuis le début du nouveau siècle la précipitation a augmentée au delà de la moyenne des 37 dernières années (Figure 5.6). Les zones humides ainsi que les plaines d'inondation du Chari reçoivent plus d'eau et il y a plus d'eau disponible pour la recharge de l'aquifère. Il faut encore trouver une explication pour l'abaissement de la nappe dans les régions plus éloignées des cours d'eau. Une explication serait que la recharge dans ces régions, malgré l'augmentation de la précipitation, reste toujours moins importante par rapport à l'évaporation.

5.2.4 Hydrogéochimie

L'analyse de la composition chimique permet de caractériser les eaux souterraines et ainsi différencier les aquifères. Les eaux près de la zone de recharge montrent une minéralisation faible pareille à celle de l'eau de pluie. Mais pendant l'écoulement dans le sous-sol, l'eau gagne des minéraux disponibles dans les terrains traversés. Les échantillons pris dans une région éloignée de la zone de recharge montreront ainsi une minéralisation élevée, caractérisant les minéraux dans les roches du sous-sol.

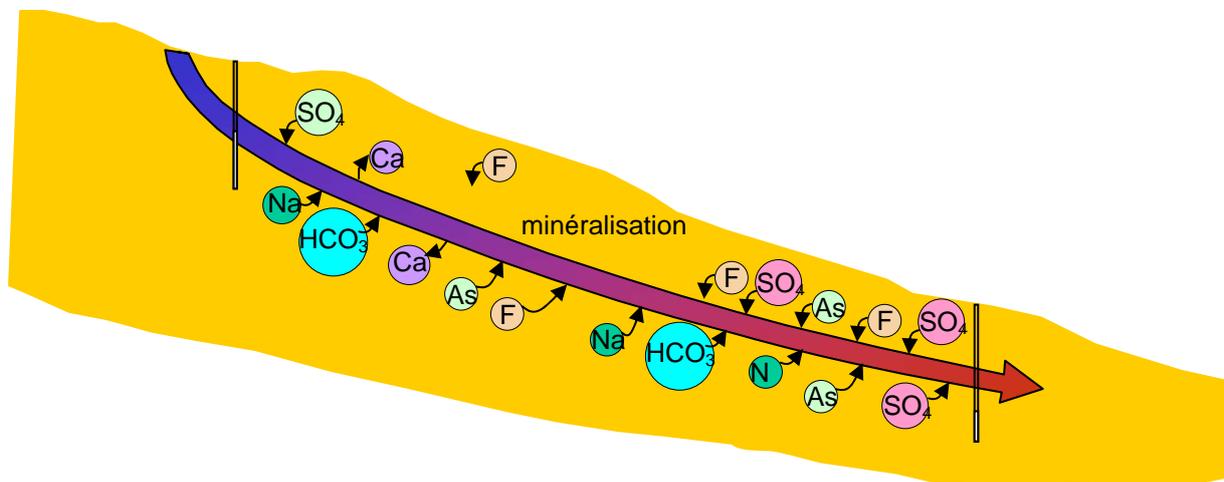


Figure 5.7 Minéralisation des eaux souterraines pendant l'écoulement dans le sous-sol.

Comme déjà indiqué, les 136 points d'eau visités pendant la campagne ont été échantillonnés. Étant donné qu'en 122 des cas il s'agit de puits à ciel ouvert de 1.5 à 2 m de diamètre, les échantillons ont été pris directement du seau utilisé pour extraire l'eau. Trois autres échantillons appartiennent à des forages qui captent les eaux du Pliocène Inférieur. Les onze échantillons restants ont été pris au Lac Fitri (1) et du fleuve Chari (10). Les mesures in situ sont:

- pH.
- Conductivité électrique.
- Temperature de l'eau.
- Alcalinité total.

Les échantillons ont été envoyés au laboratoire du BGR, à l'Allemagne, où ils ont été analysés (cations et anions total, éléments traces). Les prochains paragraphes expliquent avec détail les résultats des analyses chimiques.

Diagramme Piper

Le diagramme présente trois zones qui sont définies par des eaux avec des caractéristiques très différentes. Si l'eau tombe sur le secteur dénommé "bicarbonaté calcique", il s'agit d'une eau avec une minéralisation faible, c'est-à-dire qu'elle a été rechargée récemment ou

qu'elle se trouve dans la zone de recharge de l'aquifer. Les eaux de surface, si elles proviennent de la précipitation, elles doivent montrer cette qualité.

Le secteur dénommé "carbonaté sodique" montre des eaux qui ont été rechargées depuis un certain temps et qui ont traversée une distance dans le sous-sol suffisante pour que le sodium remplace le calcium. Les eaux ont maintenant une minéralisation plus marquée.

Le secteur indiqué comme "hyper chloruré sodique" (ou aussi "sulfaté chloruré sodique") indique des eaux fortement minéralisées. Elles ont restée long temps dans le sous-sol et ont parcourue une longue distance dans l'aquifer. Dans cet processus, le bicarbonate est remplacé par le sulfate, et le chlore s'ajoute au sodium.

La flèche dans la figure montre le sens de la minéralisation - de bleu à rouge - c'est-à-dire de bicarbonaté calcique à hyper chloruré sodique, en passant par carbonaté sodique.

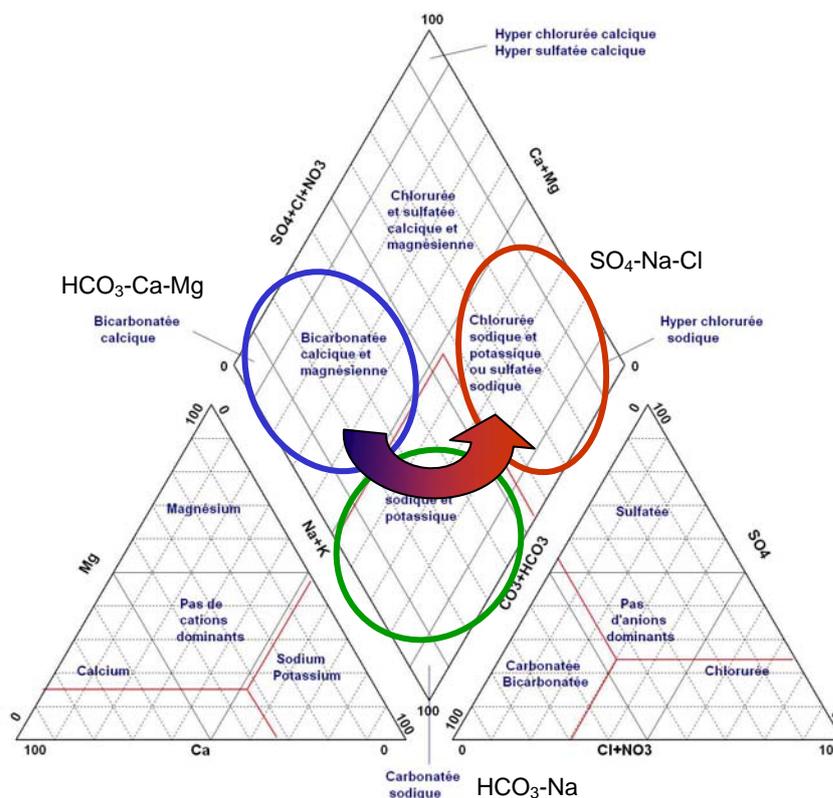


Figure 5.8 Diagramme Piper pour la représentation de la qualité des eaux.

La Figure 5.9 montre les résultats pour les onze échantillons d'eau de surface. Comme déjà expliqué, tous les résultats indiquent des eaux bicarbonatées calciques.

Quand le diagramme Piper est construit pour des eaux souterraines, le résultat est différent (Figure 5.10). Si bien la plupart des résultats indique la présence des eaux bicarbonatées calciques, il y a des eaux bicarbonatées sodiques, et même quelques sulfatées chlorurées sodiques.

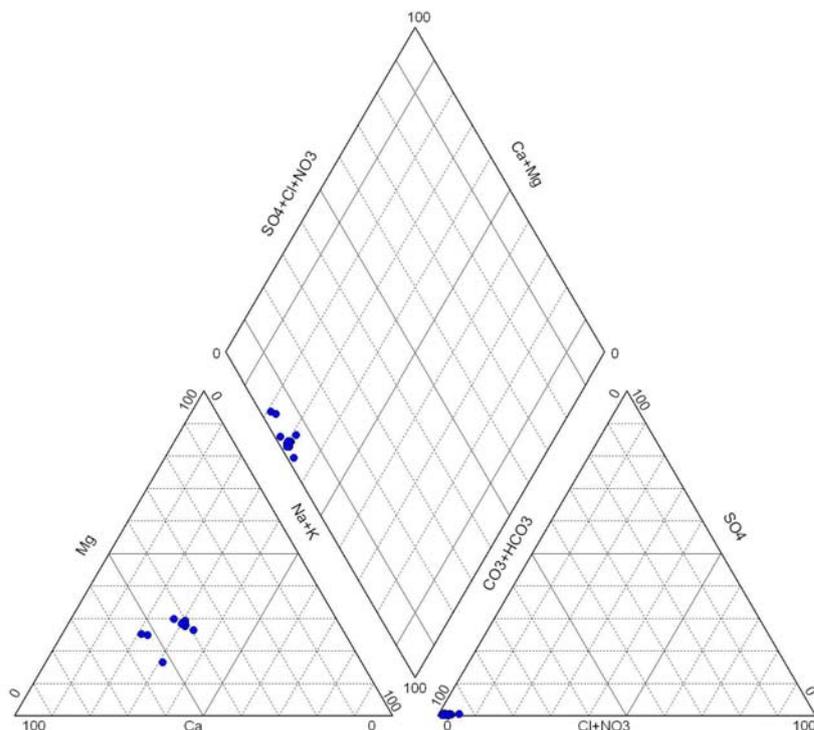


Figure 5.9 Résultats des analyses chimiques pour les onze échantillons des eaux de surface (laboratoire BGR, 2009).

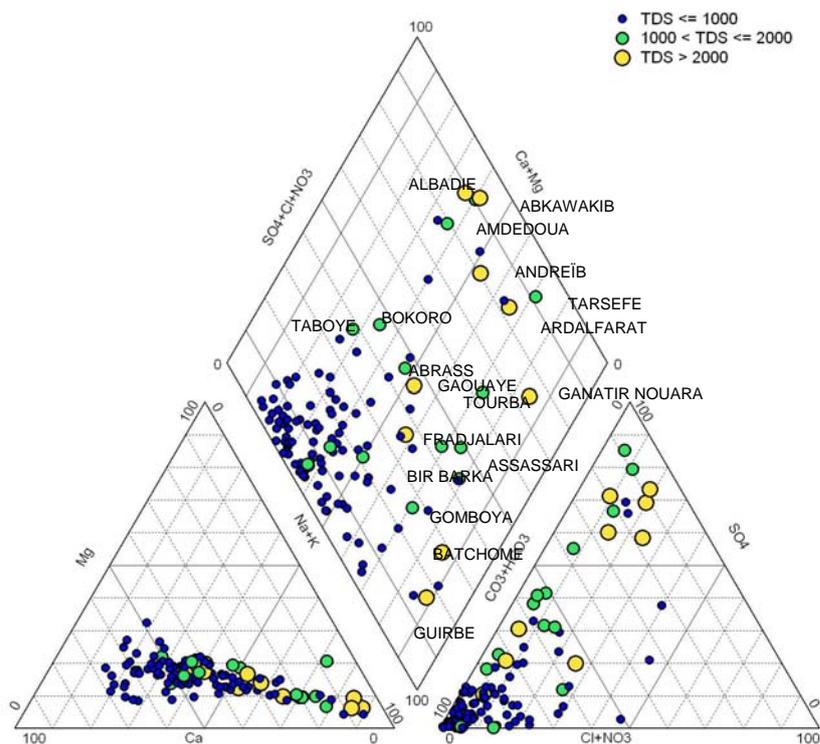


Figure 5.10 Résultats des analyses des eaux souterraines (laboratoire BGR, 2009).

La Figure 5.10 montre aussi qu'il y a différentes concentrations de solides dilués totales (TDS), c'est-à-dire contenus en sels. Les eaux avec les contenus de sels plus élevés appartiennent à la région où se trouve la dépression de la nappe phréatique.

Généralement, contenus de TDS au delà de 2000 mg/l caractérisent les eaux qui ne peuvent pas être utilisées comme eau potable. La concentration en sels est très élevée pour la consommation humaine. Tout même, ces eaux peuvent être encore utilisées pour abreuvoir

les animaux, jusqu'à une concentration de 3000 mg/l. Au delà de cette concentration les eaux deviennent inutilisables.

Conductivité électrique

La carte de conductivité électrique (Figure 5.11) montre tout le long du fleuve Chari et autour de la zone humide de Massénya une conductivité d'environ 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, laquelle est typique pour des eaux souterraines récemment rechargées. Au contraire, au nord la région d'étude, où se trouve la depression de la nappe, la conductivité est très élevée (jusqu'à 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

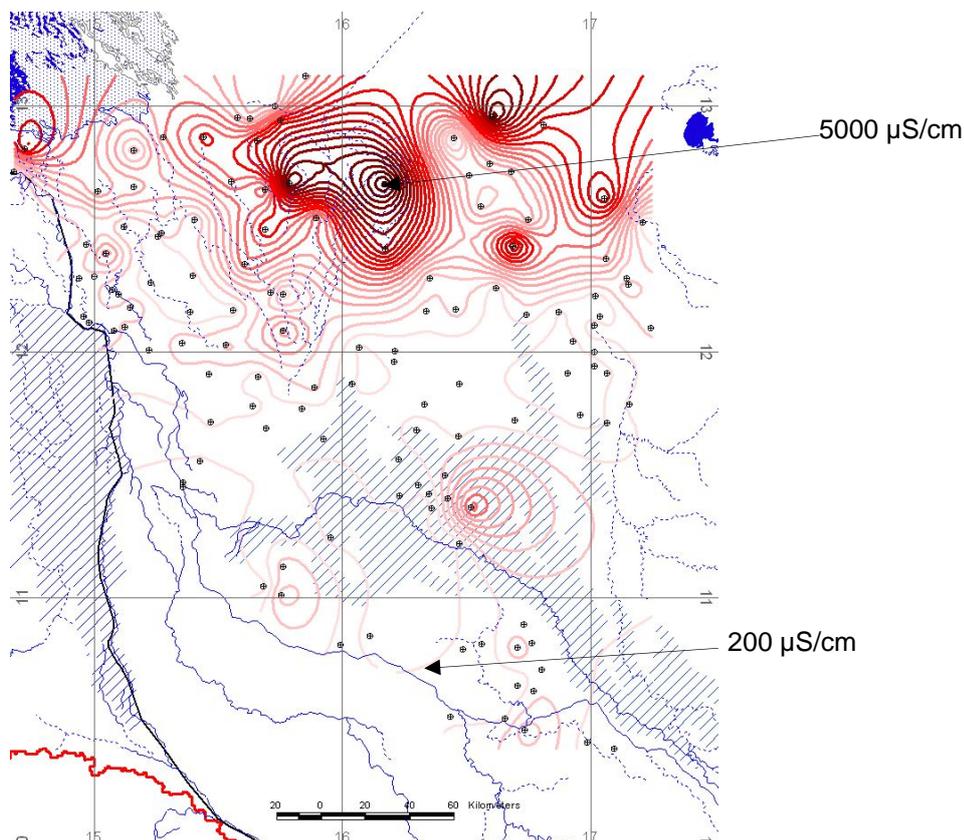


Figure 5.11 Carte de conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Les eaux au nord de la zone d'étude montrent une conductivité très élevée alors que les eaux près du Chari et de Massénya indiquent des conductivités typiques pour des eaux souterraines relativement récentes.

Une conductivité très élevée est due à la présence de sels qui peut être produite par :

- Evaporation, parce que seulement la molécule d'eau souffre lors du processus d'évaporation et les sels restent sous le sol. Dans ce cas, les concentrations de chlore et de sulfate doivent être élevées vers le nord de la zone d'étude.
- Eaux stagnantes, dans ce cas les hautes valeurs de conductivité sont le résultat d'un échange d'ions avec le sol. Car l'eau reste immobile, elle a le temps nécessaire pour absorber les minéraux du milieu. Si c'est le cas, les résultats des analyses isotopiques montreront que les eaux sont "vieilles" où, autrement dit, qu'elles ont été rechargées il y a déjà longtemps.

Chlore

La carte de chlore (Figure 5.12) montre une distribution similaire à celle de la conductivité électrique. C'est-à-dire que les valeurs élevées de la conductivité sont dues à la présence de hautes concentrations de chlore qui confirme l'hypothèse de l'évaporation d'eau dans la région nord de la zone d'étude.

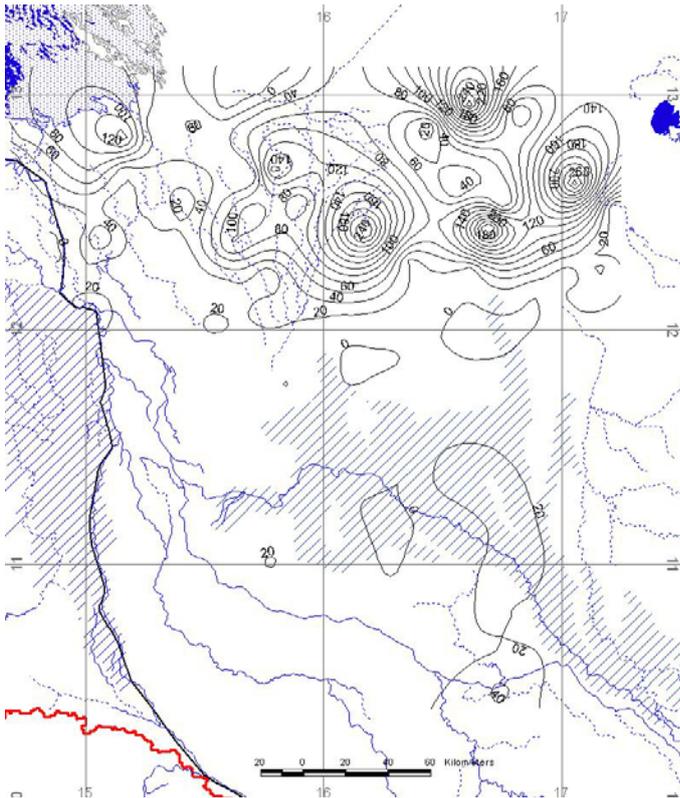


Figure 5.12 Contenus de chlore (mg/l) dans les eaux souterraines.

Sulphate

De la même façon, la carte de sulfate (Figure 5.13) montre une concentration élevée dans la région nord causée par l'évaporation des eaux.

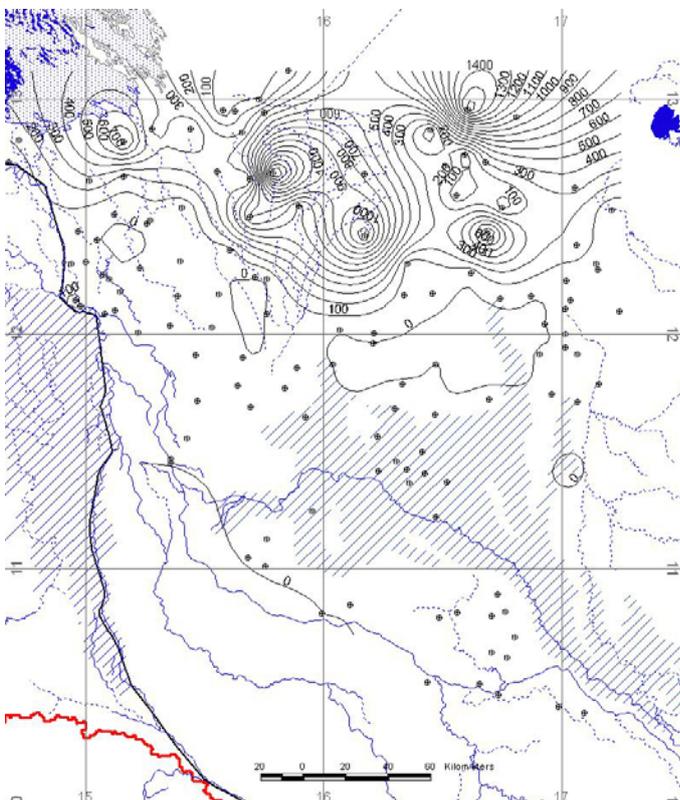


Figure 5.13 Carte de la distribution du sulfate (mg/l) dans les eaux souterraines.

Nitrate

Le nitrate est toujours un indicateur de pollution pour les eaux souterraines, la plupart est générée par une utilisation inadéquate ou exagérée des engrais azotés, par des systèmes d'assainissement défectueux, ou même par contamination directe par des excréments humains ou des animaux.

Le nitrate est considéré comme cancérigène pour les personnes adultes, mais il peut aussi causer ce qu'on connaît comme la "mort bleue" dans les enfants due au manque d'oxygène dans le sang. C'est pour ça que la limite supérieure acceptée par les normes de la OMS (aussi les normes de la CE et de la APE aux États Unis) est de 50 mg/l (expressée comme nitrat NO_3^-). Quand même, les normes de la CE considèrent une concentration de 25 mg/l comme la valeur supérieure à partir de laquelle des mesures de protection doivent être adoptées.

Les cercles noirs de la Figure 5.14 ci-dessous indiquent des puits à concentrations anormales de nitrate (concentration maximale mesurée est de 353 mg/l). Mais ces concentrations anormales sont ponctuelles, dues à la façon d'utiliser les puits: les abreuvoirs pour les animaux sont localisés tout près des puits et la zone plus proche au puits reste toujours contaminée avec les excréments. L'extraction d'eau à lieu avec une corde tirée par un boeuf à laquelle est attaché un seau dont la corde tombe au sol et ramasse les excréments et du sable qui sont ensuite rejetés dans le puits.

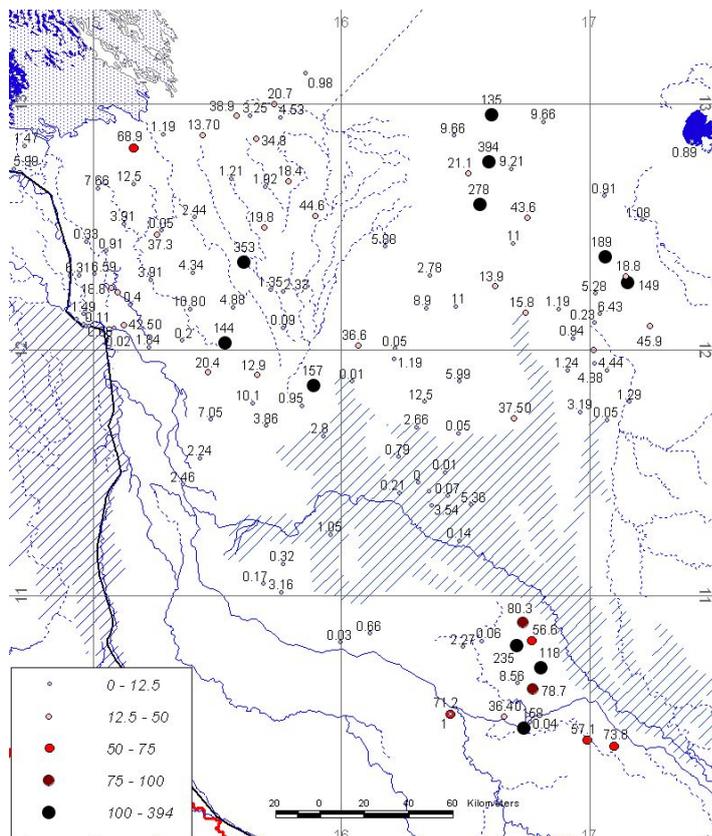


Figure 5.14 Concentration de nitrate (mg/l) des eaux souterraines.

Fluor

Les eaux de la région d'étude montrent aussi des teneurs en fluor plus élevés que la norme OMS dont la limite supérieure est fixée à 0.5 mg/l (Figure 5.15).

Le fluor peut avoir deux sources différentes :

- (Fluor)Apatite ($\text{Ca}_5[(\text{F},\text{Cl})(\text{PO}_4)_3]$)
- Fluorite (CaF_2), qui apparaît fréquemment dans des roches volcaniques et sédiments

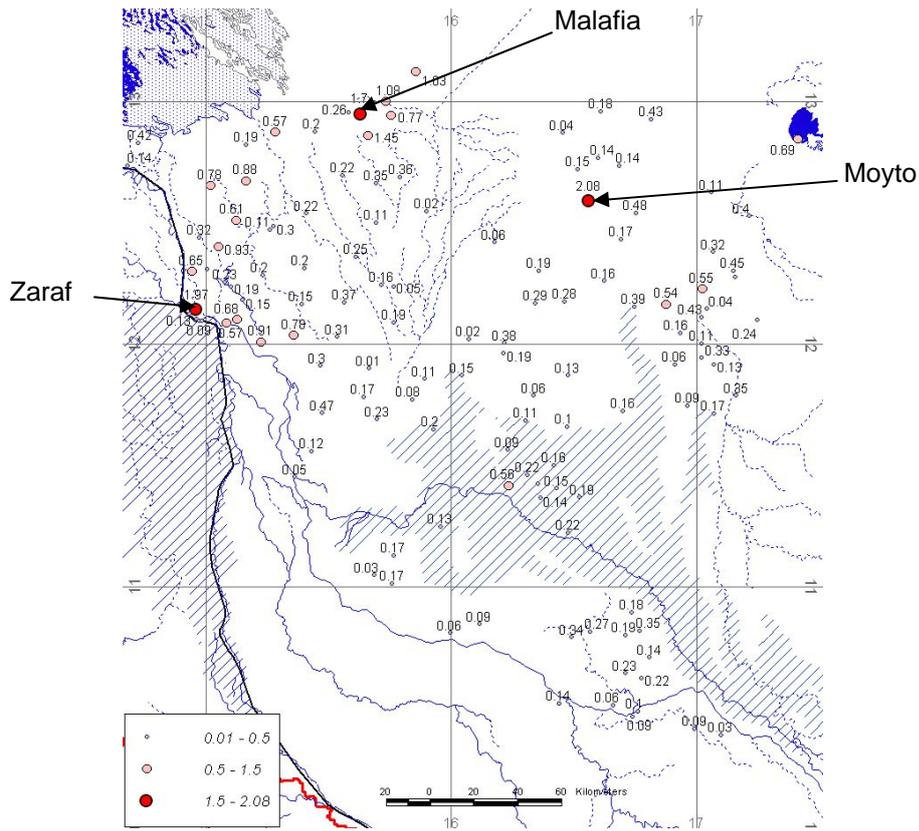


Figure 5.15 Contenus de fluor (mg/l) des eaux souterraines.

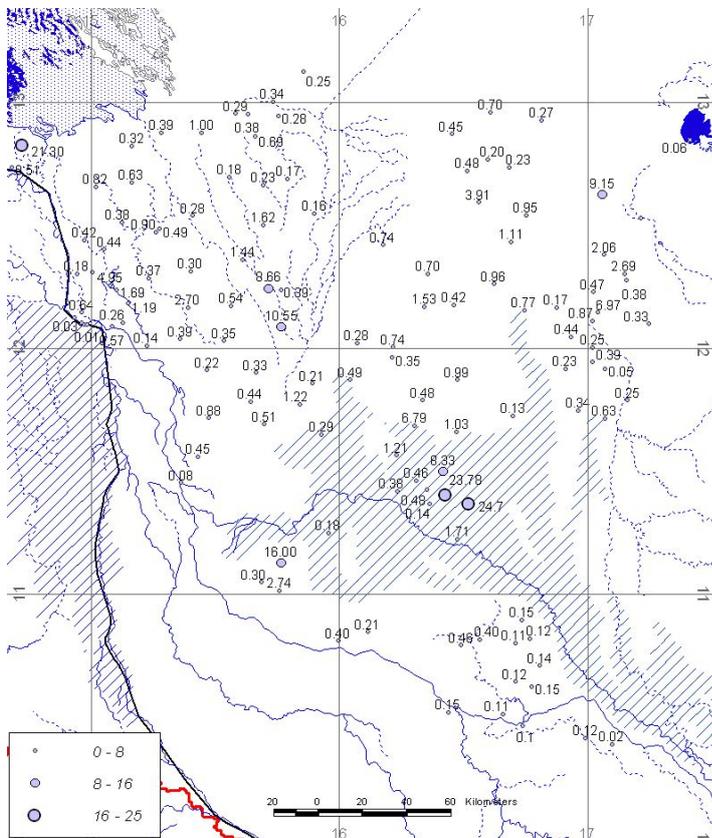


Figure 5.16 Concentrations de phosphate (mg/l) des eaux souterraines.

Si la source est l'apatite, l'eau devrait aussi avoir des concentrations de phosphate élevées. Comme ce n'est pas le cas des eaux souterraines dans la zone d'étude (comparer Figure 5.16), la conclusion est que la source de fluor est plutôt la fluorite.

6. Résumé et conclusions

La dépression des eaux souterraines de l'aquifère Quaternaire au nord du Département de Chari-Baguirmi a été étudiée plus en détail afin de mieux comprendre sa genèse. La zone d'étude est limitée au nord par le parallèle 13° et à l'est par une ligne qui va du lac Fitri à la ville de Mbarlet, au sud du fleuve Chari. Le fleuve Chari limite la zone au sud et à l'ouest. La zone humide de Massénya inonde la zone d'étude du centre vers le sud-est (Figure 5.1).

Une campagne du terrain de 45 jours a eu lieu de Novembre 2008 à Janvier 2009 (peu après la finalisation de la saison humide), au cours de laquelle les niveaux d'eau dans 136 points d'eau ont été mesurés et ses eaux échantillonnées pour des analyses chimiques complètes et des études isotopiques. Les analyses chimiques ont été réalisées dans les laboratoires du BGR en Allemagne. Malheureusement, les analyses isotopiques ne sont pas encore disponibles et les résultats ne peuvent pas être inclus dans le présent rapport.

Les niveaux d'eau souterraine mesurés ont permis la construction d'une carte piézométrique pour la période 2008-2009. Elle montre un niveau élevé des eaux souterraines le long du fleuve Chari et la zone humide de Massénya, qui, selon les analyses chimiques ont une faible minéralisation. Par conséquent, il peut être conclu que le fleuve Chari et la zone humide de Massénya rechargent la nappe du Quaternaire, au moins à la fin de la période humide.

La carte piézométrique montre également la dépression dont le point le plus profond est à 235 m au-dessus du niveau de la mer. Ces eaux souterraines présentent une teneur importante en sels. La combinaison de ces deux effets indique que la dépression est causée par une évaporation élevée des eaux souterraines, qui dépasse certainement la recharge par précipitation qui pourrait avoir lieu. L'évaporation a lieu probablement à travers des sables du paléo-delta du fleuve Chari.

La qualité de l'eau souterraine est suffisante pour l'approvisionnement d'eau potable. Malheureusement, le management inadéquat des puits utilisés pour abreuver des animaux, qui permet l'introduction des excréments et du sable dans les puits, cause une contamination localisée et directe de l'eau souterraine. Ce-ci est indiqué par la présence des concentrations très élevées de nitrate (jusqu'à une valeur de 353 mg/l). Un meilleur management des puits est absolument nécessaire pour éviter que la contamination ponctuelle devienne contamination régionale. En plus, il y a une faible contamination des eaux souterraines avec fluore, mais elle est naturelle à cause de la présence de fluorite dans le sous-sol.

Les eaux de surface montrent une composition chimique avec des très faibles concentrations en sels. C'est-à-dire qu'elles sont alimentées par les précipitations, du moins à la fin de la période humide.

Il faut rappeler que quelques des ces conclusions pourront changer quand les résultats de la nouvelle campagne du terrain qui vient de commencer seront disponibles.