



**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE



## **RESUME DES ETUDES SUR LES EAUX SOUTERRAINES DE 3 COMMUNES DE LA REGION DE MARADI : Guidan Roundji, Guidan Sori et Chadakori**

Mieux connaître les eaux souterraines pour prendre des décisions informées sur la ressource au niveau communal

Janvier 2022

Une étude commanditée par l'Activité TerresEauVie de l'USAID Niger

## **Avant-propos**

Cette évaluation du potentiel hydraulique souterrain de 3 communes de la région de Maradi au Niger a été rendue possible par le généreux soutien du Peuple Américain à travers l'Agence Américaine pour le Développement International, dans le cadre de l'Activité TerresEauVie, mise en œuvre par Winrock International et Tetra Tech. TerresEauVie fait partie du programme Résilience de l'USAID Niger qui appuie les populations chroniquement vulnérables du Niger, soutenues par des systèmes résilients, à se préparer et gérer efficacement les crises récurrentes, afin de sortir de la pauvreté par des voies durables.

L'évaluation commanditée par TerresEauVie ne reflète pas nécessairement les points de vue de l'Agence Américaine pour le Développement International ou du Gouvernement des États-Unis.

Lors de leur impression, les cartes présentes dans ce rapport porteront le branding recommandé par USAID.

## TABLE DES MATIERES

<b>GLOSSAIRE .....</b>	<b>4</b>
<b>1.0 INTRODUCTION .....</b>	<b>5</b>
1.1 Contexte et justification .....	5
1.2 Objectifs de l'étude .....	6
1.2.1 Objectifs .....	6
1.2.2 Résultats .....	6
<b>2.0 PRESENTATION DES COMMUNES .....</b>	<b>7</b>
<b>3.0 POTENTIALITES DES PRINCIPAUX SYSTEMES AQUIFERES .....</b>	<b>8</b>
3.1 Contexte hydrogéologique .....	8
3.1.1 Eaux de surface .....	9
3.1.2 Les ouvrages de captage des eaux dans les communes .....	10
3.1.3 Principaux aquifères .....	11
3.1.4 Profondeur des eaux souterraines .....	11
3.2 Caractéristiques hydrogéologiques .....	12
3.2.1 Lithostratigraphie .....	12
3.2.2 Productivité des ouvrages- Débit et épaisseur des crépines .....	16
3.2.3 Durabilité des aquifères .....	18
<b>4.0 QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES .....</b>	<b>19</b>
4.1 Résumé de l'échantillonnage et de l'analyse .....	19
4.2 Résultats bactériologiques .....	20
4.3 Résultats physicochimiques .....	22
4.4 Bilan hydrique .....	26
4.5 Élaboration d'outils d'aide à la décision .....	28
<b>5.0 RÉSUMÉ DES PRÉOCCUPATIONS .....</b>	<b>32</b>
<b>6.0 RECOMMANDATIONS DE L'ETUDE .....</b>	<b>34</b>
6.1 Rééchantillonnage de confirmation pour le Fluorure et l'Arsenic .....	34
6.2 Réparations des systèmes d'eau et chloration .....	34

6.3	Installation de nouveaux forages .....	34
<b>7.0</b>	<b>RECOMMANDATIONS DE L'ATELIER DE RESTITUTION .....</b>	<b>35</b>
7.1	Actions à entreprendre par les communes .....	35
7.2	Recommandations de l'atelier .....	36
7.3	Accompagnement des communes par TerresEauVie .....	36
<b>8.0</b>	<b>PROGRAMME DE GESTION DES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE ..</b>	<b>37</b>
8.1	Initiative "Programme de Gestion des Ressources en Eau Souterraine" (PGRE) .....	37
8.2	Principaux éléments de l'élaboration et de la mise en œuvre du PGRE dans une commune.....	37
8.3	Application du PGRE au niveau des communes.....	38
<b>9.0</b>	<b>ANNEXES.....</b>	<b>39</b>
9.1	Tableau 6 : Données d'enquête sur les points d'eau des communes de Guidan Roundji, Guidan Sori et Chadakori .....	39
9.2	Liste des documents produits lors de ces études .....	39

## **GLOSSAIRE**

**AEP** : Adduction en Eau Potable

**AEP MV** : AEP Multiple Village

**BF** : Borne fontaine

**DDHA** : Direction Départementale de l'Hydraulique et de l'Assainissement

**DRHA** : Direction Régionale de l'Hydraulique et de l'Assainissement

**EC** : Conductivité Electrique

**GIRE** : Gestion Intégrée des Ressources en Eau

**ILaP**: Irrigable Land Potential Calculator

**IRH**: Inventaire des Ressources Hydrauliques

**MINI AEP**: AEP Simple

**PANGIRE** : Plan d'action national pour la GIRE

**PGRE** : Plan de Gestion des Ressources en Eau

**PC** : Puits Cimenté

**PEA** : Poste d'eau Autonome

**PMH** : Pompe à Motricité Humaine

**PT** : Puits Traditionnel

**TDS** : Total des Solides Dissous

## **I.0 INTRODUCTION**

### **I.1 Contexte et justification**

Le Niger a un taux d'accès à l'eau potable et à l'assainissement parmi les plus bas au monde. La rareté de l'eau et la mauvaise gestion des ressources en eau dans le pays affaiblissent les moyens de subsistance issus de l'agriculture et de l'élevage, et créent parfois des conflits. Les risques croissants associés aux sécheresses et aux inondations sont combinés aux conflits violents et à l'extrémisme qui exposent les populations à des déplacements internes. Cela compromet les perspectives de croissance économique et de réduction de la pauvreté.

Les habitants de ce pays du Sahel, qui sont confrontés à ces chocs et à ces facteurs de stress, subissent souvent une crise humanitaire après l'autre. Les conséquences de la pandémie de COVID-19 ont intensifié ces défis.

Conduite par le « Sustainable Water Partnership » de Winrock au Niger, l'Activité TerresEauVie de l'USAID Niger soutient la résilience dans 25 communes en renforçant les systèmes sociaux et écologiques. TerresEauVie met l'accent sur trois volets : amélioration de la sécurité de l'eau, amélioration de l'utilisation productive et durable des terres et amélioration de la gestion des chocs, des risques et des stress. L'objectif est que les populations vulnérables gèrent efficacement les risques auxquels elles sont confrontées et se rétablissent lorsqu'un choc se produit (sécheresses, inondations, insécurité, etc.), leur permettant de construire des voies durables pour sortir de la pauvreté.

Dans le processus d'amélioration de la sécurité de l'eau, la réalisation et le maintien de la sécurité de l'approvisionnement en eau constituent un défi fondamental pour le développement communal des zones d'intervention de TerresEauVie. En effet, dans ces communes qui sont tenues de prendre des décisions de planification ou de gestion de l'eau, la connaissance des ressources en eau n'est pas forcément disponible ou adaptée au niveau communal. Ainsi, cette activité d'évaluation des eaux souterraines suit parfaitement les différentes étapes de l'approche d'amélioration de la sécurité de l'eau.

Alors, pour améliorer la sécurité de l'eau dans ces communes, il faudra renforcer la capacité d'adaptation de tous les acteurs - gestionnaires et utilisateurs de l'eau, entreprises et communautés - à évaluer, maîtriser et traiter régulièrement les risques liés à l'eau en atténuant leurs impacts négatifs par des activités négociées. Pour cela, des solutions fondées sur des données scientifiques et factuelles doivent être conçues et mise à la disposition de ces communes.

C'est ainsi que, dans le but d'assurer la disponibilité des données fiables et actualisées sur les qualités et les quantités des eaux souterraines des différentes communes d'interventions, TerresEauVie a conduit une étude sur les eaux souterraines de 3 communes de la région de Maradi à savoir Guidan Roumdji, Guidan Sori et Chadakori. Cette étude a permis de faire la mise à jour des données disponibles aux niveaux communaux en vue d'aboutir à la mise en place d'un Programme de Gestion des Ressources en Eau souterraine (PGRE) des communes concernées.

## 1.2 Objectifs de l'étude

### 1.2.1 Objectifs

Dans la perspective de fournir des données et des informations fiables et actualisées, permettant une meilleure prise de décision pour les planifications des communes rurales sur la gestion durable des ressources en eau, TerresEauVie s'est focalisée sur l'évaluation de la sécurité physique de l'Eau (qualitative, quantitative et bilan hydrique) en vue d'aboutir à un Programme de Gestion des Ressources en Eau Souterraine.

### 1.2.2 Résultats

Pour atteindre les résultats (ci-dessous), TerresEauVie, s'est appuyée sur des experts internationaux et locaux (le cabinet de consultants UHL & Associates et l'Université de Maradi), pour quantifier les ressources en eaux souterraines renouvelables et non renouvelables (réserves dynamiques et statiques des nappes perchées ou profondes) dont dispose chaque commune afin d'identifier les opportunités et les contraintes liées à ces ressources, en fonction de l'ampleur de l'excédent ou du déficit, par rapport à la demande actuelle et potentielle future. C'est ainsi que les résultats recherchés se sont basés sur les deux axes complémentaires à savoir :

- **L'évaluation de la Sécurité physique de l'Eau** à travers les recherches sur :
  - **La quantité des ressources en eau** : disponibilité, mobilisation et fourniture de volumes d'eau suffisants
  - **La qualité des ressources en eau** : caractéristiques physiques, biologiques et chimiques des ressources en eau
  - **Le bilan hydrique** : inventaire et comparaison spatio-temporels des disponibilités, des approvisionnements et des utilisations de l'eau.
- **Le Programme de Gestion des Ressources en Eau Souterraine** où il s'agira de mettre en place un **Système intégré de planification de l'eau** qui se basera sur le suivi de la qualité et de la quantité de l'eau, le programme intégré d'optimisation des allocations et l'application de l'outil ILaP (Irrigable Land Potential Calculator).

Le premier résultat qui est la connaissance de l'état des ressources en eaux souterraines des communes de Guidan Roumdji, Guidan Sori et Chadakori est obtenu et a servi à l'élaboration d'outils d'aide à la décision pour les planifications de ces communes sur la gestion durable des ressources en eau. C'est ce résultat qui est compilé dans ce rapport, en résumé des rapports spécifiques à chaque commune.

Le deuxième résultat qui est le Programme de Gestion des Ressources en Eau Souterraine est en cours de mise en place dans ces communes ou des systèmes de surveillance et de gestion de quantité et qualité des eaux, et un manuel de gestion des ressources en eau seront élaborés (pour chaque commune).

Tous ces résultats seront mis à disposition et utilisés par les Communes, les institutions de gestion intégrée des ressources en eau (Associations d'Usagers de l'Eau, Comités Locaux de l'Eau, prochainement l'Agence de l'Eau du Goulbi Maradi), les services techniques de l'Etat, les Universités, les partenaires RISE II (RFSA), les autres ONG nationales ou internationales, les prestataires privés du secteur.



## 2.0 PRESENTATION DES COMMUNES

Les trois communes étudiées sont dans le département de Guidan Roudji, au Sud-Ouest de la Région de Maradi.

### **Commune Urbaine de Guidan Roudji :**

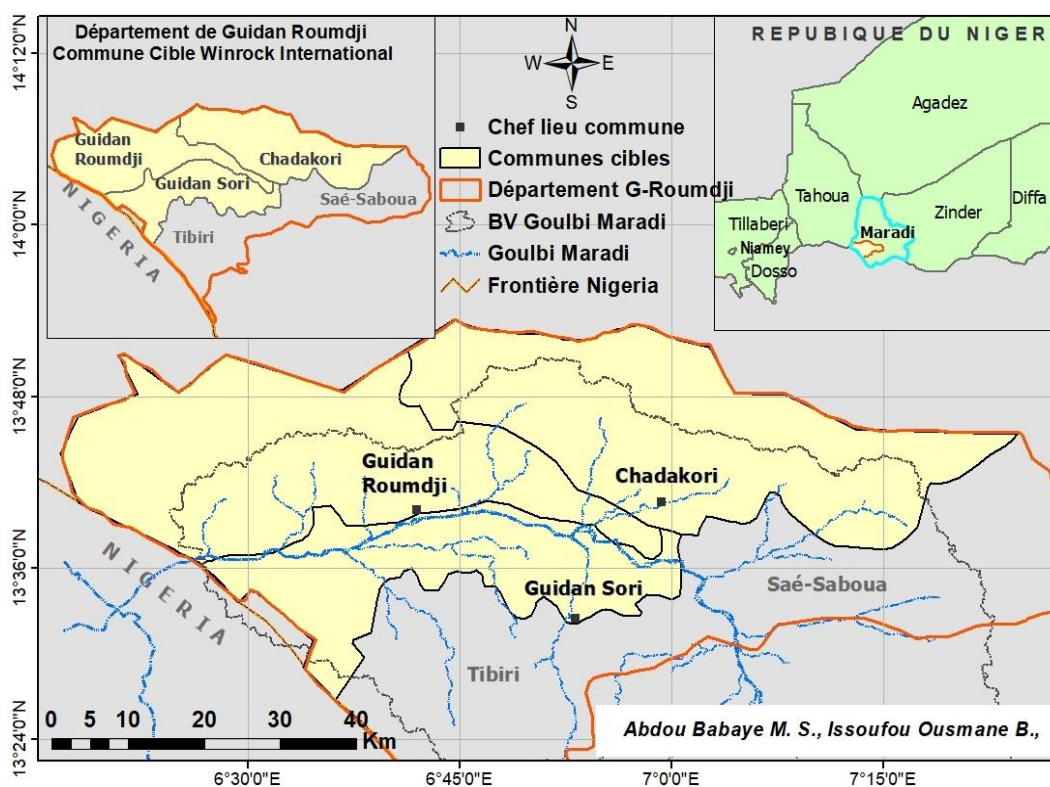
La ville de Guidan Roudji, chef-lieu de la commune, est située à 50 Km de la ville de Maradi. La commune de Guidan Roudji est limitée à l'Est par la commune urbaine de Tibiri, au Sud par la commune rurale de Guidan Sori, à l'Ouest par le département de Madaoua et Dakoro, au Nord par la commune rurale de Chadakori et le département de Dakoro. La commune urbaine de Guidan Roudji compte une population de 105 558 habitants répartie sur une superficie de 1 009 Km<sup>2</sup>.

### **Commune Rurale de Guidan Sori :**

La Commune Rurale de Guidan Sori est située à 33 kilomètres de la ville de Maradi et à 27 kilomètres de Guidan Roudji, chef-lieu du Département. Cette commune couvre une superficie de 749 km<sup>2</sup>, avec une population estimée à 135 337 habitants. Elle est limitée à l'Est et au Sud par la commune de Tibiri Gobir, à l'Ouest par le Nigéria et au Nord par la commune urbaine de Guidan Roudji et la commune rurale de Chadakori.

### **Commune Rurale de Chadakori :**

La commune rurale de Chadakori compte une population de 144 485 habitants répartie sur une superficie de 1 756 Km<sup>2</sup>. La commune rurale de Chadakori est située à 18 km au Nord du chef-lieu de la région de Maradi. Elle est limitée à l'Est par les communes rurales de Saé Saboua et Sherkin Haoussa (Mayahi) au Sud par les communes urbaines de Tibiri Gobir et Guidan Roudji et les communes rurales de Saé Saboua et Guidan Sori, à l'Ouest par la commune urbaine de Guidan Roudji et la commune rurale de Dan Goulbi et au Nord par les communes de Dan Goulbi, Sabon Machi et Mayara.



**Figure 1 :** Localisation des 3 communes et du sous bassin versant



## 3.0 POTENTIALITES DES PRINCIPAUX SYSTÈMES AQUIFÈRES

### 3.1 Contexte hydrogéologique

Du point de vue connaissance hydrogéologique de la zone, le département de Guidan Roundji n'a bénéficié que des études de reconnaissance généralisées à l'échelle du bassin (Boeckh, 1965 ; FAO, 1970 ; Greigert, 1968, 1978). Ces études antérieures ont permis de conclure que dans cette partie du sous bassin versant du Goulbi N'Maradi (bordure Sud-Est du grand bassin d'Iullemmeden), les nappes du Continental Intercalaire/Hamadien (CI/CH), Continental Terminal et Quaternaire constituent un seul système aquifère, contrairement à la partie Centrale et Ouest du bassin où on assiste à un système aquifère formé des nappes distinctes et parfois confinées (Guéro, 2003). Au niveau de la zone d'étude (Communes de Guidan Roundji, Guidan Sori et Chadakori), le contexte géologique et structural offre la possibilité de recharge à travers des échanges probables avec les nappes alluviales localisées du Goulbi N'Maradi et Goulbin Kaba.

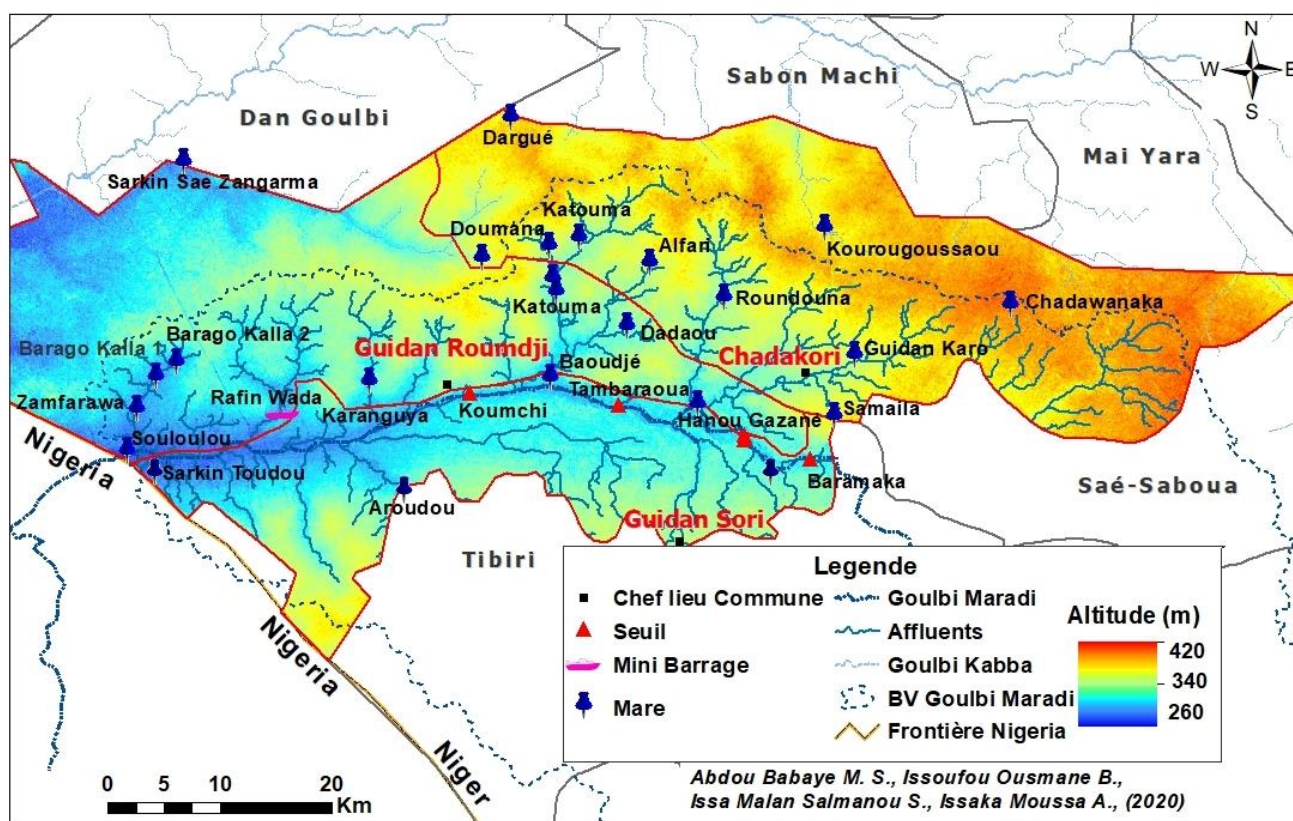
Le département de Guidan Roundji est sous-tendu par : (a) l'aquifère continental intercalaire / Hamadien, et (b) un aquifère alluvial peu profond le long du Goulbi N'Maradi (**Figure 4**). La ressource en eau souterraine est principalement utilisée pour l'alimentation en eau potable et les usages domestiques, l'élevage et l'irrigation. L'irrigation agricole dans le département se concentre principalement le long du Goulbi N'Maradi qui se trouve au sud de la commune de Chadakori et de Guidan Roundji. La commune de Chadakori s'appuie principalement sur l'Aquifère Continental Intercalaire /Hamadien pour l'alimentation en eau potable et domestique.

L'étude des potentialités aquifères requiert la connaissance géologique et hydrogéologique de la zone d'étude et la compréhension de la dynamique saisonnière et à long terme des nappes. Les mécanismes de recharge des eaux souterraines sont : (a) l'infiltration directe des précipitations vers l'aquifère intercalaire continental, et (b) l'infiltration des eaux de ruissellement saisonnières provenant des drainages vers l'aquifère alluvial de Goulbi N'Maradi (Ressources en eau du département de Maradi, projet PUND / DTCP-NER / 86/001, octobre 1991).

### 3.1.1 Eaux de surface

Les principaux éléments des eaux de surface sont des affluents du Goulbi N'Maradi, qui prend sa source au Nigeria, se déverse dans une direction générale d'est en ouest dans les communes de Guidan Sori et Guidan Roundji, et est affluent de la rivière Riva au Nigeria.

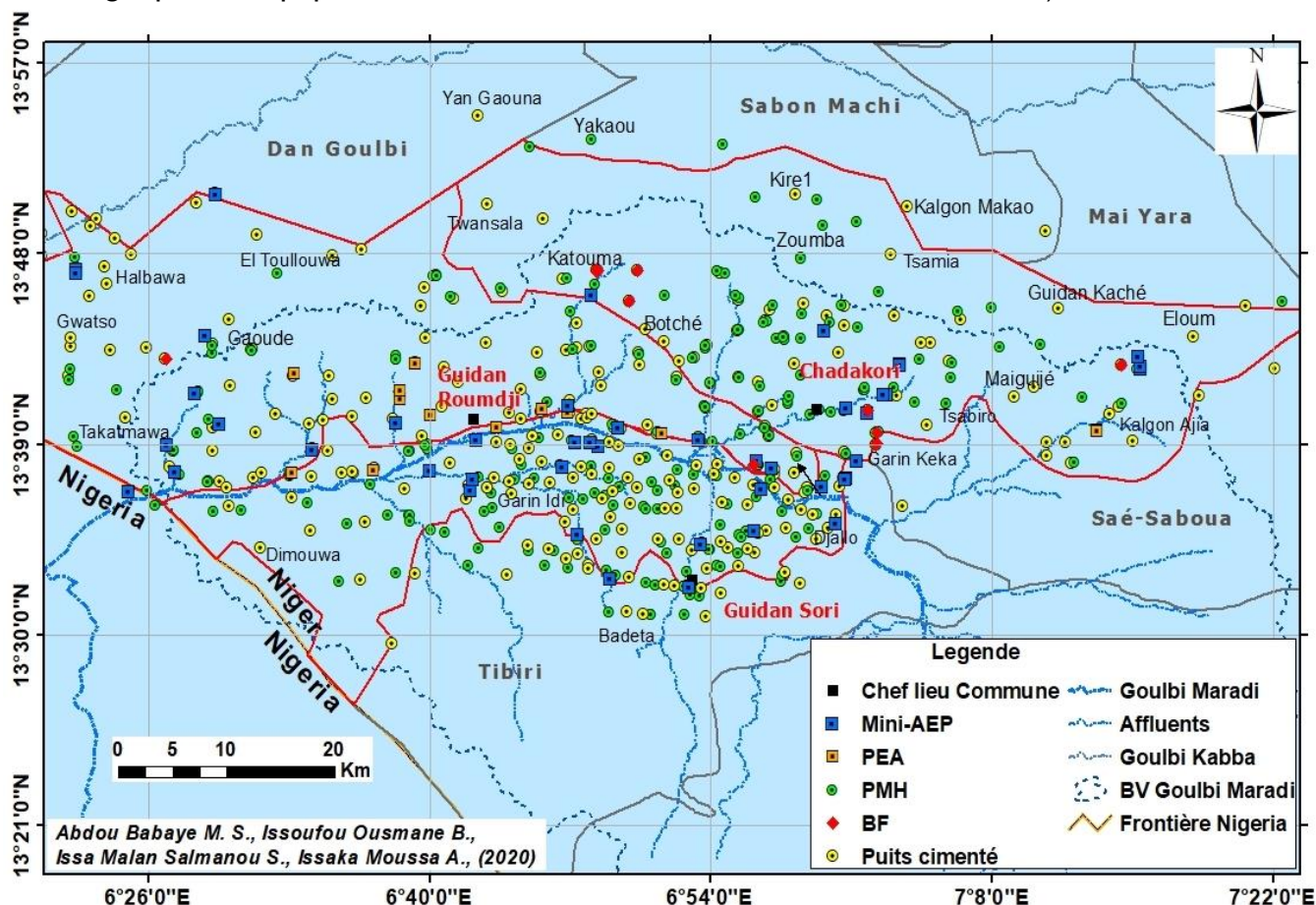
Dans le département de Guidan Roundji, le climat est de type Sahélien avec une pluviométrie caractérisée par une importante variation spatio-temporelle. De 2000 à 2014, la variation annuelle des précipitations enregistrées à la station météorologique de Guidan Roundji a varié de 260 à 640 millimètres par an (mm/an) avec une moyenne annuelle de 460 mm/an. L'ensemble des 3 communes regroupent 25 mares temporaires, 4 seuils d'épandage (2 à Guidan Roundji et 2 à Guidan Sori) et 1 mini barrage à Guidan Roundji. La Figure 2 montre la localisation de ces eaux de surface et le relief général avec l'écoulement des eaux des altitudes les plus élevées (rouge) vers les plus basses (bleu). A noter qu'avec une différence d'altitude de 160m environ, le relief de la zone est peu accidenté.



**Figure 2 :** Réseau hydrographique des 3 communes

### 3.1.2 Les ouvrages de captage des eaux dans les communes

Dans ces communes, les ouvrages d'approvisionnement en eau généralement utilisés par les populations sont principalement les : Mini AEP, PEA, forages équipés de PMH, et puits cimentés. La commune de Chadakori est la plus équipée en ouvrage hydraulique (plus de 220 ouvrages pour une population estimée à 144 485 habitants en 2020, PLEA 2017), suivie de Guidan Sori (204 ouvrages pour une population estimée à 135 337 habitants en 2020, PLEA 2017) et enfin la commune de Guidan Roudji avec le plus faible nombre d'ouvrage (170 ouvrages pour une population estimée à 105 558 habitants en 2020, PLEA 2017).

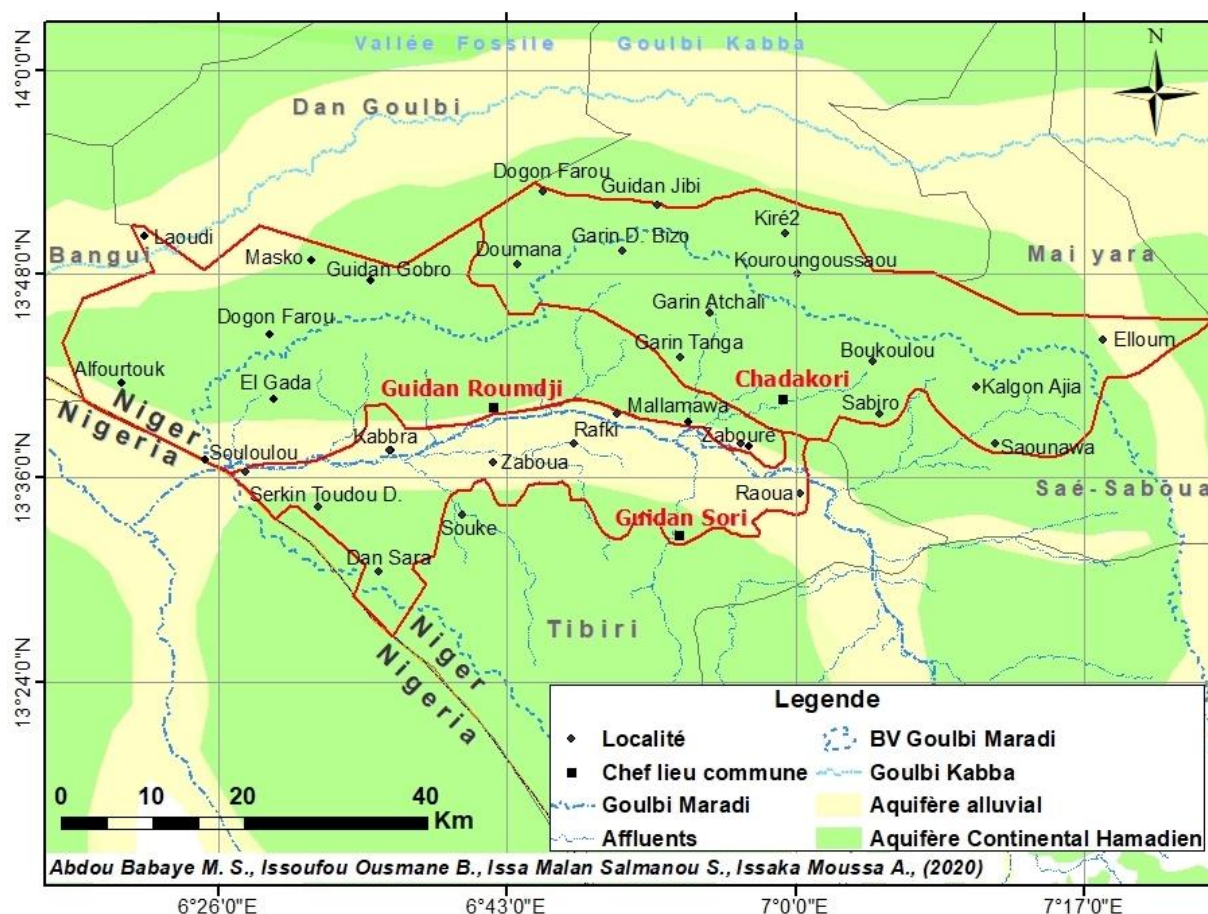


**Figure 3 :** Répartition spatiale d'ouvrages de captage dans les 3 communes



### 3.1.3 Principaux aquifères

La principale nappe captée par les puits cimentés et les forages (PMH, Mini-AEP, borne fontaine, PEA) est située dans le Continental Hamadien pour les communes de Guidan Roudji et Chadakori. Dans la commune de Guidan Sori, la principale nappe captée par les ouvrages de production d'eau est l'aquifère alluvionnaire. Dans cette commune aussi, la nappe alluviale et celle du Continental Hamadien se confondent à proximité de la vallée.



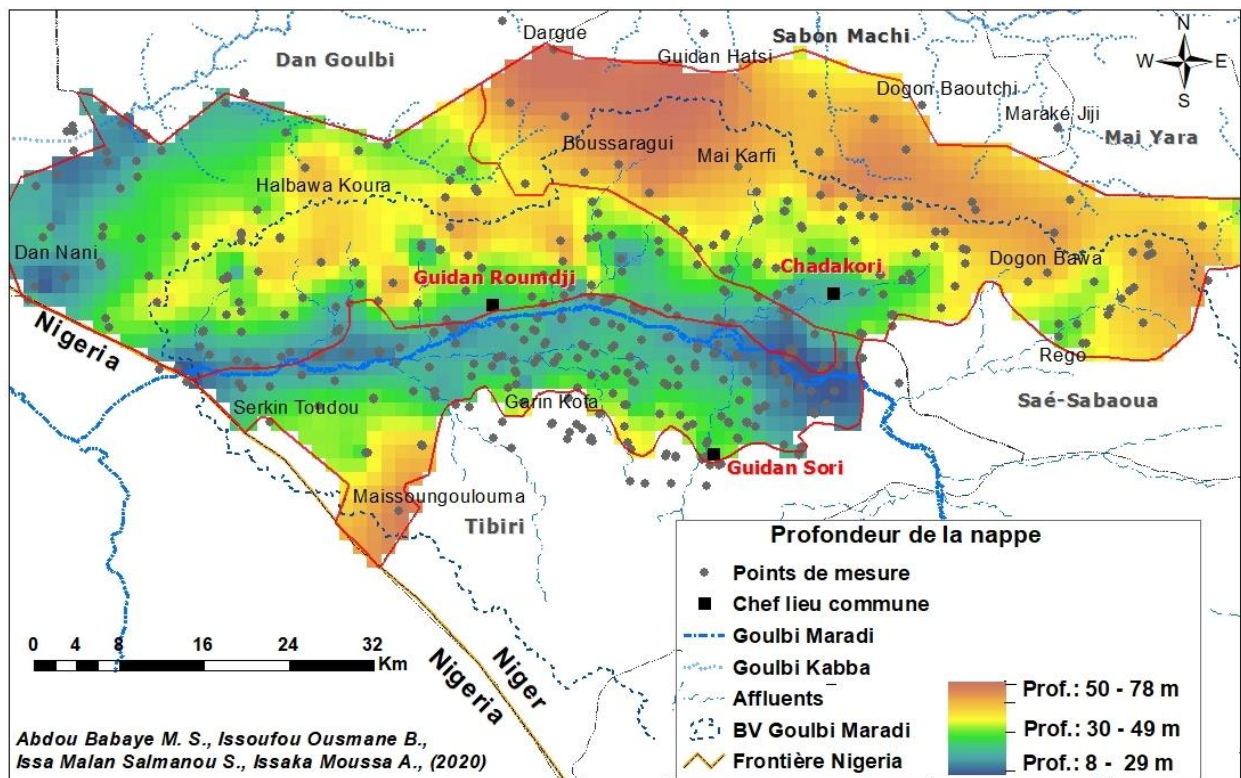
**Figure 4 :** Répartition spatiale des aquifères dans les 3 communes de la région de Maradi

### 3.1.4 Profondeur des eaux souterraines

Dans la commune de Guidan Roudji, les profondeurs forées des 50 forages analysés varient de 47 à 150 m avec une valeur moyenne de 87 m, alors que les niveaux statiques des nappes se stabilisent respectivement à partir de 11,3 à 61,8 m pour une moyenne de 30,5 m.

Pour la commune de Guidan Sori, les profondeurs forées des 97 forages analysés varient de 15 à 144 m avec une valeur moyenne de 72 m, alors que les niveaux statiques des nappes se stabilisent respectivement à partir de 11,5 à 56,5 m pour une moyenne de 32,4 m.

Quant à la commune de Chadakori, les profondeurs forées des 105 forages analysés varient de 51 à 168 m avec une valeur moyenne de 89 m, alors que les niveaux statiques des nappes se stabilisent respectivement à partir de 20 à 78 m pour une moyenne de 46 m.



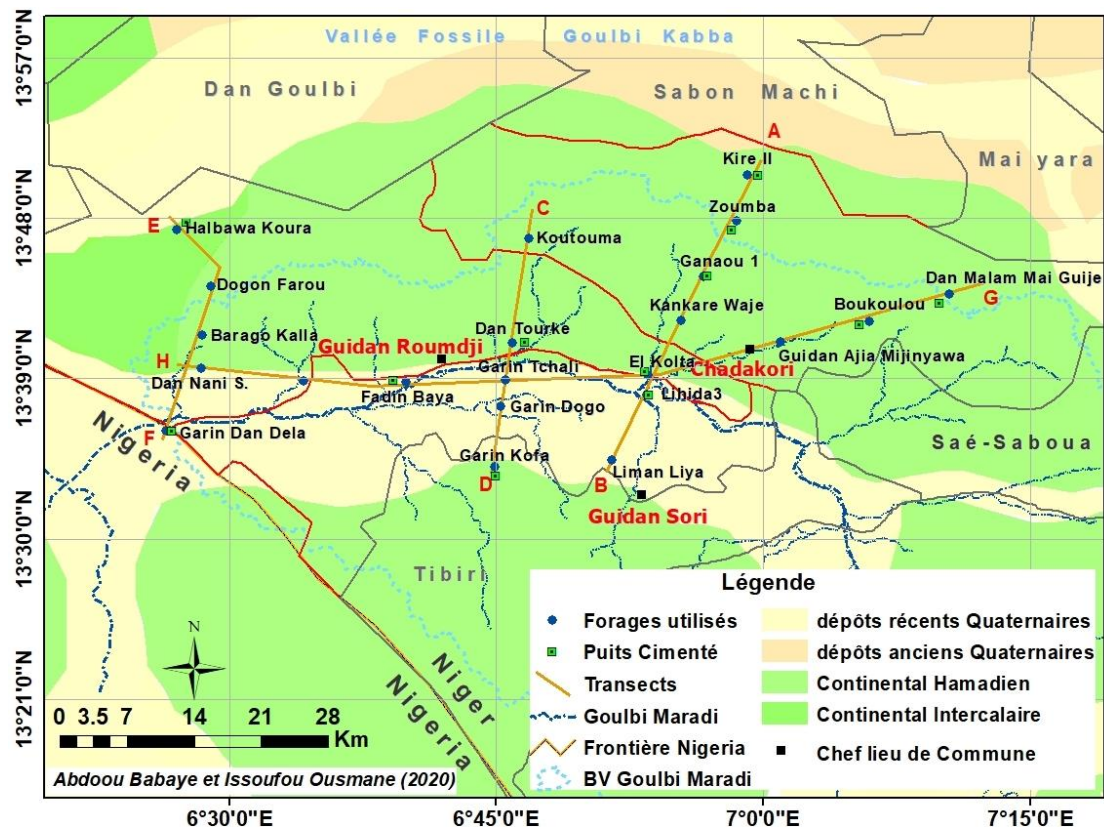
**Figure 5 :** Répartition spatiale des profondeurs des eaux (niveau statique) dans les 3 communes

## 3.2 Caractéristiques hydrogéologiques

### 3.2.1 Lithostratigraphie

Deux ensembles lithologiques distincts sont repérés à savoir la série de Farak à la base et la série Sableuse à galets au sommet. Ces ensembles forment le Continental Hamadien dans la zone d'étude. Pour mieux comprendre la distribution verticale du système aquifère dans les trois communes du projet dans le département de Guidan Roudji, **Babaye A., et.al., 2020**, a développé quatre sections transversales hydrogéologiques comme le montre la **Figure 6**. Les coupes transversales A-B, C-D, et E-F sont généralement orientées dans une direction nord-nord-est à sud-sud-ouest et la coupe transversale H-G est orientée dans une direction ouest-est. Et pour les mettre en évidence, 4 transects ont été réalisés afin de réaliser des coupes hydrogéologiques.

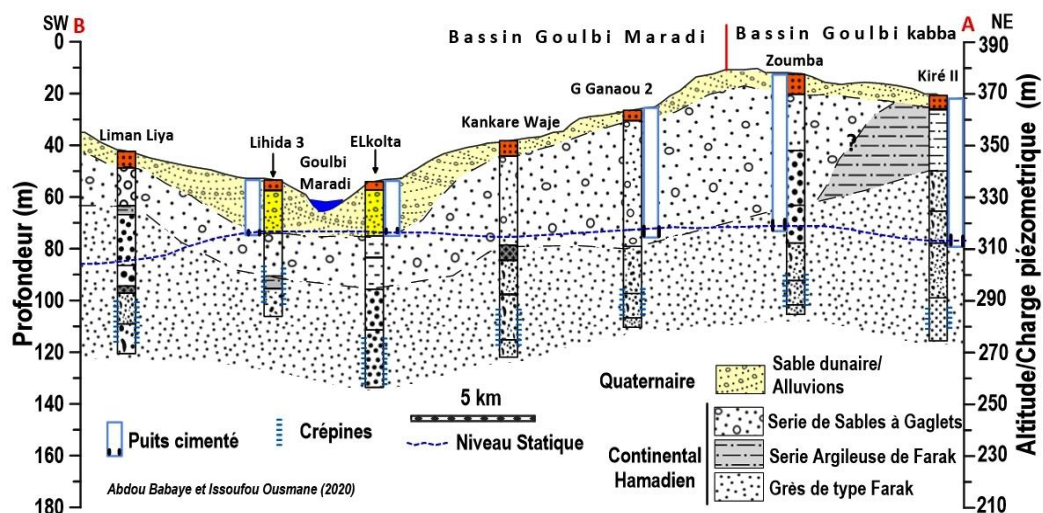




**Figure 6 :** Localisation des lignes de coupes hydrogéologiques pour le département de Guidan Roudji (adapté de Babaye A., et.al., 2020)

### **Transect B-A**

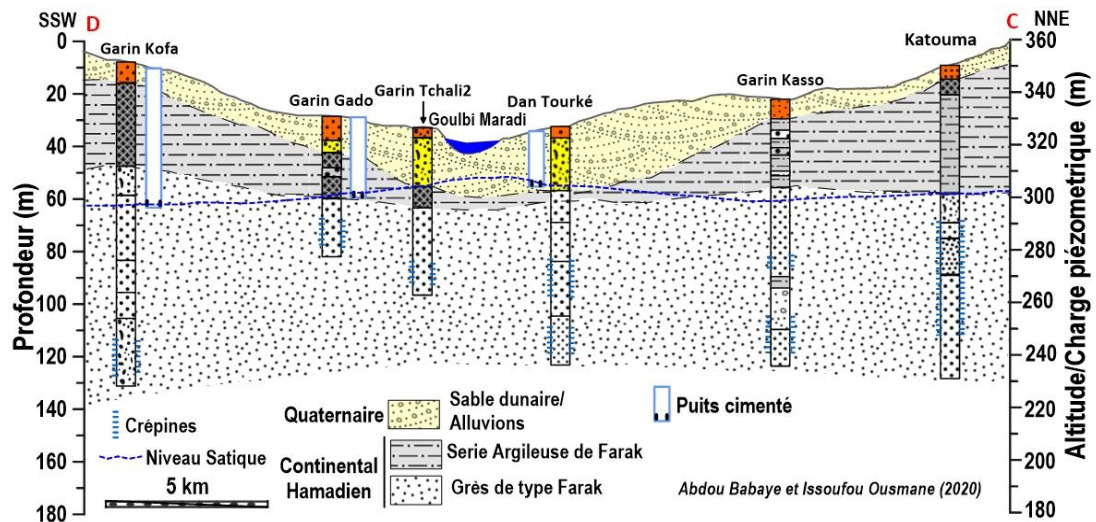
La section transversale B-A (**Figure 7**), orientée dans une direction sud-sud-ouest à nord-nord-est, commence dans la commune de Guidan Sori au sud de la commune de Chadakori et continue à travers une section centrale de la commune de Chadakori jusqu'à sa frontière nord. Cette coupe transversale représente l'aquifère alluvial peu profond qui repose sur le système aquifère continental Hamadien, plus régional. Aucun des forages représentés sur la section transversale n'a été foré jusqu'au fond de l'Aquifère Continental Hamadien qui repose sur une roche de socle de perméabilité inférieure.



**Figure 7 :** Coupe hydrogéologique B-A (adapté de Babaye A., et.al., 2020)

### ***Transect D-C***

La section transversale D-C (**Figure 8**), orientée dans une direction sud-sud-ouest à nord-nord-est, commence dans la commune de Tibiri, juste au sud de la commune de Guidan Sori, et continue à travers une section centrale de la commune jusqu'à la commune de Chadakori. Cette coupe transversale représente l'aquifère alluvial peu profond qui repose sur le système aquifère continental Hamadien, plus régional. Aucun des forages représentés sur la section transversale n'a été foré jusqu'au fond de l'aquifère continental de l'Hamadien, qui repose sur une roche de base moins perméable.

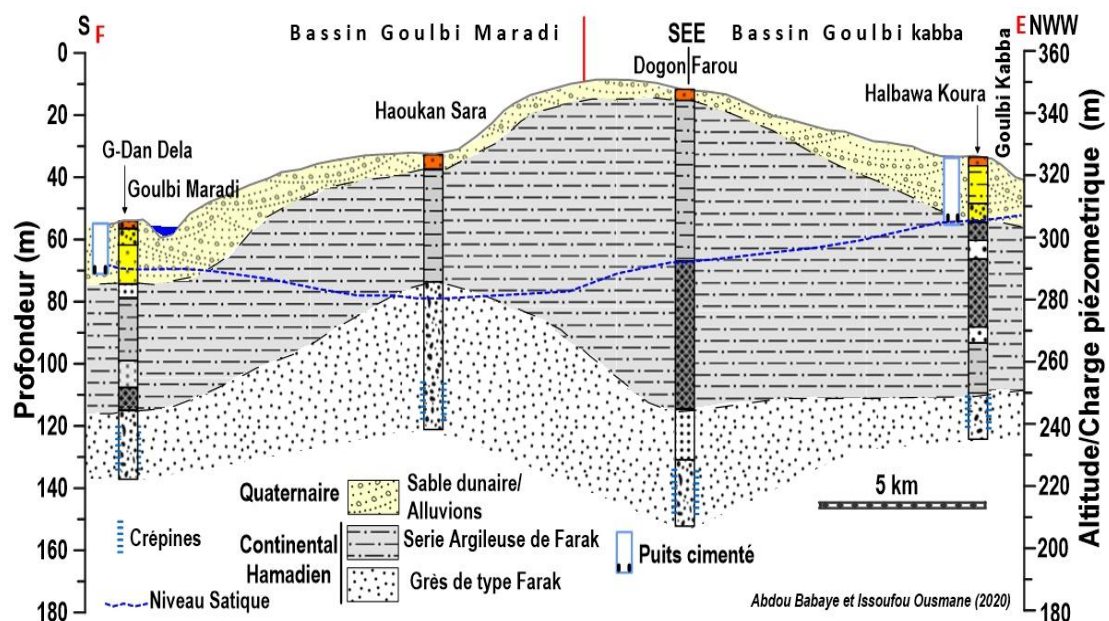


**Figure 8 :** Coupe hydrogéologique D-C (adapté de Babaye A., et.al., 2020)

### ***Transect F-E***

La section transversale F-E (figure 9) commence à la frontière entre le Niger et le Nigeria à Garin Dan Dela et s'étend en direction du nord-nord-est dans la commune de Guidan Roumdji. A Dogon Farou, la section transversale est orientée en direction du nord-ouest. Comme le montre la figure 9, le Hamadien continental présente deux unités distinctes, dont l'unité supérieure est la plus épaisse au niveau de la ligne de partage des eaux du Goulbi Maradi. Par coïncidence, les profondeurs des eaux souterraines sur la ligne de partage des eaux devraient être plus profondes. L'aquifère alluvial supérieur, plus récent, semble être saturé uniquement dans les zones de vallée. L'aquifère continental Hamadien, plus profond, est composé de matériaux argileux supérieurs reposant sur du grès mais il est à noter qu'aucun ouvrage n'atteint la base de cet aquifère.

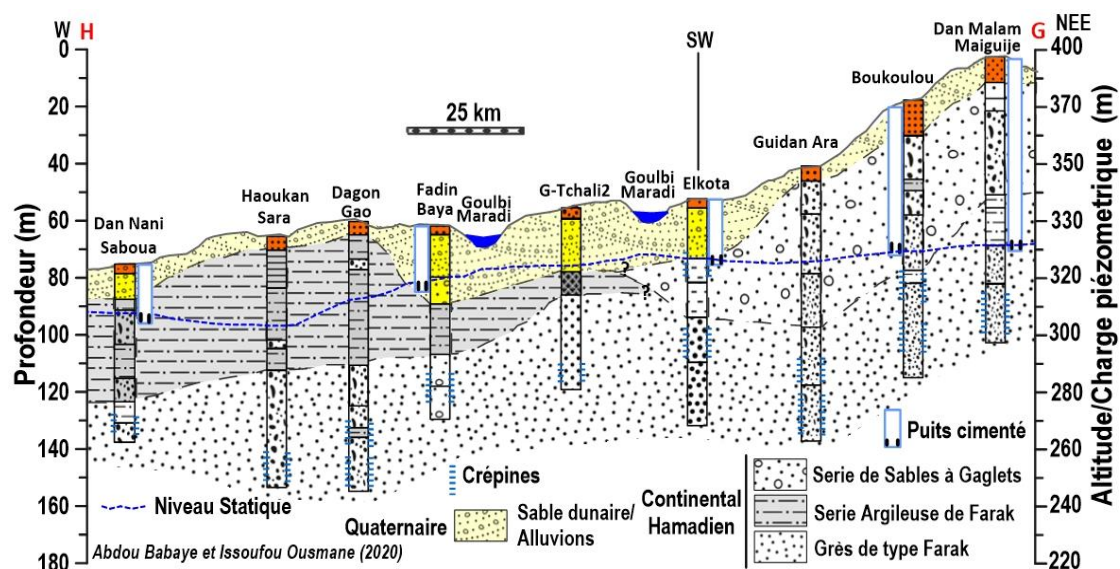




**Figure 9 :** Coupe hydrogéologique F-E (adapté de Babaye A., et.al., 2020)

### ***Transect H-G***

La section transversale H-G (**figure 10**), orientée dans une direction générale ouest-est, commence dans la commune de Guidan Roudji (près de la frontière entre le Niger et le Nigeria), et s'étend principalement à travers la commune de Guidan Sori, située au sud de la commune de Guidan Roudji. À El Kolda, la ligne de la section transversale passe par la commune de Guidan Sori et se termine dans la commune de Chadakori, plus à l'est. La section transversale autour d'El Kolda identifie l'unité supérieure (matériaux argileux) du Hamadien continental qui s'amincit et l'épaississement de l'aquifère alluvial récent sous la rivière Goulbi Maradi. Aucun des forages représentés sur la coupe transversale n'a été foré jusqu'au fond de l'aquifère du Hamadien continental, qui repose sur une roche de socle moins perméable.



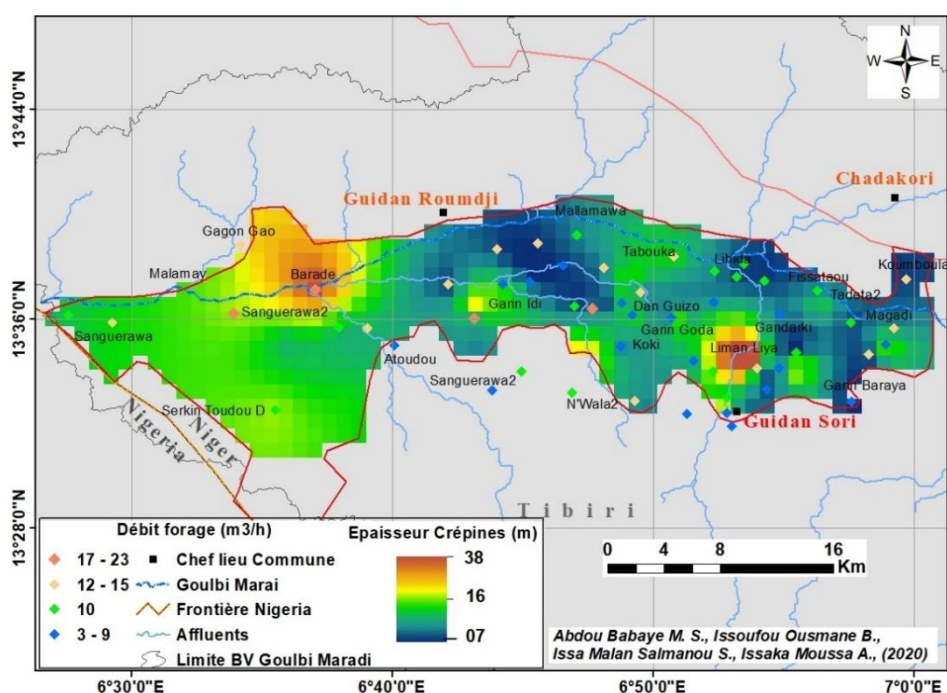
**Figure 10 :** Coupe hydrogéologique H-G (adapté de Babaye A., et.al., 2020)

### 3.2.2 Productivité des ouvrages- Débit et épaisseur des crépines

L'aquifère continental intercalaire/Hamadien est constitué de grès dont l'épaisseur varie de 40 à 100 m à l'est (moyenne de 60 m) et de 60 à 200 m à l'ouest. Les niveaux d'eau statique varient, selon la topographie, de moins de 10 mètres sous la surface du sol (m) à plus de 60 m. Les rendements rapportés des forages vont de moins de 10 mètres cubes par heure ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) à plus de 35  $\text{m}^3/\text{h}$ . L'aquifère des alluvions de Goulbi N'Maradi aurait une épaisseur de 20 à 40 m, avec des niveaux d'eau statiques compris entre 10 et 30 m.

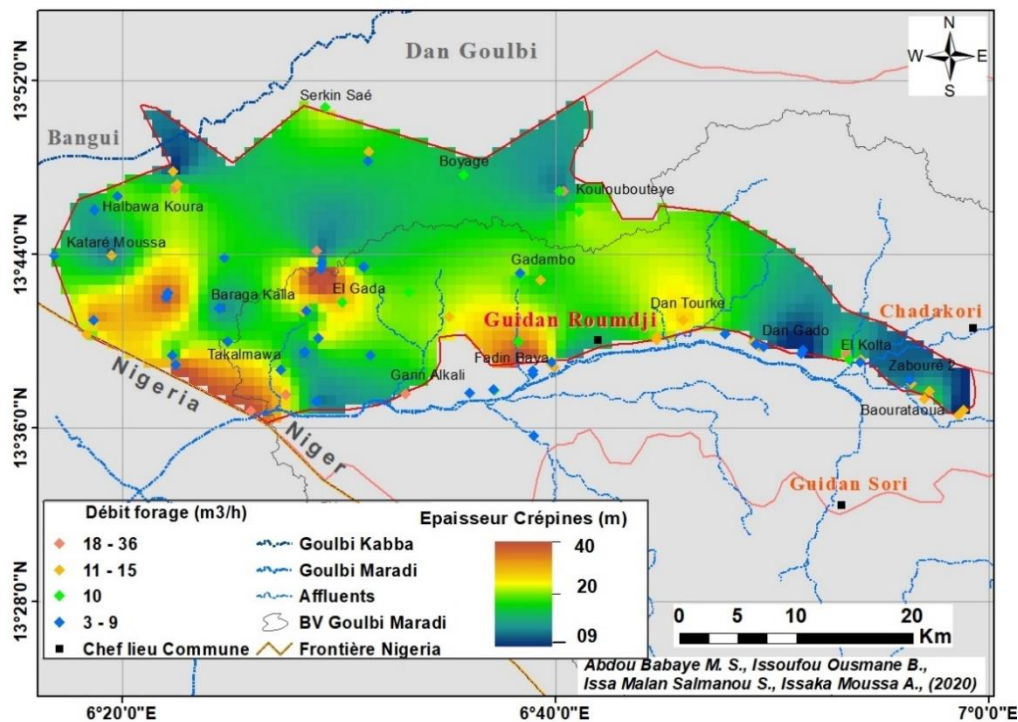
La productivité d'un ouvrage de captage d'eau dépend non seulement des caractéristiques hydrogéologiques du site, mais aussi de l'équipement technique.

Dans la commune de Guidan Roudji, les analyses des 50 forages ont donné des débits variants de 3 à 36  $\text{m}^3/\text{h}$  pour une moyenne de 10  $\text{m}^3/\text{h}$  et un écart-type de 17  $\text{m}^3/\text{h}$ , on observe qu'environ 57% des forages ont des débits supérieurs 10  $\text{m}^3/\text{h}$  contre 43% avec des valeurs inférieures à 10  $\text{m}^3/\text{h}$  et une épaisseur de crépine qui va de 9 à 40 m (**Figure 11**).



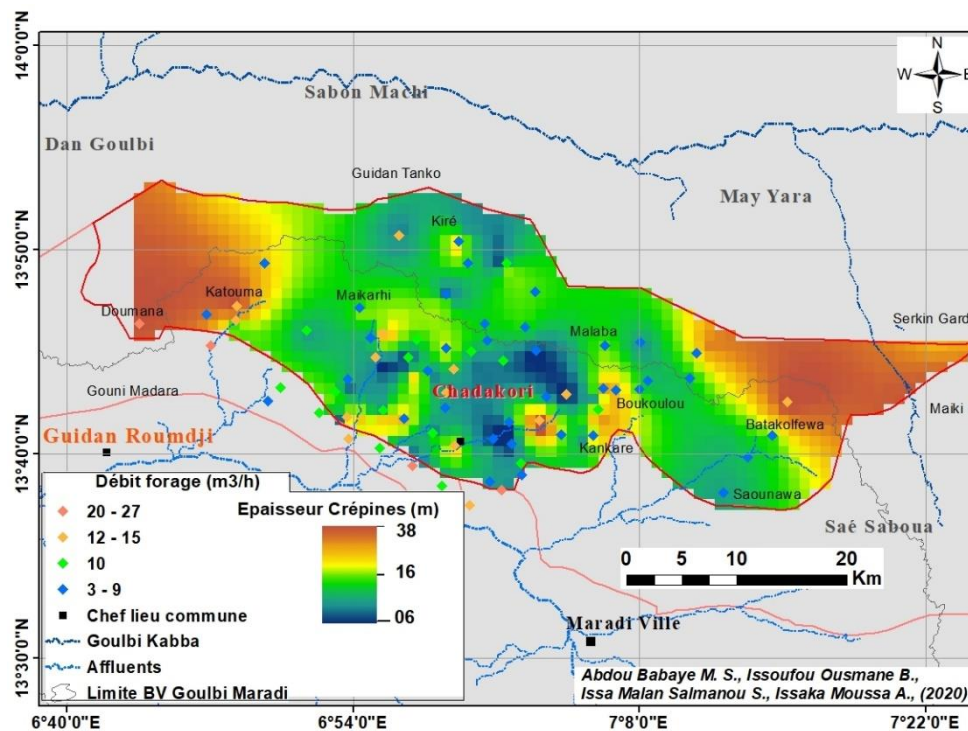
**Figure 11 :** Débit et épaisseur des crépines, Commune de Guidan Roudji

Pour la commune de Guidan Sori, les analyses des 97 forages ont donné des débits variants de 3 à 23  $\text{m}^3/\text{h}$  pour une moyenne de 10  $\text{m}^3/\text{h}$  et un écart-type de 4  $\text{m}^3/\text{h}$ . On observe qu'environ 63% des forages ont des débits supérieurs 10  $\text{m}^3/\text{h}$  contre 37% avec des valeurs inférieures à 10  $\text{m}^3/\text{h}$  et une épaisseur de crépine qui va de 7 à 38 m (**Figure 12**).



**Figure 12 :** Débit et épaisseur des crépines, Commune de Guidan Sori

Quant à la commune de Chadakori, les analyses des 105 forages ont donné des débits variants de 3 à 27 m<sup>3</sup>/h pour une moyenne de 9 m<sup>3</sup>/h et un écart-type de 4 m<sup>3</sup>/h. On observe qu'environ 57% des forages ont des débits supérieurs 10 m<sup>3</sup>/h contre 43% avec des valeurs inférieures à 10 m<sup>3</sup>/h et une épaisseur de crépine qui va de 6 à 38 m (**Figure 13**).



**Figure 13 :** Débit et épaisseur des crépines, Commune de Chadakori

### **3.2.3 Durabilité des aquifères**

L'alimentation de la **nappe alluviale** est liée aux écoulements de surface et à la pluviométrie. Ainsi, cette nappe est beaucoup influencée par la variabilité climatique qui influe sur la recharge non seulement par l'intensité de la pluie, sa fréquence, mais aussi par sa répartition spatio-temporelle. D'où certains risques liés notamment à l'exploitation (nappe beaucoup sollicitée) ou à l'alimentation (sécheresse, barrage en amont) existent autour de cette zone.

Aussi, sur cette nappe alluviale est exercée une pression avec les activités d'irrigation, l'utilisation des pesticides et autres produits qui contribuent à la contamination de celle-ci. Ces eaux doivent être régulièrement contrôlées à travers un réseau de surveillance.

La **nappe du Continental Intercalaire/Hamadien**, du point de vue ressource, est de loin la plus importante et la plus sûre. C'est une nappe d'envergure régionale et son alimentation dans la zone d'étude est aussi liée à la pluviométrie. L'importance de ses ressources fait que cette nappe est moins sensible aux fluctuations pluviométriques que la nappe alluviale..



## 4.0 QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

En novembre 2019, six équipes de terrain ont enquêté sur 126 points d'eau représentatifs de la commune de Chadakori ; sur 169 points d'eau représentatifs de la commune de Guidan Roudji et sur 172 points d'eau représentatifs de la commune de Guidan Sori. Les résumés de ces points d'eau, qui se composent de 59 forages et 67 puits creusés à la main pour Chadakori, de 78 forages et 91 puits creusés à la main pour Guidan Roudji, de 82 forages et 90 puits creusés à la main pour Guidan Sori sont présentés dans les **tableaux 1,2 et 3**. La liste des points d'eau individuels avec les informations d'enquête détaillées qui les accompagnent (emplacement, type de point d'eau, fonctionnalité, résultats de la qualité de l'eau sur le terrain et en laboratoire, etc.) est fournie dans le **tableau 6** en Annexe.

### 4.1 Résumé de l'échantillonnage et de l'analyse

Les paramètres physicochimiques (pH, EC, TDS et température) ont été mesurés sur place sur 126 points d'eau (Chadakori), sur 147 points d'eau (Guidan Roudji) et sur 159 points d'eau (Guidan Sori). Des échantillons d'eau ont été prélevés dans 54 des points d'eau étudiés (43 %) à Chadakori, dans 135 des points d'eau étudiés (80 %) à Guidan Roudji et dans 92 des points d'eau étudiés (54 %) à Guidan Sori, ceci pour des analyses en laboratoire de la qualité bactériologique de l'eau (coliformes totaux et E. coli) et de certains constituants chimiques primaires préoccupants (nitrate, fluorure et arsenic). Ces points d'eau comprenaient des puits ouverts creusés à la main, des forages équipés de pompes manuelles, des forages mécanisés et des bornes-fontaines (voir ci-dessous).

**Tableau 1 :** Enquête sur les points d'eau dans la commune de Chadakori

Source d'eau	Type de Point d'eau	# Point d'eau	Statut de fonctionnalité		# Echantillons
			<b>*F</b>	<b>**NF</b>	
Forages	AEP MV	5	4	1	5
	Borne fontaine	6	6	0	3
	MINI AEP	11	11	1	8
	PEA	1	0	5	0
	PMH	36	31	3	22
Puits	PC	66	63	0	16
	PT	1	1		0
<b>Totaux</b>		<b>126</b>	<b>116</b>	<b>10</b>	<b>54</b>

#### Légende

\*F = Fonctionnel, \*\*NF = Non-Fonctionnel

AEP MV = AEP Multiple Village

MINI AEP = AEP Simple

PEA = Poste d'eau autonome

Borne fontaine

PMH = Pompe à Motricité Humaine

PC = Puits cimenté

PT = Puits traditionnel

**Tableau 2 :** Enquête sur les points d'eau dans la commune de Guidan Roudji

Source d'eau	Type de Point d'eau	# Point d'eau	Statut de fonctionnalité		# Echantillons
			<b>*F</b>	<b>**NF</b>	
Forages	AEP MV	4	4	0	4
	Borne fontaine	2	1	1	2
	MINI AEP	5	4	1	5
	PEA	10	7	3	8
	PMH	56	41	15	31
	Irrigation	1	1	0	1
Puits	PC	90	84	6	83
	PT	1	1	0	1
<b>Totaux</b>		<b>169</b>	<b>143</b>	<b>26</b>	<b>135</b>

**Tableau 3 :** Enquête sur les points d'eau dans la commune de Guidan Sori

Source d'eau	Type de Point d'eau	# Point d'eau	Statut de fonctionnalité		# Echantillons
			<b>*F</b>	<b>**NF</b>	
Forages	AEP MV	3	3	0	3
	Borne fontaine	2	2	0	2
	MINI AEP	10	10	0	10
	PMH	67	55	12	44
Puits	PC	90	90	0	33
<b>Totaux</b>		<b>172</b>	<b>160</b>	<b>12</b>	<b>92</b>

## 4.2 Résultats bactériologiques

**Chadakori :** Les résultats bactériologiques du laboratoire (**tableau 4**) indiquent que 25 des points d'eau échantillonnés (46 %) ont été testés positifs pour les coliformes totaux, et 12 de ces points (22 %) ont également montré une contamination par E. coli.

**Guidan Roudji :** Les résultats bactériologiques du laboratoire (**tableau 5**) indiquent que 104 des points d'eau échantillonnés (77 %) ont été testés positifs pour les coliformes totaux, et 90 de ces points (67 %) ont également montré une contamination par E. coli.

**Guidan Sori :** Les résultats bactériologiques du laboratoire (**tableau 6**) indiquent que 63 des points d'eau échantillonnés (68 %) ont été testés positifs pour les coliformes totaux, et 55 de ces points (59 %) ont également montré une contamination par E. coli.

**Tableau 4 :** Résultats des analyses bactériologiques des points d'eau de la Commune de Chadakori

Source d'eau	Type de Point d'eau	Coliforme Total		E. coli	
		Positif	Négatif	Positif	Négatif
Forages	AEP MV	3	2	2	3
	Borne fontaine	0	3	0	3
	MINI AEP	5	3	0	8
	PMH	6	16	3	19
Puits	PC	11	5	7	9
<b>Totaux</b>		<b>25</b>	<b>29</b>	<b>12</b>	<b>42</b>

**Tableau 5 :** Résultats des analyses bactériologiques des points d'eau de la Commune de Guidan Roundji

Source d'eau	Type de Point d'eau	Coliforme Total		E. coli	
		Positif	Négatif	Positif	Négatif
Forages	AEP MV	1	3	0	4
	Borne fontaine	2	0	1	1
	MINI AEP	4	1	2	3
	PEA	4	4	4	4
	PMH	18	13	16	15
	Irrigation	1	0	0	1
Puits	PC	73	10	66	17
	PT	1	0	1	0
<b>Totaux</b>		<b>104</b>	<b>31</b>	<b>90</b>	<b>45</b>

**Tableau 6 :** Résultats des analyses bactériologiques des points d'eau de la Commune de Guidan Sori

Source d'eau	Type de Point d'eau	Coliforme Total		E. coli	
		Positif	Négatif	Positif	Négatif
Forages	AEP MV	2	1	1	2
	Borne fontaine	0	2	0	2
	MINI AEP	6	4	4	6
	PMH	26	18	20	24
Puits	PC	29	4	30	3
<b>Totaux</b>		<b>63</b>	<b>29</b>	<b>55</b>	<b>37</b>



### 4.3 Résultats physicochimiques

**TDS/EC** : Le total des solides dissous (TDS) et la conductivité électrique corrélée (EC) de l'eau sont généralement faibles, indiquant de faibles concentrations totales de minéraux/éléments dissous dans l'eau. Les résumés des résultats de terrain et de laboratoire pour les forages et les puits creusés à la main sont fournis dans les tableaux ci-dessous. Les résultats sont également comparés aux Directives de qualité pour l'eau de boisson de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) dans ces tableaux. (OMS. 2017. Valeurs indicatives pour la qualité de l'eau de boisson, 4e édition, intégrant le 1er addendum).

**Tableau 7 :** Résumé des analyses physicochimiques des forages de la commune de Chadakori

Paramètre	Intervalle mesurée	Guide de qualité de l'eau de boisson de l'OMS	Commentaires
pH	5.99 -7.88	6.5 – 8.5	Tous les échantillons sont en-dessous de 8.5 (sur 38 échantillons d'eau de forages)
EC (µS/cm)	44 -1857	Aucun	
TDS	1.3 - 880	1,000 mg/l	Tous les échantillons sont en-dessous de 1,000 mg/l
Fluorure	0.01 -1.98	1.50 mg/l	5 échantillons sont au-dessus de 1.50 mg/l (sur 38 échantillons d'eau de forages) Cependant, une contre-analyse après l'étude a montré que tous les points d'eau sont dans la norme requise.
Arsenic	0.01 -86	10 µg/l	17 échantillons sont au-dessus de 10 µg/l (sur 38 échantillons d'eau de forages) Cependant, une contre-analyse après l'étude a montré que tous les points d'eau sont dans la norme requise.
Nitrate	0.01 -24	50 mg/l	Tous les échantillons sont en-dessous de 50 mg/l

**Tableau 8 :** Résumé des analyses physicochimiques des forages de la commune de Guidan Roumdji

Paramètre	Intervalle mesurée	Guide de qualité de l'eau de boisson de l'OMS	Commentaires
pH	5.40 – 9.33	6.5 – 8.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>28 échantillons sont en-dessous de 6.5 (sur 51 échantillons d'eau de forages)</li> <li>7 échantillons sont au-dessus de 8.5 (sur 51 échantillons d'eau de forages)</li> </ul>
EC (µS/cm)	75 - 2120	Aucun	

TDS	55 – 1051	1,000 mg/l	1 échantillon est au-dessus de 1,000 mg/l
Fluorure	0.01 – 1.98	1.50 mg/l	2 échantillons sont au-dessus de 1.50 mg/l (sur 51 échantillons d'eau de forages) Cependant, une contre-analyse après l'étude a montré que tous les points d'eau sont dans la norme requise.
Arsenic	0.01 – 29	10 ug/l	4 échantillons sont au-dessus de 10 µg/l (sur 51 échantillons d'eau de forages) Cependant, une contre-analyse après l'étude a montré que tous les points d'eau sont dans la norme requise.
Nitrate	0.01 – 9.50	50 mg/l	Tous les échantillons sont en-dessous de 50 mg/l

**Tableau 9 :** Résumé des analyses physicochimiques des forages de la commune de Guidan Sori

Paramètre	Intervalle mesurée	Guide de qualité de l'eau de boisson de l'OMS	Commentaires
pH	5.40 -7.75	6.5 – 8.5	43 échantillons sont en-dessous de 6.5 (sur 59 échantillons d'eau de forages)
EC (µS/cm)	76.0 -531	Aucun	
TDS	38.0 - 378	1,000 mg/l	Tous les échantillons sont en-dessous de 1,000 mg/l
Fluorure	0.01 – 65	1.50 mg/l	3 échantillons sont au-dessus de 1.50 mg/l (sur 59 échantillons d'eau de forages) Cependant, une contre-analyse après l'étude a montré que tous les points d'eau sont dans la norme requise.
Arsenic	0.01 – 29	10 ug/l	17 échantillons sont au-dessus de 10 µg/l (sur 59 échantillons d'eau de forages) Cependant, une contre-analyse après l'étude a montré que tous les points d'eau sont dans la norme requise.
Nitrate	0.01 – 7	50 mg/l	Tous les échantillons sont en-dessous de 50 mg/l

**Tableau 10 :** Résumé des analyses physicochimique des puits de la commune de Chadakori

Paramètre	Intervalle mesurée	Guide de qualité de l'eau de boisson de l'OMS	Commentaires
pH	5.63 -7.71	6.5 -8.5	Tous les échantillons sont en-dessous de 6.5 (sur 16 échantillons d'eau de puits)
EC (µS/cm)	43 - 2744	NA	
TDS	22 - 373	1,000 mg/l	Tous les échantillons sont en-dessous de 1,000 mg/l
Fluorure	0.37 -1.82	1.5 mg/l	2 échantillons sont au-dessus de 1.50 mg/l (sur 16 échantillons d'eau de forages) Cependant, une contre-analyse après l'étude a montré que tous les points d'eau sont dans la norme requise.
Arsenic	0.01 -50	10 µg/l	7 échantillons sont au-dessus de 10 µg/l (sur 16 échantillons d'eau de forages) Cependant, une contre-analyse après l'étude a montré que tous les points d'eau sont dans la norme requise.
Nitrate	0.01 - 12.70	50 mg/l	Tous les échantillons sont en-dessous de 50 mg/l

**Tableau 11 :** Résumé des analyses physicochimiques des puits de la commune de Guidan Roudmji

Paramètre	Intervalle mesurée	Guide de qualité de l'eau de boisson de l'OMS	Commentaires
pH	5.65 – 7.80	6.5 -8.5	Tous les échantillons sont en-dessous de 6.5 (sur 84 échantillons d'eau de puits)
EC (µS/cm)	96.0 – 3999	Aucun	
TDS	54 – 2000	1,000 mg/l	5 échantillons sont au-dessus de 1,000 mg/l
Fluorure	0.01 – 1.98	1.5 mg/l	4 échantillons sont au-dessus de 1.50 mg/l (sur 84 échantillons d'eau de puits) Cependant, une contre-analyse après l'étude a montré que tous les points d'eau sont dans la norme requise.
Arsenic	0.01 – 29	10 µg/l	8 échantillons sont au-dessus de 10 µg/l (sur 84 échantillons d'eau de puits) Cependant, une contre-analyse après l'étude a montré que tous les points d'eau sont dans la norme requise.
Nitrate	0.01 – 12.30	50 mg/l	Tous les échantillons sont en-dessous de 50 mg/l

**Tableau 12 :** Résumé des analyses physicochimiques des puits de la commune de Guidan Sori

Paramètre	Intervalle mesurée	Guide de qualité de l'eau de boisson de l'OMS	Commentaires
pH	4.55 – 7.85	6.5 -8.5	Tous les échantillons sont en-dessous de 8.5 (sur 33 échantillons d'eau de puits)
EC (µS/cm)	74.9 – 1478	Aucun	
TDS	11 – 437	1,000 mg/l	Tous les échantillons sont en-dessous de 1,000 mg/l
Fluorure	0.01 – 1.68	1.5 mg/l	3 échantillons sont au-dessus de 1.50 mg/l (sur 33 échantillons d'eau de puits) Cependant, une contre-analyse après l'étude a montré que tous les points d'eau sont dans la norme requise.
Arsenic	0.01 – 70	10 µg/l	7 échantillons sont au-dessus de 10 µg/l (sur 33 échantillons d'eau de puits) Cependant, une contre-analyse après l'étude a montré que tous les points d'eau sont dans la norme requise.
Nitrate	0.01 – 19.3	50 mg/l	Tous les échantillons sont en-dessous de 50 mg/l

**Gamme de pH :** Les mesures de pH indiquent que la plupart des échantillons provenant des points d'eau sont acides. Ce paramètre n'a pas d'influence sur la santé, mais augmente le risque de corrosion des tuyaux et équipements. Il peut aussi influencer sur le traitement de l'eau, mais les niveaux restent ici dans des niveaux largement acceptables.

**Fluorure/Arsenic/Nitrate :** Tous les points d'eau échantillonnés présentaient des concentrations de nitrate inférieures à la recommandation maximale de l'OMS pour la qualité de l'eau de boisson de 50 milligrammes par litre (mg/l).

Dans les premières analyses, beaucoup d'échantillons de forages et de puits creusé à la main dépassaient légèrement la recommandation de l'OMS de 1,5 mg/l pour le Fluorure et 10 microgrammes par litre (µg/l) pour l'Arsenic.

Les échantillons de cinq forages et d'un puits creusé à la main dépassaient légèrement la recommandation de l'OMS de 1,5 mg/l pour le Fluorure (mesure jusqu'à 1,98 mg/L), posant un possible risque pour la santé, de fluorure dentaire notamment, mais qui n'est pas critique par rapport aux autres apports en fluor pour la consommation de végétaux notamment.

Les échantillons de dix-sept (17) forages et de sept puits creusés à la main dépassaient la directive de l'OMS de 10 microgrammes par litre (µg/l) pour l'Arsenic. La concentration maximale d'Arsenic, 86 µg/l, posant des risques chroniques pour la santé par accumulation au fur et à mesure de la consommation répétée de l'eau contaminée.

Face à ces premiers résultats des analyses de fluor et d'arsenic pouvant poser des risques sur la santé, une contre-analyse a été menée sur des nouveaux échantillons soumis à deux laboratoires après l'étude, qui ont montré que ces points d'eau étaient dans la norme requise.

## 4.4 Bilan hydrique

Pour réaliser le bilan hydrique de la commune en termes d'inventaire et de comparaison spatio-temporels des disponibilités, des approvisionnements et des utilisations de l'eau, il a été développé une feuille de calcul du bilan des eaux souterraines. Cette feuille est conçue pour être utilisée dans le cadre de l'initiative visant à introduire, quantifier et mettre en œuvre le programme de gestion des ressources en eaux souterraines des communes (PGRE). Les perspectives pour l'utilisation des eaux souterraines dans chaque commune dépendent de l'existence d'un excédent d'eaux souterraines (c'est-à-dire si l'extraction est inférieure à l'estimation des eaux souterraines renouvelables disponibles), ou d'un déficit d'eaux souterraines (si l'utilisation est déjà supérieure aux ressources en eaux souterraines renouvelables disponibles).

La feuille de calcul du bilan des eaux souterraines estime l'excédent ou le déficit des eaux souterraines nettes disponibles pour une commune, sur la base des estimations de la recharge annuelle des eaux souterraines et de la demande en eau dans des conditions normales et de sécheresse. La feuille de calcul Excel permet de modifier facilement les entrées de l'offre et de la demande pour refléter les conditions actuelles (2020) et futures (2030 et 2040) et les scénarios de développement.

Pour la commune de Chadakori (en exemple), le bilan hydrique (voir les feuilles de calcul ci-dessous) estime en 2020 qu'en régime pluviométrique normal moyen (460 mm/an), il y a largement assez d'eau souterraine disponible (6 840 000 m<sup>3</sup>/an) par rapport à l'utilisation (3 000 000 m<sup>3</sup>/an), mais qu'en période de sécheresse importante qui sont parfois observées (précipitation de 260 mm/an), un déficit en eau peut être observé (seulement 2 560 000 m<sup>3</sup>/an de recharge de la nappe disponible). En projetant sur les années 2030 et 2040, le constat est que le déficit continuera à se prononcer (seulement 1 220 000 m<sup>3</sup>/an de recharge de la nappe disponible en période de sécheresse en 2030 et seulement 620 000 m<sup>3</sup>/an de recharge de la nappe disponible en période de sécheresse en 2040). Aussi en 2040, même en régime pluviométrique normal, le déficit sera remarqué avec seulement 3 670 000 m<sup>3</sup>/an de recharge de la nappe disponible contre un besoin de 6 180 000 m<sup>3</sup>/an.).

### Scenario 1: Groundwater Balance Spreadsheet (GBSS) - 2020

Commune Chadakori		Normal	Drought	Units
Area of Commune		1,338		km <sup>2</sup>
Annual Precipitation		460	260	mm/Yr
Total Groundwater Recharge		12.31	6.96	MCM/Yr
% of Precipitation		2%		
Groundwater Ecological Reserve		2.46	1.39	MCM/Yr
% of Total Groundwater Recharge		20%		
(A) Available Groundwater Recharge		A = 9.85	5.57	MCM/Yr
<b>Groundwater Use for Humans</b>				
Human	Population	125,425		
	Demand	15 LPP/day	0.6867	MCM/Yr
<b>Groundwater Use For Livestock</b>				
Bovins	Population	97,776		
	Demand	27 LPA/day	0.9636	MCM/Yr
Ovins	Population	115,534		
	Demand	5 LPA/day	0.2108	MCM/Yr
Carpins	Population	113,244		
	Demand	5 LPA/day	0.2067	MCM/Yr
Camelin	Population	9,122		
	Demand	50 LPA/day	0.1665	MCM/Yr
Equins	Population	4,922		
	Demand	45 LPA/day	0.0808	MCM/Yr
Asins	Population	11,171		
	Demand	16 LPA/day	0.0652	MCM/Yr
<b>Groundwater Use For Commercial/Industrial/Irrigation</b>				
Commercial/Industrial			0.00	MCM/Yr
Irrigation	Area	10 Hectares		
	Demand	2 LPS/ha	0.6307	MCM/Yr
(B) Total Groundwater Use		B = 3.01	3.01	MCM/Yr
(C) Net Available Groundwater		[A-B] = C = 6.84	2.56	MCM/Yr

For Normal Precipitation  
Total Groundwater Recharge = 12.31 MCM/Yr



For Drought Precipitation  
Total Groundwater Recharge = 6.96 MCM/Yr



Legend:  
■ Ecological Reserve in MCM/Yr.  
■ Total Groundwater Use in MCM/Yr.  
■ Net Available Groundwater in MCM/Yr.

Feuille de Calcul du bilan hydrique de l'eau de la commune de Chadakori (2020)

### Scenario 2: Groundwater Balance Spreadsheet (GBSS) - 2030

Commune Chadakori		Normal	Drought	Units
Area of Commune		1,338		km <sup>2</sup>
Annual Precipitation		460	260	mm/Yr
Total Groundwater Recharge		12.31	6.96	MCM/Yr
% of Precipitation		2%		
Groundwater Ecological Reserve		2.46	1.39	MCM/Yr
% of Total Groundwater Recharge		20%		
(A) Available Groundwater Recharge		A = 9.85	5.57	MCM/Yr
<b>Groundwater Use for Humans</b>				
Human	Population	179,357		
	Demand	15 LPP/day	0.9820	MCM/Yr
<b>Groundwater Use For Livestock</b>				
Bovins	Population	139,818		
	Demand	27 LPA/day	1.3779	MCM/Yr
Ovins	Population	165,215		
	Demand	5 LPA/day	0.3015	MCM/Yr
Carpins	Population	161,938		
	Demand	5 LPA/day	0.2955	MCM/Yr
Camelin	Population	13,044		
	Demand	50 LPA/day	0.2381	MCM/Yr
Equins	Population	7,038		
	Demand	45 LPA/day	0.1156	MCM/Yr
Asins	Population	15,974		
	Demand	16 LPA/day	0.0933	MCM/Yr
<b>Groundwater Use For Commercial/Industrial/Irrigation</b>				
Commercial/Industrial			0.00	MCM/Yr
Irrigation	Area	15 Hectares		
	Demand	2 LPS/ha	0.9461	MCM/Yr
(B) Total Groundwater Use		B = 4.35	4.35	MCM/Yr
(C) Net Available Groundwater		[A-B] = C = 5.50	1.22	MCM/Yr

For Normal Precipitation  
Total Groundwater Recharge = 12.31 MCM/Yr



For Drought Precipitation  
Total Groundwater Recharge = 6.96 MCM/Yr



Legend:  
■ Ecological Reserve in MCM/Yr.  
■ Total Groundwater Use in MCM/Yr.  
■ Net Available Groundwater in MCM/Yr.

Feuille de Calcul du bilan hydrique de l'eau de la commune de Chadakori (projection de 2030)

### Scenario 3: Groundwater Balance Spreadsheet (GBSS) - 2040

<b>Commune Chadakori</b>		<b>Normal</b>	<b>Drought</b>	<b>Units</b>
<b>Area of Commune</b>		1,338		km <sup>2</sup>
<b>Annual Precipitation</b>		460	260	mm/Yr
<b>Total Groundwater Recharge</b>		12.31	6.96	MCM/Yr
<b>% of Precipitation</b>		2%		
<b>Groundwater Ecological Reserve</b>		2.46	1.39	MCM/Yr
<b>% of Total Groundwater Recharge</b>		20%		
<b>(A) Available Groundwater Recharge</b>		<b>A =</b>	9.85	5.57 MCM/Yr
<b>Groundwater Use for Humans</b>				
<b>Human</b>	Population	259,378		1.4201 MCM/Yr
	Demand	15 LPP/day		
<b>Groundwater Use For Livestock</b>				
<b>Bovins</b>	Population	202,200		1.9927 MCM/Yr
	Demand	27 LPA/day		
<b>Ovins</b>	Population	238,924		0.4360 MCM/Yr
	Demand	5 LPA/day		
<b>Caprins</b>	Population	234,188		0.4274 MCM/Yr
	Demand	5 LPA/day		
<b>Camelin</b>	Population	18,864		0.3443 MCM/Yr
	Demand	50 LPA/day		
<b>Equins</b>	Population	10,178		0.1672 MCM/Yr
	Demand	45 LPA/day		
<b>Asins</b>	Population	23,100		0.1349 MCM/Yr
	Demand	16 LPA/day		
<b>Groundwater Use For Commercial/Industrial/Irrigation</b>				
<b>Commercial/Industrial</b>				0.00 MCM/Yr
<b>Irrigation</b>	Area	20 Hectares		
	Demand	2 LPS/ha		1.2614 MCM/Yr
<b>(B) Total Groundwater Use</b>		<b>B =</b>	6.18	6.18 MCM/Yr
<b>(C) Net Available Groundwater</b>		<b>[A-B] = C =</b>	3.67	-0.62 MCM/Yr

**Notes:**  
1. MCM/Yr: Million Cubic Meters per Year  
2. LPP/day: Liters per person per day  
3. LPA/day: Liters per animal per day

**For Normal Precipitation**  
Total Groundwater Recharge = 12.31 MCM/Yr

**For Drought Precipitation**  
Total Groundwater Recharge = 6.96 MCM/Yr

Legend:  
- Ecological Reserve in MCM/Yr (green)  
- Total Groundwater Use in MCM/Yr (red)  
- Net Available Groundwater in MCM/Yr (blue)

Feuille de Calcul du bilan hydrique de l'eau de la commune de Chadakori (projection de 2040)

## 4.5 Élaboration d'outils d'aide à la décision

Les résultats physiques obtenus à la suite de l'inventaire des ressources hydrauliques et de l'étude hydrogéologique des trois communes (Guidan Roudji, Guidan Sori et Chadakori) ont permis de disposer de :

- Une base de données brutes collectées sur le terrain et logée sur la page ArcGIS de TerresEauVie
- Un tableau (Annexe Tableau N°6) tiré de la base de données brutes, dans lequel il est introduit des résultats des analyses physicochimiques et bactériologiques
- La base des données IRH du ministère de l'Hydraulique et de l'Assainissement actualisée
- Les données hydrogéologiques issues de l'archive au niveau de la direction régionale de Maradi qui ont été numérisés (saisie des copies format papier)
- Les cartographies des principales sources d'eau souterraine et de surface existantes (types d'aquifères ou des systèmes aquifères, qualité et quantité des eaux souterraines...etc.)
- Des calculs du bilan hydrique de l'eau des communes (en 2020 et en projection de 2030 et 2040)

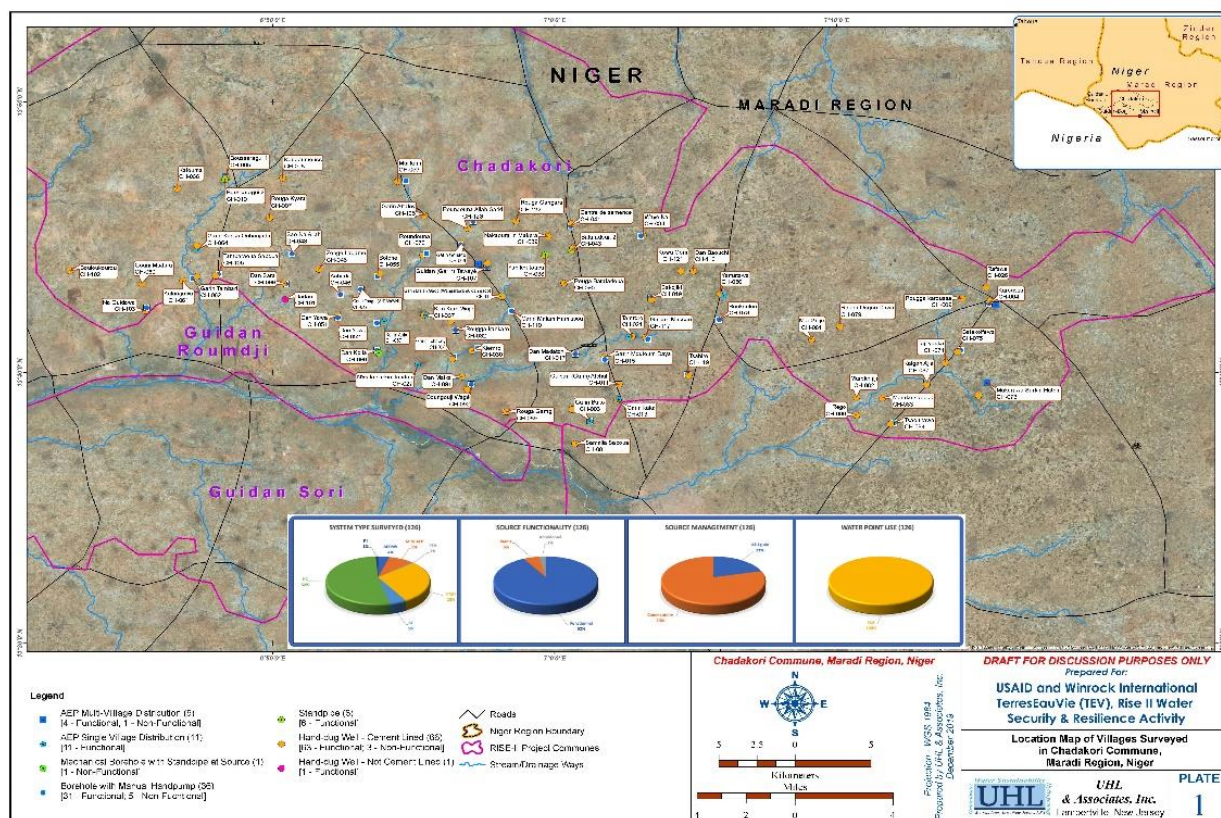
Ainsi, avec les résultats énumérés ci-dessus, il a été possible de développer des outils d'aide à la décision pour les planifications de ces communes sur la gestion durable des ressources en eau. Ces outils permettront aux maires des communes de connaître les positions et les répartitions spéciales de tous les ouvrages de leur commune, de comprendre la disparité des



ouvrages par villages ce qui lui permettra de mettre un plan d'investissement de nouveaux ouvrages en fonction de l'accroissement de la population dans le respect du guide du service publique de l'eau, de mieux orienter les investissements des bailleurs de fonds désirant investir dans sa commune.

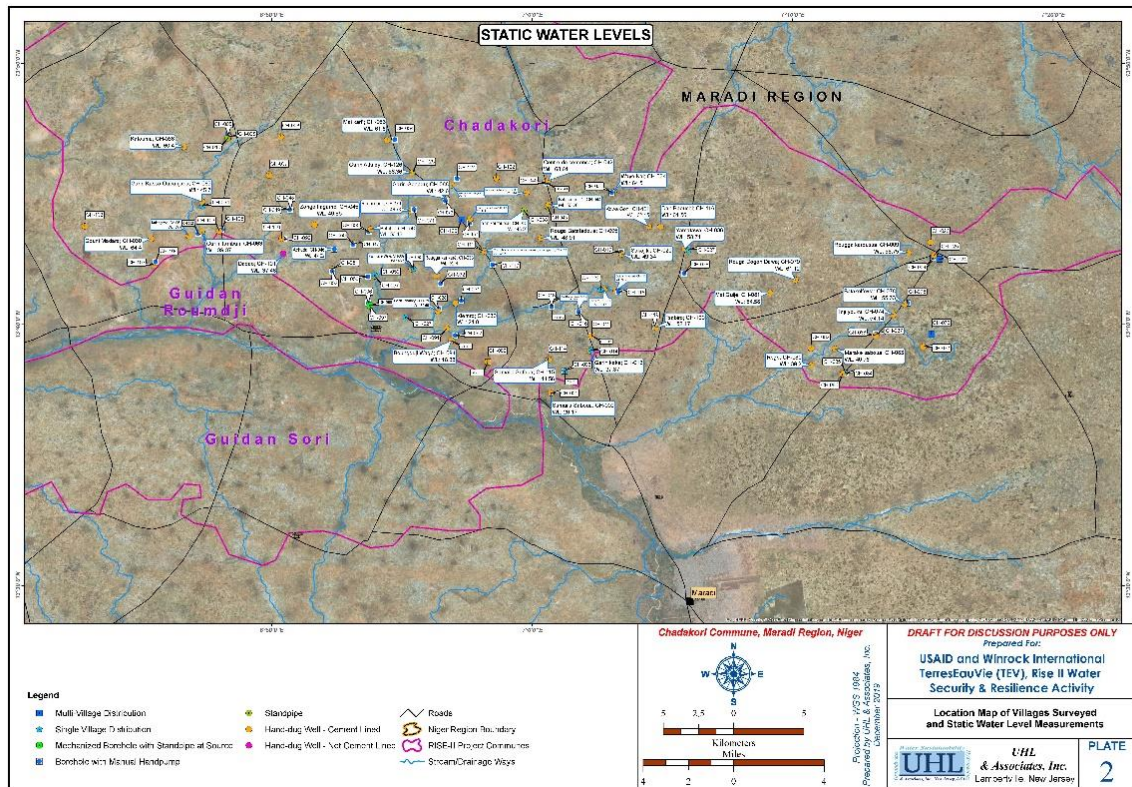
## Quelques outils développés (à titre d'exemple pour la commune de Chadakori) :

### ➤ Carte des ouvrages hydrauliques de la commune de Chadakori

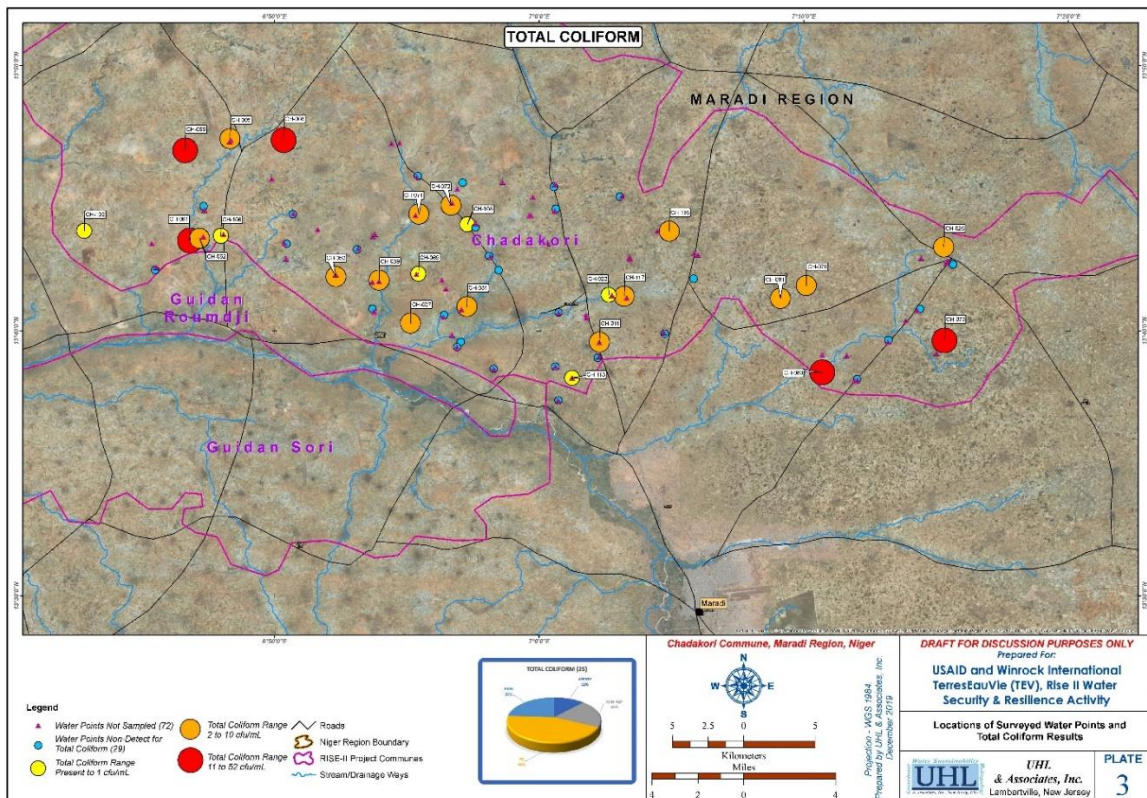




➤ **Carte des niveaux statiques des eaux de la commune de Chadakori**

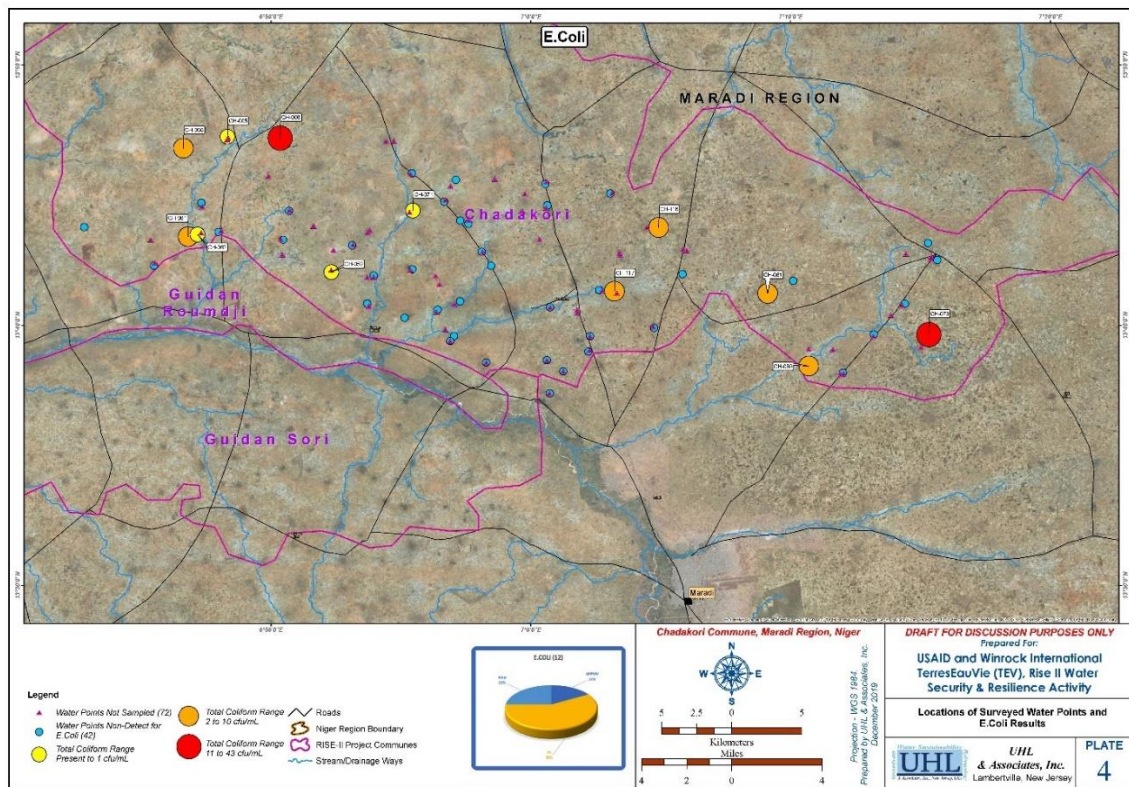


➤ **Répartition des contaminations à Total Coliforme de la commune de Chadakori**





➤ **Répartition des contaminations à E-Coli de la commune de Chadakori**



## 5.0 RÉSUMÉ DES PRÉOCCUPATIONS

Les trois communes de Guidan Roumdji, Guidan Sori et Chadakori dépendent de l'aquifère continental intercalaire / Hamadien pour l'approvisionnement en eau pour l'eau potable et l'usage domestique, le bétail et l'irrigation. L'accès à l'eau souterraine se fait par des puits ouverts creusés à la main et des forages pour l'eau potable et l'irrigation. Les rendements des forages varient de 3 à 27 m<sup>3</sup>/h. Cet aquifère est peu alimenté par l'infiltration directe des précipitations (moyenne annuelle de 460 mm/an). Le bilan hydrique de 2020 montre cependant que la recharge est supérieure et suffisante par rapport aux besoins en eau des populations et des écosystèmes, mais peut être en déficit lors des épisodes de sécheresse.

Les enquêtes des points d'eau représentatifs, à savoir des puits cimentés et des forages, à travers les analyses en laboratoire ont révélé les problèmes ci-dessous :

- Les puits cimentés ouverts restent la principale source d'eau pour la boisson, les usages domestiques et l'abreuvement du bétail dans les villages communaux. Ces puits ont un faible rendement et fournissent souvent des quantités d'eau insuffisantes pour répondre aux besoins du village. L'enquête a indiqué (à Chadakori par exemple) que les puits cimentés pouvaient atteindre une profondeur qui varie de 51 à 168 m avec une valeur moyenne de 89 m, alors que les niveaux statiques des nappes se stabilisent respectivement à partir de 20 à 78 m pour une moyenne de 46 m et que l'effort nécessaire pour accéder à l'eau était exigeant et prenait du temps.
- La contamination bactériologique des puits cimentés étudiés est principalement due à la conception de leur superstructure ouverte et non protégée qui les rends susceptibles d'être inondés.
- Cependant, le pourcentage de forages étudiés présentant une contamination bactériologique est également significatif et compromet l'objectif de fournir des forages sains pour la boisson et d'autres usages. La contamination des forages, surtout ceux équipés de pompes manuelles, peut être attribuée à plusieurs facteurs, notamment :
  - Le remplissage incorrect de l'espace annulaire entre le trou de forage et le tubage du trou de forage pendant la construction du trou de forage, ce qui fournit une voie de migration de l'eau contaminée dans le trou de forage via la voie de l'anneau du tubage (très fréquent).
  - La détérioration du ciment de la tête de forage permettant à l'eau contaminée de s'infiltrer dans le trou de forage par la voie de l'anneau du tubage surtout pendant les saisons des pluies et les inondations.
  - Les manipulations inappropriées et absence de désinfection après les réparations des pompes en panne.
  - L'absence de contrôle régulier de la qualité de l'eau et l'absence de traitement approprié de l'eau.



**Photo 1 :** *PMH détériorée d'un forage.*

- L'enquête a indiqué que l'eau acide était caractéristique de la plupart des points d'eau étudiés. L'acidité de l'eau peut entraîner la détérioration des tiges des pompes à main et des tuyaux en acier. Dans de nombreuses régions d'Afrique subsaharienne, les tiges de pompe et les tuyaux ascendants en acier sont remplacés par des tiges de pompe manuelle en acier inoxydable et des tuyaux ascendants en PVC.

### ***Résumé des résultats des communes de Guidan Roudji et Guidan Sori***

De manière similaire, les communes de Guidan Roudji et Guidan Sori ont été étudiées pour la qualité des eaux souterraines et disposent d'outils d'aide à la décision. Les rapports spécifiques à ces communes sont disponibles avec les résultats détaillés. Dans les grandes lignes, les résultats sont similaires à ceux présentés en exemple pour Chadakori. Une partie des points d'eau est contaminée au niveau bactériologique par les coliformes fécaux (59% des échantillons à Guidan Roudji et 58% à Guidan Sori). Les analyses et contre-analyses physico-chimiques montrent aussi des points d'eau contaminés au Fluor et Arsenic, dans des proportions similaires.

## **6.0 RECOMMANDATIONS DE L'ETUDE**

Sur la base des résultats de l'enquête, les actions suivantes sont recommandées pour les trois communes :

### **6.1 Rééchantillonnage de confirmation pour le Fluorure et l'Arsenic**

L'ensemble des forages et de puits qui ont montré des niveaux de fluorure et d'arsenic supérieurs aux recommandations de l'OMS, ont été prélevés et réanalysés par deux autres laboratoires (celui de AINA au Burkina Faso et celui de la DRHA de Zinder). Ces concentrations élevées n'ont pas été retrouvées dans ces deux laboratoires. Les premiers résultats étaient erronés à cause de la défectuosité des appareils de mesure du premier laboratoire de la DRHA de Maradi.

### **6.2 Réparations des systèmes d'eau et chloration**

Les forages qui révèlent la présence de coliformes totaux et d'E. coli doivent être inspectés et un programme doit être lancé pour mettre en œuvre les mesures suivantes :

1. Réparations de la tête de puits et de la cimentation de l'anneau du tubage.
2. Amélioration du système de drainage.
3. Chloration des puits de forage.
4. Rééchantillonnage des forages après chloration.
5. Inspection régulière par l'autorité compétente / ONG

### **6.3 Installation de nouveaux forages**

De nouveaux forages doivent être réalisés pour remplacer les puits ouverts creusés à la main, dans la mesure du possible. Ces forages doivent être conçus conformément aux normes internationales en ce qui concerne les techniques d'injection de tubage et la configuration des têtes de puits afin de fournir une protection adéquate contre les contaminants bactériologiques. Les nouveaux forages doivent être échantillonnés pour les constituants physicochimiques préoccupants et chlorés avant d'être utilisés.

## 7.0 RECOMMANDATIONS DE L'ATELIER DE RESTITUTION

### 7.1 Actions à entreprendre par les communes

A la fin de cette étude, TerresEauVie a organisé du 20 au 21 avril 2021 à Maradi, un atelier de restitution et valorisation des résultats pour les rendre disponibles aux communes et partenaires du programmes Résilience de l'USAID Niger. Lors de cet atelier, des groupes de travail ont été constitués par commune. Ils ont fait ressortir les actions immédiates sur lesquelles chaque commune va porter son attention pour la valorisation primaire des résultats de cette étude.

**Tableau 13 :** Résumé des actions immédiates à prendre pour chaque commune à la suite de l'atelier de restitution des études sur les eaux souterraines

Commune	Actions
<b>Chadakori</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensibilisation des populations sur le concept environnemental (protection des ouvrages, hygiène autour des points d'eau)</li> <li>- Redynamiser le cadre de concertation communal</li> <li>- Renforcement des capacités des acteurs du Service Public de l'Eau sur les utilisations des différents outils produits</li> <li>- Analyser régulièrement la qualité de l'eau (chaque 3 à 6 mois)</li> <li>- Désinfection des points d'eau tous les 6 mois avec l'Hypochlorite de calcium</li> </ul>
<b>Guidan Sori</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Restitution des travaux de l'atelier aux élus locaux et autres usagers de l'eau</li> <li>- Information, sensibilisation des communautés sur l'hygiène autour des points d'eau</li> <li>- Désinfection des ouvrages hydrauliques qui ont un taux élevé d'E Coli avec l'hypochlorite de calcium</li> <li>- Identification des ouvrages susceptibles d'être inondés pour la réalisation des superstructures</li> </ul>
<b>Guidan Roudji</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intensification des séances de sensibilisation autour des points d'eau</li> <li>- Désinfection de tous les points d'eau présentant un taux d'E Coli avec l'Hypochlorite de calcium</li> <li>- Réalisation des superstructures au niveau des puits cimentés et des forages équipés de PMH surtout les plus exposées aux inondations</li> <li>- Suivi semestriel de la gestion et de la qualité de l'eau des points d'eau</li> </ul>
<b>Actions particulières</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Restitution des résultats de l'atelier aux nouveaux élus</li> <li>- Réalisation des superstructures</li> <li>- Traitement des berges</li> </ul>



## **7.2 Recommandations de l'atelier**

A la fin de cet atelier, les recommandations suivantes ont été faites :

- Avant le démarrage de toute étude, TerresEauVie doit tenir un atelier de validation de la méthodologie de l'étude y compris la collecte des données sur le terrain ainsi que les autres données secondaires ;
- TerresEauVie doit améliorer le suivi du processus de l'étude en mettant en place un comité technique de pilotage qui veillera aux restitutions intermédiaires des travaux et assurer les corrections et les orientations des consultants ;
- Étendre le suivi de la qualité de l'eau à l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement (de la source d'approvisionnement jusqu'à la consommation et tenir compte des éléments polluants dans les zones d'irrigation ;
- Renforcer la collaboration avec les Directions Régionales de l'Hydraulique et de l'Assainissement (DRHA) pour la mise à jour et la cohérence de base IRH des communes concernées ;
- Renforcer la capacité des acteurs et services techniques.

## **7.3 Accompagnement des communes par TerresEauVie**

Globalement, pour aider les communes à mieux valoriser et utiliser ces résultats, TerresEauVie les accompagnera à travers les activités ci-dessous :

- Renforcement de capacité en ressources humaines et matériels ;
- Accompagnement pour la mise en œuvre des outils d'aide à la décision ;
- Mise en place d'un cadre de concertation de tous utilisateurs des ressources en eau (GIRE) au niveau communal afin de mieux maîtriser la gestion durable des ressources naturelles en relation avec le PANGIRE ;
- Appui des communes pour mieux gérer le suivi et la surveillance des ressources en eaux souterraines et de surface.

## **8.0 PROGRAMME DE GESTION DES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE**

### **8.1 Initiative "Programme de Gestion des Ressources en Eau Souterraine" (PGRE)**

Le Programme de Gestion des Ressources en Eau Souterraine (PGRE) dans les communes permettra de mettre en place un système intégré de planification de l'eau communal qui se basera sur le suivi de la qualité et de la quantité de l'eau et le programme intégré d'optimisation des allocations à travers l'usage de la Feuille de Calcul du bilan hydrique de l'eau. Le concept du PGRE de la commune est d'engager la communauté locale (commune et villages) à comprendre les opportunités et les contraintes durables posées par la nature et l'ampleur de leur ressource en eau afin d'avoir leur participation à des programmes de surveillance à long terme pour gérer la ressource.

L'initiative PGRE des communes vise à :

- a) Fournir les données techniques et quantitatives essentielles pour exploiter au maximum les possibilités
- b) Définir clairement l'état et les perspectives de la ressource en eau souterraine
- c) Communiquer clairement cette évaluation aux participants qui prendront les décisions de lancer et de mettre en œuvre les activités futures
- d) Organiser une ou plusieurs réunions pour permettre aux participants (représentants des communes, des autorités régionales et locales, des universités et autres techniciens) de lancer le programme en discutant ensemble de l'état d'avancement du PGRE et de son plan détaillé
- e) Fournir du matériel, une formation et des conseils à la commune pour la mise en œuvre d'un programme de surveillance des eaux souterraines à long terme

### **8.2 Principaux éléments de l'élaboration et de la mise en œuvre du PGRE dans une commune**

Les principaux éléments permettant d'aboutir au PGRE sont :

- Enquêtes de terrain sur les points d'eau communaux : réalisé (cf. résultats obtenus ci-dessus)
- Rapports hydrogéologiques des communes : réalisé (cf. résultats obtenus ci-dessus)
- Détermination des objectifs, des perspectives et des participants du PGRE communal :
- Programme communal de surveillance à long terme des eaux souterraines : Le but de l'initiative est d'établir un système pour la surveillance à long terme des niveaux des eaux souterraines par la commune. Les communes recevront les outils nécessaires à la réalisation de ce programme, notamment des cartes et des données essentielles, des conseils, des protocoles, des calendriers, ainsi que des formulaires, des modèles et des carnets de notes pour la documentation des activités et des données. TerresEauVie préparera les communes avec des ateliers de démarrage du programme et des formations périodiques sur les protocoles de collecte de données et la documentation.

Les parties prenantes qui participeront aux réunions initiales et à la mise en œuvre du PGRE sont notamment :

- Les opérateurs locaux des systèmes d'eau et le personnel technique des communes
- Le personnel des directions départementales et régionales de l'Hydraulique (DDHA/DRHA)
- Les Docteurs hydrogéologues universitaires qui ont participé à l'enquête sur le terrain et/ou au rapport hydrogéologique de la commune, ou qui sont engagés dans des activités de recherche
- Le personnel de TerresEauVie

### **8.3 Application du PGRE au niveau des communes**

La mise en œuvre du PGRE permettra de :

- Faire une gestion rationnelle de la ressource en eau renouvelable à l'échelle de la commune à travers la maîtrise de la recharge des eaux souterraines et de son utilisation
- Gérer et prévenir les conflits autour de l'utilisation multiple de la ressource en eau souterraine
- Sensibiliser, former et animer le concept environnemental en développant des stratégies de mise en œuvre de l'hygiène autour du point d'eau, du transport l'eau vers le foyer ou autres et de son utilisation dans le foyer
- Impliquer les jeunes, les pasteurs et les femmes dans tous ce processus car ils jouent un rôle important dans l'utilisation et la gestion de l'eau.

## 9.0 ANNEXES

### 9.1 Tableau 6 : Données d'enquête sur les points d'eau des communes de Guidan Roundji, Guidan Sori et Chadakori



Tableau 6

### 9.2 Liste des documents produits lors de ces études

#### Liste des documents produits lors de ces études

- Vue d'ensemble des ressources en eaux souterraines de la commune de Guidan Roundji dans la région de Maradi, Niger
- Vue d'ensemble des ressources en eaux souterraines de la commune de Guidan Sori dans la région de Maradi, Niger
- Vue d'ensemble des ressources en eaux souterraines de la commune de Chadakori dans la région de Maradi, Niger
- Rapport hydrogéologique de la commune de Guidan Roundji dans la région de Maradi, Niger
- Rapport hydrogéologique de la commune de Guidan Sori dans la région de Maradi, Niger
- Rapport hydrogéologique de la commune de Chadakori dans la région de Maradi, Niger
- Tableau 6 : Données d'enquête sur les points d'eau des communes de Guidan Roundji, Guidan Sori et Chadakori
- Carte de localisation des villages étudiés dans la commune de Chadakori
- Carte de localisation des villages étudiés et mesures statiques du niveau d'eau
- Carte de localisation des points d'eau étudiés et résultats des coliformes totaux
- Carte des emplacements des points d'eau étudiés et résultats de E. coli
- Carte de localisation des points d'eau étudiés et résultats de l'arsenic et du fluorure
- Carte des précipitations moyennes historiques du Niger (Jan. à Déc., 2001 à 2015)