



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Ambassade de Suisse
Bureau de la coopération suisse au Niger

Dikolela KALUBI, juin 2009

**Etude diagnostique sur la qualité de l'eau
dans le département de Guidan Roundji**
Rapport Final

TABLE DES MATIERES

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCTION | 4 |
| 1.1. CONTEXTE..... | 4 |
| 1.2. OBJECTIF DE L'ETUDE..... | 4 |
| 1.3. STRUCTURE DU RAPPORT | 4 |
| 1.4. ABREVIATIONS..... | 5 |
| 2. LES RESSOURCES EN EAU ET LES MODES D'ALIMENTATION | 6 |
| 2.1. RESSOURCES EN EAU | 6 |
| 2.2. MODE D'ALIMENTATION | 6 |
| 2.3. RESUME..... | 7 |
| 3. QUALITE DE L'EAU ET CONTAMINATION DE LA RESSOURCE | 8 |
| 3.1. LA QUALITE DE L'EAU DE BOISSON | 8 |
| 3.1.1. Paramètres microbiologiques | 8 |
| 3.1.2. Paramètres physico-chimiques | 8 |
| 3.1.3. Paramètres organoleptique | 9 |
| 3.2. SOURCE DE POLLUTION | 9 |
| 3.3. MECANISME DE CONTAMINATION DE LA RESSOURCE | 10 |
| 3.4. RESUME..... | 11 |
| 4. RESULTATS | 12 |
| 4.1. SELECTION DES POINTS D'EAU | 12 |
| 4.2. ESCHERICHIA COLI (E.COLI)..... | 14 |
| 4.2.1. Valeurs obtenues..... | 14 |
| 4.2.2. Origine..... | 15 |
| 4.2.3. Effets sur la santé..... | 17 |
| 4.3. NITRATES / NITRITES..... | 18 |
| 4.3.1. Valeurs obtenues..... | 18 |
| 4.3.2. Origines | 20 |
| 4.3.3. Effets sur la santé..... | 21 |
| 4.3.4. Autres effets | 21 |
| 4.4. FLUORURE..... | 22 |
| 4.4.1. Valeurs obtenue..... | 22 |
| 4.4.2. Origine..... | 23 |
| 4.4.3. Effets sur la santé..... | 23 |
| 4.5. AMMONIUM..... | 24 |
| 4.5.1. Valeurs obtenues..... | 24 |
| 4.6. FER | 26 |
| 4.6.1. Valeurs obtenues..... | 26 |
| 4.6.2. Origine..... | 27 |
| 4.6.3. Effets sur la santé..... | 27 |
| 4.6.4. Autres Effets | 27 |
| 4.7. ARSENIC | 28 |
| 4.7.1. Valeurs obtenues | 28 |
| 4.7.2. Origine..... | 28 |
| 4.7.3. Effets sur la santé..... | 28 |
| 4.8. PH..... | 29 |
| 4.8.1. Valeurs obtenues | 29 |
| 4.8.2. Origine..... | 30 |
| 4.8.3. Effets sur la santé..... | 30 |
| 4.8.4. Autres effets | 30 |
| 4.9. CONDUCTIVITE | 31 |
| 4.9.1. Valeurs obtenues | 31 |
| 4.9.2. Origine..... | 32 |
| 4.9.3. Effets sur la santé..... | 32 |
| 4.10. TURBIDITE..... | 33 |
| 4.10.1. Valeurs obtenues..... | 33 |
| 4.10.2. Origine..... | 34 |
| 4.10.3. Effets sur la santé..... | 34 |
| 4.11. GOUT ET ODEUR..... | 35 |

| | |
|--|-----------|
| 4.11.1. Valeurs obtenues..... | 35 |
| 4.11.2. Origine..... | 35 |
| 4.11.3. Effets sur la santé..... | 35 |
| 4.12. RESUME..... | 36 |
| 5. RECOMMANDATIONS | 37 |
| 5.1. CONTAMINATION FECALE..... | 37 |
| 5.1.1. Solutions à la source du problème..... | 37 |
| 5.1.2. Traitements..... | 39 |
| 5.2. NITRATE/NITRITE | 40 |
| 5.3. FLUOR | 41 |
| 5.4. FER | 41 |
| 5.5. TURBIDITE..... | 42 |
| 5.6. RESUME..... | 43 |
| 6. SUIVI DE LA QUALITE DE L'EAU..... | 44 |
| 6.1. ENJEUX..... | 44 |
| 6.2. PROPOSITION D'UN MODELE DE SUIVI DE LA QUALITE DE L'EAU | 46 |
| 6.2.1. Coûts | 46 |
| 6.2.2. Prise en charge financière | 48 |
| 6.2.3. Méthodologie..... | 50 |
| 6.2.4. Les paramètres analysés..... | 52 |
| 6.2.5. Matériel | 53 |
| 6.2.6. Stockage de l'information | 53 |
| 6.2.7. Formation du personnel..... | 53 |
| 6.2.8. Communication | 54 |
| 6.2.9. Interprétation des résultats | 54 |
| 6.3. PERSPECTIVE ET CONSOLIDATION DU MECANISME DE SUIVI | 55 |
| 6.3.1. Commandes des réactifs..... | 55 |
| 6.3.2. Gestion des recettes | 55 |
| 6.3.3. Elargissement des points d'eau à analyser..... | 55 |
| 6.3.4. Sensibilisation | 56 |
| 6.3.5. Capitalisation du suivi..... | 56 |
| 6.3.6. Résumé..... | 57 |
| 7. CONCLUSION..... | 58 |
| ANNEXE..... | I |
| ANNEXE I : ECHANTILLONNAGE | I |
| ANNEXE II : CALCUL DU COUT POUR UN SUIVI SUR LES MINI-AEP..... | II |
| ANNEXE III : RESULTATS | III |
| ANNEXE IV : CONTENU DU CD..... | IV |
| BIBLIOGRAPHIE..... | V |

1. INTRODUCTION

1.1. Contexte

L'accès à l'eau potable est essentiel à la vie humaine, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) le considère même comme un droit humain. Cependant dans la République du Niger, une grande partie de la population n'y a pas encore accès. C'est la raison pour laquelle, la coopération suisse a consacré de gros investissements à la réalisation de points d'eau modernes dans le département de Guidan Roumdji dans le cadre de ses activités de soutien aux investissements locaux. D'un point de vue quantitatif, on peut mesurer les progrès réalisés grâce au calcul du taux de couverture des besoins. Ainsi selon les données de cet indicateur, 58,48% de la population du département de Guidan Roumdji avait accès à l'eau potable en 2008. Ce taux devrait même passer à 70,7% (DDH Guidan Roumdji: 2008) lorsque les travaux en cours seront terminés

Cependant, ces chiffres plutôt encourageants ne prennent pas en compte l'aspect qualitatif de l'eau. En effet, en l'absence d'un suivi de la qualité de l'eau dans les départements nigériens, il est difficile de savoir si ces points d'eau construits continuent à remplir leur mission qui est de fournir une eau potable dont la consommation ne représente pas un danger à court ou à long terme pour la santé de la population. Cette absence de suivi s'explique, entre autres, par un manque de ressources humaines, matériels et financières au sein du Ministère Hydraulique pour s'acquitter de cette tâche qui lui est attribuée.

Partant de ce constat, la coopération suisse a mandaté cette étude pour renforcer les capacités de la Direction Départementale de l'Hydraulique (DDH) de Guidan Roumdji dans le domaine de l'analyse et du suivi de la qualité de l'eau à travers l'acquisition d'un laboratoire portable. Le présent rapport fait suite à une étude similaire qui a été entreprise dans le département de Gaya entre les mois d'octobre 2008 et mars 2009.

1.2. Objectif de l'étude

La présente étude vise les objectifs suivants :

1. Déterminer la qualité de l'eau bue par la population du département de Guidan Roumdji.
2. Proposer un modèle viable de suivi de la qualité de l'eau.

1.3. Structure du rapport

Après cette partie introductive, le rapport présentera dans le :

Chapitre 2 : les ressources en eau du département ainsi que les modes d'alimentation.

Chapitre 3 : une partie théorique sur la notion de la qualité de l'eau de boisson et les facteurs pouvant entraîner sa contamination.

Chapitre 4 : les résultats et l'interprétation des analyses réalisées.

Chapitre 5 : les mesures possibles pour améliorer la qualité de l'eau.

Chapitre 6 : la proposition de modèle de suivi de la qualité d'eau qui a été faite à la DDH de Guidan Roumdji.

1.4. Abréviations

| | |
|----------|---|
| AUE | : Association des Usagers de l'Eau |
| CGPE | : Comité de Gestion des Points d'Eau |
| DDH | : Direction Départementale de l'Hydraulique |
| DRH | : Direction Régionale de l'Hydraulique |
| FSIL | : Fonds de Soutien à l'Investissement Local |
| Mini-AEP | : Mini Adduction d'Eau Potable |
| OMS | : Organisation Mondiale de la Santé |
| PEM | : Point d'Eau Moderne |

2. LES RESSOURCES EN EAU ET LES MODES D'ALIMENTATION

Ce chapitre vise à présenter brièvement les ressources en eau du département de Guidan Roumdji et les modes d'alimentations qui en découlent.

2.1. Ressources en eau

Le département de Guidan Roumdji s'étend sur 4311 Km² et dispose de 3 types de ressources en eau. Il s'agit de :

- **Eaux météoriques**

Le climat de la région de Maradi est de type sahélo-soudanien. Il est caractérisé par trois saisons distinctes (DAERA, 2006: 8) :

- Une saison sèche et froide de novembre à février.
- Une saison sèche et chaude de mars à mai.
- Une saison pluvieuse de juin à octobre.

Dans le département de Guidan Roumdji, on observe un gradient pluviométrique nord-sud avec une pluviométrie annuelle de 300 à 400mm au nord et une pluviométrie supérieure ou égale à 600mm au sud (SIGNER, 1997).

- **Eaux de surface**

Le département de Guidan Roumdji ne dispose pas de cours d'eau permanents, mais uniquement de cours d'eau temporaires. Le réseau hydrographique est relativement peu fourni. Il est constitué essentiellement du Goulbi de Maradi qui du mois de juin à octobre s'écoule sur 75Km dans la vallée qui porte le même nom et dont la largeur varie de 1 à 4Km et la profondeur de 30 à 40m (BAZIN, 1990). Son écoulement se fait d'est en ouest à travers tout le département. Dans cette vallée, on y trouve un certain nombre de mares permanentes et temporaires. Le Goulbi est alimenté par une série de koris. Hormis le Goulbi, on peut également observer à l'ouest du département, le Goulbi N'Kaba, ainsi que ses koris affluents dans le nord et l'est du département.

- **Eaux souterraines**

Le département dispose des deux types aquifères :

- La nappe alluviale qui se concentre dans la vallée du Goulbi, ainsi que dans les vallons affluents.
- Plus en profondeur, on atteint l'aquifère multicouche du Continental Intercalaire (CI) qui constitue la base du système aquifère d'lullemeden qui s'étend sur tout le département. Les ressources en eau contenues sont considérables, mais sont peu renouvelables (OSS, 2008 : 7).

2.2. Mode d'alimentation

Dans le cadre de cette étude, il n'a pas été possible de réaliser une enquête approfondie des modes d'alimentation, mais compte tenu des ressources

hydriques disponibles dans la région, l'eau souterraine doit être sans doute la principale source d'approvisionnement. Toutefois, l'eau de surface disponible pendant la saison des pluies semble également être utilisée comme eau de boisson par une partie de la population. C'est du moins l'avis du médecin chef de l'hôpital de Guidan Roundji qui explique ainsi les augmentations des cas de diarrhées durant cette période l'année.

A la fin 2008, selon le rapport annuel de la DDH de Guidan Roundji, le taux d'accès de la population à l'eau potable était de 58,48%. Cependant, il convient de préciser que de nombreuses réalisations sont actuellement en cours et que la DDH estime que ce taux devrait atteindre les 70,71 % une fois que les ouvrages seront terminés.

Les Points d'Eau Modernes (PEM) existants sont constitués à 81% de puits cimentés¹, mais il est intéressant de noter que, selon le directeur de la DDH, la population est de plus en plus demandeuse de forages à la place des puits. Ceci s'expliquerait par deux facteurs :

- **Perspective d'une mini-Adduction d'Eau Potable (mini-AEP):**

Dans le département, un forage est plus susceptible qu'un puits d'être transformé en mini-AEP. Dès lors, cela inciterait la population à choisir un forage pour pouvoir bénéficier d'une mini-AEP dans l'avenir

- **Sensibilisation à la qualité de l'eau.**

En l'absence d'une enquête sociologique approfondie, il est difficile de définir avec exactitude pourquoi la population s'est rendue compte que l'eau fournie par un forage est généralement de meilleure qualité que celle d'un puits. On peut toutefois présupposer que des aspects simples comme l'absence de vers ou de turbidité dans les forages ont participé à cette prise de conscience. De plus, les campagnes de sensibilisation à l'hygiène menées par le passé ont probablement joué un rôle.

2.3. Résumé

Ressources en eau

- Eaux météoriques : climat de type sahélo-soudanien avec un gradient pluviométrique nord-sud, 300 à 400 mm/année au nord et \geq 600 mm/année au sud.
- Eaux souterraines : nappe alluviale et aquifère multicouche du continental intercalaire.
- Eaux de surface : pas de cours d'eau permanents, mais uniquement temporaires : Goulbi de Maradi et de N'Kalba et leurs affluents.

Modes d'alimentation

- Taux de couverture de l'approvisionnement en eau potable était de 58,48% en 2008 et devrait passer à 70,1% une fois les travaux en cours terminés.
- 81% des ouvrages hydrauliques sont des puits.
- Population de plus en plus demandeuse de puits en raison de la perspective d'une mini-AEP et à cause de la qualité de l'eau.

¹ Calculé en fonction des données de la BD IRH à la date du 23 mars 2008

3. QUALITE DE L'EAU ET CONTAMINATION DE LA RESSOURCE

Ce chapitre vise à introduire brièvement quelques éléments théoriques sur la qualité de l'eau et les facteurs pouvant polluer cette ressource.

3.1. La qualité de l'eau de boisson

L'accès à l'eau est essentiel pour la santé, l'OMS le considère comme un droit humain. Les aspects quantitatifs et qualitatifs sont très importants. En ce qui concerne l'aspect qualitatif, l'OMS préconise que :

L'eau de boisson ne doit représenter aucun risque significatif à la santé lors de sa consommation tout au long de la vie, également en prenant en compte les différences de sensibilités qu'il y a entre les différentes étapes de la vie.

(Traduit d'après WHO, 2006 :1)

En 2001, le Ministère de l'Industrie et du Commerce, le Ministère d'Hydraulique et celui de la Santé ont collaboré afin de doter la République du Niger de normes relatives à la qualité de l'eau de boisson. Néanmoins en 2007, une étude prenant en compte les données sanitaires a été souhaitée afin d'adapter ces normes à la réalité nigérienne, mais, faute de financement, elle n'a pas eu lieu. Actuellement, la Direction des Ressources en Eau ne s'appuie plus sur ces normes dans le cadre de ses activités de surveillance, mais elle se réfère directement aux directives sur la qualité de l'eau émises par l'OMS. Ces dernières prennent en compte trois types de paramètres pour mesurer la potabilité de l'eau :

3.1.1. Paramètres microbiologiques

La grande majorité des maladies hydriques sont causées par la contamination microbiologique de l'eau. Il est communément admis que le plus grand risque microbiologique est lié à l'ingestion d'eau contaminée par des matières fécales humaines ou animales. Ces dernières peuvent contenir des pathogènes sous la forme de bactéries, virus, protozoaires ou vers. Toutefois, il est difficilement réalisable de vérifier la présence de tous ces pathogènes dans l'eau. C'est la raison pour laquelle, on utilise généralement, dans le domaine de la vérification de l'eau, un indicateur de présence de matière fécale (principalement l'E.Coli ou/et les coliformes thermotolerants). L'OMS se base sur l'absence de ces bactéries indicatrices pour définir si une eau est potable ou non.

Toutefois, il faut garder à l'esprit qu'il s'agit d'un indicateur. Ainsi, une eau sans E.Coli n'est pas une eau sûre à 100%, des virus et des protozoaires pathogéniques peuvent être présents. Réciproquement, une eau avec des E.Coli indique une contamination fécale, mais cela ne signifie pas qu'il y a nécessairement des bactéries pathogéniques, même si cela est fortement présumé. Outre les pathogènes contenus dans les matières fécales, d'autres microorganismes peuvent également représenter un danger (Ex. vers de Guinée).

3.1.2. Paramètres physico-chimiques

Contrairement aux risques microbiologiques, la contamination chimique représente généralement un danger seulement après une longue exposition à une eau contaminée. Toutefois, une très grande concentration de certains

composants chimiques peut représenter un danger immédiat. Cette très grande concentration résulte dans la plupart des cas d'accidents et l'eau n'est généralement pas bue par la population à cause de l'odeur ou du goût.

Beaucoup de composants chimiques peuvent être présents dans l'eau consommée par la population, mais il est admis par l'OMS que seule la présence de quelques composants chimiques clés cause des problèmes de santé à large échelle. Parmi ceux-ci figurent les fluorures, l'arsenic et les nitrates.

En dehors des effets sur la santé, les paramètres physico-chimiques de l'eau peuvent également influencer les paramètres organoleptiques, ainsi que l'efficacité des traitements de l'eau. Par exemple, une teneur élevée en fer ne représente pas un danger pour la santé de la population, mais elle peut colorer l'eau et lui donner un goût ferreux qui peut entraîner un rejet par la population.

3.1.3. Paramètres organoleptique

Les paramètres organoleptiques se définissent comme étant le goût, l'odeur et la couleur de l'eau. Ces paramètres ont généralement moins d'impacts directs sur la santé de la population, mais interviennent plutôt sur l'acceptation d'une source d'eau par l'homme. Par exemple, un individu peut refuser une eau ayant un goût terreux et préférer une eau sans goût, bien que cette dernière puisse être de moins bonne qualité.

3.2. Source de pollution

La pollution se définit comme les facteurs directs ou indirects qui peuvent affecter la qualité de l'eau (ACF, 2005 : 106). Les causes de pollution peuvent être la résultante des activités humaines ou de phénomènes naturels. Parmi les différentes sources de contamination des eaux souterraines, on peut citer :

- **L'agriculture / Elevage**

L'agriculture peut représenter une source de contamination, notamment à cause des engrais et des pesticides auxquels les agriculteurs ont recours. Les engrais artificiels peuvent engendrer une pollution chimique (nitrates, phosphates, ammonium) et l'utilisation des engrais naturels (fumier) peut aboutir à une contamination microbiologique (pathogènes fécaux), mais aussi chimique de l'environnement (nitrates, chlorures). De même, la matière fécale issue de l'élevage peut engendrer une pollution semblable aux engrais naturels

- **Les activités domestiques**

L'élimination problématique de la matière fécale est généralement la principale source de pollution domestique. Elle peut engendrer des polluants microbiologiques (bactéries, virus, etc.) et chimiques (nitrates, nitrites, chlorures) qui peuvent se retrouver au niveau de la source d'approvisionnement en eau. Hormis la matière fécale, l'absence de collecteur des eaux usées domestiques et la mauvaise élimination des déchets solides peuvent également représenter une source de contamination aux produits chimiques des ressources souterraines.

- **L'industrie**

Les activités industrielles peuvent rejeter une grande variété de produits chimiques dans les eaux souterraines si les eaux usées ne sont pas suffisamment traitées

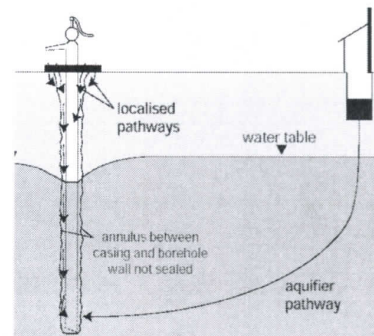
- **La géologie**

L'environnement peut présenter de manière naturelle des taux très élevés de polluants chimiques. Les minéraux présents dans les roches peuvent être lessivés et se trouver de manière excessive dans l'eau. La durée du séjour de l'eau dans l'aquifère, l'agressivité de l'eau, ainsi que la composition chimique de l'aquifère influencent notamment la concentration des éléments chimiques dangereux pour la santé.

3.3. Mécanisme de contamination de la ressource

Une fois que les différents polluants sont émis dans l'environnement, ils peuvent retrouver la source d'eau potable selon différentes manières:

1. Ils peuvent s'infiltrer à travers le sol (*aquifer pathway*)
2. Ils peuvent retrouver un trajet direct à travers les chemins créés par les installations hydrauliques (*localised pathways*)



Argoss (2001 : 21)

Les polluants chimiques et microbiologiques ne peuvent pas se déplacer de manière autonome dans l'environnement. Dans la plupart des cas, les polluants sont transportés avec l'eau. Durant leur trajet dans l'environnement, les polluants sont soumis à différents processus chimiques, physiques et biologiques. De manière générale, l'environnement peut éliminer ainsi une grande partie des polluants. L'efficacité d'autoépuration dépend du type du polluant ainsi que du milieu qu'ils parcourent. Les polluants microbiologiques par exemple peuvent mourir rapidement rien qu'avec un changement de T° ou de pH. Cependant, il existe des polluants chimiques qui sont non-dégradables dans l'environnement et qui y persistent et s'y accumulent. Les différents processus d'atténuation des polluants sont de manière générale plus efficaces dans la couche de sol se situant en dessus de la nappe souterraine, appelée la zone non-saturée, et plus particulièrement où l'activité biologique est la plus importante.

On utilise le terme de *vulnérabilité de l'aquifère à la pollution* pour parler des caractéristiques intrinsèques de l'aquifère qui détermine s'il est probable qu'il soit affecté par une charge d'un polluant définit. (ARGOSS, 2001 : 24)

3.4. Résumé

Critères de potabilité

En l'absence de normes nationales, le Ministère Hydraulique utilise les directives de l'OMS sur la qualité de l'eau. Ces dernières se réfèrent à 3 types de paramètres

- Microbiologique : bactéries d'origine fécale
- Chimique : seulement quelques éléments ont un impact sur la santé (arsenic, fluor, nitrate, etc.).
- Organoleptique : Goût, odeur et apparence..

Sources de contamination

- Agriculture/Elevage : pesticides, engrais chimiques, matière fécale (nitrate, chlorure, bactéries fécales)
- Industrie : une grande variété de polluants chimiques
- Activités domestiques : essentiellement de la matière fécale
- Géologie : minéraux et métaux présents dans les roches (fer, arsenic, fluor, etc.)

Mécanisme de contamination

- Un fois émis dans l'environnement, les polluants peuvent se retrouver dans la source d'eau par deux trajets
 - Infiltration dans le sol
 - A travers le chemin direct crée par l'ouvrage hydraulique
- Une fois dans le sol, l'environnement peut éliminer une partie des polluants par des processus physiques, chimiques et biologiques.
- L'efficacité d'autoépuration du sol dépend du type du polluant ainsi que du milieu qu'il parcourt.
- Certains polluants chimiques sont difficilement dégradables dans l'environnement et peuvent avoir tendance à s'accumuler.

4. RESULTATS

Ce chapitre exposera brièvement les critères retenus pour sélectionner les points d'eau sujets aux analyses, puis les résultats seront présentés. Chaque paramètre analysé sera présenté individuellement, assorti des valeurs obtenues, d'un commentaire sur l'origine probable et de l'impact possible sur la santé de la population.

4.1. Sélection des points d'eau

Dans le cadre de cette étude, 41 points d'eau avaient été initialement retenus pour être analysés. La sélection de ces points d'eau s'est faite selon deux objectifs spécifiques² :

1. Disposer d'informations sur la qualité de l'eau de boisson de l'ensemble du département, donc par conséquent avoir une distribution spatiale des points d'eau analysés plus ou moins uniformes.
2. S'intéresser aux principaux paramètres de l'eau de boisson ayant un impact sur la santé. Par conséquent, les régions ou les ouvrages susceptibles d'être contaminés ont été privilégiés.

Pour prendre en compte ce deuxième objectif, quatre hypothèses de vulnérabilité d'ouvrages ou de zones ont été retenues :

a. Contamination bactériologique par infiltration (9PEM)

Il s'agit de PEM captant la ressource à moins de 15m.

b. Comparaison forage-puits (12PEM)

6 villages disposant d'un puits et d'un forage pour faire une comparaison de la qualité de l'eau fournie par ces deux types d'ouvrage.

c. Contamination par les nitrates/nitrites (10PEM)

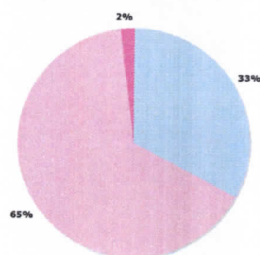
Il s'agit de points d'eau se situant dans la vallée du Goulbi et dans des localités de taille importante (> 2000 habitants).

d. Contamination par les fluorures (10PEM)

Des ouvrages captant la ressource en grande profondeur (>90m) et/ou à proximité d'autres ouvrages où une haute concentration en fluorures a déjà pu être mesurée par la DRH.

Au final 49 points d'eau ont été analysés, car l'échantillon de base a été enrichi par les demandes d'analyses qui ont été faites par la commune de Tibiri et la DDH de Guidan Roudji. De plus, tous les paramètres n'ont pas pu être testés sur certains points d'eau en raison de différents problèmes techniques (panne d'incubateur, etc.)


Répartition de l'échantillon entre les différents types d'ouvrage



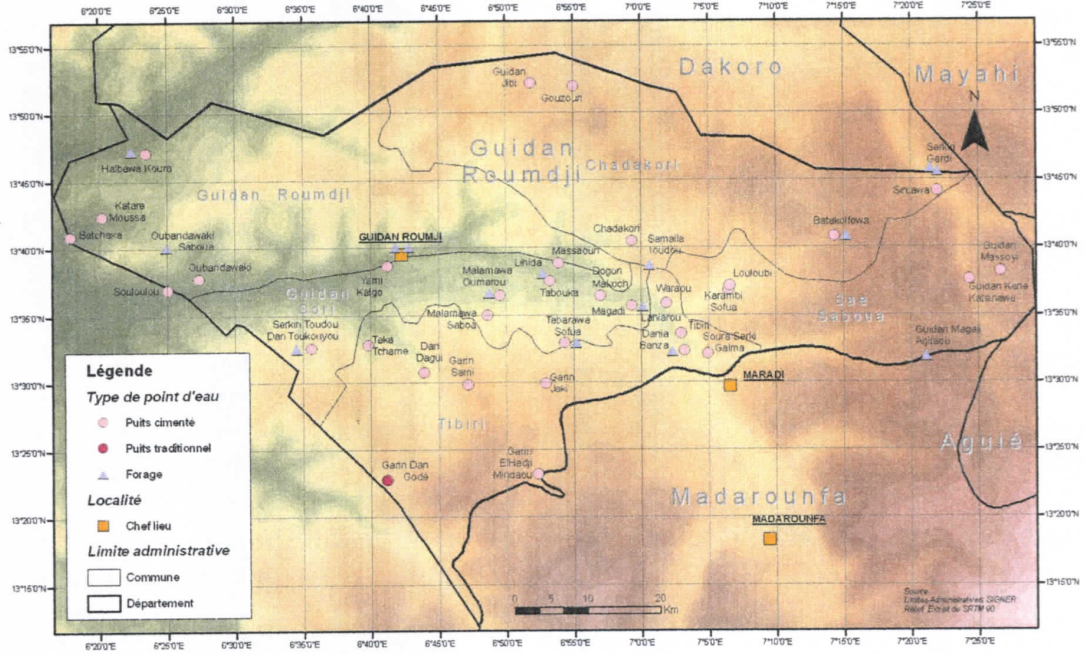
| Type d'ouvrage | Nbr d'ouvrages |
|--------------------|----------------|
| Forage | 16 |
| Puits cimenté | 32 |
| Puits traditionnel | 1 |
| Total | 49 |

² L'échantillon initial se trouve en annexe I

Carte de l'échantillon

 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Etude diagnostique sur la qualité de l'eau à Guidan Roumdji
Echantillon des points d'eau analysés



4.2. Escherichia Coli (E.Coli)

La bactérie *E.Coli* fait partie de la famille des entérobactéries, elle est un hôte normal de l'intestin des mammifères. Lorsqu'elle est trouvée dans l'eau, elle est sans équivoque, d'origine fécale. C'est pour cela qu'elle est utilisée comme indicateur de contamination fécale de la ressource en eau.

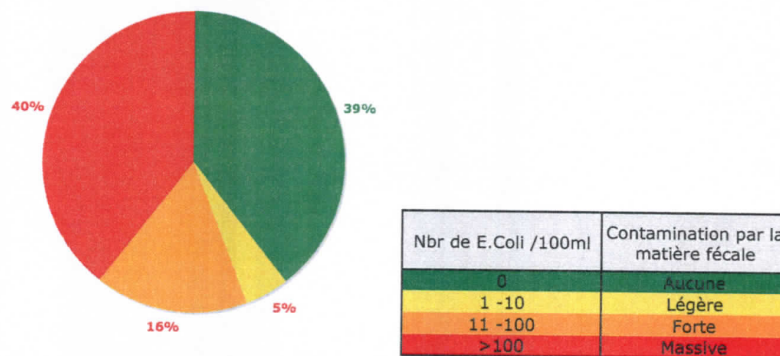
L'OMS recommande dans ses directives de 2003 que :

Nombre de colonies E.Coli / 100ml = 0

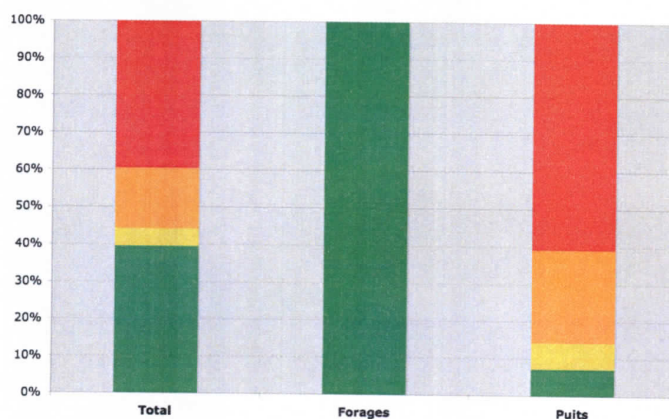
4.2.1. Valeurs obtenues

Sur les 43 résultats obtenus, seuls 17 points d'eau fournissaient une eau ne présentant pas des bactéries *E.Coli*. Dans les résultats obtenus, on constate une grande différence entre les puits et les forages. Les premiers ne contenaient aucune bactérie, tandis que 93% des puits étaient contaminés. Cette contamination était même massive (> 100 bactéries/100ml) dans 61% des cas. Les ouvrages contaminés se situaient sur l'ensemble du département et ne se concentraient pas dans une région particulière.

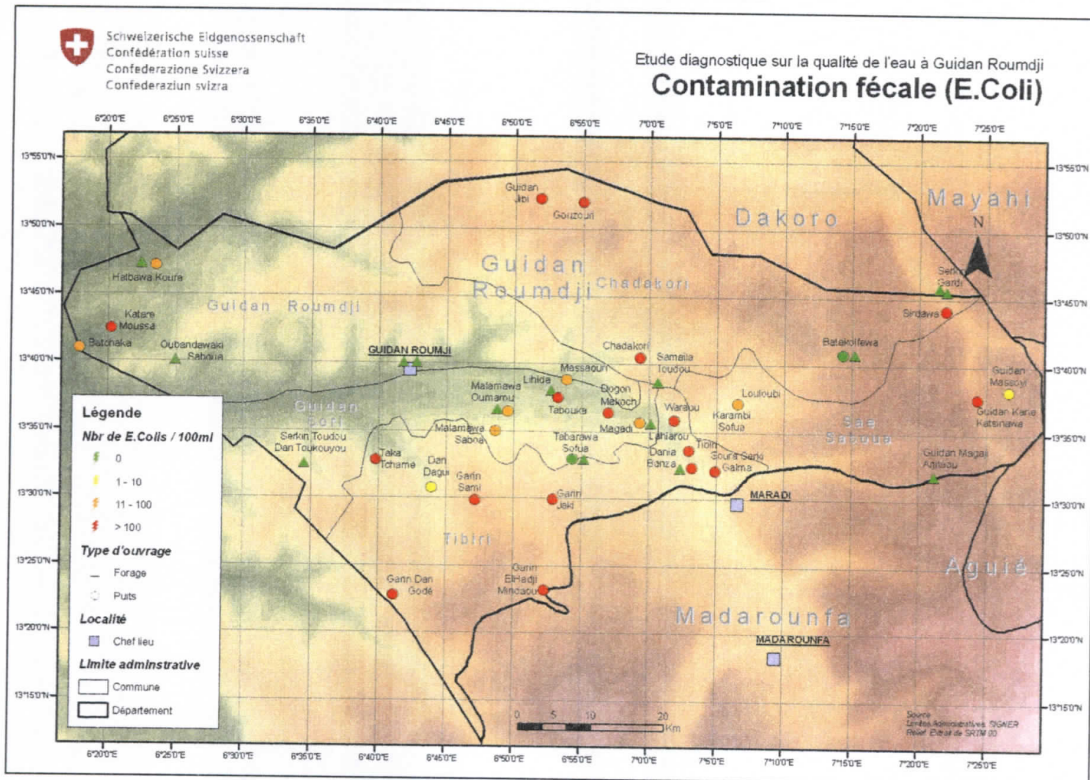
Nombre d'E.Coli / 100ml de l'ensemble des points d'eau analysés



Nombre d'E.Coli / 100ml selon le type de point d'eau



Répartition spatiale des résultats



4.2.2. Origine.

La présence de l'E.Coli est due à la matière fécale animale ou humaine présente dans l'eau. Cette matière fécale peut se retrouver dans la source à travers deux trajets :

1. Elle peut s'infiltrer à travers le sol (depuis la surface ou depuis le fond des latrines)
2. Elle peut retrouver un trajet direct à travers les installations hydrauliques

Infiltration à travers le sol

En ce qui concerne ce type de trajet, on sait que les bactéries ont généralement une durée de survie dans le sol relativement courte par rapport à d'autres polluants chimiques. Ainsi l'OMS recommande que le temps de parcours entre la surface (ou le fond d'une latrine) et la source d'eau soit d'environ 50 jours. Cette durée correspond au temps de survie de la plupart des bactéries et virus. Ainsi plus le temps de parcours pour atteindre la ressource est long, plus le risque de contamination diminue.

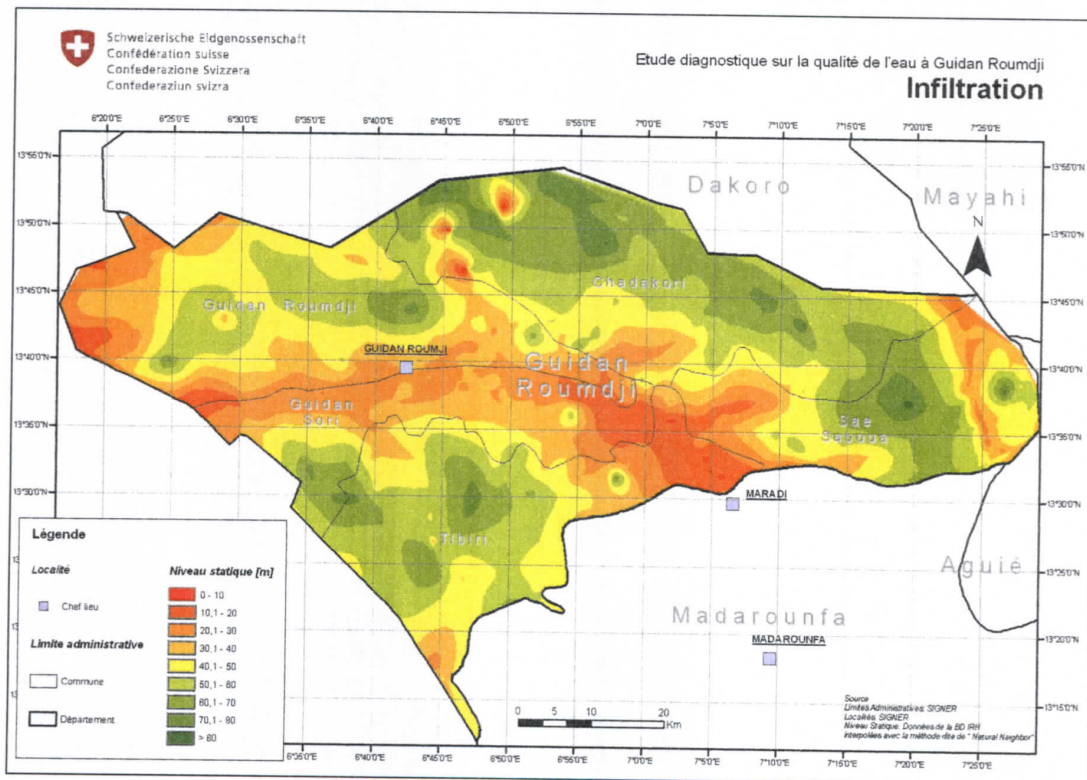
Il est possible d'estimer ce temps de parcours dans la zone non-saturée en combinant deux facteurs :

- 1) La profondeur de la nappe souterraine (niveau statique)
- 2) Le type de sols dans la zone non-saturée

| Type de roches dans la zone non saturée | Profondeur de la nappe (NS mesuré) | | |
|---|------------------------------------|--------|--------|
| | <5 m | 5-10 m | > 10 m |
| Sable fin silteux | | | |
| Roche mère altérée | | | |
| Sable moyen | | | |
| Sable grossier et gravier | | | |
| Grès / roche fracturée / calcaire | | | |

d'après ARGOSS (2001 : 49)

En se basant sur les synthèses de faciès géologiques réalisé par le cabinet THEC dans le cadre des travaux de supervision des ouvrages du FSIL, on constate que la zone non-saturée de la région est composée de dépôts sédimentaires dans lesquels on retrouve des sables fins moyens à grossiers avec des alternances d'argiles. De plus, en utilisant les données sur les niveaux statiques de la base de données IRH, on peut identifier les zones où le risque d'infiltration est non négligeable. Ces dernières apparaissent en rouge et orange sur la carte ci-dessous.



Dès lors, il est probable que la contamination dans les zones décrites au-dessus peut être due

- aux infiltrations causées par l'eau stagnante autour des puits.
- à la présence de latrines à proximité.
- au lessivage des matières fécales aux alentours des ouvrages en saison des pluies.

Contamination à travers l'ouvrage.

Les forages de la région sont généralement construits de telle manière que la source d'eau est entièrement protégée. Des plateformes cimentées et des joints empêchent

toute infiltration des contaminants. De plus, ils captent l'eau en profondeur où le risque d'infiltration dans le sol des bactéries est très faible. Ces caractéristiques des forages expliquent la raison pour laquelle les analyses n'ont pas montré la présence de la matière fécale dans la source d'eau.

Pour ce qui est des puits cimentés, il existe plusieurs modèles différents dans la région. Le risque de contamination dépend de la présence ou non d'aménagements de surface protégeant la ressource, mais également de l'hygiène des utilisateurs. Une grande majorité des puits ont été considérés comme sale lors des enquêtes sanitaires menées. Dès lors, il est fortement probable que la contamination importante des puits soit due à une mauvaise hygiène des utilisateurs qui peuvent contaminer facilement la ressource à travers le puisage. Ainsi les cordes, les puisettes permettent à la matière fécale de passer directement du sol à la ressource en eau.

4.2.3. Effets sur la santé

Il est communément admis que les pathogènes d'origine fécale sont responsables de la majorité des maladies hydriques. Tous les types d'E.Coli ne sont pas pathogènes, mais leur présence indique avec certitude une contamination de l'ouvrage par la matière fécale. Ainsi, l'E.Coli permet d'estimer le risque de trouver d'autres bactéries, virus ou protozoaires, pathogéniques. Le tableau ci-dessous présente les principaux agents pathogènes d'origine fécale et les maladies qui leur sont associées.

| Pathogène | Source | Maladie |
|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| Virus | | |
| Hépatite A virus | Matière fécale humaine | Hépatite infectieuse |
| Poliovirus | Matière fécale humaine | Poliomyélite |
| Astrovirus, Calicivirus | Matière fécale humaine | Diarrhée |
| Coxsackievirus et Echovirus | Matière fécale humaine | Diarrhée |
| Bactéries | | |
| Campylobacter jejuni | Matière fécale humaine et animale | Diarrhée |
| Entérohémorragique E. coli | Matière fécale humaine et animale | Colite hémorragique |
| Entéroinvasive E. coli | Matière fécale humaine | Diarrhée |
| Entéropathogène E. coli | Matière fécale humaine | Diarrhée |
| Entérotoxigène E. coli | Matière fécale humaine | Diarrhée |
| Salmonella typhi | Matière fécale humaine et animale | Fièvre typhoïde |
| Shigellae | Matière fécale humaine | Dysenterie |
| Vibro cholerae | Matière fécale humaine | Choléra |
| Protozoaires parasitaires | | |
| Cryptosporidium | Matière fécale humaine et animale | Diarrhée |
| Giardia lamblia | Matière fécale humaine et animale | Diarrhée |
| Vers parasite | | |
| Dracunculus (vers Guinée) | Matière fécale humaine et animale | Dracunculose |
| Schistosoma | Matière fécale humaine et animale | Bilharziose |

d'après Cairncross (1991 :58) et Hinden (2008 : 8)

Les résultats obtenus pour les puits laissent supposer que les puits du département peuvent être, et sont probablement, un foyer important de transmission d'une multitude de maladies qui sont observées par les centres de santé du département.

4.3. Nitrates / Nitrites

Le nitrate (NO_3^-) et le nitrite (NO_2^-) sont des ions présents de manière naturelle dans l'eau et qui font partie du cycle de l'azote. L'ion de nitrate (NO_3^-) est la forme stable. Bien que chimiquement non-réactif, il peut être réduit par action microbiologique. L'ion de nitrite (NO_2^-) peut être réduit par des processus chimiques et biologiques dans différents éléments ou oxydé en nitrate (WHO, 2003).

L'OMS recommande dans ses directives de 2003 que les concentrations de nitrate et nitrite soient :

Nitrate < 50 mg/l

Nitrite < 3mg/l (courte exposition)

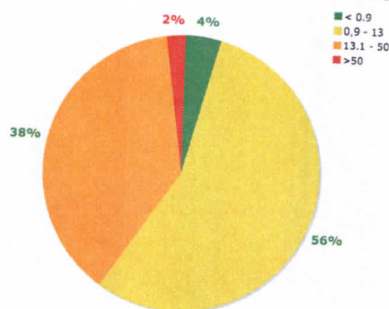
Nitrite < 0,2mg/l (longue exposition)

4.3.1. Valeurs obtenues

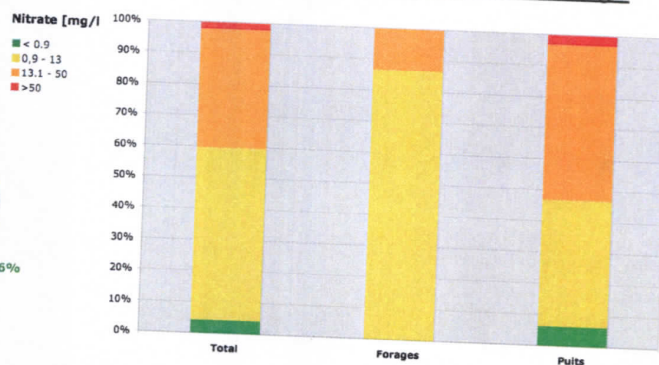
Sur les 47 mesures de nitrates réalisées, une seule était au-delà de la norme OMS. En ce qui concerne les nitrites, 15% des points d'eau, soit 7 ouvrages, analysés étaient supérieurs à la norme OMS pour les longues expositions, et une seule était supérieure à la norme sur les courtes expositions.

Concentration de nitrates [mg/l]

L'ensemble des résultats

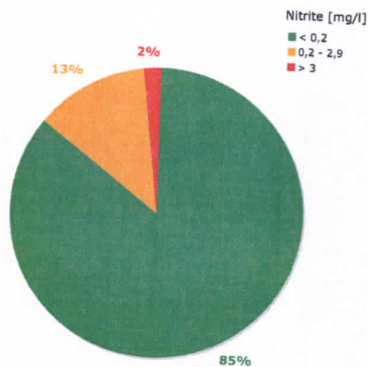


Résultats par type d'ouvrage

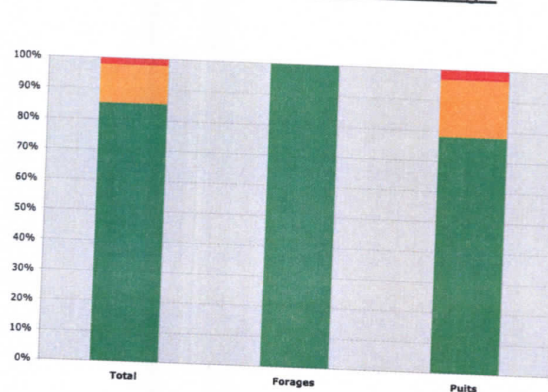


Concentration de nitrites [mg/l]

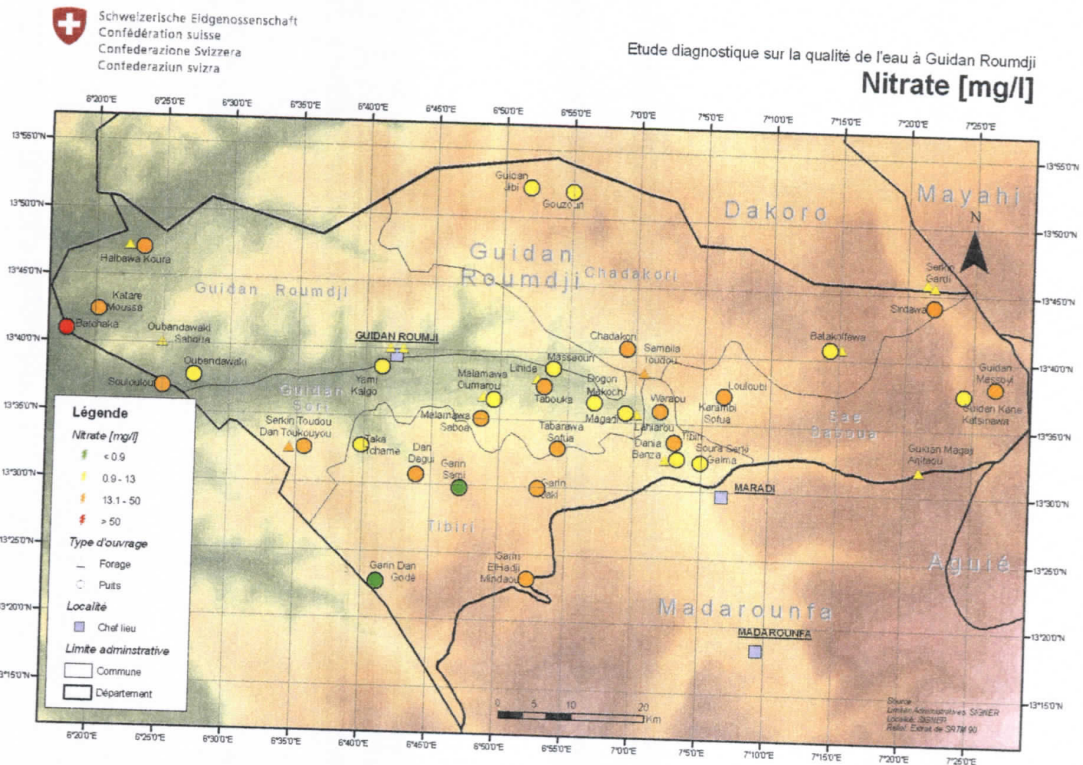
L'ensemble des résultats



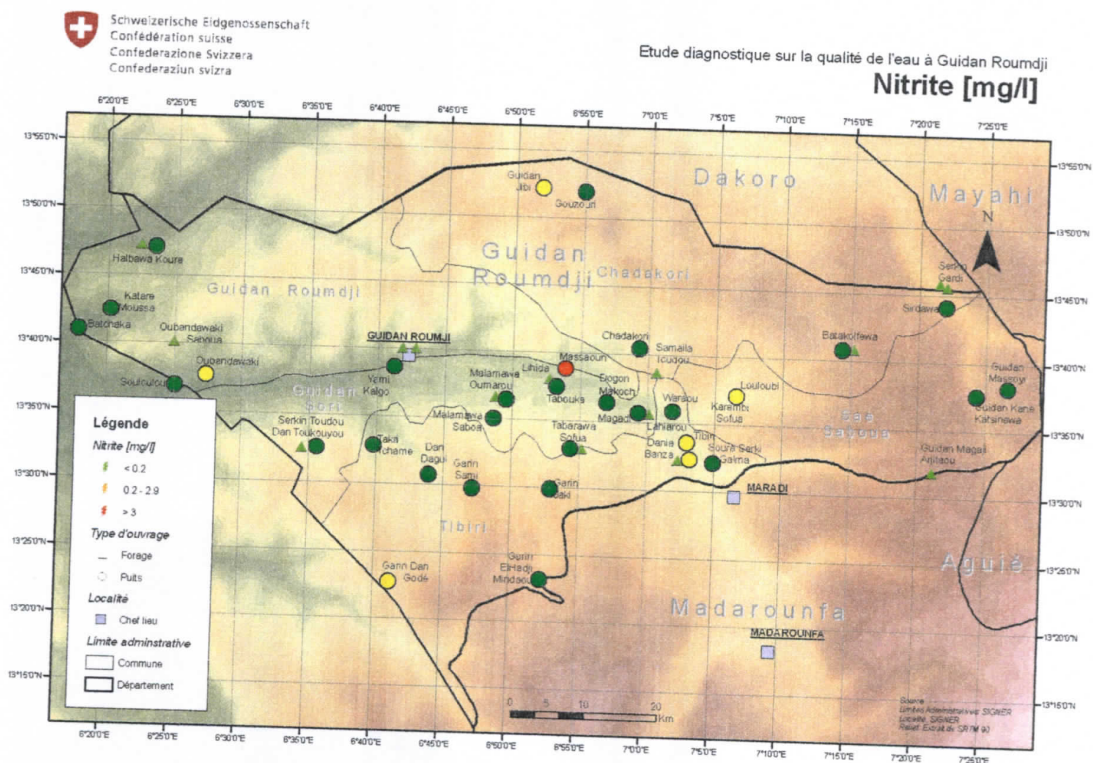
Résultats par type d'ouvrage



Répartition spatiale des résultats sur les nitrates



Répartition spatiale des résultats sur les nitrites



Dans la comparaison entre les types d'ouvrage, on constate une grande variabilité, puisque la grande majorité (87%) des forages présentent des concentrations inférieures à 13 mg/l, c'est-à-dire où l'influence de la pollution par les activités humaines peut être considéré comme mineur. Tandis que 52% des puits présentent

des taux supérieurs à 13mg/l. En ce qui concerne les concentrations de nitrites, la différence est également marquée puisque 100% des forages testés ont des concentrations <0.2mg/l, tandis que 22% des puits ont des concentrations supérieures à >0.2 mg/l.

| Concentration de nitrates dans l'eau potable (mg/l) | < 0.9 | 0.9 - 13 | 13,1- 44 | > 44 |
|---|-------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Influence des activités humaines | Non | Possible mais impact mineur | Certaine mais avec impact modéré | Certaine avec impact majeur |
| Impact sur la santé | Non | Non | Non démontré | Possible |

Adapté du Groupe scientifique sur l'eau, 2003

4.3.2. Origines

La présence importante de nitrates dans l'eau de consommation est principalement attribuable aux activités humaines. Ces dernières peuvent être :

- **Latrine**

La matière fécale contient de l'azote qui peut se transformer en nitrate. Dès lors, les latrines peuvent être une source importante de nitrates. Cela est d'autant plus probable qu'il n'existe pas de réglementation sur leur construction. Dans les petits villages, la population défèque généralement à l'air libre, mais dans les villages de taille importante, il courait de trouver un grand nombre de latrines traditionnelles qui peuvent causer des infiltrations de nitrates à travers les sols. Les 5 valeurs les plus élevées de nitrates ont été mesurées dans des villages disposant de latrines traditionnelles.

- **Utilisation d'engrais chimiques pour l'agriculture**

Les engrais chimiques peuvent contenir des quantités importantes de nitrates, mais, selon la direction départementale de l'agriculture de Guidan Roudji, les agriculteurs n'en utilisent pas de manière intensive. Il n'existe pas de chiffres officiels sur la quantité d'engrais chimiques utilisés car de nombreux agriculteurs s'approvisionnent sur le marché privé qui échappe à toutes statistiques. Cependant, compte tenu de la faiblesse des ressources financières des paysans, on peut raisonnablement penser que les affirmations de la direction de l'agriculture sont correctes et que l'influence des engrais chimiques est peu probable.

- **Fumier**

A défaut de pouvoir disposer d'engrais chimiques, les agriculteurs ont recours au fumier pour leurs cultures. De plus, le département dispose d'un grand cheptel. Dès lors, l'apport des nitrates par ce biais n'est sans doute pas négligeable.

- **Décomposition de la matière végétale et animale**

Pour déterminer avec exactitude les sources des nitrates/nitrites, cela nécessiterait des études plus approfondies. Par exemple, la connaissance du taux d'oxygène dissout permettrait de savoir si les conditions sont favorables ou pas à la dénitrification.

On peut toutefois noter que les concentrations de nitrates importantes qui ont été mesurées, ainsi que celles enregistrées par la DRH de Maradi, se trouvent généralement dans les zones où la nappe est peu profonde. Dans ces zones, les concentrations sont susceptibles d'être plus importantes car l'accumulation n'a pas le temps d'être retardée (ARGOSS, 2001 :57).

4.3.3. Effets sur la santé

Selon l'OMS, la consommation d'eau avec des concentrations de nitrates >50mg/l ou de nitrite >3mg/l est susceptible de provoquer des cas de méthémoglobinémie. En effet, le corps humain réduit les nitrates en nitrites qui sont responsables de l'oxydation de l'hémoglobine en méthémoglobine qui n'est plus capable de transporter l'oxygène dans les tissus. Cela se traduit par des cyanoses (couleur bleue autour de la bouche, des mains et des pieds) et des problèmes respiratoires graves si les doses de nitrate ou nitrite sont élevées. Les nourrissons et les femmes enceintes sont particulièrement vulnérables à cette maladie. On nomme aussi la méthémoglobinémie, la maladie des bébés bleus

Dans le cadre de cette étude, deux ouvrages susceptibles de provoquer des cas de méthémoglobinémie après une courte exposition ont été identifiés. Cependant, faute de matériels, cette maladie n'est pas détectable dans les laboratoires du centre de Guidan Roudji. Dès lors, il est difficile de dire si les concentrations élevées mesurées dans le cadre de cette étude, ainsi que par la DRH de Maradi, ont un impact sanitaire sur la population concernée.

De plus, il existe également un débat sur les effets à long terme des effets des nitrites sur le corps humain. Certains scientifiques soupçonnent les nitrates et les nitrites d'être cancérigènes (production de nitrosamines) et de provoquer une diminution du fonctionnement de la glande thyroïde et un manque de vitamine A. Dans un souci de précaution, l'OMS recommande que les nitrites ne doivent pas dépasser 0,2 mg/l pour éviter d'éventuels problèmes de santé après une longue exposition.

4.3.4. Autres effets

Les nitrates sont assez stables dans l'environnement, notamment sous condition aérobie, et peuvent s'accumuler et persister à long terme. La contamination par des nitrates peut avoir un impact important et durable. En effet, une fois que la concentration de nitrate a atteint des taux élevés, cela va provoquer une eutrophisation de l'eau. C'est-à-dire une prolifération des algues et un manque d'oxygène dans l'eau, situation qui peut éliminer toute vie aquatique comme cela a été le cas dans plusieurs pays industriels il y a une vingtaine d'années. De plus, même si les concentrations de nitrates connaissent des variations saisonnières, une fois qu'ils se sont accumulés dans l'aquifère, celui-ci peut rester contaminé pendant des décennies, même si la source de nitrates a été éliminée (WHO, 2003).

4.4. Fluorure

Le fluor est un élément chimique qui, en raison de sa grande réactivité, ne se présente pas à l'état élémentaire dans la nature, mais plutôt sous forme de sels que l'on regroupe sous le terme générique de fluorures.

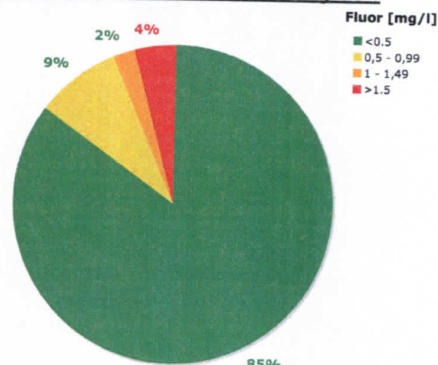
L'OMS recommande dans ses directives de 2006 que la concentration de fluorure soit :

Fluor < 1,5mg/l

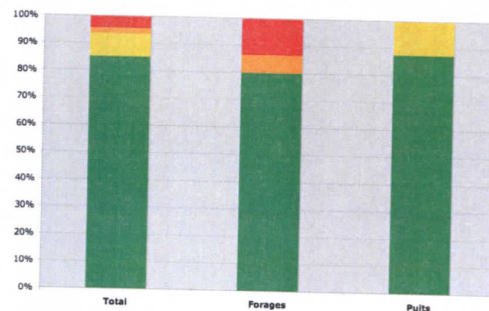
4.4.1. Valeurs obtenue

Sur les 47 analyses réalisées, 2 points d'eau étaient au-dessus de normes OMS. Il s'agissait de deux forages captant l'eau à ~45m et ~60m. Près de 85% des résultats avaient des concentrations < 0,5 mg/l.

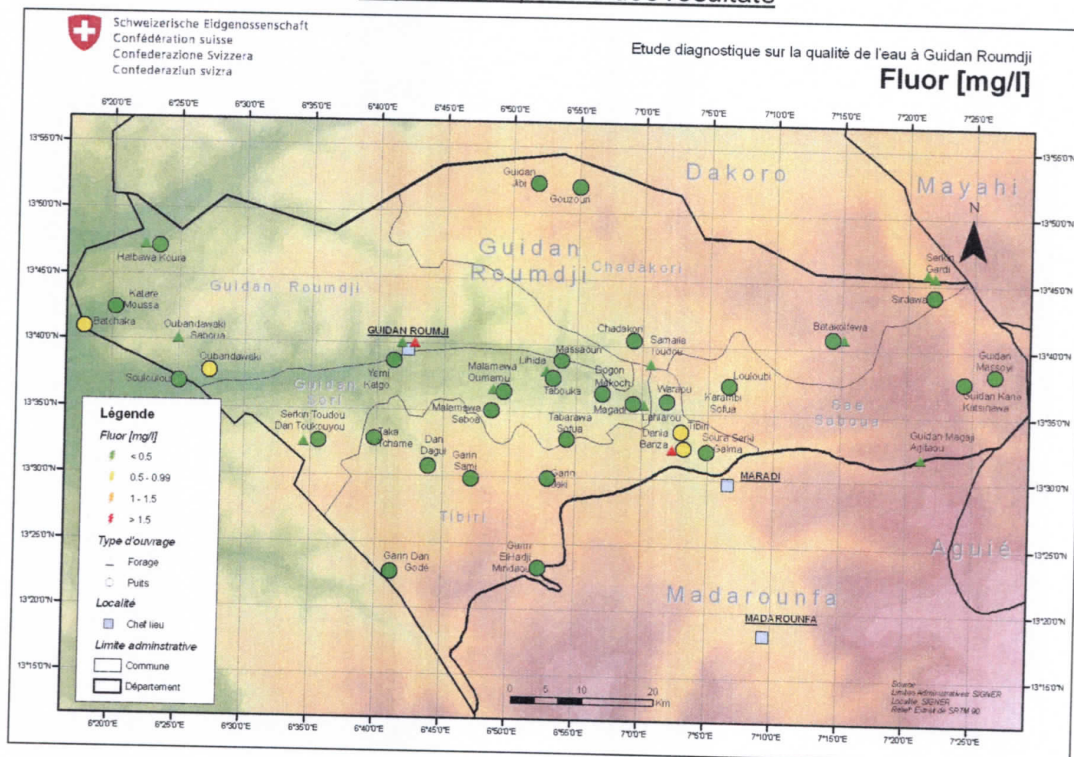
Résultats de toutes les analyses



Résultats par type d'ouvrage



Répartition spatiale des résultats



4.4.2. Origine

Les fluorures peuvent être présents dans l'eau à des concentrations variables par la dissolution des dépôts minéraux contenant du fluor (ex : la cryolithe, la fluorine et la fluorapatite). Le fluor peut également s'expliquer par des rejets industriels, notamment les usines fabricant des produits chimiques (engrais phosphatés et acide phosphorique) ou utilisant la fusion de l'aluminium. Cependant, la nature des activités économiques de la région de Maradi fait qu'il est très peu probable que le fluor proviennent des industries.

Il est courant d'entendre et de lire dans la littérature que le fluor dans la région de Maradi est dû à l'appel d'eau très profonde fortement minéralisée du système lullemeden. Cependant, les résultats obtenus montre que des taux de fluor problématique peuvent déjà se rencontrer en captant l'eau à seulement à 45m. En effet, à Dania Banza, qui se situe à proximité de Tibiri, le taux de fluor dans le puits captant l'eau à 15m est de 0,84mg/l et dans le forage qui capte l'eau à 45m, le taux est de 2,38mg/l.

Selon, le directeur de la DDH de Guidan Roumdji, le fluor semble se concentrer dans une bande faisant Maradi-Tibiri-Guidan-Roumdji. Les mesures faites sur les ouvrages profonds (>90m) en dehors de cette bande ont montré des taux de fluor peu importants. Une étude hydrogéologique plus approfondie serait nécessaire pour identifier la région précise qui contient le fluor. On peut toutefois noter que les eaux analysées contenant des concentrations importantes de fluor sont alcalines, alors que 84% des points d'eau testés étaient acides, et que la conductivité est plus élevée que les autres eaux de la région.

4.4.3. Effets sur la santé

Les fluorures présentent la particularité que jusqu'à une concentration 0,7 mg/l (WHO, 2003), ils sont bénéfiques pour prévenir la formation de la carie dentaire, mais qu'au-delà de 1,5mg/l ils peuvent provoquer des cas de fluorose dentaire et osseuse. La fluorose dentaire se traduit par une hypopigmentation permanente de l'émail des dents caractérisée par l'apparition de zones blanches et parfois de tâches brunes sur les dents. La fluorose dentaire peut être considéré plutôt comme un problème esthétique que de santé (GROUPE SCIENTIFIQUE SUR L'EAU, 2003). Par contre, lorsque la concentration de fluorures est largement au-delà 1,5mg/l, il peut y avoir des apparitions de cas fluorose osseuse comme dans la ville de Tibiri. La fluorose osseuse se caractérise par une augmentation de la densité des os et une fragilisation de ces derniers. Cela peut provoquer une réduction de l'amplitude des mouvements, des déformations du squelette et l'accroissement des risques de fracture.

Dans le cadre de cette étude, deux forages, un à Dania Banza et l'autre à Guidan Roumdji, ont été testés avec des concentrations en fluor supérieures aux directives de l'OMS (1,5mg/l). Cependant, à Dania Banza, les travaux du forage avaient été arrêtés depuis environ une année et par conséquent il était inutilisable. Quant au forage de Guidan Roumdji, il s'agissait d'un forage de la SEEN qui co-alimentait le château d'eau avec un autre un forage, dont la valeur en fluor était faible (0,14mg/l). Au final, l'eau, ainsi diluée, avait une concentration en fluor de 1,34 mg/l lorsqu'elle était distribuée à la population de la ville de Guidan Roumdji.

4.5. Ammonium

L'ammonium (NH_4^+) est un des ions présents de façon naturelle dans l'eau et qui fait partie du cycle de l'azote.

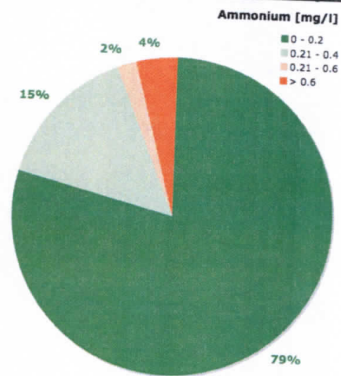
L'OMS recommande dans ses directives de 2003 que la concentration d'ammonium soit :

Ammonium < 1,5mg/l

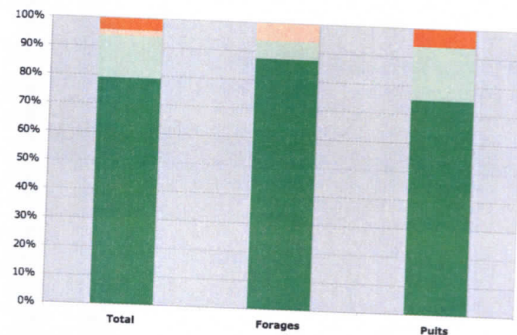
4.5.1. Valeurs obtenues

Toutes les concentrations obtenues sont inférieures à 1,5mg/l. Le taux d'ammonium maximal obtenu est de 1mg/l dans un puits. Près de 80% des résultats étaient inférieurs à 0,2mg/l d'ammonium.

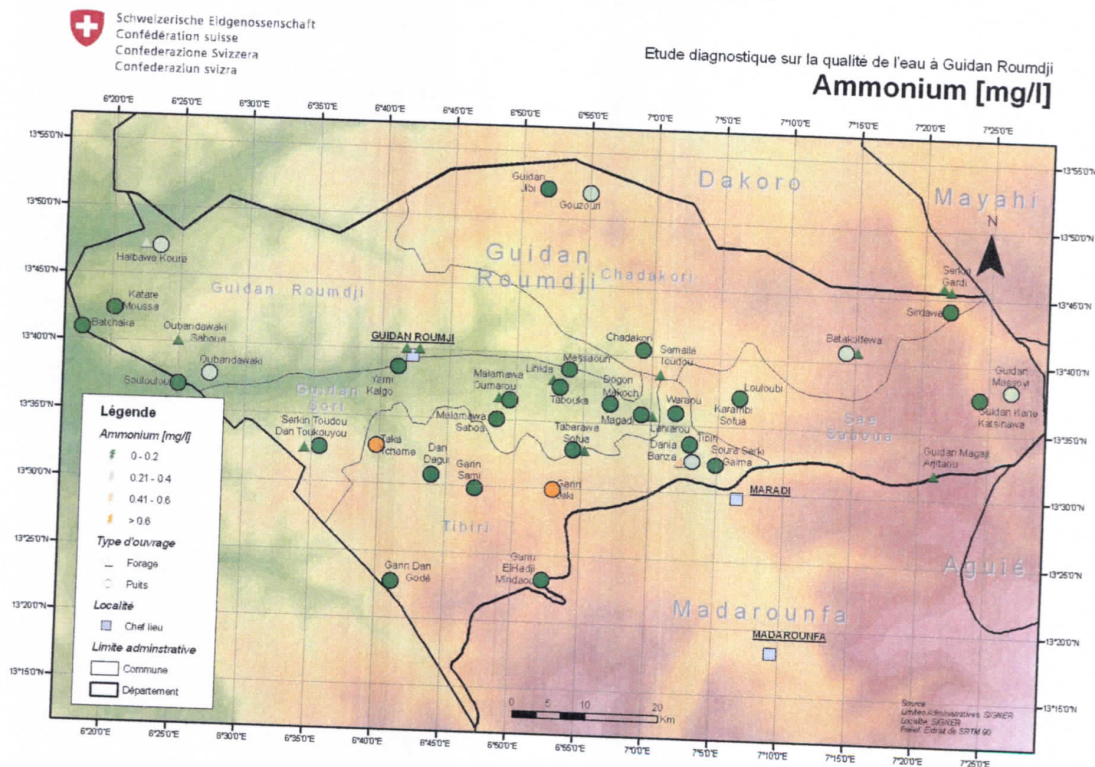
Résultats de toutes les analyses



Résultats par type d'ouvrage



Répartition spatiale des résultats



Source

La présence d'ammonium dans l'eau est généralement due à un processus de dégradation incomplet de la matière organique. Dès lors, c'est un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques provenant d'activités agricoles, domestiques ou industrielles. A l'état naturel, la concentration d'ammonium est généralement aux alentours de 0,2 mg/l dans les eaux de surface et souterraines. En condition d'anaérobie, ce taux peut atteindre 3mg/l.

Les quelques valeurs élevées d'ammonium qui ont été mesurées étaient dans des puits ou dans un forage abandonné à Dania Banza. Dès lors, il est fortement probable que de la matière organique en décomposition s'y trouvait.

Impact sur la Santé

L'ammonium en soit ne représente pas un danger significatif pour la santé. Cependant des concentrations supérieures à 1,5mg/l peuvent dégager une forte odeur dans l'eau qui peut provoquer un rejet de la population. L'ammonium n'est donc pas nuisible en lui-même, mais sert plutôt comme indicateur d'une contamination de l'eau par des déchets organiques qui eux peuvent être dangereux pour la santé.

4.6. Fer

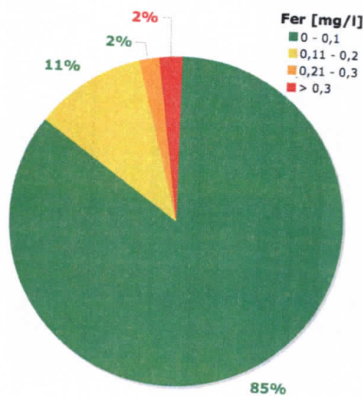
Le fer est un des métaux les plus abondants dans la croûte terrestre. Le fer dissout dans les eaux souterraines est généralement sous la forme réduite de fer II (Fe_2^+ ou $Fe(II)$) qui est soluble dans l'eau. Le fer II est oxydé en fer III (Fe_3^+ ou $Fe(III)$) par le contact avec l'oxygène de l'air (notamment lors du pompage) ou par l'action de bactéries. Le fer III précipite ensuite sous forme d'hydroxydes insolubles dans l'eau (ACF, 2005 : 119)

Les directives de l'OMS de 2003 recommandent que le taux de fer soit **Fer < 0,3 mg/litre**

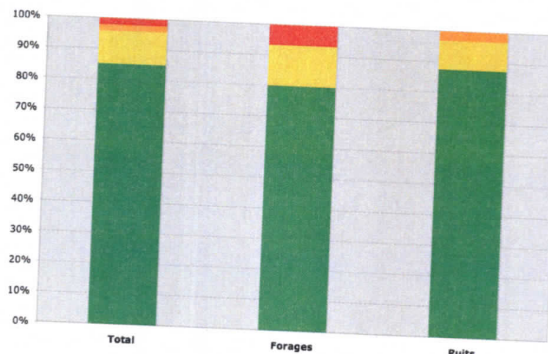
4.6.1. Valeurs obtenues

Sur les 47 résultats obtenus, une seule valeur était supérieure aux normes OMS et l'eau en question était issue d'un robinet d'une mini-AEP. Autrement, puits et forages avaient en majorité (88% et 80% respectivement) une concentration en fer < 0,1mg/l

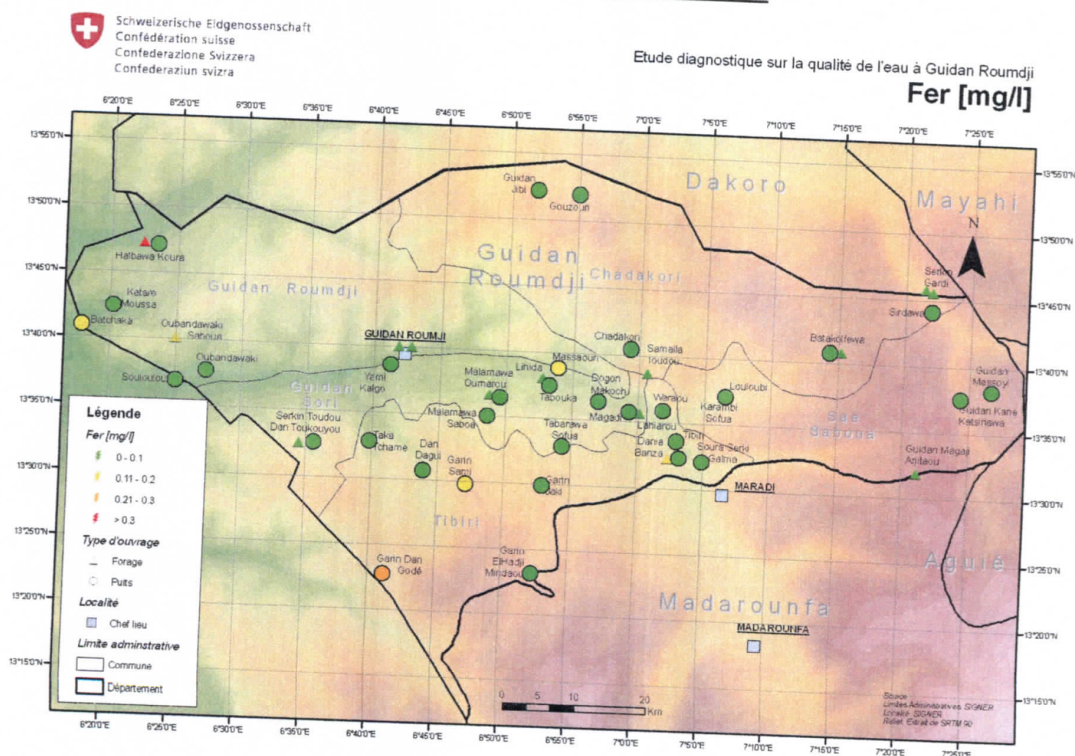
Résultats de toutes les analyses



Résultats par type d'ouvrage



Répartition spatiale des résultats



4.6.2. Origine

A travers le monde, le fer se trouve naturellement dans les couches d'aquifères à des concentrations variables. On en trouve généralement dans les roches sédimentaires ou métamorphiques (ACF, 2005 : 119). Sa présence peut être également due à la corrosion des tuyaux des réseaux de distribution.

Pour la région de Guidan Roudji, il semblerait que le fer contenu dans les aquifères soit généralement bas et que la valeur au-dessus des normes obtenue soit imputable à la corrosion des tuyaux. En effet, cette valeur a été obtenue à la sortie du robinet de la mini-AEP d'Halbawa. Pour être sûr, il serait nécessaire de faire une analyse avant et juste après le château d'eau et une autre au robinet pour pouvoir déterminer s'il y a corrosion ou pas.

4.6.3. Effets sur la santé

Le fer II ne pose, normalement, aucun problème. Quant au fer III, il n'a pas un impact direct sur la santé, mais à partir de hautes concentrations, il peut entraîner un rejet de l'eau par la population à cause de la couleur rougeâtre et du goût métallique qu'il donne à l'eau.

Dans le cas d'Halbawa, la population ne s'est plaint ni du goût, ni de l'odeur de l'eau. Ils ont simplement constaté qu'au bout d'un certain temps de stockage de l'eau que des particules rougeâtres se déposaient dans le fonds de leur seau. Ce phénomène correspond à l'oxydation du fer II en fer III qui n'est pas soluble dans l'eau. Malgré ce phénomène, la population consomme l'eau et ne s'est plaint ni du goût, ni de l'odeur.

4.6.4. Autres Effets

Des concentrations élevées de fer ($>0,3$ mg/l) peuvent potentiellement provoquer la souillure et le colmatage des pompes, des tuyaux, etc. Cependant, ce phénomène n'a pas été observé sur le robinet de la mini-AEP d'Halbawa. De plus, la couleur rougeâtre que le fer donne à l'eau peut également tacher le linge lors de la lessive.

4.7. Arsenic

L'arsenic est un semi-métal, ou métalloïde : ses propriétés se trouvent entre ceux des métaux et ceux des non-métaux.

Les directives de 2003 de l'OMS recommandent que les concentrations d'arsenic dans l'eau soit :

Arsenic < 0.01 mg/l (= 10ppb ou 10µg/l)

4.7.1. Valeurs obtenues

Sur les 31 analyses effectuées, toutes les valeurs étaient inférieures à la limite de détection de la technique de mesure utilisée. Dès lors, on peut raisonnablement admettre que l'arsenic était absent.

4.7.2. Origine

On peut trouver naturellement de l'arsenic sur terre en petite quantité. Il est présent dans le sol et les minéraux. Il peut se retrouver dans l'air et dans l'eau par le biais des poussières amenées par le vent et par le ruissellement des eaux. Il existe également une origine anthropique de l'arsenic, principalement à travers les industries produisant du cuivre, et aussi lors de la production de plomb et de zinc. Les activités humaines, essentiellement l'exploitation minière et la fonderie, ont fait que l'arsenic, qui est normalement immobile, a été mobilisé et peut maintenant être trouvé dans beaucoup plus de lieux qu'auparavant.

La nature des activités industrielles de Maradi et la géologie de la région semble expliquer l'absence d'Arsenic dans le département de Maradi

4.7.3. Effets sur la santé

L'exposition à l'arsenic inorganique peut provoquer différents effets, comme une irritation de l'estomac et des intestins, une diminution de la production des globules blancs et rouges, un problème de peau et une irritation des poumons. Cela suggère que la prise de quantité importante d'arsenic inorganique peut intensifier les risques de développer un cancer, et plus particulièrement un cancer de la peau, du poumon, du foie ou un cancer lymphatique.

Une exposition très importante à l'arsenic inorganique peut provoquer une infertilité et des fausses couches chez les femmes. Elle peut aussi engendrer une résistance moindre aux infections, des perturbations du cœur et des dommages au cerveau. Enfin l'arsenic inorganique peut altérer l'ADN.

Compte tenu des résultats obtenus, on peut présupposer que le risque d'avoir de telles maladies imputables à l'arsenic dans le département de Guidan Roumdji est faible.

4.8. pH

Le pH est la mesure de la concentration d'ions H^+ dans l'eau, cela représente la balance entre l'acidité et l'alcalinité sur une échelle de 0 à 14, la valeur 7 étant une solution neutre.

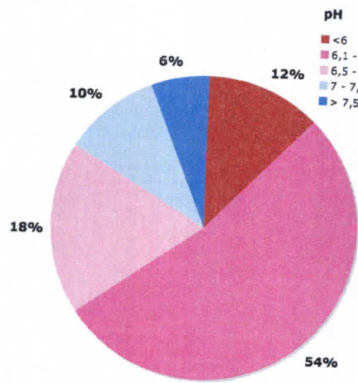
Les directives 2003 de l'OMS recommandent que le pH de l'eau soit

$$6,5 < \text{pH} < 8$$

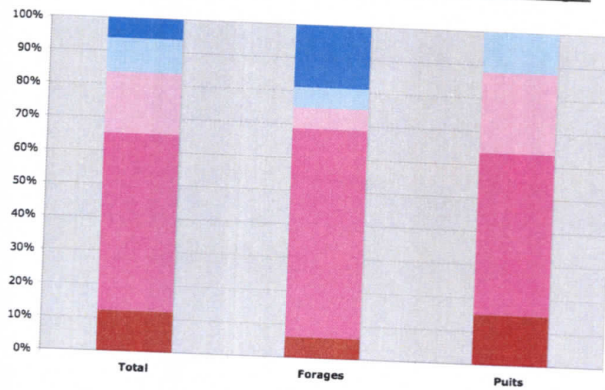
4.8.1. Valeurs obtenues

La majorité des eaux analysées étaient acides (pH < 7). On note cependant la présence d'eau alcaline dans les alentours de la ville de Tibiri, dans un forage de Guidan Roudji et à l'ouest du département.

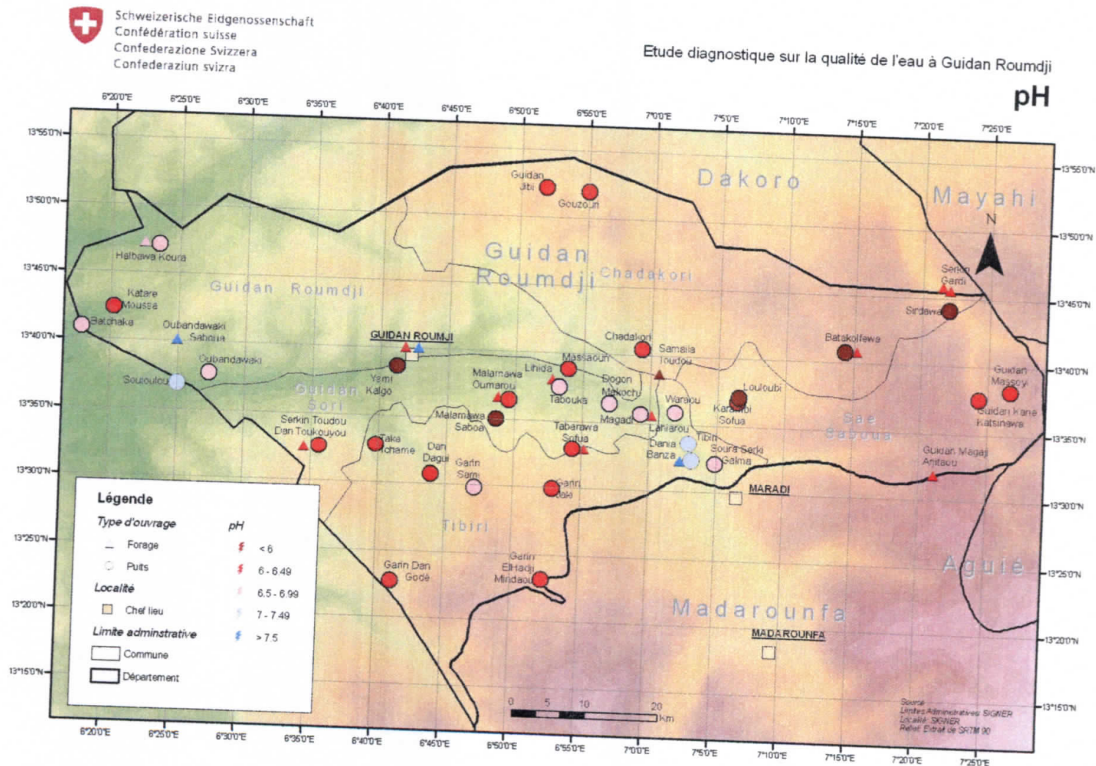
Résultats de toutes les analyses



Résultats par type d'ouvrage



Répartition spatiale des résultats



4.8.2. Origine

Le pH d'une eau dépend d'énormément de facteurs. La détermination exacte de l'origine des valeurs de pH nécessiterait des études hydrogéologiques plus approfondies.

4.8.3. Effets sur la santé

La valeur du pH peut influencer la toxicité d'éléments chimiques. C'est le cas notamment pour les produits utilisés pour la chloration de l'eau ou la floculation. Étant donné que le pH est lié à divers autres paramètres, il n'est pas possible de déterminer s'il existe un rapport direct entre le pH et la santé. Dans la mesure où le pH modifie le procédé de traitement de l'eau qui contribue à éliminer les virus, les bactéries et d'autres organismes nuisibles, on peut dire qu'il a des effets indirects sur la santé. Afin que la chloration de l'eau reste efficace, l'OMS recommande que le pH < 8.

4.8.4. Autres effets

La corrosion du métal peut devenir sérieuse en dessous d'un pH de 6,5. L'incrustation et l'entartrage peuvent s'amplifier à un pH supérieur à 8,5. Les pertes économiques dues à la corrosion dans les conduites maîtresses et les installations de traitement de l'eau peuvent être importantes. De plus, cette corrosion peut provoquer des problèmes d'étanchéité des tuyaux. Par ailleurs, les dépôts de carbonate de calcium diminuent la capacité de distribution tout en faisant grimper les coûts de pompage.

Plusieurs espèces vivantes et plantes sont sensibles au pH et peuvent mourir rapidement lors d'un changement du pH de leur milieu.

4.9. Conductivité

La conductivité est la mesure de la capacité de l'eau à passer à travers un courant électrique, cette mesure est influencée par la matière solide dissoute non organique dans l'eau. Elle peut se mesurer en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Classification de l'eau selon sa conductivité χ

| χ ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | Type d'eau |
|------------------------------------|--------------------------|
| 0.005 | Eau déminéralisée |
| $10 < \chi < 80$ | Eau de pluie |
| $30 < \chi < 100$ | Eau très peu minéralisée |
| $300 < \chi < 500$ | Eau peu minéralisée |
| $500 < \chi < 1'000$ | Eau minéralisée |
| $1'000 < \chi < 1'500$ | Eau très minéralisé |
| $1'500 < \chi < 3'000$ | Eau saumâtre |
| $\chi > 20'000$ | Eau de mer |

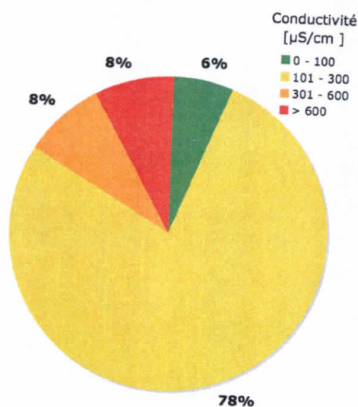
Normale
nt, pas de
problème
d'acceptatio
n de l'eau

Source ACF (2005 :117)

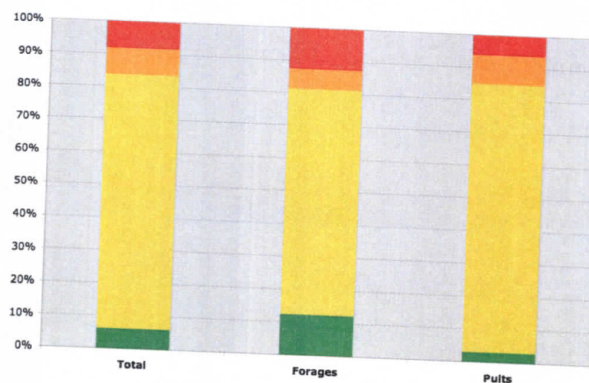
4.9.1. Valeurs obtenues

La médiane des valeurs de conductivité mesurées se situent à $149 \mu\text{S}/\text{cm}$ et le minimum est de $49 \mu\text{S}/\text{cm}$ et le maximum est $1198 \mu\text{S}/\text{cm}$. Tout comme les mesures de pH, les valeurs les plus élevées de conductivité ont été mesurées dans les alentours de la ville de Tibiri, dans un forage de Guidan Roundji et à l'ouest du département.

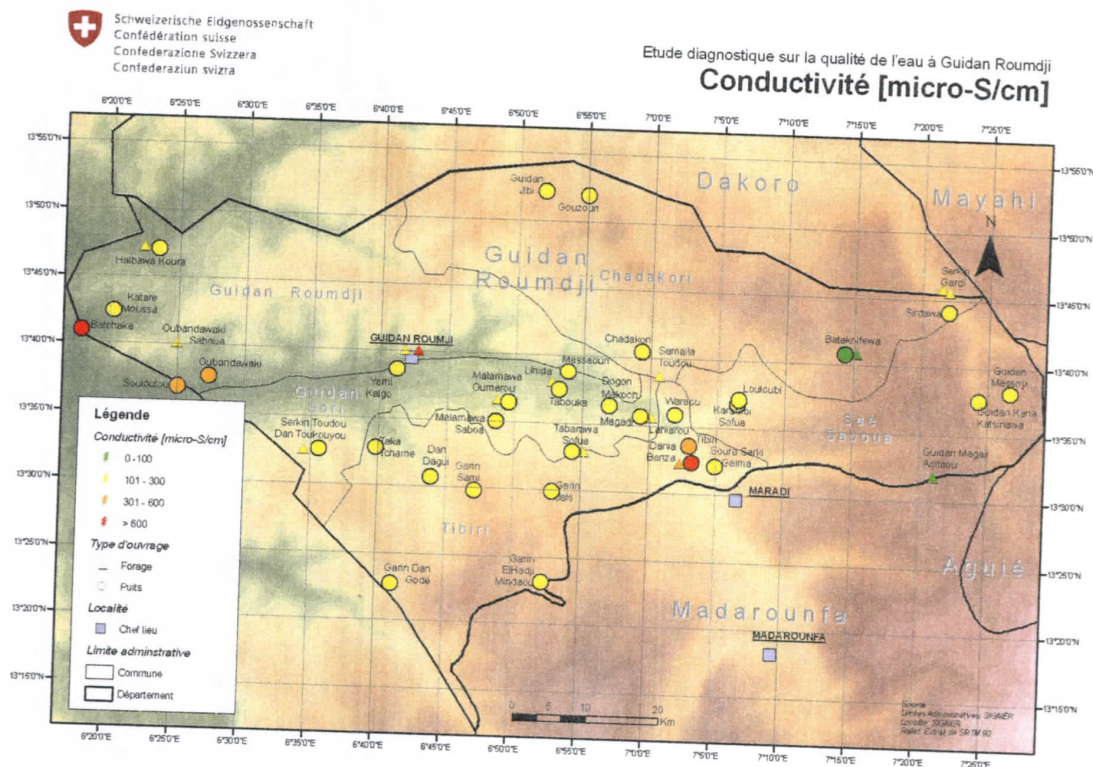
Résultats de toutes les analyses



Résultats par type d'ouvrage



Répartition spatiale des résultats



4.9.2. Origine

La présence des matières dissoutes dans l'eau qui influencent la mesure de la conductivité dépend notamment du degré de solubilité de la roche et du type de roches. Ainsi, on peut noter que les points d'eau qui contenaient beaucoup de fluorures d'origine géologique sont des eaux très minéralisées (conductivité élevée).

Néanmoins, une variation de conductivité peut également s'expliquer par la présence d'une zone de mélange des eaux ou par une pollution. Par exemple, une conductivité élevée a été constatée dans un puits à Batchaka, or l'analyse de nitrate faite sur cet ouvrage a révélé que la pollution due aux activités humaines étaient très importantes. Dès lors, il est possible que la conductivité élevée de Batchaka soit due à la pollution.

4.9.3. Effets sur la santé

La conductivité en soit ne représente pas un danger. Cependant l'OMS recommande que la conductivité de l'eau soit inférieure à $\sim 1400 \mu\text{S/cm}$, car il est admis qu'au-delà de cette valeur, il y a un très grand risque de problème d'acceptation à cause de goût. Toutefois, il faut garder à l'esprit qu'il s'agit d'une limite standard et que cela dépend des habitudes et des sensibilités des gens. De plus, il faut encore ajouter que cela va aussi dépendre des éléments qui augmentent la conductivité. Par exemple, dans la ville de Guidan Roundji, la SEEN distribue une eau avec une conductivité de $889 \mu\text{S/cm}$, mais beaucoup de gens se plaignent du goût de l'eau qui est probablement due à cette conductivité élevée.

4.10. Turbidité

La turbidité est la mesure de l'aspect plus ou moins trouble de l'eau ; c'est l'inverse de la limpidité. La mesure de turbidité correspond à la propriété optique de l'eau permettant à la lumière incidente d'être déviée ou absorbée par des particules plutôt que d'être transmise en ligne droite. Elle se mesure en Unités Néphélométriques de Turbidité (UNT ou NTU en anglais).

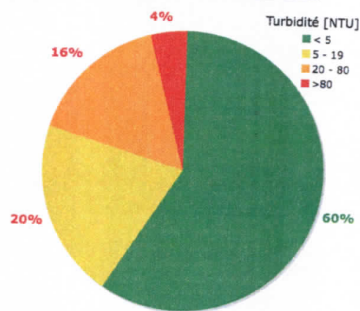
Les directives 2003 de l'OMS recommandent que la turbidité de l'eau soit :

Turbidité < 5NTU

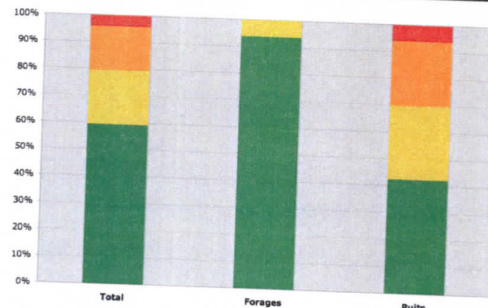
4.10.1. Valeurs obtenues

Près de 58% des puits analysés présentaient une turbidité supérieure à 5NTU, tandis que tous les forages en service³ avaient une turbidité de 0 NTU.

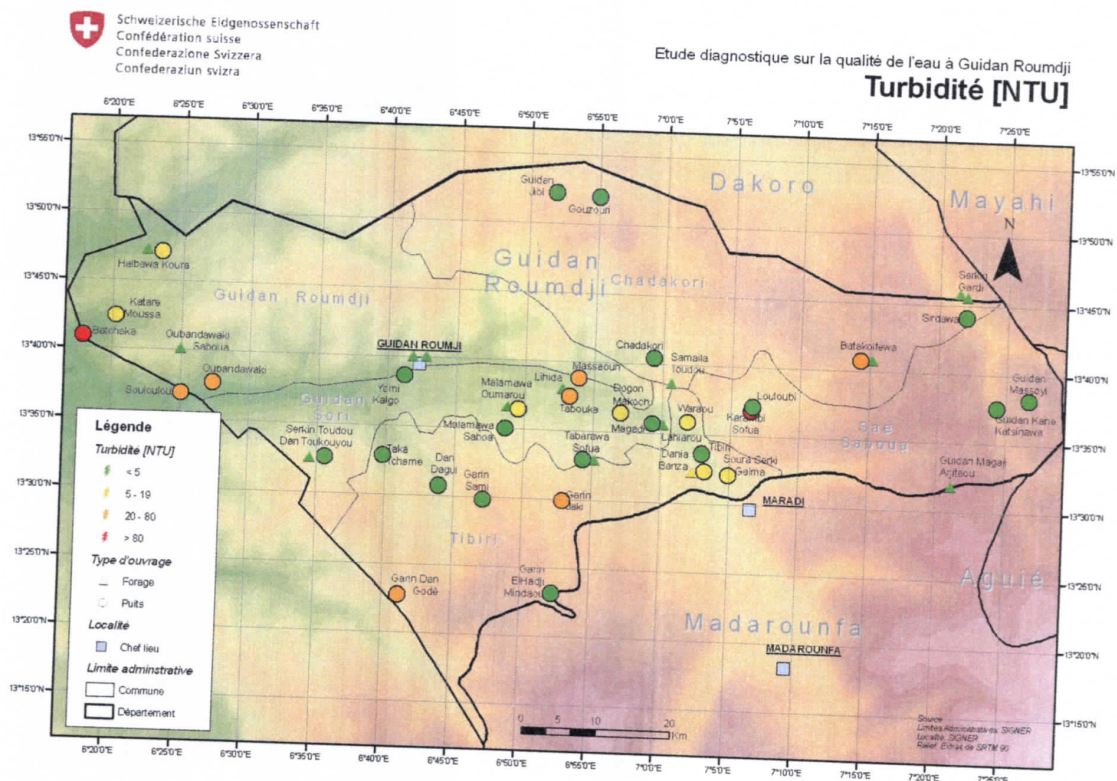
Résultats de toutes les analyses



Résultats par type d'ouvrage



Répartition spatiale des résultats



³ Le forage de Dania Banza présentait une turbidité 10NTU, mais les travaux n'étaient pas finis et il n'était pas fonctionnel.

4.10.2. Origine

La turbidité est influencée par les matières particulaires d'origine naturelle (acides chimiques, particules provenant de la dégradation des végétaux ou de l'érosion du sol) ou anthropique (rejets industriels, agricoles et urbains).

Dans le cas de Guidan Roumdji, les cas de turbidité élevée s'explique probablement par un des facteurs suivants :

- Dégradation du cuvelage et de la colonne de captage
- Apport des particules fines par le vent (une absence de couvercle ou/et une margelle pas suffisamment haute (<0,5m))
- Tarissement du point d'eau

4.10.3. Effets sur la santé

La turbidité n'a pas un impact direct sur la santé, néanmoins une eau trop turbide peut entraîner des problèmes d'acceptation par la population à cause de l'apparence. Les turbidités élevées dans le département de Guidan Roumdji se traduisent généralement par une couleur jaunâtre, brunâtre ou blanchâtre.

La turbidité peut avoir des effets importants sur la qualité microbienne. En effet, la croissance microbienne dans l'eau est particulièrement marquée à la surface des particules présentes dans l'eau.

De plus, la turbidité peut influencer les traitements de l'eau. En effet, les microorganismes tels que les pathogènes peuvent se fixer aux particules et être protégés de l'élimination lors d'une désinfection par le chlore. Pour cette raison, l'OMS recommande que la turbidité de l'eau soit inférieure à 5NTU. De plus, une eau avec une turbidité trop élevée peut également bloquer, voir endommager, les filtres utilisés pour purifier l'eau des microorganismes.

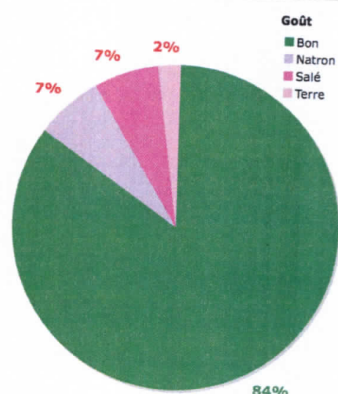
4.11. Goût et odeur

Le goût et l'odeur de l'eau ont été recueillis en interrogeant l'avis des consommateurs aux alentours des ouvrages au moment de l'analyse. Il s'agit de paramètres subjectifs, mais qui jouent un grand rôle dans l'acceptation de l'eau par la population

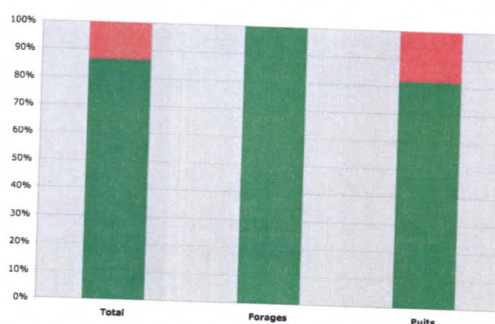
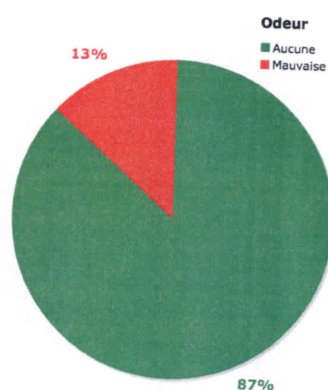
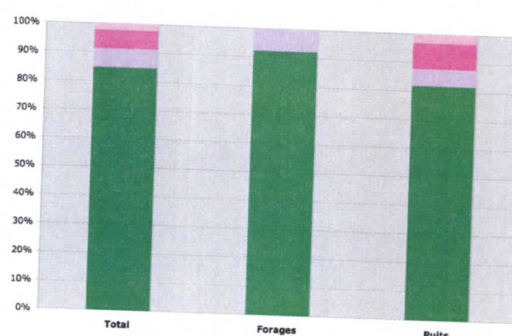
4.11.1. Valeurs obtenues

16% des ouvrages testés présentaient un goût de natron, salé ou de terre. Un seul forage présentait un goût et aucun ne dégageait d'odeurs.

Résultats de toutes les analyses



Résultats par type d'ouvrage



4.11.2. Origine

Tous les puits, dont la population s'est plainte du goût, présentaient une turbidité supérieure à 10NTU. Dès lors, il est probable que le goût soit dû à des matières en suspension, mais la présence d'autres éléments chimiques donnant un goût à l'eau n'est pas exclu. Quant au forage qui présentait un goût, l'eau y était très minéralisée. Dès lors, il est probable que cette minéralisation déplaisait aux consommateurs

4.11.3. Effets sur la santé

Goût et odeur n'ont pas un impact direct sur la santé. Cependant, ils peuvent inciter la population à renoncer à la source d'eau. C'est le cas d'ailleurs dans la ville de Guidan Roudji où une partie de la population n'aime pas s'alimenter à l'eau du robinet de la SEEN à cause de la forte minéralisation de l'eau.

4.12. Résumé

Sélection des points d'eau

- La sélection des points d'eau s'est faite avec deux objectifs :
 - Distribution uniforme
 - Points d'eau susceptibles d'être vulnérables
- La détermination de ces derniers s'est faite en prenant en compte 4 hypothèses
 - Infiltration des bactéries dans les PEM captant l'eau à moins de 15m
 - Comparaison forage-puits dans 6 villages
 - Contamination aux nitrates/nitrites dans la vallée du Goulbi sous les grandes localités
 - Présence de fluor dans les PEM profonds ou/et à proximité des PEM connus avec un taux de fluor important
- Au final 49 points d'eau analysés, ~2/3 de puits et ~1/3 de forages.

Contamination fécale

- 93% des puits présentaient de la matière fécale et 61% étaient massivement contaminés
- Aucun forage testé était contaminé.
- Contamination des puits s'expliquent probablement :
 - Présence d'une zone de vulnérabilité de l'aquifère où la nappe est peu profonde
 - Manque d'aménagement de surface
 - Manque d'hygiène lors du puisage
- Bactéries fécales responsables de la majorité des maladies hydriques ⇒ Risque sanitaire important sur les puits

Nitrate/Nitrite

- 2 ouvrages testés étaient susceptibles de provoquer des cas de méthémoglobinémie (maladie des bébés bleus)
- Nitrates présents généralement dans les faibles profondeurs.
- Les hautes concentrations de nitrates sont probablement dues aux latrines et au fumier.

Fluor

- 2 ouvrages testés étaient au-dessus des normes
- Présence importante de fluor dans la alentours de Tibiri et dans un forage de la SEEN
- Les eaux contenant du fluor sont plus alcalines et plus minéralisées que la moyenne des eaux testées

Arsenic

- Pas de présence d'arsenic détecté

Fer

- Majorité des eaux testées avaient des taux de fer < 0,1mg/l. Un seul cas de concentration de fer au dessus des normes détecté dans une mini AEP.

pH

- Eaux généralement acides, mais présence d'eaux alcalines qui sont généralement plus minéralisées que la majorité des eaux testées

Conductivité

- La médiane des eaux testés est de 149 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mais présence d'eau fortement minéralisée dans la région de Tibiri et dans un forage de Guidan Roudji (1198 $\mu\text{S}/\text{cm}$)

Turbidité

- Tous les forages en service avaient une turbidité de 0, tandis que 58% des puits testés avaient une turbidité > 5NTU.
- La turbidité peut favoriser la croissance de bactéries dans l'eau

Goût et odeur

- 16% ouvrages testés présentaient un goût selon les consommateurs. Le goût est probablement dû à la turbidité ou à la forte minéralisation de l'eau

5. RECOMMANDATIONS

Comme cela a été vu dans le chapitre précédent, la qualité de l'eau consommée par la population de Guidan Roundji est problématique, ce chapitre vise à présenter des solutions existantes en vue d'améliorer l'approvisionnement en eau potable des régions rurales du département.

5.1. Contamination fécale

5.1.1. Solutions à la source du problème

Les analyses faites ont montré la présence fréquente matière fécale dans les puits de la région. Dès lors, si l'on cherche à améliorer la qualité de bactériologique de l'eau, il convient de chercher à réduire les possibilités que la matière fécale rentre en contact avec la source d'eau. Pour se faire, il est nécessaire de recourir à une approche intégrée de la thématique de l'eau qui comprend les interventions dans les différents domaines suivants :

- l'assainissement (éviter la propagation de la matière fécale)
- l'hygiène (éviter la propagation de la matière fécale)
- ouvrages hydrauliques (protéger et mieux choisir la ressource en eau)

Ces domaines sont tous liés entre eux et il faut une approche qui intègre ces différents types d'interventions si l'on veut obtenir le meilleur résultat. Toutefois, même avec des mesures partielles, il est possible d'obtenir des améliorations significatives de la qualité de l'eau.

Assainissement

Dans les régions rurales nigériennes, le taux d'assainissement est actuellement très faible, environ 7% en comprenant les latrines traditionnelles (DHUSUA / DHPES, 2008). Cette quasi-absence de système d'assainissement participe à la propagation des pathogènes contenus dans la matière fécale.

Plusieurs études de cas ont montré que la construction de systèmes d'assainissement est probablement l'intervention de santé publique la plus rentable pour réduire la mortalité infantile. Le simple fait d'avoir accès à des toilettes peut réduire la mortalité des enfants souffrant de maladies diarrhéiques de plus de 30% (ONU-Eau, 2008).

Cependant, pour que la construction de latrine participe réellement à la diminution de la propagation des matières fécales dans la ressource en eau, il est nécessaire de bien choisir le type de latrine. En effet, les latrines peuvent représenter un danger pour la ressource en eau souterraine car la matière fécale est accumulée en un lieu et des pathogènes et de contaminants chimiques (nitrate, chlorure) peuvent s'infiltrer jusque dans la nappe. Ce risque d'infiltration est particulièrement marqué dans les régions où la profondeur de la nappe est faible. Dès lors, une latrine peut entraîner un risque sanitaire, au lieu de le diminuer.

Ainsi lors de la conception de latrines, une évaluation du risque de contamination de l'aquifère par l'installation d'une nouvelle latrine devrait être faite, afin de mieux choisir le type de système d'assainissement. Cette évaluation devrait prendre en compte différents facteurs :

- La profondeur et le type de sol de la zone non-saturée.
- L'emplacement des points d'eau et leurs caractéristiques

- La direction de l'écoulement de la nappe
- La charge hydraulique de la latrine
- La taille de la population dans la localité
- L'organisation de la vidange des fosses

Ouvrage hydraulique

En ce qui concerne les ouvrages hydrauliques, différentes interventions seraient susceptibles de réduire le risque de contamination de la ressource. Il s'agit de

- **Profondeur de captage**

Dans le cadre de cette étude, il a été vu que compte tenu de la faible profondeur de la ressource en eau et de la constitution des sols, certaines zones du département sont particulièrement vulnérables à la contamination bactériologique par infiltration, ainsi qu'aux accumulations de nitrate en faible profondeur. Dès lors, dans ces régions, il serait préférable d'opter pour des ouvrages pouvant capter l'eau plus profondément afin de réduire le risque de contamination par infiltration dans les sols.

- **Aménagement de surface**

Dans l'origine probable de la contamination par la matière fécale, plusieurs facteurs liés au modèle de puits ont été énumérés. En effet, un grand nombre de puits ne présentant pas suffisamment d'aménagement de surface pour protéger au mieux ressource. Par conséquent, lors de la conception ou réhabilitation d'un puits, il serait opportun d'inclure les dispositifs suivants pour permettre une meilleure salubrité de l'ouvrage et pour réduire la probabilité de contamination de la ressource:

- Couvercle pour éviter la chute d'animaux et ou de matériaux lorsque le puits n'est pas utilisé
- Une aire assainie avec un anti-bourbier incliné permettant l'évacuation de l'eau.
- Rigole permettant d'éviter la création d'eau stagnante autour du puits
- Présence d'une zone de protection (clôture) empêchant la venue des animaux.
- Dispositifs pour éviter que les cordes traînent par terre.

- **Type d'ouvrage**

Comme cela a pu être constaté dans les analyses bactériologiques de cette étude, les puits sont des ouvrages particulièrement vulnérables à la contamination fécale. Des mesures au niveau de l'hygiène et des aménagements de surface permettraient de réduire les risques. Cependant, la probabilité de contamination sera toujours importante. D'autant plus que beaucoup de puits sont profonds et que l'eau est sortie avec la traction animale qui tire des cordes parfois longues de 80m. Dans ces conditions, il est quasiment impossible de garantir que la corde ne traîne pas par terre en dehors de l'enceinte protégée et ne représente pas une source de contamination.

Si le contexte social et économique le permettent, il faudrait, dès lors, privilégier la construction de forages qui sont plus susceptibles de fournir une eau de meilleure qualité du point de vue bactériologique.

Hygiène

Le manque d'hygiène est un des facteurs prédominants dans l'explication de la contamination des puits de Guidan Roumdji. L'amélioration de la salubrité est probablement le point le plus cruciale pour améliorer la qualité de la ressource en eau. En effet, même des puits très profonds et qui disposent de beaucoup d'aménagements de surface étaient massivement contaminés. Dès lors, il est important que des mesures d'hygiène soient prises pour préserver la potabilité. Ceci fait d'autant plus sens que la construction des aménagements de surface coûtent parfois aussi cher que le fonçage du puits. Si l'on veut que cet investissement vaille la peine, il est important de renforcer l'accompagnement des comités de gestion des points d'eau pour les sensibiliser à d'établir des règles strictes d'hygiène.

Le programme réalisé à Gaya par le Cabinet CET-SHERIF et mandaté par la coopération suisse serait un excellent exemple de projet à mettre en place à Guidan Roumdji. Ce programme contient un volet pour la formation d'un hygiéniste au sein des CGPE. Ce dernier ne s'occupe pas seulement de l'hygiène au point d'eau, mais de l'hygiène générale lors de la manipulation de l'eau. En effet, même si l'eau est de bonne qualité à sa source, elle peut être contaminée lors de son stockage ou son transport si la population n'est pas suffisamment sensibilisée aux mesures d'hygiènes à suivre.

5.1.2. Traitements

Une autre approche, mais qui n'est pas antagoniste, pour améliorer la qualité de l'eau serait de songer à la traiter pour éliminer les pathogènes issus de la matière fécale.

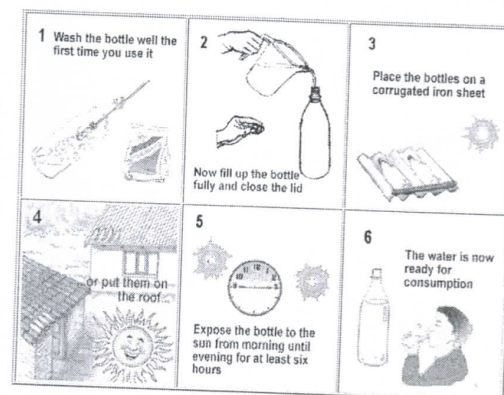
Tout d'abord, il convient de mentionner qu'il est possible de désinfecter le puits avec des produits au chlore, mais cela n'agira que de manière temporaire. En effet, si les sources de contaminations ne sont pas éliminées, le puits sera très rapidement à nouveau contaminé.

C'est pour cela qu'il est plutôt conseillé de lancer un programme de traitement de l'eau à domicile. Il est d'ailleurs surprenant de constater que de tels programmes sont réalisés par l'Etat ou les bailleurs fonds dans des pays de la sous-région comme le Bénin, Burkina Faso et Togo, mais qu'ils sont quasiment inexistantes au Niger.

Il existe de nombreuses méthodes simples et à faible coût qui permettent de traiter l'eau efficacement à domicile. On peut citer, entre autre, SODIS, FILTRON et SAFE WATER SYSTEM.

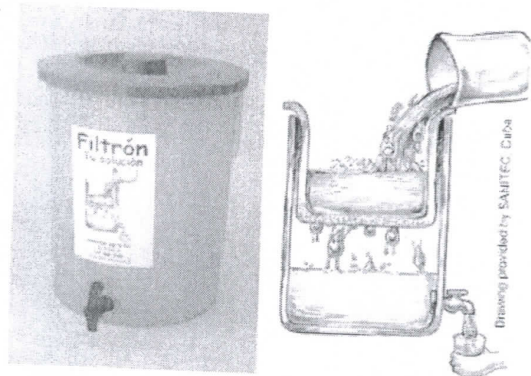
- **SODIS**

Cette méthode utilise des bouteilles plastiques courantes que l'on trouve dans le commerce qui avec l'action combinée de la chaleur et du rayonnement UV éliminent 99,9% des pathogènes.



- **FILTRON**

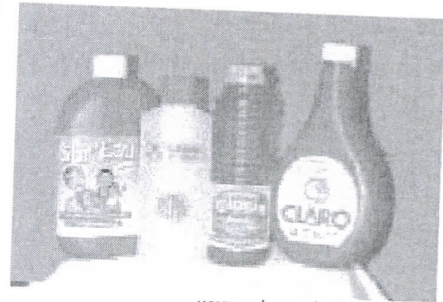
Cette méthode repose sur l'action combinée de filtres en céramiques et de l'argent colloïdal pour éliminer les pathogènes et réduire la turbidité. Les filtres ont une forme de pots qui peuvent s'emboîter dans un autre récipient pour éviter toutes contaminations lors du stockage. Les filtres peuvent être produits localement à bas coûts



www.edc-cu.org/filtron.htm

- **SAFE WATER SYSTEM**

Cette méthode consiste à produire localement de l'hypochlorite de sodium (eau de javel) à l'aide de sel, d'eau et d'une cellule électrique. Le chlore ainsi produit permet de désinfecter l'eau efficacement. Ce type de projet inclut de mettre en place un marketing social. Grâce à un appui pour la mise en place d'une unité de production, le coût de commercialisation du produit peut devenir relativement faible et abordable pour la population

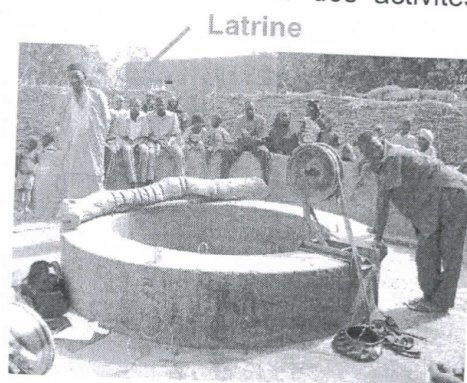


www.cdc.gov/safewater

5.2. Nitrate/Nitrite

Il n'existe pas de méthode de traitement pour la réduction des concentrations des nitrates et nitrites qui soit applicable aux petites communautés (WHO, 2003 :114). C'est la raison pour laquelle, il convient plutôt d'identifier la source de contamination et de chercher à remédier à la situation. Comme cela a été dit, à Guidan Roundji, si des taux élevés sont observés, cela est vraisemblablement dus à une des activités suivantes qui se trouvent à proximité de l'ouvrage:

- Latrine
- Utilisation d'engrais chimique
- Présence de fumier
- Décomposition de la matière végétale et animale



Puits en bon état, mais présentant des taux de nitrates supérieurs aux normes dus à la proximité d'une latrine (Gaya en 2008)

Toutefois même si la source de nitrate/nitrite est éliminée, des concentrations importantes risquent de persister de longues années. C'est la raison pour laquelle, il

faudrait éviter que la population particulièrement vulnérable aux nitrates/nitrites (femmes enceintes et nourrissons) consomme l'eau contaminée. De plus, si cela est possible, le fait de capter l'eau plus profondément peut diminuer la concentration de nitrate, car ces derniers sont susceptibles de s'accumuler en faible profondeur.

5.3. Fluor

L'élimination du fluor dans l'approvisionnement des petites communautés est possible, mais cela nécessite des conditions favorables et un support technique et organisationnel (WHO, 2006 : 41). C'est pour cela qu'il est généralement conseillé d'essayer en priorité de trouver une source d'approvisionnement alternative ou de mélanger l'eau fluorée avec une autre eau faible en fluor. Cette technique est, d'ailleurs, utilisée par la SEEN à Guidan Roudji pour abaisser les concentrations de fluor de l'eau qu'elle distribue.

Parmi les techniques de traitement des eaux chargées en fluor qui sont applicables à domicile et dans les petits réseaux de distribution, il y a : (WHO, 2006 : 45)

- **Technique Nalgonda (Précipitation)**

De l'aluminium et de la chaux ajoutés à l'eau vont provoquer la floculation des ions de fluor. Ensuite par sédimentation et filtration, il est possible de disposer d'eau avec des concentrations en fluor moins importantes. Cette technique est couramment utilisée en Inde.

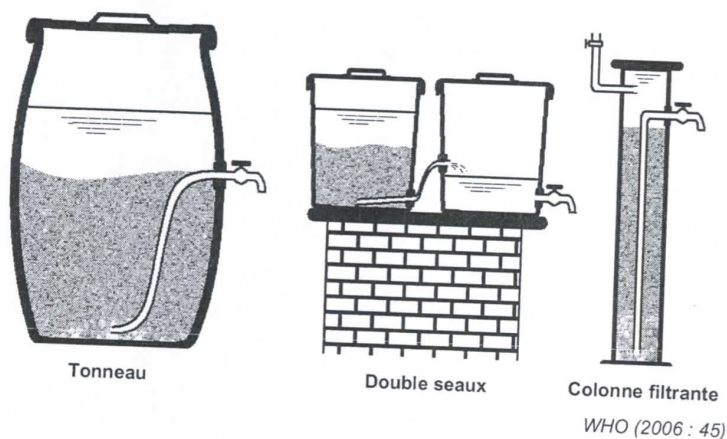
- **Alumine activée (Adsorption)**

L'eau fluorée est filtrée dans un média composé d'alumine activée qui va retenir une partie du fluor contenu dans l'eau.

- **Charbon d'os (Adsorption)**

Il s'agit de la même technique que la précédente, sauf que le média est composé de charbon d'os. Ce dernier peut-être produit localement à partir de l'incinération d'os.

Exemple de techniques de filtration avec l'alumine activé ou le charbon d'os



5.4. Fer

Des traitements possibles à faibles coûts pour éliminer le fer de l'eau existent, Ils impliquent généralement l'aération de l'eau, c'est-à-dire augmenter les interactions entre l'air et l'eau. Ainsi, l'air ambiant oxyde le fer II dissout en fer III qui précipite. Ce dernier peut être, ensuite, éliminé par sédimentation ou par simple filtration.

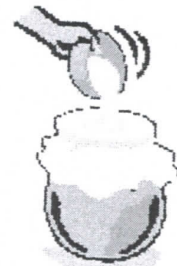
Toutefois, l'efficacité du traitement va dépendre de nombreux facteurs comme la température, le potentiel redox, le pH, etc. Certains fers complexes sont difficiles à éliminer avec cette méthode (ACF, 2005 : 451).

5.5. Turbidité

Un grand nombre de puits du département de Guidan Roudji présentait une turbidité importante. Il existe différents traitements abordables pour les usagers de ces ouvrages pour qu'ils diminuent la turbidité de l'eau qu'il consomme. L'efficacité des traitements proposées ci-dessous va dépendre du type et de la taille des particules contenues dans l'eau.

- **Filtration avec un vêtement**

Cela consiste à utiliser un vêtement en coton comme filtre. Il faut que le vêtement ou le morceau de tissu ne soit pas trop fin pour qu'on puisse voir à travers, mais qu'il ne soit non plus pas trop épais pour que la filtration ne prenne pas trop de temps (IFRC, 2008 : 5).



IFRC (2008)

- **Sédimentation**

En laissant l'eau stockée immobile dans une jarre, une partie des particules vont se déposer naturellement au fond.

- **Floculation / coagulation**

La floculation / coagulation consiste à ajouter des produits chimiques dans l'eau pour faire coaguler les particules colloïdales (particules de moins de 1 micron), puis les faire flocculer, c'est-à-dire pour qu'elles forment des flocons qui vont se décanter plus facilement. Il existe différents types de produits chimiques permettant la floculation/coagulation, mais le plus répandu est le sulfate d'aluminium qui est vendu sous forme de poudre ou de tablettes. Il est également possible de trouver des flocculants naturels d'origine organique ou inorganique, comme la graine de l'arbre *moringa* que l'on peut trouver dans les régions sahéniennes (CHANTREL, 2008).

5.6. Résumé

Contamination fécale

Solutions à la source du problème

Le but étant de réduire les possibilités que la matière fécale rentre en contact avec la ressource en eau. Pour se faire, il est nécessaire d'intervenir sur les 3 domaines suivants :

- Assainissement
 - stockage de la matière fécale dans des latrines pour éviter sa propagation.
 - Prendre des précautions pour que la latrine ne puisse pas contaminer la ressource.
- Ouvrage hydraulique
 - Capter l'eau plus profondément.
 - Améliorer les aménagements de surface.
 - Privilégier la construction de forages au détriment des puits.
- Hygiène
 - Campagne de promotion à l'hygiène.
 - Renforcer la capacité des CGPE aux thématiques de l'hygiène et de la qualité de l'eau.

Traitements

Privilégier le traitement à domicile, différentes solutions efficaces et à bas coûts existent pour éliminer les pathogènes :

- SODIS : Bouteilles plastiques et l'action combinée de la chaleur et du rayonnement UV
- Canaris filtrants
- Produits à base de chlore

Nitrate/nitrite

- Difficilement traitable à l'échelle des petites communautés. Il faudrait plutôt identifier les sources de contamination et chercher à les diminuer.
- Sensibiliser la population vulnérable aux nitrates/nitrites (femmes enceintes et nourrissons) à ne pas consommer l'eau contaminée.

Fluor

- Privilégier une source d'eau alternative, s'il cela n'est pas possible traiter l'eau avec des solutions à bas coûts comme :
 - « Nalgonda »
 - Alumine activée
 - Charbon d'os

Fer

- Aérer l'eau, puis la filtrer ou laisser sédimenter pour éliminer le fer

Turbidité

Plusieurs techniques simples existent pour réduire la turbidité, mais elles peuvent être moins efficaces en fonction de la nature et de la taille des particules.

- Filtration avec vêtements/tissus en coton
- Sédimentation
- Floculation/Coagulation

6. SUIVI DE LA QUALITE DE L'EAU

Dans les chapitres précédents, les résultats des analyses effectuées et une série de recommandations ont été formulées pour améliorer la qualité de la ressource. Cependant pour vérifier l'efficacité de ces mesures, il convient de continuer à surveiller la qualité de la ressource. La mise en place d'un suivi de la qualité de l'eau ne résume pas seulement à cette action, c'est pour cela que ce chapitre présentera les différents enjeux de la mise en place d'un système de surveillance de la qualité de l'eau. De plus, il présentera également une proposition pour rendre ce mécanisme pérenne.

6.1. Enjeux

La quasi-totalité des ouvrages qui ont été analysés dans le cadre de cette étude avaient été préalablement testés par les laboratoires des DRH après la mise en eau et leur qualité avait été jugée acceptable. A travers cette étude, on peut toutefois observer qu'un nombre non-négligeable de ces ouvrages ont vu leur qualité se détériorer à tel point qu'elle ne répondait plus aux normes de potabilité. Dès lors, si l'on veut s'assurer que les ouvrages continuent à remplir leur fonction première qui est de fournir une eau potable, il convient de mettre en place un système de suivi de la qualité de l'eau pour s'assurer que ces points d'eau modernes continuent à remplir leur mission. Outre cette assurance, la mise en place d'un suivi permettrait de disposer d'un outil pour :

a. Prendre des mesures préventives de protection pour la santé publique

Les paramètres liés à la qualité de l'eau évoluent au cours du temps, certains plus rapidement que les autres comme les paramètres bactériologiques. C'est d'ailleurs les micro-organismes contenus dans la matière fécale qui sont responsables de la majorité des maladies hydriques. La mise en place d'un suivi de la qualité de l'eau peut permettre de mieux identifier les zones à risque pour prendre des mesures sanitaires préventives afin de protéger la santé des populations.

b. Amélioration des infrastructures

La mise en place d'un suivi peut également permettre d'identifier les infrastructures qui ne fournissent plus une eau de qualité acceptable et ainsi cibler les interventions de réhabilitation. Le fait que l'ouvrage ne fournisse plus une eau acceptable peut être dû à la détérioration des infrastructures, mais l'ouvrage peut être également en bon état et ne plus fournir une eau potable à cause de sources de pollution externes. Dans le cadre d'un projet de réhabilitation ou de réalisation d'un nouvel ouvrage, des analyses sur la qualité de l'eau permettraient d'augmenter les informations pour choisir au mieux le type d'ouvrage et ses caractéristiques qui seraient susceptibles de fournir l'eau de meilleure qualité.

c. Meilleure connaissance de la ressource

En augmentant les données sur la qualité de l'eau et leurs mises à jours, cela peut permettre de mieux connaître l'évolution de la ressource. Cette connaissance permet de mieux sélectionner les ouvrages et les nappes pour l'approvisionnement en fonction des caractéristiques du milieu. Par exemple, dans la région de Gaya, des taux de nitrates importants dans certaines

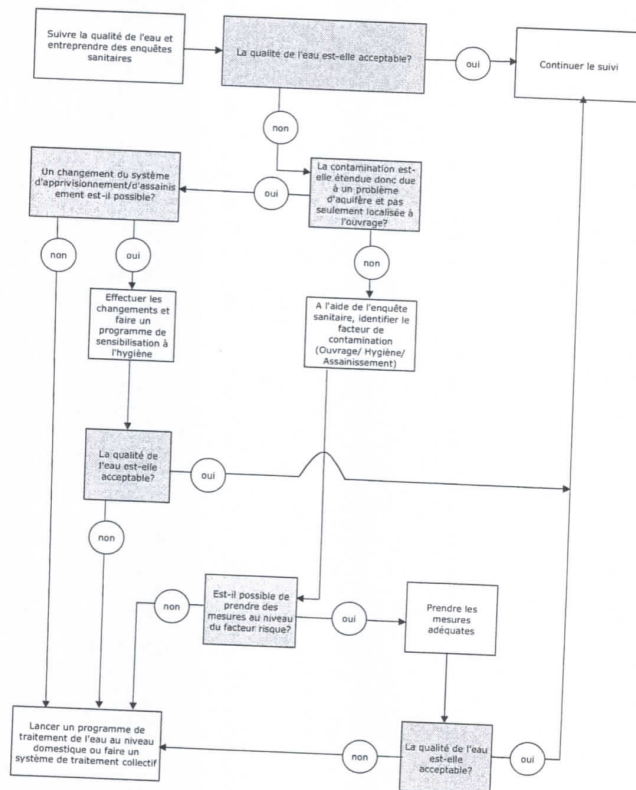
régions de la nappe alluviale ont été observés. Ces informations pourraient permettre d'éviter de construire des puits peu profonds et privilégier des forages plus profonds dans ces zones pour éviter une eau avec une concentration de nitrates en dessus des normes. Ainsi, cette connaissance de la ressource peut représenter une source d'économie en évitant d'investir dans des infrastructures dont l'eau aurait une qualité non acceptable.

d. Assurance aux consommateurs

Le gouvernement nigérien impose à la SEEN de procéder à des contrôles de la qualité de l'eau. Ainsi dans les centres urbains du Niger où la SEEN est présente, les consommateurs payent pour une eau dont ils ont l'assurance qu'elle est de bonne qualité. Dès lors, dans le domaine de l'hydraulique rural, les consommateurs qui payent aussi leur eau issue d'une mini-AEP devraient aussi avoir le droit à cette assurance qu'il ne court aucun risque en consommant l'eau. Cela d'autant plus que cette vérification est inscrite dans le code rural. Dès lors, il ne s'agirait que d'une simple application de la législation existante.

e. Outil pour mieux cibler les actions visant à améliorer la qualité de l'eau

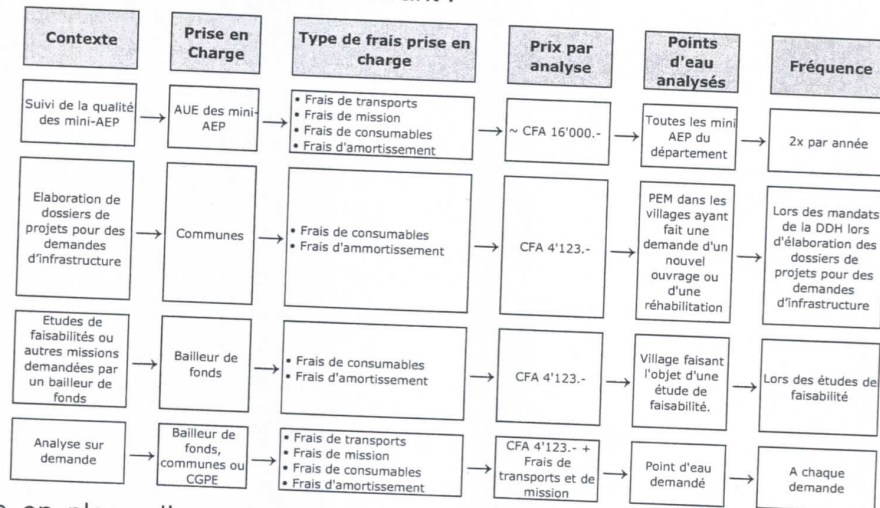
Comme cela a été relevé dans le chapitre des recommandations de ce rapport, la qualité de l'eau et son amélioration touche à la fois les actions sur les ouvrages hydrauliques, l'assainissement et l'hygiène. Des informations sur la qualité de l'eau permettraient de mieux identifier le type de mesure à prendre pour protéger la ressource en eau. Le tableau suivant donne un exemple de comment ces informations pourraient servir.



adapté de ARGOSS (2001 :62)

6.2. Proposition d'un modèle de suivi de la qualité de l'eau

Un des objectifs de cette étude était de proposer un modèle de suivi de la qualité de l'eau qui soit viable, c'est-à-dire qu'il permette à la DDH d'autofinancer ces activités. Compte tenu des différentes contraintes existantes, la proposition finale a été que la DDH fassent des analyses de la qualité de l'eau lors de quatre contextes différents qui sont résumés dans le tableau suivant :



La mise en place d'un mécanisme d'un suivi à Guidan Roumdji ne résumait pas seulement à disposer de matériel et de faire des analyses, par suivi de la qualité de l'eau, il a été entendu :

Un ensemble de matériel, de procédures et de personnes permettant la récolte, le stockage, l'interprétation et la diffusion d'informations sur la qualité d'eau, afin de s'assurer que l'eau fournie par un ouvrage d'approvisionnement satisfasse des normes prédéfinies de potabilité au cours du temps. C'est-à-dire que l'eau consommée ne représente pas un danger à court ou à long terme pour la santé de la population.

Ainsi dans la proposition de modèle de suivi de la qualité de l'eau qui a été faite, plusieurs éléments qui ressortent dans la définition données ci-dessus ont été pris en compte et seront détaillés dans les sous-chapitres suivants. Il s'agit :

- du coût
- de la prise en charge financière des coûts
- de la méthodologie
- des paramètres analysés
- du matériel
- du personnel formé
- du stockage de l'information
- de l'interprétation
- de la communication

6.2.1. Coûts

Dans le modèle proposé, quatre types de frais ont été identifiés pour estimer les coûts du suivi. Il s'agit des :

1. Frais pour les consommables
2. Frais de mission de la direction départementale
3. Frais de transports
4. Frais d'amortissement du laboratoire

Frais pour les consommables

Les consommables représentent les produits qui sont directement utilisés pour les analyses et qui sont à usage unique.

D'une part, il y a les réactifs qui ne sont disponibles qu'auprès de l'entreprise Wagtech. Ils sont généralement vendus par lots de 200 ou 250. Le tableau suivant illustre le prix de la panoplie de tests qui a été proposée dans le modèle du suivi de Guidan Roudji.

| Paramètres | Prix Catalogue Wagtech | | | Prix pour une analyse | |
|---|------------------------|------|----------------|-----------------------|--------------|
| | Unités | Euro | CFA | Unités | CFA |
| E.Coli | 200 | 68 | 44'608 | 2 | 446 |
| Nitrate | 200 | 94 | 61'664 | 1 | 308 |
| Nitrite | 250 | 36 | 23'616 | 1 | 94 |
| Chlore résiduel | 250 | 29 | 19'024 | 1 | 76 |
| Fluorure | 200 | 74 | 48'544 | 1 | 243 |
| Ammonium | 250 | 52 | 34'112 | 1 | 136 |
| Fer | 250 | 78 | 51'168 | 1 | 205 |
| Frais de consommable | | | 282'736 | | 1'509 |
| Frais de pertes (10%) | | | 28'274 | | 151 |
| Frais de livraison | 1 | 150 | 98'400 | 1 | 492 |
| Frais totaux pour les consommables | | | 409'410 | | 2'152 |

Ainsi en théorie pour une analyse complète, avec les paramètres mentionnés, le prix par analyse des consommables disponibles auprès de Wagtech reviendrait à CFA 1509.-/ analyse. A cela, il convient de rajouter les frais de transports pour la livraison du matériel. De plus, dans la pratique, une quantité de consommables est perdue lors des analyses. Cela est peut-être dû à différents facteurs comme un milieu de culture qui est périmé, une mauvaise manipulation, une dilution d'un échantillon, etc. Pour ces différentes raisons, il convient de majorer le prix théorique des consommables par analyse de 10%. Ainsi, les frais totaux des consommables disponibles auprès de Wagtech pour une analyse s'élèveraient alors à CFA 2152.-.

Outre les réactifs disponibles auprès de Wagtech, les analyses requièrent l'achat de matériel nécessaire au bon déroulement des tests de qualité de l'eau. Ce matériel est disponible au Niger. Le tableau des prix suivants a été fait à partir des dépenses réalisées dans le cadre de l'étude à Guidan Roudji.

| Matériel | Quantité pour 50 analyses | | | Prix pour une analyse |
|---------------------------------|---------------------------|------------|--------|-----------------------|
| | Unité | Unité/Prix | Total | CFA |
| Eau distillée | 3 litre | 0 | 0 | 0 |
| Alcool 95°C | 3litres | 2'650 | 7'950 | 159 |
| Methanol | 0,5 litres | 10'000 | 10'000 | 200 |
| Mouchoir | 4 boites | 650 | 2'600 | 52 |
| Glace | 60 sachets | 50 | 3'000 | 60 |
| Frais totaux par analyse | | | | 471 |

Ainsi les frais totaux pour les consommables se monteraient à CFA 2623.- / analyse

Frais de mission de la direction départementale

Actuellement, un agent de l'hydraulique qui se déplace sur le terrain est censé percevoir un per diem de CFA 10'000.- / jour selon la tarification établie par l'Etat nigérien. Sachant que plusieurs analyses sont possibles de faire en une journée, le

coût de l'agent par analyse a pu être ainsi fortement diminué en groupant les analyses.

Frais de transports

Lorsque la DDH de Guidant circule avec son propre véhicule, elle facture les déplacements CFA 135.- / Km parcouru. Ce prix forfaitaire comprend l'essence, le frais d'entretien du véhicule, etc.

Néanmoins, le véhicule de la DDH est actuellement en panne et une demande de réparation auprès du ministère hydraulique a été faite. En attendant, pour ses déplacements, la DDH fait appel à un véhicule de la DRH de Maradi. Cette solution de remplacement a augmenté sensiblement les frais, car il a fallu prendre en compte les CFA 135.- / Km parcourus et les frais de mission du chauffeur qui s'élèvent à CFA 7000.-/jour, ainsi que le déplacement du véhicule de Maradi jusqu'à Guidan Roudji.

Tout comme les frais de mission, les frais de transports ont pu être diminués en groupant les points d'eau, ainsi qu'un optimisant les kilomètres parcourus lors de l'itinéraire.

Frais d'amortissement du laboratoire

Dans le cadre de ce projet, la coopération suisse a accepté de financer l'achat du laboratoire. Toutefois, afin de s'assurer de la pérennisation de l'usage du laboratoire, il convient que la DDH puisse dans le futur être capable de payer les frais de réparation et de remplacement éventuel de pièces du laboratoire. C'est la raison pour laquelle, la somme forfaitaire de CFA 1500.- par analyse a été prévue. Cette somme permettrait à la DDH de changer la totalité des appareils au bout ~1250 analyses.

6.2.2. Prise en charge financière

Jusqu'à présent, il n'existait pas un financement régulier pour le suivi de la qualité de l'eau par la DDH de Guidan Roudji. Néanmoins, il existait un certain nombre d'acteurs qui étaient susceptibles de prendre en charge ce suivi. Pour chacun d'entre eux, il existe des contraintes et des potentialités qui sont expliquées ci-dessous.

a. Ministère Hydraulique

La surveillance de la qualité de l'eau est une tâche régalienne qui a été attribuée à la Direction des ressources en eau du Ministère hydraulique. Les régions disposent de laboratoires, mais dans le cadre du processus de décentralisation, les DDH n'ont pas été dotées de moyens pour s'acquies de cette tâche.

Au-delà de la surveillance de la qualité, la direction départementale de Guidan Roudji ne dispose que de très peu de moyens, manque de véhicule, de matériel et très peu de sorties sur le terrain ont été budgétisées. En général, les agents ne sortent sur le terrain qu'avec l'aide logistique des bailleurs de fonds qui payent également leurs frais de mission.

Dans l'avenir, il est peu probable que les moyens alloués par le Ministère Hydraulique aux DDH pour la surveillance de la qualité de l'eau évoluent. En effet, la faiblesse des moyens financiers du Ministère par rapport à la tâche qui lui est confiée incite à penser que la connaissance en eau risque encore de rester le parent pauvre des budgets annuels du Ministère.

b. Comité de gestion des points d'eau

Du point de vue législatif, les comités de gestion des points d'eau seraient tenus de faire vérifier la qualité de l'eau. En effet, selon l'ordonnance N°93-014 du 2 mars 1993 portant sur le régime de l'eau, les points d'eau publiques appartiennent aux collectivités territoriales dans lesquelles ils sont situés, c'est-à-dire aux communes. Ces dernières peuvent attribuer cette gestion à un comité de gestion du point d'eau composé de bénéficiaires. Or selon l'article 37 de la loi N°98-041 du 7 décembre portant sur le régime de l'eau

Dans les zones dépourvues de réseau d'adduction, quiconque distribue de l'eau destinée à l'alimentation humaine doit s'assurer que celle-ci répond aux normes nationales de qualité sous peine de poursuites judiciaires

De plus, en ce qui concerne les réseaux de mini-AEP, cette même loi stipule

A l'Article 47 :

Les eaux distribuées par des réseaux d'adduction soit directement par régie ou par concessionnaire, soit par revendeur, doivent répondre aux normes nationales fixées pour identifier la potabilité de l'eau.

A l'Article 48 :

Les concessionnaires et régies de distribution d'eau devront faire vérifier par un laboratoire agréé, ou les services de santé, la qualité de l'eau distribuée selon la périodicité et les modalités décrites au cahier des charges.

A l'Article 49 :

Nonobstant, les vérifications par les laboratoires ou autres organisations agréées, le distributeur restera responsable des dommages causés par la qualité de l'eau qu'il distribue.

Néanmoins, ces textes législatifs sont souvent difficilement applicables à la réalité nigérienne. En effet, la plupart des CGPE ne sont pas constitués et lorsqu'ils le sont, ils peinent souvent à constituer une caisse suffisamment importante qui leur permette d'entretenir leur ouvrage. Toutefois, ce constat ne s'applique pas aux Associations des Usagers de l'Eau (AUE) qui gèrent les mini-AEP. Elles facturent l'eau aux usagers et généralement arrivent ainsi à constituer des caisses relativement importantes. Actuellement, le département de Guidan Roudji dispose de 19 mini-AEP et avec les travaux et les différentes études de faisabilités en cours, ce nombre devrait atteindre 40.

c. Collectivités territoriales

Compte tenu qu'un ouvrage est un bien public et que l'attribution de sa gestion ne fonctionne pas toujours, il reviendrait en théorie à la collectivité territoriale, donc à la commune, de prendre à charge la surveillance de la qualité des ressources en eau de leur territoire.

Toutefois, cette activité n'est, pour l'heure, pas budgétisée par les communes. Par contre, elles ont recours au service technique de l'hydraulique dans le cadre de l'élaboration des dossiers de projets pour la demande d'infrastructure au près du FSIL. Dans le cadre de ce processus, la DDH est mandatée pour se rendre sur le terrain afin de mener les investigations préalables à la demande d'un nouvel ouvrage pour contrôler la conformité du besoin d'un nouvel ouvrage par rapport aux normes nationales, ainsi que pour mener une étude diagnostique.

d. Bailleurs de fonds

A l'heure actuelle, les bailleurs de fonds sont le principal moteur financier pour la réalisation de nouveaux ouvrages hydrauliques dans le département. Toutefois le recours à ce financement n'irait pas dans le sens de la perspective d'un autofinancement de l'activité de suivi par la DDH souhaitée dans le cadre de ce projet.

Les bailleurs de fonds ont néanmoins souvent recours aux services hydrauliques, comme lors des études de faisabilité. Dans ce contexte là, ils prennent à charge les déplacements et les frais de mission des agents.

e. Entrepreneurs

Actuellement, les entrepreneurs qui réalisent un nouveau point d'eau ont l'obligation de faire contrôler la qualité de l'eau après la mise en eau de l'ouvrage. Il s'agit du seul financement régulier des laboratoires des DRH pour qu'elles fassent des analyses complètes. Dans le cadre de cette étude, il n'a pas été souhaité de transférer ce contrôle à la DDH de Guidan Roundji. En effet, d'un point de vue sanitaire, certaines informations collectées ne sont pas toujours d'une grande importance, mais d'un point de vue hydrogéologique, elles permettent une meilleure connaissance des aquifères. Etant donné que le modèle de suivi proposé dans cette étude ne s'intéresse qu'aux paramètres importants de l'eau de boisson et non pas de la ressource en eau globalement, il serait souhaitable que la DDH ne s'occupe pas de cette analyse.

6.2.3. Méthodologie

La méthodologie du modèle consistait à définir les points d'eau à analyser, la date et la fréquence des contrôles. Les réponses à ces questions de Où, Quand et Comment, auraient dues être dictées par l'objectif spécifique que la DDH voulait donner au suivi. Il aurait pu s'agir spécifiquement de vérifier l'efficacité de mesures prises pour l'amélioration de la qualité de l'eau, de déterminer si un ouvrage a besoin d'une réhabilitation ou de déterminer l'évolution de la qualité des nappes, etc. Néanmoins, le choix de la méthodologie a été limité par les ressources financières à disposition, car il n'existait pas de source de financement régulière pour la surveillance de l'eau par la DDH. Dès lors, la détermination du choix de la méthodologie s'est faite dans le sens inverse. C'est-à-dire qu'à partir des ressources disponibles, il a été essayé de proposer un modèle de suivi qui fasse sens.

Ainsi compte tenu des coûts et des acteurs susceptibles de prendre à charge des analyses, la méthodologie choisie consiste à surveiller la ressource en eau lors de différents contextes qui sont expliqués ci-dessous :

1. Surveillance de la qualité des mini-AEP

Compte tenu des textes législatifs existants et de la constitution de caisses grâce à la vente de l'eau, les AUE des mini-AEP prendrait à charge la totalité des coûts inhérents au suivi de la qualité de l'eau qu'ils fournissent. Toutefois, dans un soucis que la charge soit supportable, le suivi devrait se faire de manière planifiée en organisant plusieurs analyses par sortie sur le terrain. Cela permet de faire diminuer le frais de mission et de transports par analyse. Concernant le déplacement, il a été proposé de facturer un forfait identique à toutes les mini-AEP et de ne pas facturer le déplacement en fonction de la localisation.

Par exemple, en facturant un peu moins de CFA 16'000.- /analyse, la DDH de Guidan Roudji serait en mesure de couvrir tous les frais du suivi de la qualité de l'eau de 16 mini-AEP⁴.

| Type de frais | Coût total | Coût par mini-AEP |
|----------------|----------------|-------------------|
| Déplacement | 141'400 | 8'838 |
| Consumables | 41'968 | 2'623 |
| Per diem | 40'000 | 2'500 |
| Ammortissement | 24'000 | 1'500 |
| Total | 247'368 | 15'461 |

Le contrôle des mini-AEP pourrait se faire deux fois par année, une fois juste après la saison des pluies et une autre fois pendant la saison sèche. La somme de CFA 30'922.- (2x 15'461.-) par année serait probablement une charge financière supportable pour les AUE de mini-AEP.

Cette surveillance des mini-AEP aurait plusieurs objectifs.

- Se mettre aux normes avec les textes législatifs existants
- Fournir l'assurance aux consommateurs que l'eau est de bonne qualité.
- Prévenir des épidémies ou d'autres problèmes de santé à large échelle compte tenu de la population importante que peut desservir une mini-AEP.
- Augmenter les données sur l'évolution de la qualité de la ressource

2. Analyse lors des études diagnostiques pour la constitution de dossier

Dans le cadre de ce modèle, il est proposé de profiter des sorties sur le terrain de la DDH dans le cadre de l'élaboration de dossiers de projets pour des demandes d'infrastructures. Ces sorties sont mandatées par les communes qui paient les frais de mission et de transports des agents. Dès lors, la DDH pourrait profiter du matériel d'analyse à sa disposition pour enrichir son étude diagnostique d'informations sur la qualité de l'eau en vue de mieux juger de la pertinence de la demande d'un ouvrage ou de sa réhabilitation.

Le coût d'une analyse serait de CFA 4123.-, soit les coûts des réactifs et de l'amortissement du matériel. Les coûts de transports et les per diem étant déjà compris dans l'étude. Ce surplus serait facturé aux communes, compte tenu que ses informations sur la qualité de l'eau feraient partie de l'étude.

De plus, il serait opportun d'encourager les communes, qui prennent en considération la qualité de l'eau dans leur élaboration de dossier, à travers une valorisation dans le processus d'attribution du FSIL.

3. Analyses lors des études de faisabilité mandatées par les bailleurs de fonds.

La DDH est parfois mandatée par les bailleurs de fonds pour réaliser des études de faisabilité pour la réalisation ou la réhabilitation d'un ouvrage. Dans ce cadre là, le bailleur de fonds prend généralement à charge les frais de transports et les frais de mission. Comme dans la proposition précédente, il est proposé de profiter de cette opportunité pour effectuer des analyses. Ces analyses serviraient à mieux choisir le type et les caractéristiques de l'ouvrage ou de juger de la pertinence d'une réhabilitation en fonction d'informations sur la qualité de l'eau.

⁴ Les détails du calcul du prix se trouvent en annexe II

L'analyse serait facturé CFA 4123.- au bailleur de fonds dans le cadre du contrat de l'étude faisabilité.

4. Analyse sur demande

Grâce aux matériels à disposition, la DDH pourrait aussi répondre aux éventuelles préoccupations des communes ou des bailleurs de fonds sur la qualité de l'eau de certains ouvrages. Dans ce contexte là, l'entier du coût de l'analyse, soit les frais de déplacement, de mission, de consommables et d'amortissement, serait facturé au demandeur de l'analyse. De plus, pour faire des économies, il serait opportun de réduire les coûts de transports et de mission en groupant les analyses lors d'une sortie sur le terrain. Par exemple, dans le cadre de cette étude, la commune de Tibiri a demandé à faire vérifier quatre points d'eau. Si la DDH avait réalisé elle-même cette vérification, cela aurait coûté à la commune de Tibiri :

| Type de frais | Coût total | Coût par point d'eau |
|------------------------------------|---------------|----------------------|
| Déplacement (172km + chauffeur) | 30'220 | 7'555 |
| Consumables | 10'492 | 2'623 |
| Per diem | 10'000 | 2'500 |
| Ammortissement | 6'000 | 1'500 |
| Total | 56'712 | 14'178 |

Ainsi, les prix de l'analyse d'un point d'eau aurait coûté CFA 14'178.- Cette somme est nettement moins importante que le prix facturé actuellement par la DRH. Dès lors, ce prix plus abordable pour réaliser une analyse de base pourrait peut-être inciter plus facilement, les communes, les comités de gestion ou les bailleurs de fonds à effectuer une vérification de la qualité de l'eau en cas de doutes.

6.2.4. Les paramètres analysés

Dans le cadre de ce suivi, il a été proposé de tester un certain nombre de paramètres clés pour la qualité de l'eau de boisson. Il s'agit des paramètres qui ont un impact sur la santé de la population, ainsi que ceux qui peuvent influencer les paramètres organoleptiques (goût, odeur et apparence)

Paramètres retenus

| Liste des paramètres chimiques représentant un danger significatif pour la santé s'ils sont présents dans l'eau : | | |
|--|-----------------------|--|
| Paramètres | Normes OMS | Interprétation |
| E.Coli | 0 /100ml | O : contamination fécale S : diarrhée, dysentérie, choléra |
| Fluorure (F ⁻) | 1,5mg/l | O : roches - pollution industriel S : fluorose des dents et des os |
| Nitrates (NO ₃ ⁻) | 50 mg/l | O : contamination fécale, matière organique, engrais, eaux usées, lessivage des sols. S : méthémoglobinémie infantine |
| Nitrites (NO ₂ ⁻) | 3mg/l | O : matière organique S : méthémoglobinémie infantine |
| Paramètres physico-chimique pouvant provoquer des problèmes d'acceptabilité ou affecter les traitements de l'eau : | | |
| Conductivité | 1000mg/l 1400µS/cm | O : matière solide dissoute NS : goût |
| Turbidité | 5 NTU | O : matière en suspension S : peut rendre moins efficace le traitement de chlore de l'eau. Favorise la croissance des bactéries |
| Ammonium (NH ₄) | 1,5mg/l | NS : Aspect de l'eau O : décomposition des matières organiques |
| Chlore résiduel (Cl ₂) | 5mg/l | NS : goût et odeur quand O : traitement au chlore |
| Fer (Fe ⁺⁺) | 0,3mg/l | NS : goût et odeur O : roches, corrosion |
| pH | 6,5-8,0 | NS : couleur rouge, goût métallique O : concentration de H ⁺ ions dans l'eau S : peut rendre moins efficace le traitement de chlore de l'eau; peut influencer la toxicité d'autres éléments |
| | | NS : dégâts sur les infrastructures métalliques |

O : origine S : effets sur la santé NS : effets non-nocifs sur la santé

Adapté de ACF (2005 :110)

6.2.5. Matériel

Le matériel qui a été fourni par la coopération suisse à la DDH de Guidan Roundji est le kit d'analyse portable WagTech PotaKit accompagné d'un photomètre et d'un certain nombre de réactifs pour procéder aux analyses. Les différents paramètres analysables sont présentés dans le tableau ci-dessous.

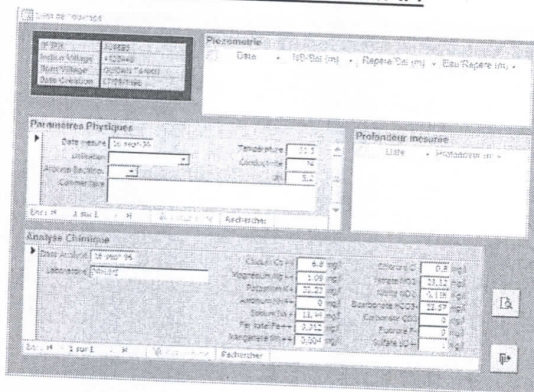
(Dans le tableau, les éléments italiques sont les paramètres qu'il est possible de tester à condition de se fournir en réactifs auprès de Wagtech)

| | Appareil | Paramètre testable | Réactifs à disposition |
|----------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| Bactéri- es | Incubateur | E.coli | 85 |
| | | <i>Coliformes Totaux</i> | 0 |
| | | <i>Streptocoques fécaux</i> | 0 |
| Physique | pH-mètre | pH | / |
| | Conductimètre | Température | / |
| | | Conductivité | / |
| | Tube à turbidité photomètre | Température | / |
| Turbidité | | / | |
| Chimie | | Nitrate | 139 |
| | | Nitrite | 191 |
| | | Fluorures | 133 |
| | | Ammonium | 190 |
| | | Chlore résiduel | 178 |
| | | Fer | 192 |
| | | Phosphate | 202 |
| | | - 30 autres paramètres | 0 |
| | | Kit arsenic | Arsenic |

6.2.6. Stockage de l'information

Une fois que l'information a été récoltée, il est important qu'elle soit stockée de telle manière qu'elle puisse être facilement accessible pour être exploitée directement ou dans l'avenir ; le but étant de capitaliser cette information. L'outil informatique permet de faciliter cette tâche. La DDH de Guidan Roundji ne disposant pas d'ordinateurs, il est proposé que la DDH utilise le matériel informatique de la DRH pour saisir l'information dans le fichier Excel réalisé dans le cadre de cette étude. De plus, il est vivement recommandé que la DDH veille à ce que les résultats soient également saisis dans la base de données IRH qui dispose d'une partie à cette fin.

Base de données IRH



Le stockage de l'information dans cet outil serait la garantie de pouvoir retrouver efficacement les résultats.

6.2.7. Formation du personnel

Dans le cadre de ce projet, le civard en poste à la DDH de Guidan Roundji a été formé et a réalisé la quasi-totalité des analyses de cette étude. Dès lors, il est parfaitement en mesure d'entreprendre les analyses futures du suivi de la qualité de l'eau. Quant au Directeur de la DDH, il a été initié au fonctionnement de l'appareil. Afin de maintenir le niveau de formation, voir de l'améliorer, un manuel a été rédigé comprenant

- les procédures à suivre pour la préparation du matériel,

- le prélèvement d'eau
- le transport des échantillons
- la réalisation des analyses
- l'interprétation des résultats
- l'entretien du matériel

En cas de question concernant ces différentes étapes, la DDH peut s'adresser aux laborantins de la DRH de Maradi qui possèdent également du matériel d'analyse de Wagtech.

De plus, dans l'éventualité qu'un des membres de la DDH quitte son poste, le manuel de formation a été écrit de telle manière qu'il soit accessible à une personne n'ayant jamais manipulé l'appareil et qui n'est pas issue d'une formation de chimiste ou biologiste. En plus de ce manuel, le personnel remplaçant peut s'adresser aux chimistes du laboratoire de la DRH de Maradi pour obtenir de plus amples informations.

6.2.8. Communication

Une des finalités de la mise en place du suivi est qu'il puisse fournir des informations aux personnes qui sont liées directement ou indirectement à la qualité de l'eau pour que ces informations leur servent d'outil d'aide à la décision. La qualité de l'eau et les raisons de sa détérioration concernent l'hydraulique, mais également les services liés à la problématique de l'hygiène et de l'assainissement. La coordination de ces différents acteurs est complexe au Niger, comme le note une étude récente du Programme d'Appui au Secteur Eau, Hygiène et Assainissement (PASEHA), « Sur le plan institutionnel, le sous-secteur de l'hygiène et de l'assainissement comprend une multitude d'intervenants avec des difficultés de coordination des actions ». Compte tenu de cette complexité, il est proposé que les informations sur la qualité de l'eau soient communiquées au moins à un nombre restreint d'acteurs clés qui sont :

- La santé, à travers les réunions du « Comité départemental de gestion des épidémies » qui sont supposées se tenir mensuellement avec, entre autres, la DDH et les services de santé du département de Guidan Roudji
- Les mairies à travers les visites régulières que rend le directeur de la DDH aux maires dans le cadre de ces activités ou lors de la remise du rapport de mission. La communication des résultats aux communes a aussi comme but d'informer indirectement les consommateurs et les CGPE.
- La DRH à travers la saisie des résultats dans la base de données IRH.
- Bailleurs de fonds, lors de la remise du rapport de mission.

6.2.9. Interprétation des résultats

Afin d'aider le personnel à interpréter les valeurs obtenues lors des analyses, le manuel de formation comprend des fiches explicatives sur chaque paramètre. Ces fiches décrivent le paramètre, son origine, son impact sur la santé, la valeur-norme recommandée par les directives de l'OMS et les traitements possibles pour améliorer la qualité de la ressource.

En cas de doutes sur les résultats obtenus, la DDH est invitée à se référer au laboratoire de la DRH de Maradi.

Les fiches d'interprétations ont été écrites dans un esprit de vulgarisation scientifique, afin qu'elle puisse également servir de support pour communiquer l'information aux acteurs cités dans le chapitre communication et plus particulièrement à l'attention des mairies qui ne sont pas toujours issues du monde

scientifique. En effet, il a été jugé important de communiquer l'information de la manière plus compréhensible possible, un tableau de résultats d'analyse ne servant pas à grand chose s'il n'est pas expliqué...

6.3. Perspective et consolidation du mécanisme de suivi

6.3.1. Commandes des réactifs

A travers le modèle proposé, la DDH devrait être en mesure de couvrir ses frais pour le suivi de la qualité de l'eau. C'est-à-dire, recevoir des frais de mission, payer les frais de déplacement, disposer d'argent pour recommander des consommables et épargner en vue d'éventuelles réparations ou remplacement d'appareils.

Toutefois, pour effectuer la première commande de réapprovisionnement, la DDH sera confrontée un problème. A l'heure actuelle, elle dispose de consommables pour effectuer ~90 analyses. Par conséquent après avoir fait ces analyses, elle aura engrangé des fonds pour recommander des consommables pour ~90 analyses. Or la société Wagtech ne livre ses consommables qu'en lot de 200. Afin de surmonter cet obstacle, il est proposé que la DDH fasse une commande groupée avec la DRH qui dispose également d'appareils d'analyses de Wagtech. Elle pourrait également faire de même avec la DDH de Gaya qui dispose du même laboratoire et utilise par conséquent les mêmes réactifs.

De plus, ces commandes groupées permettraient également de faire des économies sur les frais de transports

6.3.2. Gestion des recettes

Actuellement, les services techniques de l'Etat nigérien n'ont pas le droit de gérer des recettes. Toutefois, en appliquant le modèle de suivi de la qualité de l'eau proposé, la DDH va générer des recettes. Par exemple, en effectuant 50 analyses, la DDH généra CFA 75'000.- pour l'amortissement des appareils et CFA 131'150.- pour la commande de réactifs. Cet argent, la DDH serait censé le verser au Ministère des Finances qui y prélèvera un pourcentage. Lorsque la DDH aura besoin de fonds pour recommander des réactifs ou commander un nouvel appareil, le Ministère des Finances sera censé lui octroyer un crédit délégué. Toutefois, ce modèle de gestion semble poser problème et il faudrait définir plus clairement avec le Ministère Hydraulique les modalités qui permettraient la gestion des recettes du suivi de la qualité de l'eau par la DDH de Guidan Roumdji. C'est la raison pour laquelle ce point sera discuté au Ministère Hydraulique lors d'une réunion le 25 juin 2009.

De plus, il s'agira également définir les moyens qui permettraient une gestion transparente de la facturation des analyses, afin que l'argent collecté par la DDH serve bien à recommander des réactifs et à amortir les appareils.

6.3.3. Elargissement des points d'eau à analyser

Compte tenu que le nombre de mini-AEP est en expansion dans le département de Guidan Roumdji, il serait souhaitable d'élargir la surveillance de la qualité de l'eau à ces nouveaux ouvrages. Avec un nombre plus important d'ouvrages à contrôler, le prix par analyse va probablement diminuer

De plus, le modèle proposé dans le cadre de cette étude ne permet de vérifier qu'un nombre limité de puits en raison de l'absence de financement. Pour combler cette lacune, il serait souhaitable qu'un fonds soit débloqué par le Ministère Hydraulique ou budgétisé par les communes pour surveiller la qualité de l'eau de ces ouvrages qui sont particulièrement vulnérables à la consommation.

6.3.4. Sensibilisation

Dans le modèle proposé, plusieurs acteurs sont sollicités pour la prise en charge. Il serait souhaitable de les contacter pour les sensibiliser aux bénéfices découlant du suivi, mais également pour leur rappeler leurs responsabilités. Dans cette perspective, il serait opportun d'organiser une réunion avec les mairies, les responsables des AUE des mini-AEP et les bailleurs de fonds actifs dans le domaine de l'hydraulique à Guidan Roumdji. Toutefois, si les ressources financières manquaient pour organiser une telle réunion, ce modèle de suivi pourrait être mis en place en les contactant individuellement.

6.3.5. Capitalisation du suivi.

A travers le modèle de suivi de la qualité de l'eau proposé, la DDH de Guidan Roumdji pourrait récolter des informations sur la qualité de l'eau lors de différents contextes. En intégrant ces données dans la base de donnée IRH et dans un tableur Excel, les informations sur la qualité de l'eau seraient centralisées et facilement manipulables. Dès lors, il serait opportun que de manière annuelle ces informations fassent l'objet d'une analyse pour avoir une idée globale de la qualité de l'eau au niveau du département. Ces résultats pourraient être projetés sur une carte, avec l'aide du responsable de la base de données à la DRH de Maradi.

6.3.6. Résumé

Enjeux de la mise en place d'un suivi de la qualité de l'eau

Le but étant de disposer d'un outil pour :

- Vérifier que les points d'eau continuent de remplir leur mission première qui est de fournir de l'eau potable
- Disposer d'informations pour prendre des mesures préventives pour la santé publique
- Améliorer les infrastructures
- Augmenter la connaissance de la ressource en eau
- Donner une assurance qualité aux consommateurs
- Mieux cibler les actions visant à améliorer la qualité de l'eau

Proposition d'un modèle de suivi de la qualité de l'eau

La DDH de Guidan Roumdji réaliserait des analyses lors de 4 contextes :

| Contexte | Prise en Charge | Type de frais prise en charge | Prix par analyse | Points d'eau analysés | Fréquence |
|---|-------------------------------------|---|---|--|--|
| Suivi de la qualité des mini-AEP | AUE des mini-AEP | <ul style="list-style-type: none"> • Frais de transports • Frais de mission • Frais de consommables • Frais d'amortissement | ~ CFA 16'000.- | Toutes les mini-AEP du département | 2x par année |
| Elaboration de dossiers de projets pour des demandes d'infrastructure | Communes | <ul style="list-style-type: none"> • Frais de consommables • Frais d'amortissement | CFA 4'123.- | PEM dans les villages ayant fait une demande d'un nouvel ouvrage ou d'une réhabilitation | Lors des mandats de la DDH lors d'élaboration des dossiers de projets pour des demandes d'infrastructure |
| Etudes de faisabilité ou autres missions demandées par un bailleur de fonds | Bailleur de fonds | <ul style="list-style-type: none"> • Frais de consommables • Frais d'amortissement | CFA 4'123.- | Village faisant l'objet d'une étude de faisabilité. | Lors des études de faisabilité |
| Analyse sur demande | Bailleur de fonds, communes ou CGPE | <ul style="list-style-type: none"> • Frais de transports • Frais de mission • Frais de consommables • Frais d'amortissement | CFA 4'123.- + Frais de transports et de mission | Point d'eau demandé | A chaque demande |

Dans le modèle de suivi de la qualité de l'eau proposé, plusieurs éléments ont été pris en compte :

- le coût
- la prise en charge financière des coûts
- la méthodologie (Où, Quand, Comment,...)
- les paramètres analysés
- le matériel
- le formation du personnel
- le stockage de l'information
- l'interprétation
- la communication

Perspectives

- Commande des réactifs : réaliser des commandes groupées avec la DRH de Maradi et/ou DDH de Gaya
- Gestion du fonds
 - Surmonter l'obstacle de l'interdiction faite aux DDH de faire des recettes
 - Assurer une gestion transparente
- Sensibilisation : Informer les différents acteurs impliqués dans le suivi de la qualité de l'eau (AUE, Communes et bailleurs de fonds)
- Extension des points d'eau dont la qualité de l'eau serait surveillé
 - Incorporer les nouvelles mini-AEP
 - Débloquer un budget au sein du Ministère Hydraulique ou communes pour vérifier la qualité de l'eau des puits qui sont particulièrement vulnérables.
- Capitalisation de l'information sur la qualité de l'eau : réaliser un rapport annuel pour avoir une idée globale de la qualité de l'eau sur l'ensemble du département.

7. CONCLUSION

A travers cette étude, il a été vu que la qualité de l'eau de boisson que consomment les populations rurales de Guidan Roumdji est particulièrement problématique. Cela est notamment dû à la fréquente contamination fécale des puits. Cette pollution de l'eau de boisson est susceptible d'avoir un impact sanitaire majeur qui nécessiterait que des mesures soient prises. C'est la raison pour laquelle, dans le cadre de cette étude, différentes solutions ont été recommandées pour améliorer la qualité de l'eau boisson. Il s'agissait, notamment, de l'instauration de campagnes de promotion à l'hygiène, ainsi que de programmes de traitements de l'eau à domicile.

De plus, cette étude visait également à renforcer les capacités de la direction départementale de l'hydraulique à Guidan Roumdji dans le domaine de l'analyse et du suivi de la qualité de l'eau. Pour se faire, un laboratoire portable a été acheté, le personnel de la DDH a été formé à son utilisation et un modèle de suivi de la qualité l'eau a été proposé.

La mauvaise qualité de l'eau est probablement à l'origine de nombreuses maladies observées, ainsi qu'une des explications au taux de mortalité infantile élevé du département de Guidan Roumdji. La mise en place d'une surveillance de la qualité de l'eau par la DDH peut être un outil pour viser à s'attaquer à ce problème de santé publique. Dès lors, bien que les moyens financiers soient très faibles car la connaissance de la ressource en eau est encore le parent pauvre du budget du Ministère Hydraulique et de l'aide des bailleurs de fonds, il a été souhaité montrer à travers cette étude et les propositions faites que des solutions existent et qu'il ne faudrait pas considérer le suivi de la qualité de l'eau comme un luxe inaccessible et inutile à l'hydraulique rurale nigérienne.

ANNEXE

Annexe I : Echantillonnage

Echantillon initiale

| IRH | Ind_Village | Nom_EM | Communes | XCoor | YCoor | Ouvrage | ProfonFor | ProfEquip | NS | Ty_Echantan |
|-----------------------------|-------------|-------------------------------------|-------------------|----------|----------|---------|-----------|-----------|-------|--------------|
| Jeudi 9 Avril 2009 | | | | | | | | | | |
| 461070 | 4320435 | SOULOLOU MAGAJI | Guidan Roumdji | 6.415833 | 13.60972 | PC | 12 | 12 | 11.25 | Infiltration |
| 461086 | 4320415 | OUBANDAWA KI YAHAYA | Guidan Roumdji | 6.460834 | 13.625 | PC | 14.5 | 14.5 | 14.05 | Infiltration |
| 409333 | 4330635 | SERKIN TOUDOU D.TOUKOUYO U | Guidan Sori | 6.593056 | 13.54278 | PC | 56 | 56 | 53.93 | Comparaison |
| 466841 | 4330635 | SERKIN TOUDOU D TOUKOUYOU | Guidan Sori | 6.591389 | 13.54194 | FE | 87 | 83.95 | 36.7 | Comparaison |
| Mercredi 6 mai 2009 | | | | | | | | | | |
| 461066 | 4320385 | KOUROUMA BAT CHAKA | Guidan Roumdji | 6.298056 | 13.68194 | PC | 13 | 13 | 12.23 | Infiltration |
| 426823 | 4320260 | HALBAWA SALIFOU + KOURA | Guidan Roumdji | 6.383056 | 13.78306 | PC | 29 | 29 | 23.84 | Comparaison |
| 465894 | 4320260 | HALBAWA KOURA + SALIFOU | Guidan Roumdji | 6.375 | 13.79722 | FE | 47 | 47 | 21.55 | Comparaison |
| 465886 | 4320410 | OUBANDAWA KI SABOUA | Guidan Roumdji | 6.4075 | 13.6925 | FE | 99 | 99 | 39.1 | Fluor |
| 466398 | 4320340 | KATARE MOUSSA | Guidan Roumdji | 6.336945 | 13.70583 | PC | 23.65 | 21.9 | 22.1 | Nitrate |
| Vendredi 8 mai 2009 | | | | | | | | | | |
| 461149 | 4330560 | MALAMAWA SABOA | Guidan Sori | 6.810278 | 13.58278 | PC | 45.2 | 46.85 | 44.53 | Comparaison |
| 466848 | 4330560 | MALAMAWA SABOA | Guidan Sori | 6.819445 | 13.60222 | FE | 72 | 60.47 | 31.78 | Comparaison |
| 460981 | 4350185 | GARIN ELHADJI MINDAOU | Tibiri | 6.871944 | 13.38611 | PC | 45 | 45 | 42.95 | Comparaison |
| 465918 | 4350185 | GARIN ELHADJI MINDAOU | Tibiri | 6.872222 | 13.37083 | FE | 84 | 84 | 44.76 | Comparaison |
| 425508 | 4350075 | DAN DAGUI | Tibiri | 6.731667 | 13.51222 | PC | 52.62 | 52.62 | 48.4 | Comparaison |
| 465908 | 4350075 | DAN DAGUI | Tibiri | 6.736945 | 13.51667 | FE | 90 | 90 | 45.61 | Comparaison |
| Lundi 11 mai 2009 | | | | | | | | | | |
| 465986 | 4310595 | SAMAILA TOUDOU | Chadakori | 7.011111 | 13.64444 | FE | 91.75 | 92 | 49 | Fluor |
| 460598 | 4310290 | GUIDAN JIBI | Chadakori | 6.863889 | 13.86944 | PC | 95.2 | 95.2 | 92.87 | Fluor |
| 466431 | 4310240 | GOUZOURI | Chadakori | 6.916945 | 13.86611 | PC | 71.95 | | 70.62 | Fluor |
| 464539 | 4310055 | CHADAKORI | Chadakori | 6.988056 | 13.67417 | PC | 24.85 | 22.7 | 23.28 | Nitrate |
| Mercredi 13 mai 2009 | | | | | | | | | | |
| 466264 | 4330735 | LIHIDA | Guidan Sori | 6.887222 | 13.625 | FE | 75 | 75.6 | 20.7 | Fluor |
| 461028 | 4320245 | GUIDAN ROUMDJI | Guidan Roumdji | 6.696667 | 13.66028 | PC | 33 | 33 | 30.8 | Nitrate |
| 461084 | 4320405 | MASSAOURAR | Guidan Roumd | 6.897778 | 13.64667 | PC | 18 | 18 | 13.6 | Nitrate |
| 466383 | 4330660 | TABOUKA | Guidan Sori | 6.847778 | 13.63833 | PC | 27 | 20.65 | 25.1 | Nitrate |
| 465185 | 4330655 | TABARAWA SOFOUA | Guidan Sori | 6.920556 | 13.54972 | PC | 33.88 | 34 | 31.68 | Nitrate |
| vendredi 15 mai 2009 | | | | | | | | | | |
| 413178 | 4350650 | WARAOU | Tibiri | 7.033056 | 13.59722 | PC | 12 | 12 | 8.1 | Infiltration |
| 461117 | 4330510 | MAGADI | Guidan Sori | 6.986667 | 13.59417 | PC | 12.55 | 12.4 | 11.37 | Infiltration |
| 461123 | 4330145 | DOGON MAKOCHI | Guidan Sori | 6.949167 | 13.60611 | PC | 14.95 | 15 | 13.86 | Infiltration |
| 466249 | 4330500 | LAHAROU | Guidan Sori | 6.968611 | 13.5925 | FE | 66 | 66.26 | 13.33 | Fluor |
| Lundi 18 mai 2009 | | | | | | | | | | |
| 465974 | 4310610 | SERKIN GARDI | Chadakori | 7.375 | 13.7625 | FE | 81 | 79.44 | 26.03 | Fluor |
| 426768 | 4310030 | BATAKOLFEW A | Chadakori | 7.238056 | 13.67944 | PC | 57.1 | 57.1 | 56.68 | Comparaison |
| 465858 | 4310030 | BATAKOLFEW A | Chadakori | 7.241667 | 13.68194 | FE | 102 | 100 | 56.66 | Comparaison |
| 460623 | 4310615 | SIRDAWA | Chadakori | 7.369444 | 13.75278 | PC | 28.5 | 28.5 | 28 | Nitrate |
| Mercredi 20 mai 2009 | | | | | | | | | | |
| 465968 | 4340145 | GARIN MAGAJI ARJITAOU | Sae Saboua | 7.412222 | 13.53333 | FE | 120 | 118.08 | 63.7 | Fluor |
| 461108 | 4340200 | GUIDAN MASSOYI | Sae Saboua | 7.444445 | 13.63611 | PC | 174.6 | 140 | 83.49 | Fluor |
| 464286 | 4340320 | LOULLOUBI | Sae Saboua | 7.111111 | 13.61917 | PC | 14.5 | 14.5 | 14.1 | Infiltration |
| 464290 | 4340260 | KARAMBI SOFOUA | Sae Saboua | 7.108056 | 13.61361 | PC | 13.33 | 13.33 | 12.83 | Infiltration |
| 460691 | 4340175 | GUIDAN KANE KATSINAWA | Sae Saboua | 7.408056 | 13.625 | PC | 29 | 29 | 25 | Nitrate |
| Vendredi 22 mai 2009 | | | | | | | | | | |
| 466855 | 4350105 | DANIA BANZA | Tibiri | 7.054722 | 13.54028 | FE | 45 | 42.6 | 11.31 | Fluor |
| 425502 | 4350580 | SOURA JANJOUNA GATA | Tibiri | 7.090833 | 13.52194 | PC | 15 | 15 | 10.8 | Infiltration |
| 425498 | 4350610 | SOURA SERKI GALMA | Tibiri | 7.081666 | 13.53444 | PC | 15 | 15 | 9.27 | Nitrate |
| 464647 | 4350635 | TIBIRI | Tibiri | 7.060833 | 13.56917 | PC | 12 | 12 | 9.2 | Nitrate |

Annexe II : Calcul du coût pour un suivi sur les mini-AEP

Exemple du coût pour un suivi de la qualité de l'eau sur 16 mini-AEP lors de quatre sorties sur le terrain en se basant sur le modèle de tarification présenté au chapitre 6.2.1.

1) Frais de consommables

- Produits Wagtech 16 x 2'152.-
- Autres produits 16 x 415.-

2) Frais de mission

- 4 x 10'000.-

3) Frais de déplacement

En prenant en compte les frais du chauffeur et le retour du véhicule à Maradi, les frais de déplacement s'élèvent à :

| Journée | Village | Kilométrage | Prix (135.- /Km) | Frais de chauffeur |
|-------------------------|---------------|-------------|------------------|--------------------|
| 1 | Halbawa | 240 Km | 32'400 | 7'000 |
| | Soulou | | | |
| | Guidan Alkali | | | |
| | Raffin Wada | | | |
| 2 | Chadakori | 190 Km | 25'650 | 7'000 |
| | Serkin Diya | | | |
| | Ouban Jada | | | |
| | Guidan Atchi | | | |
| 3 | Dan Mani | 210 Km | 28'350 | 7'000 |
| | Dan Kano | | | |
| | Dan Turke | | | |
| | Dan Gado | | | |
| 4 | Gatin Maggi | 200 Km | 27'000 | 7'000 |
| | Gadambo | | | |
| | Sae Saboua | | | |
| | Katsinawa | | | |
| Total | | 840 | 113'400 | 28'000 |
| Coût total | | | 141400 | |
| Coût par analyse | | | 8838 | |

4) Frais d'amortissement

- 16 x 1'500.-

Résumé

| Type de frais | Coût total | Coût par mini-AEP |
|----------------|----------------|-------------------|
| Déplacement | 141'400 | 8'838 |
| Consommables | 41'968 | 2'623 |
| Per diem | 40'000 | 2'500 |
| Ammortissement | 24'000 | 1'500 |
| Total | 247'368 | 15'461 |

Ainsi le prix d'une analyse sur une mini-AEP reviendrait à CFA 15'461.-

Annexe III : Résultats

| No. Id | Village | Communes | N° Village | Date | Type | N° RRI | Lat. (DD/00) | Long. (DD/00) | Niveau (m) | Profondeur (m) | Moyenne F. (m) | Niveau (m) | Niveau (m) | Amplitude (m) | Faible (m) | Fer (m) | Phosphates (m) | Arsenic < n (m) | pH | Conduct (m) | TT(C) | Turbidité (NTU) | Couleur | Gout | Odeur |
|--------|--------------|-------------|------------|-----------|------|---------|--------------|---------------|------------|----------------|----------------|------------|------------|---------------|------------|---------|----------------|-----------------|-----|-------------|-------|-----------------|------------|----------|-------|
| 1 | Serri Sado | Guidan Sor | 4320720 | 9.4.2009 | PC | 4669722 | 6.86674 | 13.64341 | 24.31 | 28.5 | -6 | 4 | 0.02 | 0.18 | 0.01 | 0.01 | 7.2 | 0 | 183 | 29.8 | 0 | Clair | Bon | Aucune | |
| 2 | Serri Sado | Guidan Sor | 4320720 | 9.4.2009 | PC | 4669722 | 6.86674 | 13.64341 | 24.31 | 28.5 | -6 | 4 | 0.02 | 0.18 | 0.01 | 0.01 | 7.2 | 0 | 183 | 29.8 | 0 | Clair | Bon | Aucune | |
| 3 | Serri Touhou | Guidan Sor | 4320635 | 9.4.2009 | PC | 461069 | 6.932889 | 13.59444 | 36.7 | 83.95 | -6 | 18.8 | 0.01 | 0.13 | 0.02 | 0.02 | 7.8 | 0 | 613 | 31.9 | 0 | Clair | Bon | Aucune | |
| 4 | Serri Touhou | Guidan Sor | 4320635 | 9.4.2009 | PC | 461069 | 6.932889 | 13.59444 | 36.7 | 83.95 | -6 | 18.8 | 0.01 | 0.13 | 0.02 | 0.02 | 7.8 | 0 | 613 | 31.9 | 0 | Clair | Bon | Aucune | |
| 5 | Okendawa | Guidan Roum | 4320435 | 9.4.2009 | PC | 61085 | 6.4552778 | 13.62833 | 13.46 | 15.5 | -6 | 40.8 | 0.128 | 0.12 | 0.08 | 0.02 | 5.8 | 0 | 519 | 30.6 | 40 | Clair | Bon | Aucune | |
| 6 | Okendawa | Guidan Roum | 4320435 | 9.4.2009 | PC | 61085 | 6.4552778 | 13.62833 | 13.46 | 15.5 | -6 | 40.8 | 0.128 | 0.12 | 0.08 | 0.02 | 5.8 | 0 | 519 | 30.6 | 40 | Clair | Bon | Aucune | |
| 7 | Koumou | Guidan Roum | 4320410 | 5.5.2009 | PC | 465886 | 6.31654 | 13.66786 | 39.1 | 99 | 0 | 13.6 | 0.07 | 0.21 | 0.12 | 0.05 | 9.5 | 0 | 304 | 31.9 | 50 | Brune | Bon | Aucune | |
| 8 | Koumou | Guidan Roum | 4320410 | 5.5.2009 | PC | 465886 | 6.31654 | 13.66786 | 39.1 | 99 | 0 | 13.6 | 0.07 | 0.21 | 0.12 | 0.05 | 9.5 | 0 | 304 | 31.9 | 50 | Brune | Bon | Aucune | |
| 9 | Habakwa | Guidan Roum | 4320260 | 5.5.2009 | PC | 462833 | 6.37905 | 13.76607 | 22.1 | 23.65 | 0 | 20 | 0.04 | 0.09 | 0.01 | 0.15 | 8.2 | 0 | 878 | 27.6 | 0 | Brune | saillé | mauvaise | |
| 10 | Habakwa | Guidan Roum | 4320260 | 5.5.2009 | PC | 462833 | 6.37905 | 13.76607 | 22.1 | 23.65 | 0 | 20 | 0.04 | 0.09 | 0.01 | 0.15 | 8.2 | 0 | 878 | 27.6 | 0 | Brune | saillé | mauvaise | |
| 11 | Gann Elhaji | Thiri | 4320720 | 8.5.2009 | PC | 462508 | 6.73742 | 13.51222 | 48.4 | 52.62 | 5 | 30.8 | 0.09 | 0.22 | 0.07 | 0.11 | 10.3 | 0 | 687 | 25.2 | 20 | Brune | Bon | Aucune | |
| 12 | Gann Elhaji | Thiri | 4320720 | 8.5.2009 | PC | 462508 | 6.73742 | 13.51222 | 48.4 | 52.62 | 5 | 30.8 | 0.09 | 0.22 | 0.07 | 0.11 | 10.3 | 0 | 687 | 25.2 | 20 | Brune | Bon | Aucune | |
| 13 | Guidan Jibi | Chadakeri | 4320970 | 11.5.2009 | PC | 466981 | 6.87194 | 13.38811 | 42.95 | 45 | 0 | 18.4 | 0.14 | 0.09 | 0.04 | 0.02 | 9.2 | 0 | 635 | 31.4 | 0 | Clair | Bon | Aucune | |
| 14 | Guidan Jibi | Chadakeri | 4320970 | 11.5.2009 | PC | 466981 | 6.87194 | 13.38811 | 42.95 | 45 | 0 | 18.4 | 0.14 | 0.09 | 0.04 | 0.02 | 9.2 | 0 | 635 | 31.4 | 0 | Clair | Bon | Aucune | |
| 15 | Chadakeri | Chadakeri | 4310240 | 11.5.2009 | PC | 466431 | 6.91695 | 13.68611 | 42.87 | 71.30 | 0 | 17.6 | 0.05 | 0.17 | 0.02 | 0.04 | 15.8 | 0 | 634 | 34.6 | 0 | Clair | Bon | Aucune | |
| 16 | Chadakeri | Chadakeri | 4310240 | 11.5.2009 | PC | 466431 | 6.91695 | 13.68611 | 42.87 | 71.30 | 0 | 17.6 | 0.05 | 0.17 | 0.02 | 0.04 | 15.8 | 0 | 634 | 34.6 | 0 | Clair | Bon | Aucune | |
| 17 | Taharawa Sor | Guidan Sor | 4310555 | 11.5.2009 | PC | 465986 | 7.01111 | 13.64444 | 25 | 92 | 0 | 16.4 | 0.01 | 0.15 | 0.02 | 0.01 | 12.6 | 0 | 632 | 103 | 2 | Clair | Bon | Aucune | |
| 18 | Taharawa Sor | Guidan Sor | 4310555 | 11.5.2009 | PC | 465986 | 7.01111 | 13.64444 | 25 | 92 | 0 | 16.4 | 0.01 | 0.15 | 0.02 | 0.01 | 12.6 | 0 | 632 | 103 | 2 | Clair | Bon | Aucune | |
| 19 | Litda | Guidan Sor | 4320735 | 13.5.2009 | F | 465986 | 6.82055 | 13.54863 | 31.68 | 73.69 | 0 | 13.2 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.07 | 11.7 | 0 | 542 | 35.9 | 0 | Clair | Bon | Aucune | |
| 20 | Litda | Guidan Sor | 4320735 | 13.5.2009 | F | 465986 | 6.82055 | 13.54863 | 31.68 | 73.69 | 0 | 13.2 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.07 | 11.7 | 0 | 542 | 35.9 | 0 | Clair | Bon | Aucune | |
| 21 | Nahamwa Ou | Guidan Sor | 4330660 | 13.5.2009 | PC | 461149 | 6.88713 | 13.62803 | 25 | 27 | 0 | 5.5 | 0.02 | 0.12 | 0.04 | 0.04 | 10.9 | 0 | 629 | 33.1 | 0 | Brune | Bon | Aucune | |
| 22 | Nahamwa Ou | Guidan Sor | 4330660 | 13.5.2009 | PC | 461149 | 6.88713 | 13.62803 | 25 | 27 | 0 | 5.5 | 0.02 | 0.12 | 0.04 | 0.04 | 10.9 | 0 | 629 | 33.1 | 0 | Brune | Bon | Aucune | |
| 23 | Nahamwa Ou | Guidan Sor | 4330555 | 13.5.2009 | F | 466947 | 6.81278 | 13.60981 | 44.53 | 46.85 | 23 | 32.9 | 0.03 | 0.18 | 0.05 | 0.31 | 16.9 | 0 | 597 | 113 | 2 | Clair | Bon | Aucune | |
| 24 | Nahamwa Ou | Guidan Sor | 4320245 | 15.5.2009 | F | 466947 | 6.81278 | 13.60981 | 31.35 | 52.61 | 0 | 6.8 | 0.02 | 0.18 | 0.09 | 0.09 | 7.2 | 0 | 612 | 113 | 0 | Clair | peu saillé | Aucune | |
| 25 | Nahamwa Ou | Guidan Roum | 4320245 | 15.5.2009 | F | 466947 | 6.81278 | 13.60981 | 31.35 | 52.61 | 0 | 6.8 | 0.02 | 0.18 | 0.09 | 0.09 | 7.2 | 0 | 612 | 113 | 0 | Clair | peu saillé | Aucune | |
| 26 | Masasauri | Guidan Roum | 4320245 | 15.5.2009 | F | 461073 | 6.69744 | 13.69754 | -6 | -6 | 0 | 6.4 | 0.06 | 0.26 | 0.01 | 0.11 | 11.9 | 0 | 875 | 34.5 | 0 | Clair | Bon | Aucune | |
| 27 | Masasauri | Guidan Roum | 4320245 | 15.5.2009 | F | 461073 | 6.69744 | 13.69754 | -6 | -6 | 0 | 6.4 | 0.06 | 0.26 | 0.01 | 0.11 | 11.9 | 0 | 875 | 34.5 | 0 | Clair | Bon | Aucune | |
| 28 | Masasauri | Guidan Roum | 4320245 | 15.5.2009 | F | 461073 | 6.69744 | 13.69754 | -6 | -6 | 0 | 6.4 | 0.06 | 0.26 | 0.01 | 0.11 | 11.9 | 0 | 875 | 34.5 | 0 | Clair | Bon | Aucune | |
| 29 | Masasauri | Guidan Roum | 4320245 | 15.5.2009 | F | 461073 | 6.69744 | 13.69754 | -6 | -6 | 0 | 6.4 | 0.06 | 0.26 | 0.01 | 0.11 | 11.9 | 0 | 875 | 34.5 | 0 | Clair | Bon | Aucune | |
| 30 | Masasauri | Guidan Roum | 4320245 | 15.5.2009 | F | 461073 | 6.69744 | 13.69754 | -6 | -6 | 0 | 6.4 | 0.06 | 0.26 | 0.01 | 0.11 | 11.9 | 0 | 875 | 34.5 | 0 | Clair | Bon | Aucune | |
| 31 | Masasauri | Guidan Sor | 4330500 | 15.5.2009 | PC | 466117 | 6.98863 | 13.59642 | 13.6 | 18 | 21 | 7.2 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 9.7 | 0 | 633 | 191 | 0 | Clair | mauvais | -6 | |
| 32 | Masasauri | Guidan Sor | 4330500 | 15.5.2009 | PC | 466117 | 6.98863 | 13.59642 | 13.6 | 18 | 21 | 7.2 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 9.7 | 0 | 633 | 191 | 0 | Clair | mauvais | -6 | |
| 33 | Masasauri | Guidan Sor | 4330500 | 15.5.2009 | PC | 466117 | 6.98863 | 13.59642 | 13.6 | 18 | 21 | 7.2 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 9.7 | 0 | 633 | 191 | 0 | Clair | mauvais | -6 | |
| 34 | Masasauri | Guidan Sor | 4330500 | 15.5.2009 | PC | 466117 | 6.98863 | 13.59642 | 13.6 | 18 | 21 | 7.2 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 9.7 | 0 | 633 | 191 | 0 | Clair | mauvais | -6 | |
| 35 | Masasauri | Guidan Sor | 4330500 | 15.5.2009 | PC | 466117 | 6.98863 | 13.59642 | 13.6 | 18 | 21 | 7.2 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 9.7 | 0 | 633 | 191 | 0 | Clair | mauvais | -6 | |
| 36 | Masasauri | Guidan Sor | 4330500 | 15.5.2009 | PC | 466117 | 6.98863 | 13.59642 | 13.6 | 18 | 21 | 7.2 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 9.7 | 0 | 633 | 191 | 0 | Clair | mauvais | -6 | |
| 37 | Masasauri | Guidan Sor | 4330500 | 15.5.2009 | PC | 466117 | 6.98863 | 13.59642 | 13.6 | 18 | 21 | 7.2 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 9.7 | 0 | 633 | 191 | 0 | Clair | mauvais | -6 | |
| 38 | Masasauri | Guidan Sor | 4330500 | 15.5.2009 | PC | 466117 | 6.98863 | 13.59642 | 13.6 | 18 | 21 | 7.2 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 9.7 | 0 | 633 | 191 | 0 | Clair | mauvais | -6 | |
| 39 | Masasauri | Guidan Sor | 4330500 | 15.5.2009 | PC | 466117 | 6.98863 | 13.59642 | 13.6 | 18 | 21 | 7.2 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 9.7 | 0 | 633 | 191 | 0 | Clair | mauvais | -6 | |
| 40 | Masasauri | Guidan Sor | 4330500 | 15.5.2009 | PC | 466117 | 6.98863 | 13.59642 | 13.6 | 18 | 21 | 7.2 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 9.7 | 0 | 633 | 191 | 0 | Clair | mauvais | -6 | |
| 41 | Masasauri | Guidan Sor | 4330500 | 15.5.2009 | PC | 466117 | 6.98863 | 13.59642 | 13.6 | 18 | 21 | 7.2 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 9.7 | 0 | 633 | 191 | 0 | Clair | mauvais | -6 | |
| 42 | Masasauri | Guidan Sor | 4330500 | 15.5.2009 | PC | 466117 | 6.98863 | 13.59642 | 13.6 | 18 | 21 | 7.2 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 9.7 | 0 | 633 | 191 | 0 | Clair | mauvais | -6 | |
| 43 | Masasauri | Guidan Sor | 4330500 | 15.5.2009 | PC | 466117 | 6.98863 | 13.59642 | 13.6 | 18 | 21 | 7.2 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 9.7 | 0 | 633 | 191 | 0 | Clair | mauvais | -6 | |
| 44 | Masasauri | Guidan Sor | 4330500 | 15.5.2009 | PC | 466117 | 6.98863 | 13.59642 | 13.6 | 18 | 21 | 7.2 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 9.7 | 0 | 633 | 191 | 0 | Clair | mauvais | -6 | |
| 45 | Masasauri | Guidan Sor | 4330500 | 15.5.2009 | PC | 466117 | 6.98863 | 13.59642 | 13.6 | 18 | 21 | 7.2 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 9.7 | 0 | 633 | 191 | 0 | Clair | mauvais | -6 | |
| 46 | Masasauri | Guidan Sor | 4330500 | 15.5.2009 | PC | 466117 | 6.98863 | 13.59642 | 13.6 | 18 | 21 | 7.2 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 9.7 | 0 | 633 | 191 | 0 | Clair | mauvais | -6 | |
| 47 | Masasauri | Guidan Sor | 4330500 | 15.5.2009 | PC | 466117 | 6.98863 | 13.59642 | 13.6 | 18 | 21 | 7.2 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 9.7 | 0 | 633 | 191 | 0 | Clair | mauvais | -6 | |
| 48 | Masasauri | Guidan Sor | 4330500 | 15.5.2009 | PC | 466117 | 6.98863 | 13.59642 | 13.6 | 18 | 21 | 7.2 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 9.7 | 0 | 633 | 191 | 0 | Clair | mauvais | -6 | |

Annexe IV : Contenu du CD

Le CD contient les dossiers et les documents suivants :

Cartes

Version A4 des cartes contenues dans le rapport final de l'étude diagnostique à Guidan Roumdji.

- Ammonium.jpg
- Conductivite.jpg
- Echantillon.jpg
- Ecoli.jpg
- Fer.jpg
- Fluor.jpg
- Infiltration.jpg
- Nitrate.jpg
- Nitrite.jpg
- pH.jpg
- Turbidite.jpg

Documentation

- ARGOSSManual.pdf *Guide pour l'évaluation du risque de contamination de la ressource en eau par l'installation de latrines*
- Filtre_ceramique.pdf *Document sur les différents céramiques existants*
- FILTRON_production_manual.pdf *Instructions pour la production locale de filtres en céramiques*
- Fiches_EauPotable.pdf *Documents sur les différents paramètres liés à la potabilité de l'eau.*
- IFRC_water_treatment.pdf *Document de la Fédération Internationale de la Croix-Rouge sur les traitements de l'eau à domicile*
- OMS_Fluor.pdf *Document de l'OMS sur les effets du fluor sur la santé et les traitements des eaux*
- OMS_Nitrate.pdf *Document de l'OMS sur les effets des nitrates et nitrites sur la santé*
- OMS_Guidelines_vol1.pdf *Directives de l'OMS sur la qualité de l'eau de boisson*
- OMS_Guidelines_vol3.pdf *Directives de l'OMS pour l'approvisionnement des petites communautés. Contient des informations sur les traitements de l'eau*
- SafeWaterSystem.pdf. *Document sur la fabrication de l'hypochlorite de sodium*
- SODIS_Fiches_Techniques.pdf. *Fiches techniques sur la méthode de traitement SODIS*
- SODIS_présentation.pdf *Présentation de la méthode de traitement de l'eau SODIS*

Modèles

- Fiche_Analyse.pdf *Fiche pour noter les résultats des analyses*
- Enquete_sanitaire_F.pdf *Enquête sanitaire pour un forage*
- Enquete_sanitaire_PC.pdf *Enquête sanitaire pour un puits cimenté*
- Enquete_sanitaire_PT.pdf *Enquête sanitaire pour un puits traditionnel*

Rapports

- Etude_diagnostique_GR.pdf *Rapport final de l'étude diagnostique sur la qualité de l'eau à Guidan Roumdji*
- Etude_diagnostique_VF.pdf *Rapport final de l'étude diagnostique sur la qualité de l'eau à Gaya et Guidan Roumdji, Défis, Enjeux et Perspectives*
- Manuel_Formation.pdf *Manuel de formation pour effectuer les analyses*

Résultats

- Analyse_passe.xls *Analyses de la qualité de l'eau réalisées par la DRH de Maradi*
- Resultat_etude.xls *Analyses de la qualité de l'eau de l'étude*

BIBLIOGRAPHIE

- ABDOUA D. (2008). *La délivrance du service public de l'eau à Tibiri Rapport de recherche*, Niamey, LASDEL.
- ACF, Action contre la faim (2005). *Water, sanitation and hygiene for population at risk*, Paris, HERMANN.
- ARGOSS (2001). *Guidelines for assesing the risk to groudwater from on-site sanitation*, UK, British Geological Survey commissioned report.
- BAZIN F. (1990). *Nappe du Goulbi de Maradi, Modèle mathématique de simulation des écoulements*. Niamey, Minsitère de l'Hydraulique et de l'environnement, DRE
- BLARD S. (2006). *Les techniques de traitement des eaux chargées en Arsenic, fluor et plomb, Fiche de synthèse*, Paris, Agroparistech.
- CABINET THEC (2008). *Rapport de fin des travaux-Cabinet*, Maradi, THEC
- CAIRNCROSS ET AL. (1991). *Evaluation for Village Water Supply Planning*. The Hague, IRC International Reference Center for Community Water Supply and Sanitation, WHO Collaborating Centre.
- CET-CHERIF (2008). *Programme d'appui à la gestion locale des points d'eau dans le département de Gaya*, Niamey , Rapport du Diagnostic de base DDC.
- CHANTREL, E & de SAINT SAUVEUR A. (2008) *Techniques de clarification avec Moringa à différentes échelles*, www.moringanews.org.
- DDH GUIDAN ROUMDJI (2008). *Rapport annuel*, Guidan Roumdji, Direction Départementale de l'Hydraulique de Guidan Roumdji.
- DHUSUA / DHPES (2008). *Etude pour l'élaboration et l'opérationnalisation de la stratégie de l'hygiène et de l'assainissement au Niger, Rapport d'état des lieux (version provisoire)*, Niamey, République du Niger
- Direction régionale de l'Hydraulique de Maradi (2006). *Rapport de mission, suivi de la qualité des eaux de la région*, Maradi, DHR Maradi
- HINDEN Carole (2008). *La contamination de l'eau de boisson dans le village de Bengou (Niger), Analyse des conditions hydrogéologiques et sanitaires dans le contexte des problèmes de contamination fécale*, Lausanne, Mémoire à l'université de Lausanne.
- IFRC (2008). *Household water treatment and safe storage in emergencies*, Geneva, Fédération Internationale de la Croix-Rouge.
- GROUPE SCIENTIFIQUE SUR L'EAU (2007). *Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine*, Québec, Institut National de Santé Publique du Québec.
- KHAMIS Huma (2003). *Etude préliminaire sur la qualité de l'eau dans le Dallol Maouri dans l'arrondissement de Gaya, Niger, et ses incidences sanitaires*, Genève, Projet RUIG.
- LENNTECH (2009) *Informations techniques*, Pays Bas, www.lenntech.com.
- MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE (2006). *Atlas annuaire des ressources hydrauliques, département de Gaya, canton de Gaya*, Niamey.
- MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE (2006). *Atlas annuaire des ressources hydrauliques, département de Gaya, canton de Kara Kara*, Niamey.

- MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE (2006). *Atlas annuel des ressources hydrauliques, département de Gaya, canton de Bana*, Niamey.
- MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE (2006). *Atlas annuel des ressources hydrauliques, département de Gaya, canton de Yelou*, Niamey.
- MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE (2006). *Atlas annuel des ressources hydrauliques, département de Gaya, canton de Dioundou*, Niamey.
- MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE (2006). *Atlas annuel des ressources hydrauliques, département de Gaya, canton de Zabori*, Niamey.
- MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE (2006). *Atlas annuel des ressources hydrauliques, atlas complet du département de Gaya*, Niamey, version électronique (CD).
- MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE (2008). *Gestion de la qualité des eaux au Niger*, Niamey.
- Ministère du Développement Agricole (2006). *Etude de mobilisation des Eaux dans la Région de Maradi, synthèse, version provisoire*, Niamey Ministère de Développement Agricole, DAERA.
- OSS (2008). *Système aquifère d'Iullemeden (Mali, Niger, Nigéria) : gestion concertée des ressources en eau partagées d'un aquifère transfrontalier sahélien*, Tunis, OSS_collection synthèse n°2.
- REPUBLIQUE DU NIGER (2008). *Annuaire statistique sanitaires du Niger année 2007*, Ministère de la santé publique et de la lutte contre les endémies. Système national d'information sanitaire SNIS.
- SAFE WATER SYSTEM (2002). *Systèmes d'eau salubre pour le monde en développement: Manuel pour la mise en œuvre de projets de traitement et d'emménagement de l'eau à domicile*. Atlanta, Centers for Disease Control and Prevention.
- SIGNER (1997). *Atlas pour la planification, Arrondissement de Guidan Roudji*, Niamey, République du Niger
- WEGELIN M. ET AL. (2006). *Fiche technique SODIS*, Bern, EAWAG.
- WHO (1997) *Guidelines for drinking-water quality, Vol. 3, Surveillance and control of community supplies, 2nd ed.*, Geneva, World Health Organization.
- WHO (2003). *Nitrate and nitrite in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water quality*, Geneva, World Health Organization.
- WHO (2006). *Fluoride in Drinking-water*, Geneva, World Health Organization.
- WHO (2006). *Guidelines for drinking-water quality [electronic resource] : incorporating first addendum. Vol. 1, Recommendations, 3rd ed.*, Geneva, World Health Organization.