



الجمهورية التونسية  
وزارة الزراعة  
والمصايد



Bundesanstalt für  
Geowissenschaften  
und Rohstoffe



OBSERVATOIRE  
DU SAHARA  
ET DU SAHEL

**giz**

Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

**Projet CREM-BGR**  
**Coopération Régionale pour une Gestion Durable des Ressources en Eau au Maghreb**  
**(Volet BGR)**

# **Réalisation d'un Inventaire des Etudes, Cartes et Données Hydrogéologiques Disponibles en Tunisie**

Rapport Final

Période de réalisation: **du 01.10 2015 au 25. 09. 2016**

Auteur : Azaiez Gharbi

Date de l'achèvement: **25.09.2016**

## **Remerciements**

Au terme de cette mission je voudrais exprimer ma reconnaissance au Dr. Hans Werner Müller, coordinateur du projet CREM/BGR qui m'a confiée cette étude et m'a accordé l'opportunité de contribuer au projet CREM. Je remercie Mr. Frigui, Directeur Général des Ressources en Eau pour m'avoir permis l'accès à la bibliothèque Centrale. Mes remerciements sont adressés également aux autres responsables des institutions en rapport avec l'eau pour l'accueil qu'ils m'ont réservé. Cette expertise m'a permis de collaborer avec des scientifiques éminents, en particulier Dr. Issam Nouri, Pr. Jamila Tarhouni, Pr. Ali Sahli et Dr. Ashref Romdhane. , auxquels j'ai beaucoup de respect. Je voudrais exprimer ma gratitude à M<sup>elle</sup> Taj Amira pour le service administratif et à Mme Othman Olfa pour m'avoir facilité l'accès à la bibliothèque de l'OSS.

# Table des matières

<b>Remerciements</b> .....	2
<b>1. Introduction</b> .....	6
<b>2. Etapes de l'expertise</b> .....	7
2.1. Méthodologie d'approche.....	7
2.1.1. Identification des sources d'informations .....	7
2.1.2. Outils utilisés.....	8
2.1.3. Analyses et rapports.....	9
<b>3. Données générales sur les aquifères en Tunisie</b> .....	9
3.1 Nappes phréatiques.....	9
3.2. Nappes profondes.....	11
<b>4. Etudes hydrogéologiques</b> .....	13
4.1 Liste et résumés des études hydrogéologiques .....	13
4.1.1. Etudes répertoriées à la bibliothèque de la DGRE.....	13
4.1.2. Etudes répertoriées à la bibliothèque de l'OSS. ....	38
4.1.3. Etudes répertoriées à la bibliothèque des Universités tunisiennes.....	45
4.2. Analyse SWOT.....	52
4.2.1. Atouts .....	52
4.2.2. Faiblesses.....	53
4.2.3. Opportunités.....	53
4.2.4. Menaces .....	53
4.3. Conclusion .....	54
<b>5. Cartes hydrogéologiques</b> .....	54
5.1. Cartes répertoriées à la bibliothèque de la DGRE. ....	54
5.2. Cartes répertoriées à la bibliothèque de l'OSS.....	61

5.3. Analyse SWOT.....	62
5.3.1 Atouts .....	62
5.3.2 Faiblesses.....	62
5.3.3. Opportunités.....	63
5.3.4 Menaces .....	63
5.4. Conclusion .....	63
<b>6. Données hydrogéologiques.....</b>	<b>63</b>
6.1. Qualité des eaux .....	64
6.2. Niveau piézométrique des aquifères .....	70
6.3. Exploitation des nappes phréatiques.....	73
6.4. Exploitation des nappes profondes .....	76
6.5. Recharge artificielle des nappes.....	80
6.6. Analyse SWOT.....	83
6.6.1. Atouts .....	83
6.6.2. Faiblesses.....	83
6.6.3. Opportunités.....	83
6.6.4. Menaces .....	83
6.7. Conclusion .....	83
<b>7. Conclusion Générale .....</b>	<b>84</b>
<b>Annexe: Inventaire des nappes souterraines en Tunisie .....</b>	<b>85</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Points de surveillance du réseau de suivi de la qualité des eaux (2014) .....	65
<b>Tableau 2:</b> Etat récapitulatif global du réseau de suivi piézométrique des nappes souterraines (2010) . .	70

<b>Tableau 3:</b> Etat récapitulatif du réseau de suivi piézométrique des nappes souterraines par gouvernorat (année 2010) .....	71
<b>Tableau 4:</b> Evolution du nombre de piézomètres pendant la période 1991-2010.....	72
<b>Tableau 5:</b> Répartition régionale du nombre de nappes phréatiques .....	73
<b>Tableau 6:</b> Ressources globales des nappes phréatiques (2010) .....	74
<b>Tableau 7:</b> Répartition régionale des différentes catégories de nappes phréatiques.....	74
<b>Tableau 8:</b> Etat des ressources et d'exploitation des nappes phréatiques par région (2010) .....	75
<b>Tableau 9:</b> Répartition régionale des puits de surface (2010).....	76
<b>Tableau 10:</b> Etat des ressources et d'exploitation des nappes profondes (2009) .....	77
<b>Tableau 11:</b> Nature des points d'extraction des eaux des nappes profondes (2014).....	77
<b>Tableau 12:</b> Répartition régionale des points d'eau .....	78
<b>Tableau 13:</b> Exploitation des nappes profondes par secteur d'activité économique (2014).....	78
<b>Tableau 14:</b> Evolution de l'exploitation des nappes profondes par secteur d'activité économique (2011-2014).....	78
<b>Tableau 15:</b> Répartition régionale des forages illicites (2014) .....	79
<b>Tableau 16:</b> Ventilation des volumes de recharge artificielle entre les nappes (2013) .....	80

## **Liste des figures**

<b>Figure 1:</b> Carte d'assemblage des aquifères phréatiques de Tunisie.....	10
<b>Figure 2:</b> Carte d'assemblage des aquifères profonds de Tunisie .....	12
<b>Figure 3:</b> Carte des nappes rechargées au cours de l'année 2013.....	82

# 1. Introduction

Le Maghreb arabe (Algérie, Maroc et Tunisie) est parmi les régions du globe les plus menacées par la rareté des ressources en eau (quantité et qualité) à cause de la raréfaction grandissante de cette ressource et de la concurrence croissante entre, d'une part l'agriculture et d'autre part, les consommateurs urbains, industriels et touristiques. Le réchauffement climatique auquel la région du Maghreb arabe est très vulnérable est un nouveau facteur qui vient s'ajouter pour aggraver davantage la situation. Actuellement la Tunisie est classée 9<sup>ème</sup> parmi les pays menacés de pénurie en eau (FAO).

Devant cette situation alarmante, les autorités tunisiennes ont mis en place plusieurs stratégies pour assurer la pérennité des secteurs socio-économiques du pays, mais la rareté de l'eau demeure une menace sérieuse qui impose une gestion intégrée et durable de cette ressource basée sur des actions concrètes permettant de valoriser et de pérenniser, au niveau local, régional et international, les ressources naturelles dans ce contexte d'aridité et en adoptant les outils et les méthodes adéquats de diagnostic et de suivi au sein d'une stratégie globale.

C'est dans ce contexte que le projet CREM/BGR se propose aujourd'hui de développer une stratégie régionale pour l'optimisation de la gestion de l'utilisation des ressources en eau dans le Maghreb arabe et ce, en renforçant la coopération entre tous les organismes en rapport avec le secteur de l'eau dans les différents pays, aussi bien au niveau de la connaissance des ressources en eau disponible (quantité et qualité) qu'au niveau de la gestion de leur utilisation dans le futur.

Cette expertise intitulée : « Réalisation d'un Inventaire des Etudes, Cartes et Données Hydrogéologiques Disponibles en Tunisie » est un inventaire visant l'amélioration des connaissances des ressources en eau souterraine en Tunisie et pourrait constituer dans le futur une assise solide pour le développement d'une stratégie de gestion durable de cette ressource.

Les objectifs spécifiques de l'expertise sont:

- Elaborer une méthodologie d'approche
- Inventorier les études hydrogéologiques stratégiques disponibles.
- Inventorier les cartes des aquifères phréatiques et profonds disponibles.
- Inventorier les données hydrogéologiques disponibles.

## **2. Etapes de l'expertise**

### ***2.1 Méthodologie d'approche***

La méthodologie intègre l'identification des sources d'informations, les outils utilisés, les analyses adoptées et les rapports exigés.

#### **2.1.1 Identification des sources d'informations**

L'identification des sources d'informations a été réalisée sur la base de données collectées auprès des responsables rencontrés au cours des visites rendues aux diverses institutions en rapport avec le secteur eau en général et l'eau souterraine en particulier. Les organismes visités sont les suivants:

- Direction Générale des Ressources en eau (DGRE/ BIRH) à Tunis.
- Arrondissements DRE au sein des Commissariats Régionaux de Développement Agricole (CRDA) de Kairouan, de Béja et de Jendouba.
- Bureau Régional de l'Equilibre des Eaux.
- Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS)
- Agence de Coopération Allemande (GIZ) à Kairouan.
- Université de Tunis El Manar (Faculté des Sciences).
- Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux (SONEDE).
- Société de mise en bouteilles Safia au Ksour (Gouvernorat du Kef).
- Office des Mines (Direction des Etudes).
- Office du Tourisme
- Office de Thermalisme.
- Office de Topographie et de Cartographie (OTC).
- Centre National de Cartographie et de Télédétection (CNCT).

A travers les diverses discussions engagées avec les responsables il s'est avéré que les informations sur les ressources en eaux souterraines sont localisées principalement à la

Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE) et ses arrondissements régionaux, qui sont chargés des études d'évaluation des ressources des aquifères phréatiques et profonds en Tunisie. L'observatoire du Sahara et du Sahel (OSS) concentre ses efforts plutôt sur l'étude d'évaluation du Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS). Les universités et les centres de recherche conduisent également des études hydrogéologiques spécifiques et techniques sur les aquifères en général.

Les organismes exploitant les eaux souterraines pour l'agriculture sont la Direction Générale du Génie Rural et d'Exploitation des Eaux (DGREE), La Régie des Sondages, les Offices de mise en valeur, les Sociétés de Mise en Valeur et du Développement agricole (SMVDA) et les Groupements de développement Agricole (GDA).

Le Bureau Régional des équilibres des eaux est chargé par le Ministère de l'Agriculture de veiller sur l'application des stratégies des eaux.

Les organismes exploitant la ressource eau souterraine pour les besoins non agricoles sont nombreux. La Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux (SONEDE) et les sociétés de mise en bouteilles sont chargées de l'exploitation de l'eau potable. L'Office des Mines, l'Office de Tourisme, l'Office de thermalisme sont chargés de l'exploitation de l'eau destinée au secteur industriel.

Les organismes de cartographie tels que l'Office de Topographie et de Cartographie (OTC) et le Centre National de Cartographie et de Télédétection (CNCT) sont chargés de la cartographie des aquifères.

### **2.1.2 Outils utilisés**

Les travaux d'inventaires ont été basés sur des documents consultés principalement à la bibliothèque de la Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE), de l'Observatoire du Sahara et du Sahel, des Universités tunisiennes et de l'Office de Topographie et de Cartographie (OTC).

A la bibliothèque de la DGRE figurent des études très anciennes qui datent de la période coloniale et de la période d'après l'indépendance. Ces études n'ont pas bénéficié du progrès de la science et sont par conséquent peu précises. C'est la raison pour laquelle nous avons jugé utile d'inclure dans cet inventaire les études conduites à partir de l'année 1985 du siècle dernier. De plus, les études inventoriées se limitent aux études stratégiques qui peuvent servir d'assise pour mettre en place de nouvelles stratégies de gestion durable des ressources souterraines.

### **2.1.3. Analyses et rapports**

Une analyse SWOT a été appliquée à chacune des tâches de l'expertise. La matrice SWOT a pour objectif d'acquérir une vision d'ensemble sur les études hydrogéologiques stratégiques inventoriées permettant ainsi de réaliser un diagnostic mettant en évidence d'une part, les atouts et les faiblesses de cet inventaire, qui constituent ensemble les facteurs de capacité, d'autre part, les opportunités et les menaces appelées encore les facteurs environnementaux. Au terme de chacune des tâches de l'expertise un rapport a été élaboré et à la fin de la mission un rapport final et une synthèse ont également été rédigés.

## **3. Données générales sur les aquifères en Tunisie**

Selon les normes de la Direction Générale des Ressources en Eau les nappes souterraines sont de trois catégories:

- Les nappes phréatiques: dont le plan d'eau se situe à une profondeur inférieure à 50 m.
- Les nappes profondes: dont le plan d'eau se situe à une profondeur supérieure à 50 m.
- Les underflows: formés dans les alluvions et perchés sous les écoulements des oueds.

### ***3.1 Nappes phréatiques***

Les nappes phréatiques sont au nombre de 226 dont 32% sont situées au Nord, 43% dans le centre et 25% dans le Sud. Leur inventaire figure en annexe et leur localisation géographique est illustrée par la figure 1.

Les ressources globales des nappes phréatiques en 2010 étaient de 746 Mm<sup>3</sup>/an dont 50% au Nord, 34% au Centre et 16% au Sud. Les prélèvements de la même année étaient évalués à 854 Mm<sup>3</sup>/an soit un taux d'exploitation égal à 114%.

Les approches d'évaluation des ressources renouvelables sont basées sur une estimation soit par des modèles numériques soit par le modèle de Darcy ou encore soit par l'estimation des apports liés à l'infiltration des eaux pluviales et des eaux de crues. L'évaluation de l'exploitation des nappes phréatiques est basée sur la détermination du rythme d'irrigation appliqué tout en tenant compte de la nature des spéculations agricoles et des besoins en eau des cultures irriguées par les puits de surface. L'actualisation du nombre de puits et de leur taux d'équipement est réalisée par les Arrondissements des Ressources en Eau avec les moyens matériels et humains disponibles. Au cours de l'année 2010 les 226 nappes phréatiques étaient exploitées par 138456 puits de surface avec un taux d'équipement égal à 73%.

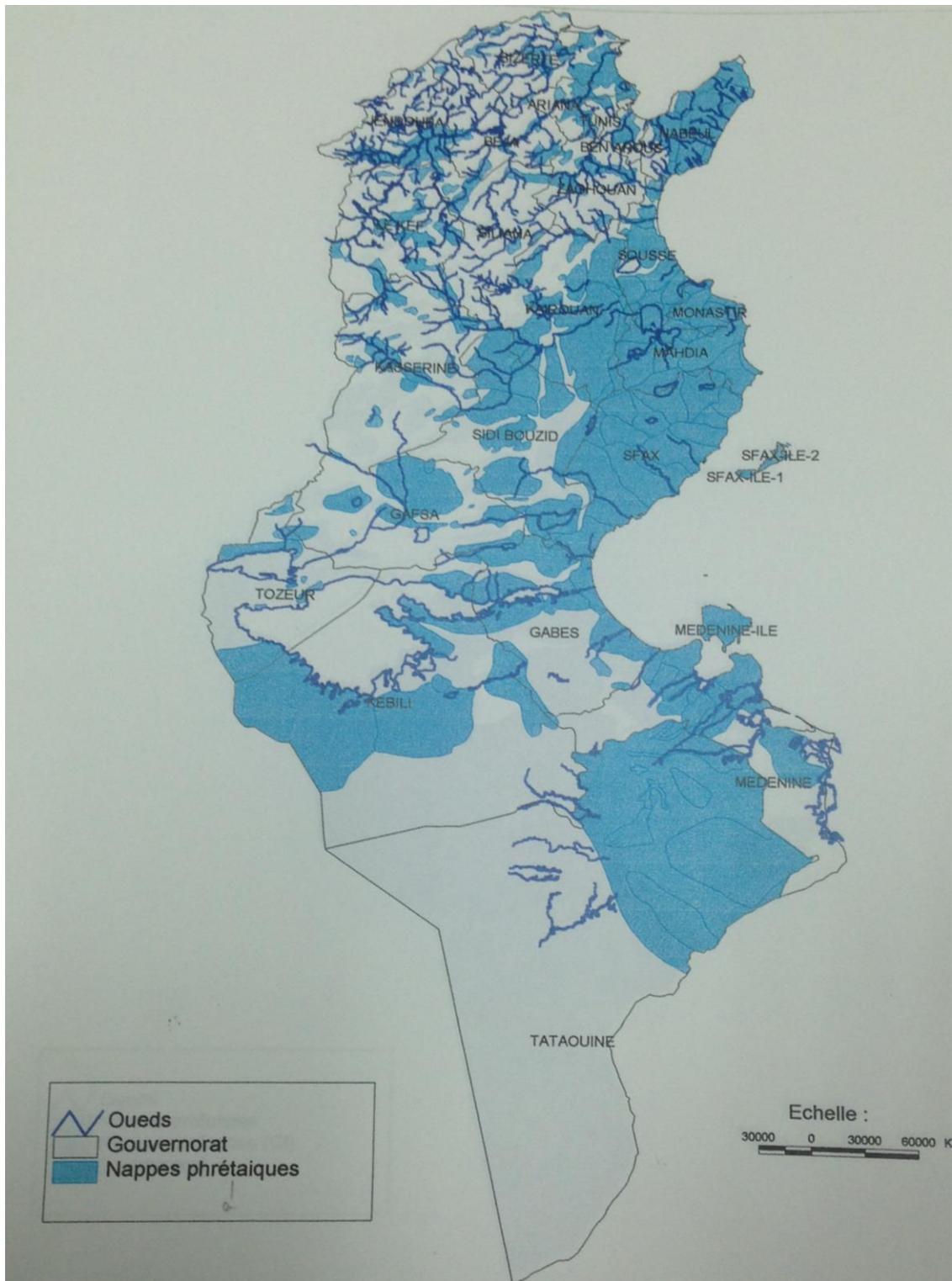


Figure 1: Carte d'assemblage des aquifères phréatiques de Tunisie

Ces puits de surface prélèvent globalement un volume d'eau égal à 1075 Mm<sup>3</sup>/an pour des ressources qui ne dépassent pas 889 Mm<sup>3</sup>/an (2010). L'évolution moyenne du nombre de puits est de l'ordre de 2700 puits/an. Les nappes phréatiques sont dans la plupart surexploitées. Sur les 226 nappes 139 sont encore sous-exploitées (62%), 63 sont surexploitées (28%) et 23 sont exploitées à leur optimum (25%).

### ***3.2. Nappes profondes***

En Tunisie il existe 343 nappes profondes. Leur inventaire figure en annexe. La localisation géographique des nappes profondes est présentée à la figure 2. L'exploitation globale a atteint au cours de l'année 2009 la valeur de 1243 Mm<sup>3</sup>. Cette exploitation représentait 87% des ressources totales des nappes profondes évaluées à 1422 Mm<sup>3</sup>. Les prélèvements dans la nappe profonde se font à partir de 19457 forages.

A l'instar de ce qui s'est produit durant les 2 dernières décennies au gouvernorat de Kébili où la prolifération des forages illicites ne cesse de se développer en l'absence d'un mécanisme et d'une structure efficace chargée de l'application du code des eaux. Le phénomène s'est étendu à la plupart des autres gouvernorats et notamment ceux du Centre et du Nord-est. Le nombre total de forages illicites a atteint 9969 exploitant une ressource évaluée à 169,60 Mm<sup>3</sup>.

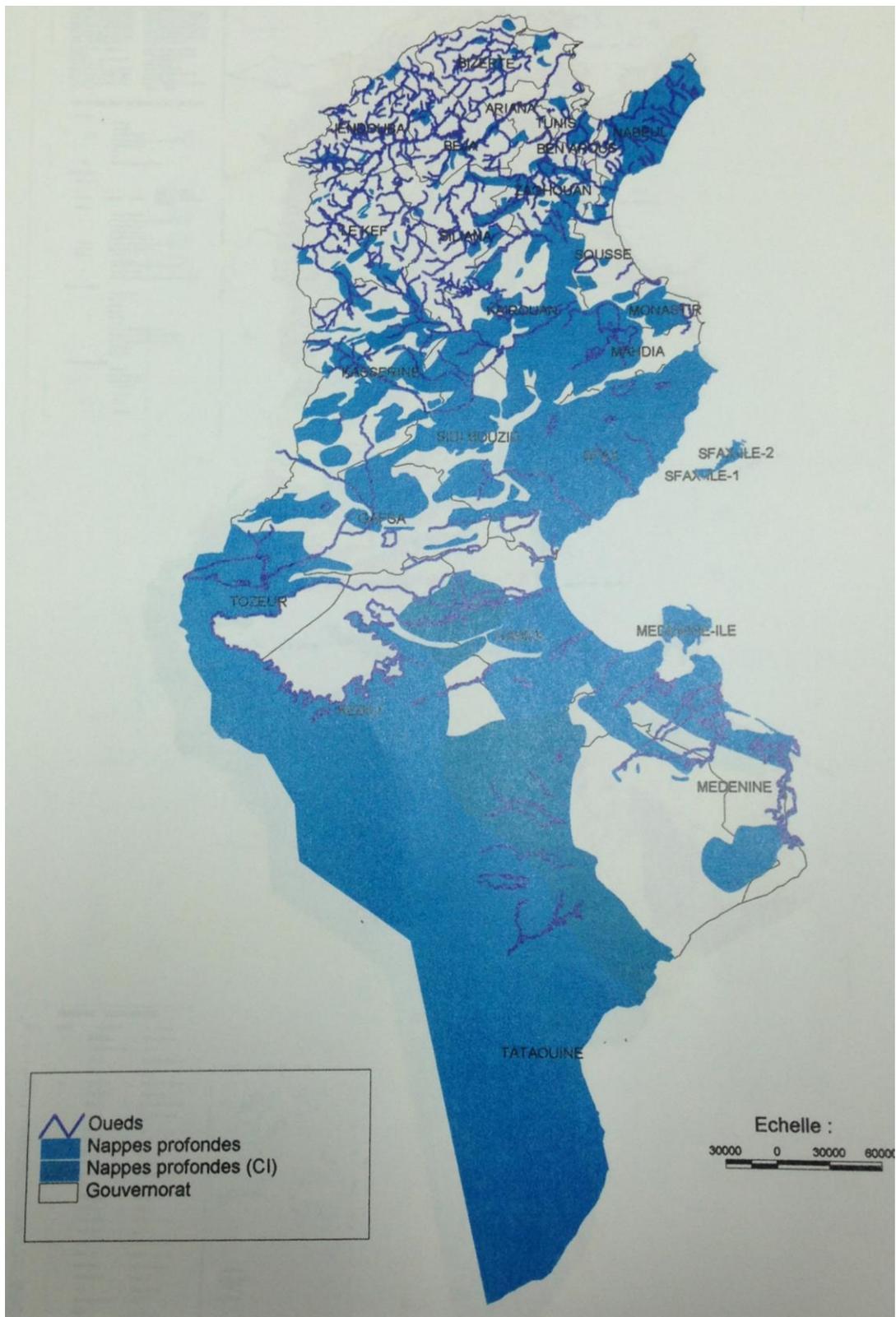


Figure 2: Carte d'assemblage des aquifères profonds de Tunisie

## 4. Etudes hydrogéologiques

Les études stratégiques inventoriées portent en général sur l'évaluation et l'évolution des ressources en eaux souterraines et sur leur exploitation. Elles permettent d'améliorer les connaissances sur les réserves d'eaux disponibles des aquifères afin de pouvoir mettre en place de nouvelles stratégies de gestion durable des eaux souterraines qui visent:

- La desserte de l'ensemble de la population en eau potable.
- L'extension des superficies irriguées et la rationalisation de l'utilisation de l'eau.
- La satisfaction des besoins industriels, touristiques et environnementaux.
- La protection contre les inondations.
- L'exploitation équitable et durable des ressources en eau et leur préservation de toute forme de pollution.

Les thématiques spécifiques de ces études sont:

- Bilan et gestion des ressources en eau souterraine.
- Perspectives et développement des ressources en eau souterraine.
- Etudes techniques de caractérisation des nappes.
- Nappes partagées.
- Recharge artificielle des nappes phréatiques.

### ***4.1 Liste et résumés des études hydrogéologiques***

Les études hydrogéologiques inventoriées sont organisées par source d'information et par ordre chronologique croissant.

#### **4.1.1. Etudes répertoriées à la bibliothèque de la DGRE**

**1. Aranyossy, J. F. et A. Mamou. 1984.** Apport des techniques nucléaires à l'étude des aquifères du Sud tunisien. Projet RAF/8/007. DGRE. TG/ 623.

**Résumé:** L'étude isotopique a permis de dégager les points suivants:

- La recharge se localise essentiellement au niveau du Dhar et de ses piémonts.

- La nappe phréatique échantillonnée à la limite de l'Erg ne semble pas, par contre parvenir d'une alimentation actuelle.
- La grande homogénéité du C.I. est confirmée en ce qui concerne sa partie saharienne. Le rôle de la recharge du Dhar est confiné.
- Le C.I. du seuil de Gafsa semble hydrauliquement indépendant du reste de l'aquifère saharien.
- L'étude isotopique a permis de distinguer dans le complexe Terminal 3 zones au comportement hydraulique différent. Ces zones sont: les calcaires du Tunomien, la partie orientale de Chott El Gharsa et enfin, les calcaires de Nefzaoua et les sables du Djérid.

**2. Zebidi, H. 1985.** Monographie sur les eaux souterraines. DGRE. TG/559.

**Résumé:** Si les eaux de surface présentent une limitation dans la mobilisation les disponibilités appréciables sont encore affectées par les eaux souterraines moyennant:

- La poursuite des activités de recherche notamment par les sondages de reconnaissance.
- Le développement contrôlé de la surexploitation des nappes phréatiques et des nappes profondes.
- La gestion intégrée des eaux de surface et des eaux souterraines.

**3. PNUD/OEP. 1987.** Ressources en eau dans les pays de l'Afrique du Nord. DGRE. Projet RAB/80/011. TG/651.

**Résumé:** Le projet avait pour objectif la réalisation d'études et le développement de technologies appropriées pour maximiser les ressources en eau disponible à des fins d'utilisation multiple dans les conditions acceptables pour les pays du Maghreb. Ces études ont permis de mieux cerner l'ensemble des problèmes et de définir une approche globale en matière de gestion optimale des ressources. Il faut souligner le bénéfice réciproque tiré par chacun des pays de l'échange d'information et d'expérience qui s'est développée au cours du projet grâce aux séminaires, réunions techniques et à la structure de coordination elle-même.

**4. El Batti, D. 1987.** Ressources en eaux souterraines de la région du Centre-Est. DGRE. TG/616.

**Résumé:** Malgré l'existence de grands réservoirs aquifères renfermés dans les structures synclinales du Centre-est de la Tunisie les ressources en eau souterraines de la région sont généralement médiocres aussi bien en quantité qu'en qualité. Les ressources restent très

sollicitées et se trouvent à un stade d'exploitation assez avancé voire excessif d'où la nécessité de veiller à leur sauvegarde de toute dégradation. Il y a lieu d'encourager les procédés d'économie d'eau dans l'irrigation afin d'utiliser au mieux les ressources en eaux souterraines des nappes phréatiques et profondes du Centre-Est.

**5. Jallouli, A. et A. Mamou. 1987.** Recherche hydrogéologique au service des zones arides de la Tunisie. Problèmes et expérience. DGRE. TG/624.

**Résumé:** Dans cette étude il a été évoqué l'organisation des activités hydrogéologiques depuis la formation des cadres jusqu'aux études d'évaluation et de gestion des ressources en eau. L'accent a été mis sur les problèmes d'évaluation des eaux souterraines et leur captage par des forages profonds dépassant 1500 mètres de profondeur. La recharge des nappes phréatiques permet de limiter la dégradation de la qualité chimique des eaux.

**6. Mamou, A. 1988.** L'exploitation commune des nappes du C.I et du C.T. en Tunisie et en Algérie. DGRE. TG/646.

**Résumé:** Les hypothèses de prélèvements proposées dans le cadre des simulations semblent garantir un équilibre de la nappe tout en traduisant une cadence de développement raisonnable dans les 2 pays. Les résultats indiquent des risques possibles tant en ce qui concerne les interférences entre pays que les dangers de détérioration de la qualité chimique des eaux. Le caractère réciproque des effets d'interférence de part et d'autre de la frontière algéro-tunisienne rend indispensable la mise en place d'une structure commune aux 2 pays afin de coordonner la collecte des données sur le suivi de l'exploitation des nappes sahariennes et d'ajuster périodiquement les programmes d'exploitation.

**7. Zebidi, H. 1988.** Stratégies pour le développement de nos ressources en eau. DGRE. TG/652.

**Résumé:** De par sa situation dans un régime climatologique semi-aride à aride, la Tunisie dispose des ressources en eau sans cesse croissantes. Nous nous évertuons à développer les travaux de prospection et d'évaluation des ressources en eau de surface et souterraines aussi précises que possible. Néanmoins, de nombreux problèmes se posent au niveau de la gestion de ces ressources. Leur résolution exige la mise en place de stratégies appropriées visant à utiliser toute l'eau disponible et cela de façon rationnelle, tout en la protégeant contre la pollution.

**8. SONEDE. 1988.** Etude hydrogéologique du Continental Intercalaire. DGRE. TG/660.

**Résumé:** La SONEDE a été chargée d'examiner le potentiel de développement des ressources en eaux souterraines du gigantesque réservoir du C. I. de l'extrême Sud tunisien avant

d'élaborer une étude de factibilité se rapportant sur l'utilisation des ressources dans le cadre d'une gestion intégrée. Ce projet a pour objectif le transfert éventuel d'eau à partir de la nappe du C.I. pour assurer l'alimentation en eau potable des villes côtières de la Djéffara au delà de l'horizon 2020.

**9. Rekaya, M. 1989.** Le contexte hydrogéologique de la nappe aquifère de la côte orientale du Cap Bon (Tunisie). Et les problèmes causés par la surexploitation. DGRE. TG/717.

**Résumé:** La presqu'île du Cap Bon s'étend sur une superficie de 2600 km<sup>2</sup> et comprend les nappes de Grombalia-Soliman, El Haouaria, Côte orientale, Nabeul-Hammamet et Tozghrane. Il ressort de cette étude que le nombre de puits de surface s'élève à 25000 soit 25% du nombre de puits de surface du pays. Les nappes phréatiques offrent elles seules des prélèvements évalués à 200 Mm<sup>3</sup>/an soit 35% de la totalité des prélèvements des nappes phréatiques du pays. Cet état de fait montre que les aquifères du Cap Bon sont soumis à un régime d'exploitation intensive (surexploitation).

**10. Hamza, M. et A. Habib.1989.** Répertoire des forages d'eau et des piézomètres réalisés en 1988. DGRE. TG/702.

**Résumé:** Cette étude comprend le répertoire des forages de toutes les catégories ainsi que celui des piézomètres. Elle comprend également la distribution des sondages par région naturelle, par gouvernorat, par entreprise, par gamme de profondeur et enfin par type d'habillage et de captage.

**11. Mamou, A. 1989.** Les aménagements de conservation des eaux et du sol comme moyen de recharge des nappes du Sud tunisien. DGRE. TG/713.

**Résumé:** Le régime des pluies du Sud tunisien favorise le ruissellement épisodique beaucoup plus que l'infiltration directe ce qui est une raison valable pour le renforcement des travaux de CES. Les nappes bénéficiant des conditions de recharge induite peuvent ainsi supporter une certaine surexploitation pendant la période sèche de l'année ou durant les années de sécheresse prolongée. Ceci résulte de la forte capacité d'emmagasinement de ces nappes et leur accessibilité à l'infiltration rapide des eaux de ruissellement. L'effet de la recharge se traduit par une remontée rapide du niveau piézométrique juste après le passage des crues et une baisse très prolongée dans le temps par la suite. Cette baisse est d'autant plus prolongée que les caractéristiques hydrodynamiques sont bonnes et la surexploitation est faible

**12. Mamou, A. 1990.** Recharge récente des systèmes aquifères du Sud tunisien et son impact sur la gestion. DGRE. TG/713.

**Résumé:** Les principales nappes aquifères du Sud tunisien se présentent sous forme de systèmes de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. Les niveaux aquifères se trouvent ainsi intercalés au sein d'autres formations moins perméables qui n'affleurent que sur des superficies limitées. Cette configuration confère aux réservoirs les caractères d'aquifères confinés dont la recharge actuelle se limite aux niveaux les moins profonds et à la partie libre de la nappe. La mise en évidence de la recharge récente de ces nappes se base sur l'étude de leurs caractéristiques piézométriques et géochimiques. Son évaluation est faite à partir des modèles numériques estimant le bilan volumique de la nappe ainsi que les modèles géochimiques et isotopiques expliquant leur fonctionnement hydrodynamique.

**13. Latreche, D., A. El Hedhil et M. Rekaya. 1991.** Recharge artificielle des nappes dans le Maghreb-un aperçu sur le présent, l'héritage de l'avenir. DGRE.

**Résumé:** Le projet RAB 80/011 auquel participaient la Tunisie, L'Algérie et le Maroc avait pour objectif d'entreprendre des études et de développer des technologies appropriées pour maximiser les ressources en eau disponibles à des fins d'utilisation multiple dans des conditions économiques acceptables dans les pays du Maghreb. Les activités principales étaient l'étude de l'érosion et des transports solides dans les zones semi-arides, la recharge artificielle des nappes et l'utilisation des eaux usées.

Dans le domaine de la recharge artificielle des nappes l'évolution rapide des besoins en eau et les différents usages, les nécessités créées par le déficit alimentaire face à une démographie sans cesse croissante font que le Maghreb se trouve actuellement dans une phase de transition, au cours de laquelle la stratégie de l'eau doit emprunter de nouvelles orientations en vue d'une meilleure et plus grande utilisation de l'eau. L'exploitation des eaux souterraines a connu, au cours de ces dernières années un essor considérable et connaîtra, pour les années à venir une expansion encore plus grande. Garantir leur pérennité nécessite une gestion intégrée de l'ensemble de la ressource. Ainsi donc, il importe de savoir comment stocker dans les réservoirs souterrains des eaux de crues, qui se perdent annuellement à défaut de récupération. Ces eaux disponibles pendant de courtes périodes, pourraient être mobilisées afin de renforcer l'alimentation naturelle des réserves souterraines par des méthodes de recharge artificielle, et d'utiliser ainsi intégralement la capacité d'emménagement des formations aquifères. Au terme de l'étude les auteurs ont pu affirmer que la recharge artificielle des nappes est un moyen technique d'aménagement et de gestion de l'eau. L'étude démontre que la conception, le fonctionnement et l'entretien des dispositifs doivent être faits en tenant compte de la présence de sédiments en suspension, susceptibles de compromettre la pérennité et la

rentabilité de la recharge en raison du colmatage et de la migration des colloïdes sous la plage d'infiltration. Cet aménagement a confirmé sa viabilité économique du fait de sa flexibilité et de son aptitude à s'adapter au contexte historique du développement socio-économique du Maghreb.

**14. Horchani, A. 1994.** Gestion des ressources en eau en Tunisie. TG/841. DGRE.

**Résumé:** Le potentiel des nappes souterraines est estimé à 1,72 Milliards de m<sup>3</sup>/an dont 0,58 Milliards viennent des nappes phréatiques. 30% du potentiel des nappes phréatiques recèlent une salure supérieure à 4,5 g/l. En Tunisie les ressources en eau les plus faciles et les moins coûteuses ont été mobilisées. Les mobilisations futures requièrent de lourds investissements, des études complexes et une technologie plus avancée (transfert, recyclage, dessalement, recharge des nappes, traitement biologique et chimique).

Actuellement la maîtrise de la gestion sous tous ses aspects, technique, économique, financier, social, institutionnel et juridique devient prioritaire pour ne pas accélérer l'équilibre du bilan. L'action prioritaire dans la nouvelle approche de la recherche du véritable sens de la demande est menée actuellement et essentiellement dans le domaine des besoins agricoles surtout au niveau de la parcelle, où l'efficacité reste encore faible. L'hydraulique du futur, dans notre pays, sera focalisée essentiellement sur la maîtrise de la demande et l'amélioration des performances des ressources en eau.

**15. Mamou, A. 1994.** Evaluation et mobilisation des ressources en eaux souterraines en Tunisie. TG/852. DGRE.

**Résumé:** L'évolution dans l'évaluation des ressources en eau exploitable des nappes phréatiques résulte de l'évolution des connaissances acquises entre temps sur leur fonctionnement hydrodynamique. L'évolution de leur exploitation qui est passée de 395 Mm<sup>3</sup>/an en 1980 à 699 Mm<sup>3</sup>/an en 1990 sachant que la ressource en eau exploitable en 1990 était de 699 Mm<sup>3</sup>/an et que 100% des ressources étaient exploités. Les ressources globales exploitables en 1990 étaient de 1171 Mm<sup>3</sup>/an alors que l'exploitation était de 836 Mm<sup>3</sup>/an et ne représentait par conséquent que 73% des ressources exploitables.

**16. DGRE. 1994.** Vers l'amélioration des performances des méthodes de surveillance et de gestion des ressources en eau. Implantation d'un système d'informations géographiques à la Direction Générale des Ressources en Eau. TG/858 DGRE.

**Résumé:** La DGRE est chargée au sein du Ministère de l'Agriculture de l'évaluation et du suivi des ressources souterraines. C'est pour cette raison que la DGRE ne cesse de se doter de techniques de pointe telle que le Système d'Information Géographique (SIG). C'est pour examiner les possibilités réelles ainsi que la consistance matérielle d'un tel système qu'un

groupe d'ingénieurs de la DGRE a été chargé d'examiner la procédure d'acquisition et d'exploitation d'un Système SIG. La configuration adoptée est souple, extensible et offre des possibilités de liaison avec d'autres institutions. Elle permettra dans une première phase de familiariser l'équipe centrale à la manipulation de ce système et ensuite procéder à une décentralisation ou à l'extension de ce système aux régions.

**17. Matoussi, M. S. 1994.** Gestion durable des ressources en eau. Cas de la Tunisie. TG/877. D/GRE.

**Résumé:** L'objectif fondamental de ce projet est de concevoir une stratégie globale et intégrée de la gestion de la demande de l'eau en Tunisie. Cette stratégie permettrait de retarder aussi longtemps que possible le recours aux ressources non conventionnelles et surtout éviterait une exploitation non durable des ressources souterraines. Les composantes institutionnelles, environnementales et surtout sociales seront intégrées d'une manière explicite dans la conception de cette stratégie globale en vue d'aboutir à une gestion optimale de la ressource eau dans une optique de développement durable.

**18. Yousfi, M. 1995.** Calcul des paramètres hydrauliques des nappes d'eau souterraines et des puits à partir des essais de pompage. Mémoire de Fin d'Etudes d'Ingénieur. ESIER Medjez El Bab. TG/985. D/GRE.

**Résumé:** Les types d'essais utilisés pour calculer les paramètres hydrauliques des nappes sont nombreux. L'essai de longue durée permet de déterminer la transmissivité, le coefficient d'emmagasinement et l'interférence entre les différents forages captant la même couche aquifère.

Les essais à plusieurs paliers sont utilisés pour la réception des forages d'eau. Ils permettent de calculer les transmissivités, les pertes de charge, les débits spécifiques, les rabattements spécifiques et de proposer un débit d'exploitation.

L'essai de type Porchet se fait sur des puits de grand diamètre et à pénétration partielle. Il permet de déterminer des conditions d'exploitation.

**19. Khanfir, R. 1996.** Les perspectives de développement des ressources en eau en Tunisie. Symposium International sur la Gestion de l'eau dans le bassin méditerranéen. TG/881.DGRE.

**Résumé:** Le premier bilan des ressources en eau souterraine phréatiques du pays remonte à 1967. Les ressources en eau exploitables à partir des nappes phréatiques ont été estimées à 120 Mm<sup>3</sup>/an. Depuis 1980 ces ressources sont actualisées tous les 5 ans. En 1995 ces ressources ont été estimées à 730 Mm<sup>3</sup>/an. La Tunisie du Nord détient plus de 55% des

ressources des nappes phréatiques et 60% des puits équipés. La Tunisie du Centre détient 30% des eaux phréatiques et 30% des puits équipés, La Tunisie du Sud détient 15% des ressources et 10% des puits équipés.

Les nappes surexploitées accusent un déficit de 164Mm<sup>3</sup>/an. Il faut par conséquent envisager l'alimentation des nappes par les travaux CES et la recharge artificielle et par les eaux d'épandage. Il existe des nappes sous-exploitées dont les ressources disponibles sont estimées à 135 Mm<sup>3</sup>/an.

Les ressources des nappes souterraines profondes sont localisées surtout dans le Centre et le Sud du pays. Ces ressources sont évaluées en 1995 à 1250 Mm<sup>3</sup>/an. L'exploitation de ces nappes s'est développée très rapidement sous l'effet de l'encouragement à la création des forages. En 1994 l'exploitation des nappes profondes a atteint 930 Mm<sup>3</sup>/an.

**20. DGRE. 1996.** Recharge artificielle des nappes de Tunisie en 1996. TG/916. DGRE.

**Résumé:** La recharge des nappes en Tunisie a intéressé en 1996 les aquifères suivants:

- Nappe de l'underflow de l'Oued Siliana à partir des eaux de crues à travers le lit de l'Oued Ouzafa.
- Nappe de l'Oued Souhil à partir des eaux usées traitées à travers des bassins d'infiltration.
- Nappe de Grombalia à partir des eaux du canal Medjerda à travers les bassins superficiels d'El Gobba et de Sidi Alaya.
- Nappe de Nadhour-Saouaf par lâchers à partir des eaux de barrages collinaires d'El Oglia et Essahel.
- Nappe du Fahs par lâchers à partir des eaux du barrage collinaire El Abaya.
- Nappe de Teboulba : Recharge artificielle dans des puits à partir des eaux du barrage Nebhana.
- Nappe de Bekalta: Recharge artificielle dans des puits à partir des eaux du barrage Nebhana.
- Nappe de kairouan: Recharge artificielle dans les lits des oueds Zeroud et Marguellil à partir des lâchers d'eaux des barrages Sidi Saad et El Houareb.
- Nappe de Chougafia : Recharge artificielle à partir des eaux du barrage collinaire d'El Fej

- Nappe de Sbiba : Recharge artificielle à partir des eaux du barrage collinaire d'Oum Laaroug.
- Nappe de Thélèpte : Recharge artificielle par lâchers à partir des eaux du barrage collinaire Bouhaya.

Les opérations de recharge artificielles menées depuis 1992 dans le cadre de la stratégie nationale des ressources en eau, sur les nappes du pays ont permis l'injection de plus de 223,365 Mm<sup>3</sup>, réparties à travers 13 systèmes aquifères. Le volume d'eau annuel injecté augmente d'une année à l'autre en raison de l'instauration de nouveaux sites de recharge. La majeure partie des eaux rechargées revient à l'épandage dans les lits des oueds avec plus de 95% du volume total injecté. Le stockage par puits et bassins est relativement faible, Il ne représente que près de 5% du total. L'injection dans les lits de cours d'eau, sur une très grande surface, semble constituer la technique la mieux appropriée pour la recharge des nappes surtout lorsque le bassin versant est doté d'une infrastructure hydraulique permettant le stockage de l'eau et sa disponibilité pour toutes les périodes de l'année, par contre, l'injection dans les bassins ou les puits de surface semble être conditionnée par le taux d'infiltration très réduit et qui est étroitement lié à la section infiltrante. A l'heure actuelle, l'évaluation des apports d'eau dus aux aménagements de CES est difficile à faire puisque les réseaux d'observation et de contrôle existants ne permettent pas de refléter une situation complète du bilan en eau de la nappe.

Les études par modèles de simulation qu'il faudrait entreprendre pour toutes les nappes concernées aideront à répondre à ces questions.

**24. Mamou, A. 1997.** Développement des ressources en eau en Tunisie. Situation actuelle et perspectives. TG/911. DGRE.

**Résumé:** En Tunisie les ressources en eau sont à l'origine du développement socio-économique du pays. Les conditions d'utilisation de l'eau ont nettement changé depuis l'indépendance du pays en 1956, sous l'effet de l'accroissement démographique, de l'amélioration des conditions de vie, de l'extension de l'urbanisme et de la mobilisation intensive des ressources en eau. Cette évolution socio-économique rapide a entraîné une pression croissante sur les ressources en eau sous l'effet d'une demande sans cesse croissante dans les différents secteurs usagers. Cette utilisation a mis en évidence les limites de l'offre en eau face à cette demande croissante ainsi que la nécessité d'une planification assurant la gestion intégrée et optimisée des ressources disponibles.

La planification de mobilisation et de l'utilisation des ressources en eau intégrées aux plans quinquennaux du développement économique du pays, a fait l'objet d'une attention

particulière et la Tunisie a mis en place une stratégie de développement des ressources en eau qui vise à assurer à travers leur gestion intégrée, la réalisation des objectifs économiques dont particulièrement la sécurité alimentaire en même temps que la préservation de la ressource et de son environnement. Cette stratégie se base essentiellement sur:

- Une mobilisation qui respecte les capacités limites des écosystèmes et garantie la pérennité de la ressource.
- Une gestion intégrée des eaux de surface et souterraines ainsi qu'une complémentarité entre les ressources conventionnelles et non conventionnelles.
- Une optimisation de l'utilisation de l'eau à travers l'efficacité d'usage et de son évolution, la réduction des pertes et la préservation de la qualité.

La mise en exécution de cette stratégie s'est traduite par:

- la continuation de l'effort de l'optimisation de la mobilisation des ressources conventionnelles sur la base d'une connaissance approfondie de l'état de la ressource et de son évolution.
- le renforcement et la modernisation des équipements de mobilisation, d'adduction et de distribution de l'eau tout en garantissant leur maintenance efficace.
- Le renforcement des capacités de gestion matérielles et humaines.
- l'intégration graduelle dans l'usage, des ressources non conventionnelles en parallèle avec la généralisation des techniques d'économie d'eau.
- la réforme de la législation et des structures institutionnelles afin de permettre une participation plus large des usagers à la gestion et de renforcer les liens de solidarité entre eux.

Cette stratégie, mise en application depuis 1991, a permis d'assurer un taux de mobilisation de l'ordre de 75% et un taux d'utilisation qui avoisine 62%. Elle a doté le pays d'une infrastructure hydraulique qui permet d'atténuer les aléas climatiques et de préserver les terres de l'érosion. La politique de gestion des ressources en eau de la Tunisie et de plus en plus orientée vers la prise en considération de la demande réelle. Elle tente à travers l'optimisation d'un usage intégré et de l'économie de l'eau, d'assurer les besoins des différents secteurs d'utilisation tout en minimisant l'impact sur l'environnement.

**25. Daoud, A. 1998.** Les ressources en eaux en Tunisie. Bilan et perspectives. Extrait de la Lettre n°16 Programme International Géosphère Biosphère-Programme Mondial de Recherches sur le

Climat (PIGB-PMRC).

**Résumé:** Les trois dernières décennies furent marquées en Tunisie par l'engagement massif de l'Etat pour la mobilisation des ressources en eaux, en vue de subvenir aux besoins des différents secteurs. Si le bilan actuel est positif, la gestion future des ressources devrait tenir compte des aspects techniques, institutionnels et économiques. Sur le plan technique, la gestion future de la demande nécessite aussi bien le recours à la grande hydraulique, que la technique de petite hydraulique, capable de mobiliser les faibles quantités restantes, mais aussi de protéger les sols et réhabiliter les bassins versants dégradés. Sur le plan institutionnel, et face au désengagement progressif de l'Etat, marqué par l'application du Plan d'Ajustement Structurel Agricole, la gestion de la demande exigera dans l'avenir de déterminer le rôle de tous les autres acteurs, en les responsabilisant. A cet égard, les associations d'usagers, comme les Associations à Intérêt Collectif, devraient jouer leur rôle dans la gestion de l'eau d'irrigation, particulièrement par la maîtrise de sa consommation. Enfin, sur le plan économique, l'application de la réalité des prix de l'eau en agriculture, longtemps fournie très en deçà de son coût réel par l'Etat, est désormais incontournable.

**26. Kamoun, S. 1998.** Réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines de Tunisie. TG/925. DGRE.

**Résumé:** La mise en place d'un réseau national de suivi de la qualité des eaux souterraines a permis dans une première étape de réaliser un diagnostic global de la salinité et des teneurs en nitrates des eaux dans les principales nappes des différents gouvernorats concernés et représentés par des réseaux régionaux. L'ensemble des informations recueillies a permis de dégager quelques résultats indicatifs relatifs à une situation de la qualité des eaux se résumant dans ce qui suit:

L'impact de l'utilisation des engrais azotés et phosphatés dans les régions à vocation agricole s'est fait sentir par des teneurs élevées en nitrates particulièrement dans les niveaux aquifères superficiels. Nous citons à titre d'exemple les nappes phréatiques de Mornag à Ben Arous et de Ras Djébel à Bizerte où les teneurs en nitrates ont dépassé 200 mg/l pour atteindre 400 mg/l.

- La salinité augmente de l'intérieur du pays vers les zones côtières et du Nord vers le Sud. Ainsi les nappes du Nord-Ouest montrent des eaux peu chargées dans leur ensemble alors qu'elles deviennent plus chargées particulièrement dans les zones côtières. En allant vers le Nord-Est comme par exemple la région de Nabeul.
- La région de Kasserine se caractérise par des eaux faiblement chargées aussi bien en nitrates qu'en sels totaux alors que dans les gouvernorats du Centre-Est, pratiquement tous les aquifères sont chargés en sels.

- Les gouvernorats du Sud sont plutôt caractérisés par des nappes chargées aussi bien à l'Ouest qu'à l'Est.

Nous signalons toutefois que les niveaux profonds présentent généralement une meilleure qualité que les niveaux superficiels mais la nature lithologique des terrains renfermant les aquifères joue un rôle important pour ce qui est de la qualité des eaux de ces aquifères d'où l'importance de cette information au niveau de l'ensemble des données.

Pour les prochaines campagnes de prélèvement qui intéresseront normalement tous les gouvernorats du pays et qui seront plus régulières, les résultats nous permettront de s'assurer de ceux obtenus en 1998. La série d'informations qui sera de plus en plus complète, précisera davantage nos connaissances sur la qualité des eaux souterraines et son évolution dans le temps et dans l'espace.

**27. Ministère de l'Agriculture. 2000.** EAU 21. Stratégie à long terme du secteur de l'eau en Tunisie (2030). TG/927. DGRE.

**Résumé:** En raison de sa position topographique, la Tunisie est soumise à l'influence de deux climats, l'un méditerranéen au Nord et l'autre saharien au Sud qui sont à l'origine d'une variabilité spatio-temporelle des ressources en eau. Ainsi la pluviométrie moyenne annuelle varie de moins de 100 mm à l'extrême Sud à plus de 1500 mm à l'extrême Nord du pays. Cette situation fait de la Tunisie un pays aux ressources en eaux renouvelables relativement limitées. En effet, les ressources ne sont que de 4700 Mm<sup>3</sup> dont 550 Mm<sup>3</sup> sont des ressources non renouvelables. Par conséquent, le ratio par habitant et par an n'est que de 450 m<sup>3</sup> qui est considéré faible par rapport aux normes internationales qualifiant les pays disposant de moins de 1000 m<sup>3</sup> par habitant et par an comme pays pauvres en eau.

Malgré cette situation qui apparaît contraignante et alarmante. La Tunisie a pu satisfaire ces besoins en eau des différents secteurs même pendant les périodes de sécheresse relativement accentuées. Ainsi le taux de desserte en eau potable a atteint 100% dans le milieu urbain et 71% dans le milieu rural, sans faire de rationnement d'eau même pendant les périodes de pénurie. De son côté, l'agriculture irriguée s'est développée sur une superficie de 335000 ha, soit 7% de la superficie labourable, produisant en moyenne 32% de la valeur de la production agricole totale. En effet, la Tunisie grâce à sa tradition enracinée dans le temps et à sa volonté politique avait engagé une stratégie ambitieuse de mobilisation (1990-2000) et a réussi à gérer les ressources disponibles pour satisfaire toutes les demandes surtout pendant les périodes de déficit d'eau qui sont prépondérantes dans un climat aride et semi-aride.

Avec la croissance démographique et le développement socio-économique la pression de la demande sur la ressource en eau sera de plus en plus importante ce qui nécessitera une

meilleure gestion de la demande après l'achèvement de la phase de la mobilisation des ressources conventionnelles. Les ressources exploitables sont peu variables et évaluées entre 2700 et 3100 Mm<sup>3</sup> alors que la demande totale en 1996 est de 2500 Mm<sup>3</sup> et va progresser d'une façon continue et remarquable parallèlement au développement socio-économique du pays. La gestion de la demande en eau constitue un axe principal dans la politique générale de l'eau dans le futur afin de maîtriser la consommation au niveau des différents secteurs et surtout l'agriculture qui est le plus gros consommateur des ressources en eau. Les outils de cette gestion se basent essentiellement sur l'économie d'eau sa valorisation et la rationalisation de l'utilisation surtout dans le domaine agricole. Pour atteindre ces objectifs la Tunisie doit améliorer la législation de l'eau et faciliter son application, et instaurer des institutions qui permettent une meilleure gestion de la demande en eau au niveau des différents secteurs socio-économiques. Cette politique permettra à la Tunisie de maîtriser la demande qui pourrait se limiter à 2800 Mm<sup>3</sup> en 2030, soit une valeur qui est très proche des ressources exploitables estimées à 2700 Mm<sup>3</sup>.

Malgré cette situation qui apparaît relativement confortable, la Tunisie pourrait être soumise à des pressions dues soit à des sécheresses accentuées, à des problèmes de pollutions, à une surexploitation des ressources plus ou moins importante et même à des risques d'abondance limités dans l'espace et dans le temps qui compliquent davantage la gestion des ressources. Ainsi, le pays doit s'armer d'une meilleure connaissance de ces phénomènes et faire recours aux eaux non conventionnelles pour satisfaire les demandes en eau potable dans certaines régions déficitaires et maîtriser des ressources supplémentaires pour le développement des secteurs économiques surtout en agriculture.

**28. Mestiri, R. 2000.** Etude de la recharge artificielle des nappes phréatiques par les eaux usées traitées. TG/956. DGRE.

**Résumé:** Le périmètre irrigué d'Ouerdanine utilise les eaux usées de la station d'épuration de la ville. L'actualisation de l'étude de l'aquifère de Sahline - Ouerdanine a montré que le niveau piézométrique de la nappe a subi une élévation et que le niveau de salinité de l'eau a baissé justifiant l'existence d'un impact positif des eaux usées sur les caractéristiques physiques et chimiques de la nappe. Sur le plan microbiologique les eaux de la nappe ont subi une contamination importante. En ce qui concerne le périmètre irrigué de Zaouïat Sousse, irrigué à partir des eaux usées de la ville de Sousse les résultats ont montré que la recharge a contribué à une fluctuation temporelle et spatiale du niveau piézométrique mais elle a engendré une dégradation chimique de la qualité des eaux et une contamination microbiologique confirmée par les analyses.

**29. Mamou, A. et R. Khanfir. 2000.** Ressources en eau et perspectives de développement en Tunisie. Union Internationale pour la conservation de la nature. Forum Régional de la conservation.TG/926.DGRE.

**Résumé:** Les ressources en eau de la Tunisie sont à la base d'une conception de développement qui accorde à la mobilisation de ces ressources une importance capitale. L'état avancé de la mobilisation de ces ressources fait apparaître une inadéquation entre les disponibilités en eau et la demande. Actuellement l'agriculture est le principal demandeur d'eau avec près de 83% des ressources utilisées. La demande en eau des autres secteurs et particulièrement celle de l'eau potable, est peu compressible. A moyen terme (2020), des problèmes liés à la disponibilité des ressources de bonne qualité, est de nature à imposer de réviser l'allocation actuelle des ressources en eaux. D'autre part, l'accroissement de la demande continue de tous les secteurs d'utilisation, impose déjà la nécessité d'une gestion intégrée des ressources mobilisées qui soit basée sur une complémentarité poussée entre les eaux de surface et les eaux souterraines et avec le recours de plus en plus aux ressources non conventionnelles. Tenant compte du coût relativement élevé de cette eau pour certains usages, l'économie dans l'utilisation est le moyen le mieux indiqué pour développer des disponibilités en eau et optimiser leur utilisation.

**30. RE, ANRH et GWA. 2003.** Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS). Gestion commune d'un bassin transfrontière.TG /953. DGRE.

**Résumé:** Les nappes du SASS sont soumises à des contraintes qui limitent l'exploitation de leur potentiel. Ces contraintes sont économiques et environnementales. Les résultats montrent que:

- La simple poursuite des rythmes de prélèvements actuels peut constituer un grave danger pour la nappe du Complexe Terminal dans la région des chotts.
- En dehors de la région des Chotts de l'exutoire tunisien et du Golf de Syrte, de légères augmentations des rythmes d'exploitation peuvent encore être supportées sans dommage majeur.
- Les simulations basées sur des hypothèses fortes aboutissent à une situation inacceptable.
- Il existe une possibilité d'augmenter sensiblement les prélèvements actuels, mais au prix d'une délocalisation des champs de pompage additionnels vers des endroits éloignés: Grand Erg Occidental, confins de l'Erg Oriental.
- Malgré les efforts déployés par le projet, des incertitudes subsistent, aussi bien sur la connaissance du système que sur la définition des options de développement, qui nécessiteront d'entreprendre de nouvelles investigations.

**31. Bédir, M. 2004.** Etude géophysique et géochimique des nappes profondes des zones côtières de Sousse-El Jem-Mahdia-Sfax. Rapport d'avancement N°1. Contrat programme NRST/DGRE: TG/972. DGRE.

**Résumé:** Les résultats relatifs à l'étude hydrogéologique, à l'étude géochimique et à l'étude géophysique des horizons réservoirs profonds du Miocène, du Miocène et de l'oligocène des 3 zones de projet sont prometteurs.

**32. S/Direction des Sondages Hydrauliques. 2005.** Avancement du PISEAU (2001-2002-2003-2004-2005). Composante gestion des Eaux souterraines. Projet Forages de reconnaissance et Piézomètres. TG/973. DGRE.

**Résumé:** Le projet PISEAU, en sa dernière année d'exécution a atteint pour les composantes forages de reconnaissance et piézomètres une phase bien avancée de son exécution, soit un taux de réalisation de 79,4% pour les forages de reconnaissance soit 205 forages réalisés sur les 258 programmés. On estime que les 53 forages restants et parmi lesquels 17 sont en cours de travaux, seront réalisés d'ici la fin de l'année 2005. 76,9% pour les piézomètres, soit 326 piézomètres réalisés sur les 424 programmés. L'achèvement des 98 piézomètres restants est prévu également pour la fin de l'année 2005. Parmi les forages réalisés 142 sont productifs et ont contribué à la mobilisation d'un volume d'eau supplémentaire de 31,5 millions de m<sup>3</sup>/an.

**33. Ghediri, H. 2005.** Les nappes phréatiques face au changement climatique : L'intrusion d'eau marine, une menace en vue. Le quotidien. DGRE.

**Résumé:** L'étude de l'impact des changements climatiques sur l'équilibre des ressources du pays est aujourd'hui une des priorités stratégiques des institutions de recherche. En matière de ressources hydrauliques, la télédétection spatiale a montré que l'élévation accélérée du niveau de la mer favorise la salinité des réserves d'eaux souterraines.

Le scénario est le fruit d'une étude faite par un expert tunisien et présentée lors du colloque international « GéoTunis 2008 » qui s'est déroulé au Centre International des technologies de l'environnement de Tunis (CITET). Les travaux du colloque traitent en fait de la gestion des ressources naturelles et de l'étude de l'impact du changement climatique, avec les systèmes d'information géographique, des sciences et des technologies de l'espace.

L'expert s'est intéressé à la vulnérabilité des nappes phréatiques qui se trouvent dans les aquifères côtiers de la Tunisie à la surexploitation et à l'élévation du niveau de mer dues au changement climatique. Il a étudié la vulnérabilité de la nappe de Grombalia aux intrusions marines. D'après l'expert, le système hydrologique des nappes côtières en Tunisie est très complexe et n'est pas encore bien connu. Il estime que presque la moitié du potentiel des nappes phréatiques se trouve dans des aquifères côtiers. D'où l'importance de ces réservoirs

d'eau surtout qu'un grand nombre d'entre eux est situé dans des régions où la demande est très forte. L'expert cite l'exemple des réservoirs situés au Cap Bon, au Sahel et dans la région de Sfax, qui sont des zones caractérisées par un climat semi-aride. Ces nappes sont facilement exploitées à partir des puits de surface. Elles sont donc surexploitées. En plus de cela, ces nappes sont exposées au risque immanent des intrusions des eaux marines qui résulteraient de l'élévation du niveau de la mer à cause du changement climatique. Le spécialiste considère que cette intrusion menace directement et sur le court terme un bon nombre d'aquifères d'eau douce déjà très fragiles. La salinité affectera sur le long terme des sols qui, estime-t-il, deviendront impropres pour de nombreuses cultures.

Concernant la nappe de Grombalia, objet de son étude, les données recueillies par télédétection spatiale confirment qu'elle est très vulnérable à l'intrusion marine et qu'elle est surexploitée. L'étude montre, également, que cette nappe correspond au système aquifère complexe qui empile une nappe profonde, une nappe semi-phréatique et une nappe phréatique qui communiquent entre elles. Sakka souligne que, ayant la mer comme exutoire naturel, la nappe présente une forte exposition à l'intrusion d'eau salée sur une superficie de plusieurs milliers d'hectares. Il précise que cette surface hautement exposée aux risques d'intrusions marines ne cesse d'augmenter depuis 1970 et d'envahir le continent. Pour un scénario d'une élévation de 50 cm du niveau de mer, les topographies faites par télédétection spatiale ont permis de déterminer avec une grande précision les zones affectées par cette intrusion. Toujours d'après la même étude, le risque concerne particulièrement les sebkhas de Soliman qui, pour le scénario de 50 cm, commencent à prendre l'aspect d'une lagune. Après les agglomérations côtières, les îles, c'est au tour des réservoirs d'eaux souterraines de craindre l'augmentation du niveau de l'eau dans les océans à cause des changements climatiques. Pour la Tunisie, il s'agit d'un nouveau facteur qui doit être intégré dans les stratégies de gestion des ressources en eau.

**35. Trabelsi, N., Zairi, M., Triki, I. et Ben Dhia, H. 2006. Contribution d'un SIG à la gestion des ressources en eaux souterraines: Cas de la nappe profonde de Sfax, Tunisie. DGRE.**

**Résumé:** En Tunisie et en particulier dans les zones arides, les eaux souterraines constituent une ressource économique de première importance. Toutefois, ces réserves sont sujettes à des fortes pressions compromettant leur durabilité et leur qualité. Cette situation a fait de ces ressources de véritables biens dont la préservation constitue l'un des principaux enjeux pour le développement du pays.

Dans l'optique d'une meilleure gestion des sources hydriques, on a eu recours à l'utilisation des systèmes d'informations géographiques. Ces derniers procurent une aide déterminante à travers les diverses possibilités des bases de données, de visualisation unique et d'analyse géographique propre aux cartes.

Cet outil, est appliqué à la nappe profonde de Sfax. Un système d'information géographique est mis en place à partir de la compilation de diverses données (topographiques, géologiques et hydrogéologiques). Le croisement entre les différentes couches d'information permettra l'édition des cartes thématiques, diagrammes, corrélations lithostratigraphiques...

L'analyse de ces produits permettra une meilleure connaissance hydrodynamique du système aquifère profond ainsi qu'un suivi qualitatif et quantitatif des eaux souterraines.

La nappe profonde de Sfax a permis le développement d'un système d'information géographique de cet aquifère. Ceci à travers la collecte et la conservation des données relatives aux différents points d'eau.

Grâce à ses données spécifiques, ainsi que son interface conviviale, le logiciel « Rockworks » permet une gestion et une manipulation plus facile des diverses données. Aussi assure-t-il une représentation des différents résultats sur le même support. L'innovation dans notre travail vient du couplage et l'interaction Arc Info, Arc View - Rockworks. L'exploitation du SIG a permis une meilleure caractérisation de l'extension et de la géométrie de l'aquifère profond. L'analyse spatio-temporelle des différents paramètres hydrodynamiques a contribué à la compréhension de l'hydrodynamisme de la nappe profonde de Sfax.

**34. Hamza, M. 2006.** Etat, défis majeurs et axes stratégiques du secteur de l'eau en Tunisie. Conférences des Directeurs de l'eau des pays euro-méditerranéens et de l'Europe du Sud-Est. DGRE.

**Résumé:** La Tunisie se place dans la catégorie des pays les moins dotés en ressources en eau dans le bassin méditerranéen. En effet, pour une population de dix millions d'habitants, la dotation moyenne par habitant et par an est estimée à 450 m<sup>3</sup>. Ce chiffre est appelé à diminuer progressivement pour atteindre 350 m<sup>3</sup> par habitant en l'an 2030 pour une population de 12 millions d'habitants. Les ressources en eau de surface sont très variables dans le temps et dans l'espace. La moyenne interannuelle des apports en eau de surface est estimée à 2,7 milliards de m<sup>3</sup> par an dont 80 % proviennent des régions du Nord du pays. Les ressources en eau souterraines moyennes annuelles sont estimées à 2,1 milliards de m<sup>3</sup>. Ainsi, le total des ressources en eau de la Tunisie est estimé en moyenne à 4836 millions de m<sup>3</sup> dont 2136 millions de m<sup>3</sup> comme eaux souterraines soit 44,2% et 2700 millions de m<sup>3</sup> comme eaux de surface soit 55,8%. De 1990 à 2003 les prélèvements à partir des eaux de surface ont évolué de 179% tandis que les prélèvements à partir des eaux souterraines (renouvelables et non renouvelables) ont évolué de 22,9%. Les menaces principales pour les ressources en eau sont:

- La surexploitation des ressources en eau souterraines.

- La pollution des ressources eau (cours d'eau, nappes,....) par rejets solides ou liquides dans les cours d'eau et les nappes d'eau souterraines vulnérables.
- L'envasement des retenues des barrages, des lacs collinaires de même que l'engravement des cours d'eau naturels suite à la multiplication des ouvrages de rétention en amont des bassins versants.
- La fréquence d'années sèches successives qui entravent le renouvellement annuel des ressources en eau.
- Le gaspillage d'eau et les pertes.
- L'impact des changements climatiques.

### **35. DGRE. 2007. Nappes surexploitées- Situation de 2005. TG/1009. DGRE.**

**Résumé:** L'exploitation des nappes phréatiques au cours de l'année 2005 a atteint 807 Mm<sup>3</sup> pour des ressources renouvelables globales estimées à 745 Mm<sup>3</sup>. Cette situation montre un léger dépassement des ressources disponibles, à l'échelle globale de toute la Tunisie, de l'ordre de 8% (taux d'exploitation de 108%). Le classement des nappes selon leur taux d'exploitation a permis de considérer que les nappes ayant un taux d'exploitation supérieur à 110% sont des nappes surexploitées. En totalité il y a 56 nappes surexploitées réparties sur 16 gouvernorats avec un taux d'exploitation compris entre 110 et 266%. Ces nappes surexploitées sont réparties comme suit :

- Au Nord de la Tunisie 11 nappes localisées dans les 5 gouvernorats du kef, Bizerte, Ben Arous, Zaghouan et Nabeul.
- Au Centre 33 nappes localisées dans les 7 gouvernorats de Kairouan, Sousse, Monastir, Mahdia, Sfax, Kasserine et Sidi Bouzid.
- Au Sud 12 nappes localisées dans les 4 gouvernorats de Gafsa, Tozeur, Gabes et Médenine.

La situation la plus alarmante se trouve dans le gouvernorat de Nabeul où le déficit en ressources en eau phréatique a atteint 71 Mm<sup>3</sup>. Soit 37% des déficits totaux en ressources en eau phréatique pour l'ensemble du pays. En seconde position on trouve les gouvernorats de Kairouan et de Sidi Bouzid avec des déficits respectifs de 29 Mm<sup>3</sup> et 25 Mm<sup>3</sup>.

Au cours de l'année 2005, l'exploitation globale des nappes profondes de la Tunisie est estimée à 1143 Mm<sup>3</sup>. Elle représente 79% des ressources globales évaluées à 1417 Mm<sup>3</sup>/an. Cette

situation dégage des ressources encore disponibles en eau profonde de l'ordre de 274 Mm<sup>3</sup>, pour l'ensemble du pays.

En se basant sur le taux d'exploitation (110%) il ya 27 nappes surexploitées sur un total de 283 en état d'exploitation. Ces nappes surexploitées renferment des ressources de l'ordre de 283 Mm<sup>3</sup>/an alors que leur exploitation en 2005 a atteint 498 Mm<sup>3</sup> ce qui correspond à un taux d'exploitation de 176% des nappes existant dans 15 gouvernorats.

Parmi les gouvernorats du Sud Kébili présente la situation la plus alarmante avec une surexploitation de 167Mm<sup>3</sup>, soit 97% des ressources des nappes surexploitées évaluées à 173 Mm<sup>3</sup>/an. Ces ressources représentent 61% des ressources globales des nappes surexploitées pour l'ensemble du pays. D'autres gouvernorats ont également une surexploitation élevée tels que Kasserine (80%), Nabeul (79%) et Kairouan (49%).

**36. YERMANI, M., K. ZOUARI, A. Mamou, J. L. MICHELOT et L. Moumni. 2008.** Approche géochimique du fonctionnement de la nappe profonde de Gafsa. DGRE

**Résumé:** Le bassin de Gafsa Nord renferme un système aquifère multicouche dont les principaux niveaux sont représentés par le Zebbag supérieur (Cénomano–Turonien), l'Abiod (Campanien supérieur —Maestrichtien inférieur) et le Mio-plio-quadernaire. L'hydrogéologie de ce système est largement influencée par la tectonique. En effet, le bassin est limité, au Sud, par la faille de Gafsa, qui joue le rôle de seuil hydraulique. Les données chimiques et isotopiques ont montré que le système aquifère de Gafsa Nord est principalement alimenté par les eaux des crues de l'oued El Kbir et par l'infiltration directe des eaux de pluies sur les affleurements crétacés de bordures notamment au Nord du bassin. Au centre du bassin, les âges 14C sont les plus élevés. Toutefois, l'existence de tritium, même en faible quantité, plaide en faveur d'une alimentation locale par les eaux des précipitations à travers les dunes de sables. A l'aval, près du seuil de Gafsa, les eaux représentent un mélange entre des eaux profondes anciennes infiltrées sur les affleurements au Nord, et des eaux provenant de l'infiltration à travers les affleurements locaux et/ou de la nappe alluviale de l'oued Bayech. Ce mélange est marqué par des teneurs en tritium mesurables, par une baisse des âges 14C, et par une diminution de la minéralisation totale.

**37. Ben Salah, Y. 2008.** Evaluation des performances de l'application du Système de Gestion des Ressources en Eau (SYGREAU). Volet « Gestion des eaux souterraines ». TG/1011. DGRE.

**Résumé:** Les états édités actuellement à l'aide de l'application SYGREAU présentent quelques lacunes. Pour l'annuaire piézométrique l'état édité ne présente qu'une seule valeur piézométrique à l'échelle de l'année. Il faut compléter cet état par l'ajout de la valeur piézométrique « Hautes eaux », valeur piézométrique « basses eaux », variation inter

saisonnaire, variation interannuelle « Hautes eaux », variation interannuelle « Basses eaux », comptage des puits, comptage des puits mesurés, comptage des piézomètres, comptage des piézomètres mesurés.

Pour l'annuaire d'exploitation des nappes profondes l'état édité ne présente qu'un seul volume annuel. Il faut compléter par l'ajout de l'horaire du pompage « saison pluvieuse », horaire de pompage « saison sèche », volume « saison pluvieuse », volume « Saison sèche », résidu sec et usage.

**38. Ben Salah, Y. 2009.** Les nappes « trans-gouvernorats » de la Tunisie. TG/1029. DGRE.

**Résumé:** En Tunisie il existe plusieurs aquifères partagés entre 2 ou plusieurs gouvernorats. Ces aquifères sont distribués sur tout le pays et présentent des spécificités qui influencent la gestion de leurs ressources, on cite les spécificités suivantes:

- Les limites des nappes sont arrêtées par convention aux limites des gouvernorats.
- L'évaluation des ressources en eau faite à l'échelle des gouvernorats et non fondée sur les limites naturelles des nappes risque de causer une surestimation ou sous-estimation des ressources.
- Le morcellement risque d'augmenter le nombre de nappes.

L'inventaire des nappes « trans-gouvernorats » doit être actualisé périodiquement à la suite de l'affinement des délimitations par les nouvelles acquisitions (reconnaissance et exploration, études géophysiques, géochimiques et hydrogéologiques).

Actuellement on compte 53 nappes d'eaux souterraines partagées en Tunisie dont 18 sont phréatiques et 35 sont profondes. La gestion de ces aquifères doit prendre en considération les limites naturelles des nappes et non des limites administratives. L'évaluation des ressources en eaux doit être faite par nappe et ensuite identifier la ressource allouée à chacun des gouvernorats en fonction de la superficie de la nappe dans le gouvernorat, de la localisation de la zone d'alimentation, de la localisation de la zone d'exutoire, des besoins en eau de chaque gouvernorat et enfin en fonction de la disponibilité d'autres ressources en eau dans le gouvernorat.

**39. SOUISSI, D. et I. CHENINI. 2009.** Caractérisation et modélisation hydrogéologique de la nappe phréatique de Sbeïtla (Tunisie Centrale Ouest): Unité de recherche de Paléoenvironnement - Géomatériaux et risques géologiques, Faculté des Sciences de Tunis El Manar, 2092 Tunis El Manar. DGRE.

**Résumé:** La gestion des ressources en eaux souterraines est étroitement liée à la connaissance des propriétés hydrodynamiques d'une nappe et de la variabilité dans le temps et dans l'espace de l'état de la nappe et de la ressource disponible. L'étude de la nappe phréatique de Sbeïtla au cours du temps et l'actualisation des données surtout hydrodynamiques s'avère primordiale, elle est efficace dans la modélisation hydrogéologique de cette nappe qui a pour but de simuler l'état futur de cette nappe en fonction de certains paramètres tels que la recharge et l'exploitation. La démarche adoptée consiste à mettre en place un Système d'Information Hydrogéologique qui facilitera l'exploitation et l'interprétation des cartes et facilitera la mise à jour par la suite. Ces différentes cartes à référentiel spatial serviront par la suite pour la modélisation hydrogéologique en utilisant le code MODFLOW. Les résultats de l'exploitation du modèle montrent que l'augmentation de l'exploitation de 20 % entraîne une diminution du niveau piézométrique de la nappe, alors que la recharge de la nappe par les eaux du barrage Sfisifa entraîne une remontée de niveau piézométrique et que le maximum de remontée se trouve au centre de la nappe et atteint plus que 20m. Ces résultats dépendent des données considérées dans ce modèle et sont un support de base pour la gestion des ressources en eaux dans cette nappe.

**39. GTZ. 2009.** Guide de la gestion durable des ressources en eau. TG/1034. DGRE.

**Résumé:** Nous avons analysé dans le cadre d'une large concertation le système de l'eau en Tunisie suivant une approche intégrée et systématique qui a pris en considération l'ensemble des aspects environnemental, technique, social, économique, juridique et institutionnel. Cette analyse a dégagé les principales problématiques et a évalué sur la base du calcul et du suivi d'indicateurs choisis, les niveaux de durabilité correspondants.

Les voies de durabilité sont structurées autour de 4 axes majeurs de durabilité, à savoir un axe environnemental, un axe social, un axe économique et enfin un axe institutionnel traduisant la gouvernance en matière de la gestion de la ressource. L'axe environnemental porte sur la préservation des ressources en eau disponibles, le renforcement de la mobilisation du potentiel en eau, le développement des eaux non conventionnelles et enfin l'intégration de la dimension écologique dans le système de l'eau. L'axe social porte essentiellement sur la garantie de l'accessibilité de la population à l'eau potable. L'axe économique porte sur la valorisation des ressources en eau. Et enfin l'axe institutionnel porte sur le développement de l'implication des usagers et le renforcement de la coordination entre les différents opérateurs.

**40. GTZ. 2009.** Indicateurs pour une gestion durable des ressources en eau. TG/1036. DGRE.

**Résumé:** Les indicateurs de l'eau retenus au niveau de ce document constituent une illustration des principales problématiques du système de l'eau telles que mises en évidence dans le cadre

de l'étude sur la gestion durable de l'eau. Ces indicateurs au nombre de 29 se subdivisent en 3 principaux domaines:

Domaine 1 : Il correspond aux aspects physiques de la ressource Il s'agit à ce niveau de caractériser la ressource essentiellement en termes de disponibilité de manière absolue mais aussi en termes de variation de cette disponibilité dans le temps et dans l'espace.

Domaine 2 : Il illustre les principaux aspects socioéconomiques qui pèsent sur la ressource ou bien qui conditionnent son mode de gestion, citons en l'occurrence le niveau de conscience des usagers des enjeux de l'eau, le niveau d'accessibilité de la population à l'eau potable, l'efficacité de l'usage agricole en tant que principal utilisateur de la ressource à l'échelle nationale et enfin le recouvrement des coûts de l'eau.

Domaine 3 : A ce niveau nous nous intéressons aux politiques et aux programmes engagés dans le domaine de l'eau et ceci principalement à travers l'évaluation des performances. Les aspects qui ont retenu notre attention sont :

- Les programmes de mobilisation de l'eau
- L'économie de l'eau.
- La lutte contre la pollution des eaux
- Le développement des eaux non conventionnelles
- Prise en compte de la dimension écologique dans le système de l'eau.

**41. Gaaloul, N., M. Rekaya et F. Jlassi. 2009.** Gestion et protection de la ressource en eau souterraine. Salinisation des eaux souterraines de la nappe phréatique de la côte orientale au Nord-Est de la Tunisie. Géologues. Vol. No 59.

**Résumé:** La Tunisie est un pays aride à semi-aride sur les trois quarts de son territoire et se caractérise par la rareté de ses ressources en eau et par une variabilité accentuée du climat dans l'espace et dans le temps. Il reçoit en moyenne des précipitations annuelles de 36 milliards de m<sup>3</sup> alors que le potentiel en eau est de 4,6 milliards de m<sup>3</sup> : 2,7 milliards de m<sup>3</sup> /an (58%) pour les eaux de surface et 1,9 milliards de m<sup>3</sup> /an (42%) pour les eaux souterraines.

Les nappes aquifères constituent ainsi une part importante des ressources en eau du pays, dont à peu près un tiers proviennent des nappes phréatiques. Les ressources en eaux souterraines sont estimées à 2100 millions de m<sup>3</sup> par an, réparties en 700 millions de m<sup>3</sup> provenant des 212 nappes phréatiques et 1400 millions de m<sup>3</sup> provenant de 267 nappes profondes, dont 650 millions de m<sup>3</sup> sont non renouvelables. La péninsule du Cap Bon, région littorale de la Tunisie du Nord-Est, se caractérise par des traits physiques typiquement méditerranéens. D'une

superficie totale de 2 830 km<sup>2</sup>, elle se présente comme une région de plaines, de bas plateaux et de collines, dominée par des reliefs montagneux. Elle correspond principalement à une structure anticlinale connue sous le nom d'anticlinal de Bel Abderrahmane. La série stratigraphique est essentiellement d'âge Mio-pliocène et se présente comme une succession de bancs marneux et gréseux ou sableux. Le réservoir des six nappes du Cap Bon (Grombalia, Côte orientale, Takelsa, Tazoghane, El Houaria, Hammamet-Nabeul) est constitué par des sédiments du Quaternaire, reposant par endroits sur des formations détritiques du Pliocène. Ces nappes sont activement sollicitées pour l'irrigation et, depuis quelques années, elles sont surexploitées. Par exemple, d'après le bilan 2000 des ressources en eau des nappes phréatiques du gouvernorat de Nabeul, les ressources renouvelables des aquifères phréatiques sont estimées à 181 Mm<sup>3</sup>/an et leur exploitation à 249 Mm<sup>3</sup> /an (CRDA, 2004). La nappe phréatique de la Côte orientale s'étend sur la bande côtière des terrains quaternaires et pliocènes sableux. Le réseau hydrographique constitue une source d'alimentation de la nappe. Cependant, celle-ci est très affectée par une surexploitation au Nord où se produit une invasion marine: la surface piézométrique est inférieure au zéro de la mer (côtes -4/-5) jusqu'à 5 km à l'intérieur des terres et la salinité de l'eau est comprise entre 5 et 8 g/l. La stratégie de recharge est de freiner l'avancée du biseau salé.

Les conditions climatiques et pédologiques de la nappe de la Côte orientale sont à l'origine d'une exploitation intensive des eaux souterraines aux fins d'irrigation. Ceci pose le problème de la protection de la nappe contre l'invasion saline et la contamination des eaux douces. Etant directement ouvert sur la mer, son exutoire principal, l'aquifère côtier est d'autant plus exposé qu'il est déprimé piézométriquement. Dès les années 70, la nappe de la Côte orientale a connu un déséquilibre entre la recharge et l'exploitation, les prélèvements ayant dépassé le taux de renouvellement des réserves. La surexploitation de la nappe s'est soldée par des dépressions piézométriques qui se sont accentuées et élargies au fil du temps, ce qui a engendré l'inversion du gradient hydraulique et l'envahissement local de la frange côtière par les eaux marines. Cependant, l'intrusion marine n'est pas l'unique origine de salinisation des eaux souterraines. La nature lithologique de la roche réservoir, le retour des eaux d'irrigation et l'activité anthropique en général sont aussi à l'origine de dégâts qualitatifs spectaculaires. Pour pallier ces conséquences très préjudiciables, les gestionnaires de la ressource en eau ont mis en œuvre la technique de la recharge artificielle, soit par des eaux propres, soit par des eaux usées traitées, une pratique qui a contribué à la stabilisation des états quantitatif et qualitatif de la nappe de la Côte orientale.

**42. Sous/Direction des Sondages Hydrauliques. 2010.** Avancement du PISEAU (2009-2010) Composante gestion des eaux souterraines projet Forages de reconnaissance et Piézomètres.TG/1042. DGRE.

**Résumé:** Cent (100) forages de reconnaissance sont programmés au cours des 2 premières années du projet PISEAU 2, sur lesquels 2 forages ont été réalisés à Gafsa et financés sur le budget National, 2 autres forages sont en cours de travaux. Sur les 43 piézomètres du programme des années 2009 et 2010 et 2 autres sont en cours de travaux.

**43. Abid, K. 2010.** Identification et caractérisation hydrogéologique et géochimique de la nappe du Turonien dans le sud tunisien et sa relation avec les aquifères adjacents. Thèse de Doctorat. Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax. TG/1051. DGRE.

**Résumé:** L'étude des isotopes du carbone a permis de comprendre le schéma de fonctionnement de la nappe du Turonien et les aquifères adjacents. Elle a permis aussi d'estimer le temps de séjour des eaux dans l'aquifère du Turonien. L'enrichissement isotopique du carbone-13 qui apparaît au fil de l'écoulement est révélateur de phénomènes d'échanges isotopiques avec la matrice carbonatée de l'aquifère. Une approche basée sur une balance chimique qui tient compte de la dissolution de dolomite, de la précipitation de la calcite et des phénomènes d'échanges de bases a été donc utilisée pour corriger les activités initiales. Ce modèle ainsi choisi a permis de déterminer des âges allant de l'actuel jusqu'à 17000 ans. Ces âges déterminés couvrent donc la période Pléistocène supérieur/Holocène.

**43. Ben Salah, Y. 2011.** Inventaire des nappes d'eaux souterraines de la Tunisie. DGRE. TG/1056.

**Résumé:** La région du Nord-Ouest est la région la plus arrosée et la plus ruisselante du pays. Ses ressources en eau souterraines sont faibles comparativement à celles des eaux de surface. Elles renferment de faibles entités hydrogéologiques dont les ressources sont peu importantes. Dans cette région on y compte 39 nappes phréatiques et 89 nappes profondes. Jendouba contient 6 nappes phréatiques et 14 nappes profondes. Béja contient 7 nappes phréatiques et 14 nappes profondes. Le Kef contient 14 nappes phréatiques et 33 nappes profondes. Siliana contient 12 nappes phréatiques et 28 nappes profondes.

**44. Labbene-mamou, H. et G. Nehdi. 2011.** Situation de l'exploitation des nappes d'eaux souterraines de la Tunisie. TG/1054. DGRE.

**Résumé:** Le premier recensement des nappes d'eaux souterraines phréatiques a démarré vers les années 70 quand la connaissance des réservoirs souterrains était embryonnaire. Par la suite elle s'est développée et a abouti à une connaissance approfondie et détaillée de ces nappes. La première situation de l'exploitation des nappes phréatiques a été éditée en 1980 sous forme d'annuaire d'exploitation des nappes phréatiques. Le premier recensement des nappes d'eaux profondes a été élaboré en 1973 sur la base d'une connaissance des forages d'exploitation d'eau d'une profondeur supérieure à 50 m. Cette étude a pour objectif d'analyser l'évolution des profondeurs du niveau d'eau dans les points d'eau pour détecter les nappes surexploitées et confronter les résultats du bilan des nappes à ceux de la piézométrie.

Pour un total de 226 entités phréatiques 20 nappes où la baisse piézométrique est généralisée 140 nappes sont en état d'équilibre avec une piézométrie relativement stable. 12 nappes ont

des réseaux de surveillance piézométrique non représentatifs ce qui ne permet pas d'identifier l'état de l'exploitation de la nappe. 54 petites entités aquifères avec des ressources faibles n'ont pas de réseau de suivi piézométrique.

Pour un total de 343 nappes profondes 19 nappes présentent une baisse généralisée sur l'ensemble des points de suivi piézométriques dont 12 nappes sont localisées dans le centre du pays 83 nappes ayant un réseau de suivi peu développé ne permettent pas d'identifier l'état d'exploitation de ces nappes.

**45. Aissa. A. 2011.** Situation des ressources en eau mobilisées par la SONEDE. TG/1053. DGRE.

**Résumé:** La situation des nappes d'eau souterraines dans le gouvernorat de Kebili présente un déficit suite à la surexploitation anarchique provoquée par les forages illicites. Dans le Nefzaoua la SONEDE exploite 15 forages. Elle exploite actuellement trois (3) forages profonds captant la nappe du continental Intercalaire conjointement avec les Groupements de Développement Agricole (GDA).

Dans la région de Rjim Maatoug le seul forage exploité par la SONEDE est celui de Rjim Maatoug 2 conjointement avec le GDA de Rjim Maatoug. Le volume exploité est de l'ordre de 0.71 Mm<sup>3</sup>. Les nappes profondes (le Complexe Terminal et le Continental Intercalaire) souffrent d'une surexploitation avec un taux dépassant les 200%. Cette situation ne cesse de s'aggraver d'une année à l'autre par la création de forages illicites. La nappe du CT a enregistré une baisse continue de son niveau piézométrique accompagnée d'une dégradation de la qualité de ses eaux. Le recours à d'autres sources d'eaux souterraines s'avère indispensable afin d'alléger les nappes surexploitées. Parmi les niveaux aquifères, les moins sollicités dans la région, la nappe des Grés Supérieurs. Ce niveau aquifère de la nappe du Continental intercalaire occupe la partie septentrionale et orientale de la délégation de Souk Lahad et Kébili Nord.

**46. Mamou Lebban, H. 2014.** Les nappes phréatiques souterraines partagées entre gouvernorats. TG/1075. D/GRE. Tunis.

**Résumé:** Parmi 226 entités phréatiques 40 entités sont en morcellement sur 20 gouvernorats ce qui équivaut à identifier l'existence de 204 nappes phréatiques dans tout le pays. L'ensemble des ressources globales des nappes phréatiques partagées est de l'ordre de 138,670 Mm<sup>3</sup>/an. Selon la situation des nappes phréatiques 2010, Les ressources régulatrices et l'exploitation de la nappe sont allouées pour chaque gouvernorat ce qui implique que les ressources exploitables du pays sont évidemment de l'ordre de 746 Mm<sup>3</sup>/an et les ressources exploitées en 2010 sont de 854 Mm<sup>3</sup>/an.

#### **4.1.2. Etudes répertoriées à la bibliothèque de l'OSS.**

**47. OSS-ACSAD. 1996.** Atelier sur le système aquifère Nubien. Damas 2-4 décembre 1996. OSS.

**Résumé:** Les objectifs de l'atelier sont : Evaluer les résultats des activités menées par l'OSS en coopération avec l'ACSAD, l'Université technique de Berlin et les pays partageant le système aquifère Nubien. Examiner les propositions de l'OSS concernant une action future, enfin, définir les domaines d'actions prioritaires et le rôle des pays et organisations concernés pour la mise en œuvre d'un programme d'action conjoint.

**48. OSS-BGR. 1997.** Le bassin du Sahara Septentrional: Evaluation de l'état des connaissances hydrogéologiques actuelles à partir des rapports nationaux (Algérie, Libye et Tunisie). OSS.

**Résumé:** L'étude régionale des aquifères du Sahara septentrional a pour but de prévoir leur comportement en fonction de plusieurs hypothèses de développement afin de fournir un outil pour une gestion concertée entre l'Algérie, la Libye et la Tunisie des ressources en eaux qu'ils renferment. Le but de cette note est d'identifier les éléments nouveaux par rapport aux grandes synthèses de 1969 - 71 et 1981 - 83 qui justifient une reprise des modèles mathématiques construits, de préciser les éléments dont la connaissance est encore insuffisante pour améliorer de façon significative la fiabilité des outils de prévision. Les sources d'information utilisées pour ce document sont essentiellement les rapports nationaux présentés à l'OSS.

**49. Pallas, P. OSS. BGR. 1997.** Le bassin du Sahara septentrional ; création d'un réseau homogène d'observation des nappes du Continental Intercalaire et du complexe terminal (Algérie, Libye et Tunisie). OSS.

**Résumé:** L'objectif visé dans la mise en place d'un réseau d'observation est de suivre le comportement des nappes sous l'effet des contraintes imposées par l'Homme c'est-à-dire des prélèvements afin de mieux prévoir le comportement futur (calage des modèles de précision) et donc de mieux gérer les ressources en eau au niveau national (vérifier et maîtriser les effets secondaires de l'exploitation sur le plan environnemental et économique) et international (éviter les déséquilibres d'effets des prélèvements d'un pays sur l'autre).

**50. Bachta, MS. OSS. 2001.** Analyse de l'utilisation actuelle des eaux des nappes profondes du Sud tunisien et perspectives. OSS.

**Résumé:** Ce document caractérise l'utilisation actuelle des eaux du CT et du CI. Le niveau d'exploitation des nappes a dépassé les prévisions des prélèvements prévus par le scénario de

développement retenu au terme de l'étude du Plan Directeur des Eaux du Sud (PDES). La ventilation par zone ou région de l'analyse devrait être plus nuancée. En effet, les rythmes d'exploitation ne sont pas géographiquement uniformes, il y a des différences au niveau des découpages adoptés par les diverses administrations. La Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE) par exemple adopte les découpages par maille et par nappe, l'Agriculture par gouvernorat, l'Institut National des Statistiques (INS) par grande région économique et l'Office National du Tourisme et de thermalisme (ONTT) par pôle touristique. Le reste du document est structuré autour 2 grandes parties. La première est réservée à l'analyse de l'utilisation observée des eaux des 2 nappes étudiées. La seconde, en revanche, est réservée aux scénarios futurs d'exploitation de ces nappes.

**51. OSS. 2002.** Une conscience de bassin. Base de données et SIG: Synthèse. OSS.

**Résumé:** Ce rapport fait la synthèse du volume III " Base de Données et SIG du projet SASS". Il présente le diagnostic et les orientations de développement; la conception et la mise en œuvre du Système d'Information (SI); La synthèse des informations recueillies durant le projet et l'analyse des données et leur validation.

**52. OSS. 2002.** Une conscience de bassin. Modèle mathématique. Vol. IV -OSS.

**Résumé:** Ce document comprend trois parties. Une première intitulée: caractérisation du système aquifère et modèle conceptuel qui comporte notamment la caractérisation géologique, hydrologique et hydrodynamique du bassin. Une 2<sup>ème</sup> partie intitulée: Elaboration du modèle mathématique qui décrit les étapes de la construction et du calage du modèle en régimes permanent et transitoire. Une troisième partie dédiée à la réalisation des simulations prévisionnelles. Cette partie développe successivement: la définition et la réalisation des simulations exploratoires, la construction d'un modèle miniature du SASS pour l'investigation du réservoir, la définition et la réalisation des simulations prévisionnelles.

**53. OSS. 2002.** Une conscience de bassin. Hydrogéologie: Synthèse. OSS.

**Résumé:** Ce rapport fait la synthèse du volume II " Hydrogéologie" du projet SASS, la schématisation en vue de la modélisation hydrogéologique, les différentes caractéristiques hydrogéologiques des nappes de ce système à travers une analyse orientée vers les échanges hydrauliques et l'impact de l'exploitation sur la piézométrie et la salinité de l'eau, la qualité chimique de l'eau et ses caractéristiques isotopiques permettant de mieux comprendre le fonctionnement hydrodynamique du système.

**54. Mekrazi, A. 2002.** Rapport sur les ressources en eau du système aquifère du Sahara Septentrional en Tunisie. OSS.

**Résumé:** Ce rapport traite des ressources en eau du système aquifère du Sahara Septentrional en Tunisie, le contexte socio-économique, l'évolution de l'exploitation et de la piézométrie des nappes du Sud tunisien, l'expérience tunisienne dans le domaine de la gestion des ressources en eau souterraine et les principales caractéristiques de la gestion de l'eau en Tunisie.

**55. Besbes, M. FAO; OSS. 2002.** Système aquifère du Sahara septentrional: de la concertation à la gestion commune d'un bassin aquifère transfrontalier. Projet N° TCP/RAB/0055. OSS.

**Résumé:** Ce document traite les thèmes suivants: Les ressources en eau et les réserves du système aquifère du Sahara septentrional; l'élaboration du modèle mathématique du SASS; la gestion interactive des ressources partagées: micro-modèles du SAS; résultats des premières simulations concertées; enjeux et risques liés à l'exploitation des ressources; perspectives nationales et préoccupations partagées; concertation permanente et gestion commune.

**56. OSS. 2002.** Présentation des résultats de simulations. OSS.

**Résumé:** Dans le cadre de l'élaboration des simulations du SASS il a été demandé à chacun des 3 pays de présenter des scénarios de développement à l'horizon 2050. L'Algérie a présenté 2 scénarios. Hypothèse faible: 67 m<sup>3</sup>/s et hypothèse forte: 106 m<sup>3</sup>/s; la Tunisie a présenté un scénario qui maintient les prélèvements à leurs niveaux. La Libye a présenté un scénario de développement qui consiste à un prélèvement additionnel de 27 m<sup>3</sup>/s à l'horizon 2010.

**57. Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS). 2003.** Système aquifère du Sahara septentrional. Edition Hydrogéologie. Volume 2. OSS

**Résumé:** Occupant une superficie de plus d'un million de km<sup>2</sup>, le Système Aquifère du Sahara Septentrional; partagé par l'Algérie, la Tunisie et la Libye; est formé de dépôts continentaux renfermant deux grandes nappes souterraines: le Continental Intercalaire [CI] et le Complexe Terminal [CT]. La configuration structurale et le climat de la région font que les réserves de ces deux nappes se renouvellent très peu. Ce sont des réserves géologiques dont les exutoires naturels (sources et foggaras) ont permis le développement d'oasis où les modes de vie séculaires sont restés longtemps en parfaite symbiose avec l'écosystème saharien. Depuis plus d'un siècle, et plus particulièrement au cours des trente dernières années, l'exploitation par forages a sévèrement affecté cette réserve d'eau souterraine. De 1970 à 2000, les prélèvements, utilisés autant pour des fins agricoles (irrigation) que pour l'alimentation en eau potable et pour l'industrie, sont passés de 0,6 à 2,5 milliards de m<sup>3</sup> /an à travers des points d'eau dont le nombre atteint plus de 8800 points où les sources, qui tarissent, sont remplacées par des forages de plus en plus profonds. Cette intensification de l'exploitation engendre un certain nombre de problèmes dont principalement la baisse régulière du niveau d'eau, l'augmentation du coût du pompage, l'affaiblissement de l'artésianisme, le tarissement des

exutoires naturels et la détérioration de la qualité des eaux par salinisation. Les trois pays concernés ont très tôt pris conscience de la problématique de l'utilisation de ces ressources aquifères dans une optique de durabilité et ont œuvré pour améliorer l'état des connaissances et la gestion de ces ressources.

Ainsi et dès 1970, un important programme algéro-tunisien, l'ERESS, mis en œuvre par l'Unesco, a permis d'établir, sur la base d'une première modélisation, limitée aux frontières des deux pays, une évaluation des ressources exploitables de ce système aquifère et des prévisions de l'évolution de leur utilisation. Ce programme a été poursuivi dans le cadre du PNUD en 1984. Une vingtaine d'années plus tard, en 1992, l'Observatoire du Sahara et du Sahel organisait, au Caire, le premier atelier sur les aquifères des grands bassins marquant ainsi le lancement de son programme « Aquifères des Grands Bassins » qui conduira à la naissance du « projet SASS », en septembre 1997, après une série de séminaires et d'ateliers régionaux. Ce projet SASS est le premier à prendre en considération le bassin dans son intégralité, jusqu'à ses limites naturelles. A la demande des trois pays, l'OSS a obtenu l'appui financier de la Coopération suisse, du FIDA et de la FAO pour une première phase de trois ans lancée officiellement en Mai 1999 à Rome avec pour principal objectif l'actualisation de l'évaluation des ressources exploitables et la mise en place d'un mécanisme de concertation entre les trois pays. Par rapport à son prédécesseur, ERESS, le projet SASS va bénéficier d'un atout de taille : l'intégration de la Libye et l'exploitation des données accumulées durant les trente dernières années. Ces données vont permettre la mise en place d'une base de données commune aux trois pays destinée à valoriser l'information et à servir d'outil d'échange pour la réalisation d'un modèle simulant le comportement hydrodynamique du système aquifère et permettant de prévoir l'impact du développement de l'exploitation. Ces deux activités ont été réalisées en associant, en permanence, les compétences nationales des trois pays. Les résultats ont été présentés aux trois pays et ont permis d'éclairer les décideurs sur les perspectives de développement et les risques qui leurs sont associés. Ils ont aussi permis de mettre en évidence l'intérêt des trois pays à asseoir la durabilité des programmes d'actualisation, de suivi et d'échange d'informations et à concrétiser la « conscience de bassin » qui s'est progressivement développée. Au terme de cette première phase d'investigation autant en Algérie qu'en Tunisie et en Libye, le Complexe Terminal et le Continental Intercalaire, se trouvent dans un état d'exploitation tel qu'il faudra que les trois pays, ensemble, contrôlent les prélèvements dans une volonté mutuelle de garantir l'avenir de la région à travers notamment une politique concertée de préservation des ressources en eau. La pratique d'un tel partenariat, au cours du projet SASS, a permis de forger, progressivement, la confiance mutuelle entre les équipes techniques, la conscience que les problèmes rencontrés par les uns dépendent en partie des actions menées par les autres et la conviction que l'échange d'informations, qui fonde toute solidarité, est une activité non seulement possible mais nécessaire. Constatant la nécessité d'une concertation soutenue et de

l'institutionnalisation de la coopération initiée dans le cadre de ce projet, les trois pays du SASS ont exprimé leur accord pour la création d'un mécanisme tripartite permanent de concertation pour la gestion commune du SASS. La nécessité d'un mécanisme institutionnel élaboré et durable étant acquise, sa mise en œuvre a été conçue dans une démarche progressive ; au départ, ses attributions seront principalement axées sur le développement de bases de données et de modèles, la promotion d'études, de recherches et de formations, la production d'indicateurs de suivi et sur la réflexion vers l'évolution future du mécanisme. L'OSS accueille l'Unité de Coordination, en charge de ce mécanisme, conformément à la volonté des trois pays. Par ses activités et ses résultats aux plans scientifique et technique, le projet SASS constitue une approche exemplaire d'étude et de gestion de ressources en eau non renouvelables dans un objectif de durabilité. A travers l'échange d'informations et la volonté de concertation, il peut servir de modèle pour la coopération régionale. Ce projet constitue un exemple réussi de coopération Sud-Sud et Nord-Sud qui cadre parfaitement avec les objectifs et la mission de l'OSS.

**58. OSS. 2003.** Gestion commune d'un bassin transfrontalier: Résultats de la première phase du SASS. OSS.

**Résumé:** La présente note rend compte de l'ensemble des travaux réalisés de juillet 1999 à décembre 2002 pour la mise en œuvre des différentes composantes du projet SASS. Acquisition, analyse et synthèse des données hydrogéologiques, élaboration de la base de données commune et du système d'information; développement et exploitation du modèle mathématique du SASS; mise en place d'un mécanisme de concertation pour la gestion commune du bassin.

**59. OSS. 2003.** Gestion commune d'un bassin transfrontalier: Principaux résultats.OSS.

**Résumé:** Ce document présente les principaux résultats obtenus par la mise en œuvre des différentes composantes. Du projet SASS. Acquisition, analyse et synthèse des données hydrogéologiques, élaboration de la base de données commune et du système d'information; développement et exploitation du modèle mathématique du SASS; mise en place d'un mécanisme de concertation pour la gestion commune du bassin.

**60. OSS. 2003.** Une conscience de bassin. Base de données et SIG Modèle mathématique. Vol. IV -OSS.

**Résumé:** Ce rapport se rapporte au volet base de données et SIG et résume les différents rapports de phases élaborées durant cette activité. Il se compose de 2 parties: la première traite de l'architecture de cette base de données et des produits logiciels réalisés durant le

projet. La seconde fournit une description détaillée des données rassemblées aussi bien par les équipes des pays que par l'équipe permanente du SASS.

**61. OSS. 2003.** Une conscience de bassin: hydrogéologie, Vol. II. OSS.

**Résumé:** Ce document présente l'information physiographique prise en considération dans l'élaboration du modèle numérique simulant le comportement hydrodynamique des nappes sahariennes. Il présente successivement les formations aquifères du sahara septentrional et leur schématisation en vue de leur modélisation hydrogéologique. Les différentes caractéristiques hydrogéologiques des nappes de ce système à travers une analyse orientée vers les échanges hydrauliques et l'impact de l'exploitation sur la piézométrie et la salinité de l'eau, la qualité chimique de l'eau et ses caractéristiques isotopiques permettant de mieux comprendre le fonctionnement hydrodynamique du système.

---

**62. OSS. 2004.** Ressources en eau et gestion des aquifères transfrontaliers. OSS.

Le système aquifère de la Djeffara tuniso-libyenne est un système où l'état d'exploitation avancée incite à une gestion concertée afin d'éviter la dégradation croissante de la qualité de l'eau et l'augmentation de son coût d'exploitation. Ce système est soumis à plusieurs influences qui se répercutent sur son comportement d'ensemble. A travers son alimentation latérale à partir de la nappe du CI. Ce système reflète l'impact des prélèvements qui se font en amont. Son alimentation est donc très influencée par ces prélèvements. Son exploitation locale en Tunisie et en Libye montre une progression avec des prélèvements dépassant la recharge naturelle. Il s'en est suivi affaiblissement de l'artésianisme, tarissement des sources et généralisation du pompage. L'intrusion de l'eau marine dans l'aquifère sous la plaine tripolitaine est suffisamment étendue pour imposer le transfert d'eau du domaine saharien vers cette zone.

L'aquifère de la Djeffara est de nature à faire apparaître à long terme, des signes de décompression piézométrique et de dégradation de la qualité de l'eau.

**63. Mamou, A. et A. Kassah. 2011.** Economie et valorisation de l'eau en Tunisie. Observatoire du Sahara et du Sahel. Vol. 11. N° 4.

**Résumé:** Ayant atteint un niveau élevé de mobilisation de ses ressources hydrauliques, la Tunisie est aujourd'hui confrontée à l'impératif de mieux les gérer et les valoriser. Depuis une décennie, une stratégie nationale d'économie d'eau a été élaborée et mise en pratique. Elle comporte des encouragements à la diffusion des techniques d'économie d'eau, des instruments juridiques et institutionnels et une politique tarifaire destinée à maîtriser la demande. Des progrès sont réalisés dans l'extension et l'intensification de l'agriculture irriguée. L'alimentation en eau potable des zones urbaines et rurales s'accompagne d'une meilleure gestion de cette ressource. Le recours au dessalement, à la réutilisation des eaux usées traitées et à la recharge artificielle des nappes annonce une nouvelle préoccupation d'utilisation optimale des ressources disponibles. Cependant des insuffisances demeurent au niveau de la maîtrise et de la diffusion des nouvelles technologies et du comportement des consommateurs.

**64. MHiri, A. /OSS. 2014. Pilotes de Démonstration Agricole dans le Bassin du SASS. OSS.**

**Résumé:** Deux pilotes de démonstration agricole traitant des thématiques différentes ont été mis en œuvre dans le Sud tunisien chez et par les exploitants eux-mêmes. Les innovations techniques introduites visaient l'intensification des systèmes de culture, l'économie de l'eau et l'amélioration de sa valorisation à travers le choix de production à haute valeur ajoutée. Les résultats obtenus permettent d'affirmer qu'il existe des solutions techniques efficaces pour la rénovation et la viabilisation des systèmes de culture à l'échelle de l'exploitation agricole. Il reste néanmoins à fiabiliser et à valider ces résultats à plus grande échelle spatiale dans des pilotes de « système de production » intégrant les diverses contraintes structurelles locales au développement de l'irrigation dans la zone SASS.

**65. Mattoussi, S /OSS. 2014. Aspects Socio-économiques De l'Irrigation dans le Bassin du SASS. OSS.**

**Résumé:** Cette étude relative aux aspects socio-économiques de l'irrigation, qui représente l'un des 2 volets principaux du Projet SASS III. Vise à enrichir les acquis de la connaissance hydrogéologique de la ressource Eau par de données socio-économiques et environnementales. Elle analyse le fonctionnement des exploitations agricoles et surtout le comportement réel de l'irrigant en mettant un accent particulier sur sa capacité à s'adapter aux défis qui menacent la durabilité du développement. L'analyse des enquêtes réalisées auprès des exploitants a permis d'identifier les principales contraintes à la productivité de l'eau, mais aussi de quantifier l'ampleur de leur impact économique et d'émettre des recommandations pour une meilleure valorisation de la ressource.

### 4.1.3. Etudes répertoriées à la bibliothèque des Universités tunisiennes.

**66. Zammouri, M. et A. Mamou. 1985.** Contribution à la reconnaissance des paramètres hydrogéologiques: Mémoire présenté pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies en Géologie. 68 p. Faculté des Sciences de Tunis.

**67. Sehli, A. S. et H. Zebidi. 1987.** Contribution de la prospection électrique à l'étude hydrogéologique des aquifères calcaires en Tunisie Centrale : Cas du plateau de Sraa Quartane Sud: Cas de la plaine de Gafsa Nord: Thèse présentée pour l'obtention du Diplôme de Docteur en Géologie. 101 p. Faculté des Sciences de Tunis.

**68. Ben Salah, Y. et A. Mamou. 1988.** Infiltration efficace des crues de l'Oued El Fekka dans la plaine de Sidi Bouzid: Mémoire présenté pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies en Géologie. 64 p. Faculté des Sciences de Tunis.

**69. Nacef, M. L. et M. Rekaya. 1988.** Effets de l'urbanisation sur la nappe de Manouba : Mémoire présenté pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies en Géologie. 62 p. Faculté des Sciences de Tunis.

**70. Brahim, S. et G. Vasseur 1989.** Identification par diagraphie des niveaux aquifères d'un objectif hydrogéothermique: "Le continental intercalaire du Sud tunisien" : Thèse présentée pour l'obtention du Diplôme de Docteur en Géologie. N145 p. Faculté des Sciences de Tunis.

**71. Zammouri, M. et A. Mamou. 1990.** Contribution à une révision des modèles hydrogéologiques du Sud tunisien: Thèse présentée pour l'obtention du Diplôme de Docteur en Géologie. 91 p. Faculté des Sciences de Tunis.

**72. Zammouri, M. et A. Mamou. 1990.** Contribution à une révision des modèles hydrogéologiques du Sud Tunisien : Mémoire présenté pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies en Géologie. 87 p. Faculté des Sciences de Tunis.

---

**73. Sibari, H. et A. Mamou. 1994.** Des dépôts continentaux de la partie amont de l'Oued Leben pendant le quaternaire supérieur: Mémoire présenté pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies en Géologie. 71 p. Faculté des Sciences de Tunis.

**74. Ouda, B. et A. Mamou. 1994.** Sédimentologie et géochimie des dépôts continentaux de la partie aval de l'Oued Leben pendant le quaternaire récent : Essai d'interprétation paléoclimatique : Mémoire présenté pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies en Géologie. 66 p. Faculté des Sciences de Tunis.

- 75. Yermani, M et A. Mamou. 1995.** Géochimie isotopique et fonctionnement hydrodynamique des sources du seuil de Gafsa : Mémoire présenté pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies en Biologie. 85 p. Faculté des Sciences de Tunis.
- 76. Essayeh, F. et A. Mamou. 1996.** Apport de la méthode de prospection électrique à l'étude de problèmes d'intrusion marine dans la plaine côtière de Ras Djebel - Raf Raf : Mémoire présenté pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies en Géologie. 99 p. Faculté des Sciences de Tunis.
- 77. Ould Baba, M. et A. Mamou. 1998.** Alimentation et modélisation du système aquifère de Gafsa Nord: Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies en Géologie. 123 p. Faculté des Sciences de Tunis.
- 78. Farhat, B. et A. Ben Mammou. 2001.** Evolution récente de Sebkhia Bou Zid (Nord-Est du Cap-Bon): Etude sédimentologique, hydrogéologique et hydrochimique: Mémoire présenté pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies en Géologie. 108 p. Faculté Des Sciences de Tunis.
- 79. Marzouki, A. et Ch. Ben Hamza. 2002.** Etude hydrogéologique préliminaire de la région d'EL Garia -Mansoura (Tunisie centrale): Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies en Géologie. 109 p. Faculté des Sciences de Tunis.
- 80. Saad, S. et Ch. Ben Hamza. 2003.** Géologie, ressources et qualité des eaux du bassin versant de l'Ichkeul : Mémoire présenté en vue de l'obtention du Mastère en Géologie. 167 p. Faculté des Sciences de Tunis.
- 81. Somrani, W et Ch. Ben hamza. 2003.** Etude géologique, hydrogéologique du site de la décharge contrôlée de Bizerte : aménagements géotechniques et étude sommaire de la décharge contrôlée de djebel chekir 128 p. Faculté des Sciences de Bizerte.
- 82. Bouchouicha, S. et Ch. Ben Hamza. 2004.** Etude hydrogéologique de la nappe Utique-abousa. Vulnérabilité et établissement des périmètres de protection. 76 p. Faculté des Sciences de Bizerte.
- 83. Riahi, K. et Ch. Ben Hamza 2004.** "Essai d'optimisation du processus de la coagulation - floculation appliqué aux eaux usées brutes de la station d'épuration de Medjez El Bab": Mémoire présenté en vue de l'obtention du Mastère en Géologie. 89 p. Faculté des Sciences de Tunis.
- 84. Mechraoui, K. et Ch. Ben Hamza. 2006.** Hydrogéologie de la plaine de Bled Charène et ses bordures, Région du Kef (Tunisie Septentrionale). 99 p. Faculté des Sciences de Bizerte.

- 85. Hamzaoui, M. et Ch. Ben Hamza. 2006.** Etude hydrogéologique du système aquifère de Sbiba et possibilité de recharge artificielle à partir des barrages collinaires (El Breck et Oum Laaroug). 104 p. Faculté des Sciences de Bizerte.
- 86. Hamdi, S. et Ch. Ben Hamza. 2006.** Etude hydrogéologique des deux synclinaux d'el Houdh et de kef Rgueb (Tunisie Nord-occidentale). 115 p. Faculté des Sciences de Bizerte.
- 87. Dhouaifi, I., Ch. Ben Hamza et H. Aloui. 2007.** Pollution de la nappe phréatique par les nitrates dans le périmètre public irrigué de Mejez El Beb : Secteur Mouatis. 74 p. Faculté des Sciences de Bizerte.
- 88. Alibi, S. et J. Tarhouni. 2006.** Caractérisation hydrogéologique de la nappe Mio-Pliocène de Gafsa: Mémoire présenté en vue de l'obtention du Mastère en Géologie. 93 p. Faculté des Sciences de Tunis.
- 89. Ben Cheikh, N., K. Zouari, et Chkir, N. 2006.** Particularités hydrogéologiques de la zone charnière entre les nappes profondes de Sfax, Djefara de Gabès et Menzel Habib: origine(s) et mécanismes de contamination des eaux souterraines. 93 p. Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax.
- 90. Abidi, B. et I. Zouar. 2007.** Caractérisation hydrogéologique, géochimique et isotopique des systèmes aquifères du synclinal de Tamerza et de la plaine de Chott El Gharsa (Sud-ouest de la Tunisie). 289 p. Faculté des Sciences de Sfax.
- 91. Hamdi, A. et Ch. Ben Hamza. 2007.** Etude hydrogéologique du bassin de Bled Rgueb. 113 p. Faculté des Sciences de Bizerte.
- 92. Smida, H. et M. Zairi. 2008.** Apports des systèmes géographiques(SIG) pour une approche intégrée dans l'étude et la gestion des ressources en eau des systèmes aquifères de la région de Sidi Bouzid (Tunisie Centrale). 282 p. Faculté des Sciences de Sfax.
- 93. Bousnina, H., Ch.y Ben Hamza et B. Chadly. 2008.** Hydrogéologie et ressources en eau de la nappe de balaoum-kalaa kbira (Nord -ouest de Sousse). 82 p. Faculté des Sciences de Bizerte.
- 94. Farhat, B. et A. Ben Mamou. 2009.** Evolution récente de Sebkha Bou Zid (Nord -Est du Cap Bon) étude stratigraphique, hydrogéologique et hydrochimique : Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies en Géologie Appliquée à l'Environnement. 104. Faculté des Sciences de Tunis.

- 95. Jouini, F. et F. Zargouni. 2009.** La mise en place d'un système d'information cartographique des nappes du Crétacé dans la région de Gabès : Mémoire en vue de l'obtention de Maîtrise en Sciences de la Terre. 50 p. Faculté des Sciences de Tunis.
- 96. Mohsen H. et Ch. Ben Hamza. 2009.** Etude géologique et hydrogéologique de la région de Zeramdine-Beni Hassen (Sahel de la Tunisie). Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies en Géologie Bassins Sédimentaires et Géoressources. 61 p. Faculté des Sciences de Tunis.
- 97. Maatoug, T. M. Farza et M. Kamoun. 2009.** Synthèse d'observateurs adaptatifs pour les systèmes non linéaires. 123 p. Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax.
- 98. Toumi, H. et M. Boumaiza. 2009.** Contribution à L'étude systématique et écologique des cladocères et des copépodes des eaux douces souterraines aux alentours de la ville de Bizerte (Tunisie Septentrionale). 100 p. Faculté des Sciences de Bizerte.
- 99. Hadj Ammar, F. 2009.** Radioactivité naturelle des eaux. 100 p. Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax.
- 100. Thabet, A. et E. Gaubi. 2009.** Etude d'impact des stations de dessalement des eaux saumâtres du Sud tunisien: étude de cas des stations de Belkhir –Menzel Habib, Mareth, Matmata et Beni Khedache: Mémoire de Projet de Fin d' Etudes en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur en Géosciences. 243 p. Faculté des Sciences de Tunis.
- 101. M'Saddak, S., E. Gaubi et L.Baccar. 2009.** Prospection géologique, géophysique et hydrogéologique pour la recharge d'eau minérale dans la région de Hmira (Saouaf, Zaghuan). Mémoire de Projet de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur en Géosciences. 73 p. Faculté des Sciences de Tunis.
- 102. Haddad, M. A., E. Gaubi et R. Khanfir. 2009.** Evolution de l'état de la nappe de Ras Djebel de 1949 à 2005 et évaluation des impacts de la recharge artificielle (période 1992-2005). Mémoire de Projet de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur en Géosciences. 67 p. Faculté des Sciences de Tunis.
- 103. Lamine, M. et M. Ben Dhia. 2009.** Caractérisation de la pollution des nappes souterraines par les nitrates: application à la région de Sraa Ouertane (Tunisie) : Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies en Géologie Appliquée à l'Environnement. 74 p. Faculté des Sciences de Tunis.

- 104. Marzouki, A. et Ch. Ben Hamza 2009.** Etude hydrogéologique préliminaire de la région d'EL Garia -Mansoura (Tunisie centrale). Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies en Géologie des Bassins Sédimentaires et Géoressources. 109 p. Faculté des Sciences de Tunis.
- 105. Manaï M. N. et Ch. Ben Hamza. 2010.** Analyse piézométrique des nappes phréatiques de la région du Kef. Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme des Etudes Approfondies en Sciences de la Terre: Bassins Sédimentaires et Géoressources (Hydrogéologie). 108 p. Faculté des Sciences de Tunis.
- 106. Mlayah, A. et Ch. Ben Hamza. 2010.** Géochimie des métaux lourds dans les eaux et sédiments du bassin de l'Oued Mellègue (Centre- Ouest de la Tunisie). Thèse en vue de l'obtention du Doctorat en Sciences Géologiques. 218 p. Faculté des Sciences de Bizerte.
- 107. Jellali, D., M. M. Badir. 2010.** Etude hydrogéologique, hydrochimique et géophysique des systèmes aquifères néogènes de Hajeb El Ayoun-Jilma (Région de Sidi Bouzid) Tunisie Centrale. Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Mastère en Géologie. 112 p. Faculté des Sciences de Tunis.
- 108. Abid, K et K. Zouari. 2010.** Identification et caractérisation hydrogéologique et géochimique de la nappe du turonien dans le Sud tunisien et sa relation avec les aquifères adjacents. 179 p. Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax.
- 109. El Agoune, A. et K. Zouari. 2010.** Contribution à l'étude de la géométrie, de l'hydrodynamique et de l'hydrochimie du réservoir des grès supérieurs, de la nappe du Continental Intercalaire (CI), entre le Nefzaoua et le Djérid (Sud Tunisie). 119 p. Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax (ENIS).
- 110. Khnissi, A. et E. Gaubi. 2010.** Caractérisation géochimique des eaux des nappes de la plaine de Mornag. Mémoire en vue de l'obtention du Mastère en Ressources Minérales : Exploration et Valorisation. 122 p. Faculté des Sciences de Tunis.
- 111. Ben Hamza, Ch. Et M. Feki. 2011.** Bilan hydrologique, sédimentologique et géochimique d'un bassin versant en zone semi-aride : la Medjerda (Tunisie du Nord) impacts sur l'environnement. Thèse en vue de l'obtention du Diplôme de Docteur Es Sciences. 283. Faculté des Sciences de Tunis.
- 112. Ben Hamza, Ch. Et J. Louis. 2011.** Contribution à l'étude de la pollution engendrée par les effluents de sucreries : Thèse présentée pour obtenir le Diplôme de Docteur Troisième Cycle.

spécialité: Géologie dynamique, hydrogéologie, géochimie des eaux. 105 p. Paris : Université VI Pierre et Marie Curie.

**113. Boukthir, A., N. Ouertani et E. Gaubi. 2011.** Suivi des performances d'un système lagunage à haut rendement algal cas du pilote " Sidi Bou Ali " : Mémoire de Projet de Fin d'Etudes du Cycle d'Ingénieur en Géosciences. 56 p. Faculté des Sciences de Tunis.

**114. Frikha, M. A., E. Gaubi et A. Jebbari. 2011.** Suivi, analyse et étude de rentabilité de la phase de captage d'un forage d'eau profond. Cas du forage suivi OS4 -gouvernorat de Gafsa : Mémoire de Projet de Fin d'Etudes du Cycle d'Ingénieur en Géosciences: Ingénierie de l'eau. 79 p. Faculté des Sciences de Tunis.

**115. Farhat, B. et A. Mamou. 2011.** Caractérisation de la géométrie des aquifères Mio-Plio-quadernaires de la plaine de Mornag (N-E de Tunisie) par les méthodes géophysiques, Hydrochimie et modélisation de la recharge potentielle. Thèse présentée pour obtenir le Diplôme de Docteur en Géologie. 224 p. Faculté des Sciences de Tunis.

**116. Jellali, J., E. Ammar, M. Loungou. 2012.** Caractérisation et impact environnemental des phosphogypses sur les eaux souterraines dans la région de M'Dhilla(Tunisie) Contribution à leur bioremédiation. 75 p. Faculté des Sciences de Sfax.

**117. Gammoudi, A. et K. Zouari. 2012.** Contribution à l'étude hydrogéologique géochimique et isotopique de la nappe phréatique d'Aïn El Beïdha (Kairouan). 112 p. Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax.

**118. Yangui, H. et K. Zouari. 2012.** Etude hydrogéologique, géochimique et isotopique du système aquifère de la plaine de Sidi Bouzid (Tunisie centrale). 183 p. Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax.

**119. Kammoun, Y. et K. Zouari. 2012.** Contribution à l'étude de la qualité chimique des eaux souterraines du bassin de Foussana (Tunisie centrale). 82 p. Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax (ENIS).

**120. Alaya, H. et T. Zouaghi. 2013.** Structuration et étude hydrogéologique des nappes profondes de Nefzaoua (Sud-ouest de la Tunisie). Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme de Mastère en Sciences géologiques: Structures et modèles géologiques. 121 p. Faculté des Sciences de Tunis.

**121. Ben Cheikh, N. et K. Zouari. 2013.** Etude des relations hydrodynamiques entre la nappe profonde de Sfax et les systèmes aquifères méridionaux (Menzel Habib et Gabès Nord) origines

et mécanismes de minéralisation des eaux souterraines. 161 p. Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax.

**122. Tabelsi, M. B. Chilli Zenati. 2013.** Investigation hydrogéologique et géothermique des eaux thermales de Hammam Ksour-Essaf dans le bassin de Sfax (Tunisie). Mémoire en vue de l'obtention du Mastère en Géologie. Ressources minérales, exploration et valorisation. 146 p. Faculté des Sciences de Tunis.

**123. Arfaoui, A. et T. Zouaghi. 2013.** Caractérisation et étude hydrogéologique et géophysique de la plaine de Kairouan, Tunisie Centro-Orientale. 119 p. Faculté des Sciences de Bizerte.

**124. Abdelmoula, S. Kammoun et T. Maatoug. 2013.** Modélisation expérimentale de l'aquifère du site expérimental hydrogéologique (SEH ) de Poitier. 45 p. Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax.

**125. Kammoun, S et T. Maatoug. 2013.** Aquifère fracturé, hydrologie, identification, modèle de commutation, filtrage. Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax.

**126. Souei, A. et T. Zouaghi. 2013.** Caractérisation géophysique et hydrogéologique des systèmes aquifères du Bassin de sisseb -El Alem; Tunisie centro -orientale: Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme de Mastère en Sciences Géologiques: Ressources Minérales: Exploration et Valorisation. 132 p. Faculté des Sciences de Tunis.

**127. Abdelkebir, H. et T. Zouaghi. 2013.** Etude géophysique et hydrogéologique des aquifères de la basse vallée de la Medjerda, Tunisie Nord-Orientale. 102 p. Faculté des Sciences de Bizerte.

**128. Rhimi, R et N. Gaaloul. 2014.** Recharge artificielle des eaux souterraines de la nappe côtière de Té Boulba (Sahel Orientale, Tunisie) par les eaux du barrage Nebhana. 93 P. Faculté des Sciences de Bizerte.

**129. Bouffench, Ghada et F. Lachaal. 2014.** Apport de la sismo-stratigraphie à la caractérisation géométrique des réservoirs aquifères Plio-quadernaires de la plaine de Kairouan: Mastère Géologie. 125 p. Faculté Des Sciences de Tunis.

**130. Naimi, T. et F. Lachaal. 2014.** Conceptualisation et modélisation hydrogéologique de la nappe phréatique de Kalaa Khasba (N-O de Tunisie) en régime permanent. Mastère Fondamental de Géologie : Ressources Minérales : Exploration et Valorisation. 117 p. Faculté Des Sciences de Tunis.

**131. Omri, N. et F. Lachaal. 2015.** Impacts de la recharge artificielle sur les eaux souterraines de la nappe de Ras Djebel (Bizerte) 108 p. Faculté des Sciences de Bizerte.

**132. Dabbek, A., R. Bouhlila et J. Tarhouni. 2015.** Modélisation hydrogéologique du système aquifère "Sidi-Marzouk-Sbiba": Mastère de Modélisation en Hydraulique et Environnement. 69 p. Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis.

**133. El Jayez, H. et T. Zouaghi. 2015.** Etude géophysique et hydrogéologique des aquifères de la région de Kalaa Kebira-Msaken (Sahel de la Tunisie). Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme de Mastère de Recherche en Sciences de la Terre: Ressources Minérales: Exploration et Valorisation. 135 p. Faculté des Sciences de Tunis.

**134. Mannai, N. 2016.** Modélisation numérique du bio colmatage accompagnant la recharge artificielle des nappes souterraines par les eaux usées traitées. Projet de fin d'Etudes pour l'obtention du Diplôme National d'Ingénieur en Génie Civil. 59 p. Ecole National d'Ingénieurs de Tunis (ENIT).

**135. Hadj Ammar, F., K. Zouari et B. Hamelin. 2016.** Caractérisation des eaux de l'aquifère du Complexe Terminal. Approche multi-isotopique ( $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$ ). 194 p. Sfax - Paris : ENIS - Université Aix Marseille.

## ***4.2. Analyse SWOT***

Appliquée à cette tâche, la matrice SWOT a pour objectif d'acquérir une vision d'ensemble sur les études hydrogéologiques stratégiques inventoriées permettant ainsi de réaliser un diagnostic mettant en évidence d'une part, les atouts et les faiblesses de cet inventaire, qui constituent ensemble les facteurs de capacité, d'autre part, les opportunités et les menaces appelées encore les facteurs environnementaux.

### **4.2.1. Atouts**

- Le principal atout réside dans le fait que les études inventoriées ont servi dans le passé de base pour l'élaboration des différentes stratégies entreprises par le Ministère de l'Agriculture et qui ont conduit à une gestion exemplaire des ressources en eaux souterraines, notamment leur répartition entre les différents secteurs (eau potable, agriculture, industrie et tourisme).
- L'inventaire a touché les études récentes qui ont bénéficié des nouvelles technologies notamment dans le domaine de l'évaluation des ressources et des exploitations.
- Les études inventoriées couvrent aussi bien les nappes phréatiques que les nappes profondes. Elles couvrent également les nappes partagées entre les gouvernorats et entre les pays.

- En plus de l'évaluation des ressources et des exploitations certaines études inventoriées ont porté sur les eaux non conventionnelles et leur utilisation dans le domaine de la recharge artificielle pour combler le déficit en eau des nappes et pour arrêter l'intrusion marine chez les nappes côtières.

#### **4.2.2. Faiblesses**

- La principale faiblesse est l'absence de coordination entre les différents intervenants ce qui justifie certaines valeurs contradictoires au niveau de l'évaluation des ressources et des exploitations.

- Les études inventoriées ne couvrent pas les forages illicites ainsi que l'effet des changements climatiques sur les réserves en eaux souterraines.

- Les études hydrogéologiques existantes à la bibliothèque de la Direction Générale des Ressources en Eau sont accessibles au public sous réserve d'une autorisation au préalable.

#### **4.2.3. Opportunités**

- Intensifier les études hydrogéologiques en utilisant des techniques plus perfectionnées et plus précises.

- Multiplier les études sur les eaux non conventionnelles pour la recharge artificielle des aquifères.

- Inciter à la coordination entre les institutions en rapport avec l'eau souterraine.

- Multiplier les études sur les exploitations illicites pour une meilleure quantification des ressources souterraines.

- Multiplier les études d'impact du changement climatique sur les ressources en eau souterraine.

#### **4.2.4. Menaces**

Les principales menaces sont :

- La surexploitation des nappes et la dégradation de la qualité des eaux.

- L'exploitation illicite et anarchique des nappes.

- L'effet des changements climatiques sur la recharge naturelle des nappes.

- La non actualisation des études au fur et à mesure de l'acquisition de nouvelles technologies.
- L'absence de coordination entre les différents intervenants notamment en matière d'exploitation.

### **4.3. Conclusion**

Les études hydrogéologiques stratégiques inventoriées sont généralement consistantes et plus ou moins précises. Elles peuvent constituer une assise solide pour l'élaboration d'études stratégiques plus avancées, employant les techniques de mesures et d'évaluations plus perfectionnées des ressources et des exploitations des eaux souterraines.

## **5. Cartes hydrogéologiques**

Les cartes hydrogéologiques existantes traduisent la concrétisation et l'aboutissement des efforts déployés par le Ministère de l'Agriculture, à travers la Direction Générale des Ressources en Eau, durant plusieurs années dans le cadre de l'inventaire des ressources en eau de la Tunisie. Lors de l'élaboration de ces cartes on a pris en considération les connaissances acquises des autres directions du Ministère de l'Agriculture travaillant dans le domaine de l'eau et des résultats obtenus par les organismes internationaux intervenant en Tunisie ainsi que par les centres de recherches et par les universités nationales et internationales.

### **5.1. Cartes répertoriées à la bibliothèque de la DGRE.**

La carte des ressources en eau au 1: 500.000 a été dressée par le Ministère de l'Agriculture (Direction Générale des Ressources en Eaux). Elle illustre avec une faible précision tous les réservoirs des eaux de surface notamment les grands barrages ainsi que les différentes nappes souterraines existantes dans le pays en fournissant les indications sur la qualité des eaux. Bien qu'elle soit élaborée à une échelle réduite cette carte a permis de mettre en évidence les différentes ressources en eaux en général et en eaux souterraines en particulier et a servi de base pour l'élaboration des cartes hydrogéologiques régionalisées à plus grande échelle (1: 200.000 et 1: 50.000).

Les cartes hydrogéologiques au 1: 50.000 et au 1:200.000 ont été dressées par le Ministère de l'Agriculture (Direction Générale des Ressources en Eaux) à la demande des autorités nationales et régionales ainsi que des citoyens et en particulier les agriculteurs, tous désireux de disposer d'un document synthétisant les informations disponibles sur les ressources en eau du pays. Ces cartes avaient pour objectif de représenter sous une forme simplifiée les informations sur les eaux souterraines, tant au niveau de leur localisation géographique, que de leur importance en qualité et en quantité et des moyens mis en œuvre pour leur mobilisation. Des indications sont

également fournies sur la contamination des eaux souterraines à partir des eaux salées de la mer et des sebkhas et sur le degré de leur exploitation.

Ces cartes ne sont pas une panacée universelle, elles sont représentatives du niveau des connaissances atteint en 1989 (avec une actualisation de certaines valeurs en 1990) et sont donc appelées à être complétées ou révisées au fur et à mesure de l'acquisition de nouvelles données régénérées par les différents programmes d'inventaires et d'études qui se poursuivent à l'échelle du pays.

Les cartes hydrogéologiques sont accompagnées d'une notice explicative, complément toujours utile destiné à fournir des éléments explicatifs supplémentaires en même temps que des informations qui n'ont pu être portées sur les cartes mais qui contribuent à une meilleure connaissance des ressources en eau. Les cartes hydrogéologiques au 1 :200.000 ont été faites par région en suivant plus ou moins le découpage de la carte d'Etat Major (carte topographique). Les cartes hydrogéologiques régionalisées sont inventoriées par source d'information et par ordre chronologique croissant.

**1. Berkaloff, E. et E. Sorel. 1939.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Environ de Gafsa. Echelle 1 :50.000. Format Raster. Imp. Delmas. Bordeaux, France. Direction des travaux publics. Service de l'Hydraulique. Tunis. DGRE.

**2. Gosselin, M. et H. Schoeller. 1939.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Echelle 1 :50.000. Format Raster. Imp. Delmas Bordeaux, France. Direction des travaux publics. Service de l'Hydraulique Tunis. DGRE.

**3. Schoeller, H. 1939.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille Hadjeb El Ayoun. Echelle 1 :50.000. Format Raster. Imp. Delmas Bordeaux, France. Direction des travaux publics. Service de l'Hydraulique Tunis. DGRE.

**4. Robaux, A. et G. Shoubert. 1945.** Carte hydrologique et géologique de la Tunisie. Feuille de Zarzis, Mechehed Salah, Fom Tataouine, Mednine, Sidi Toui, Dhehiba et Djenien. Echelle 1 : 200.000. Format Raster. Imp. Ed. Direction des travaux publics. Service de l'Hydraulique Tunis. DGRE.

**5. Castany, G. 1951.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille Kasserine. Echelle 1 :50.000. Format Raster. Ed. Direction des travaux publics. Service de l'Hydraulique Tunis. DGRE.

**6. Tscheltzoff, O. W. et H. Guilhot. 1960.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de Tazoghrane. Echelle 1 :50.000. Format Raster. Ed. Direction des travaux publics. Service de l'Hydraulique Tunis. DGRE.

**7. Tscheltzoff, O. W. et M. Bouzid. 1960.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de Nefza. Echelle 1 :50.000. Secrétariat d'Etat à l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**8. Daniel, J. H., F. Charlot et G. Bige. 1965.** Carte hydrogéologique de la Tunisie Sud. Echelle 1 :500.000. Direction des Ressources en Eaux. Secrétariat d'Etat à l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**9. Drogue, C. 1966.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de Bizerte N° 2. Echelle 1 :200.000. Secrétariat d'Etat à l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**10. Drogue, C. 1966.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de La Goulette-Cap Bon N° 6. Echelle 1 :200.000. Secrétariat d'Etat à l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**Résumé:** Cette étude couvre les nappes de Kelibia-Haouaria, de Tozghorane, Beni Khiar-Kelibia, Mornag, Grombalia-Soliman, Hammamet-Nabeul et Bouficha. Elle fournit des indications sur leurs ressources exploitables et sur la qualité des eaux.

**11. Zebidi, H. et A. Ketata. 1971.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille du Kef N° 7. Echelle 1 :200.000. Secrétariat d'Etat à l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**Résumé:** Cette étude traite des ressources exploitables et de la qualité des eaux des nappes phréatiques et profondes de Bled Abida, des Zouarines et des nappes phréatiques des plaines du Kef, du Sers et d'Oued Er-Raml.

**12. Zebidi, H. 1975.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de Thala N° 10. Echelle 1 :200.000. Ministère de l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**Résumé:** Cette étude traite des ressources exploitables et de la qualité des eaux des nappes phréatiques et profondes de Kalaat Khasba, de Sidi Mergoug-Sbibba, de Foussana et de Rohia ainsi que les nappes de Sraa Ouertane et du plateau de Thala-Ain Hedia.

**13. Mansour, H. et H. Alayet. 1976.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de Sousse N° 9. Echelle 1 :200.000. Ministère de l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**Résumé:** Cette carte couvre les nappes phréatiques et profondes de la plaine d'Enfida, la nappe des régions de Kroussia, Kaalat El Kebira et Kalaat Sghira, les nappes des plaines de Ksar Hellal-Moknine-Bkalta et enfin les nappes du Dôme de Zeramdine-Beni Hassen. Elle fournit des indications sur leurs ressources exploitables et sur la qualité des eaux.

**14. Mansour, H. et H. Alayet. 1976.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille d'El Djem N° 12. Echelle 1 :200.000. Ministère de l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**Résumé:** Cette carte couvre les nappes profondes et phréatiques de Ksour Essaf-Mahdia et celles de Souassi ainsi que les nappes phréatiques d'El Djem, de Chebba et de Mellouleche. Elle fournit des indications sur leurs ressources exploitables et sur la qualité des eaux.

**Kosched, A. et H. Rahoui. 1978.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de Sbeitla N° 14. Echelle 1 :200.000. Ministère de l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**Résumé:** Cette carte couvre les nappes de Sbeitla, Sidi Bouzid, Hajeb Jelma- Ouled Asker, Ouled Moussa et Horchane-Braga. Elle fournit des indications sur leurs ressources exploitables et sur la qualité des eaux.

**15. Rahoui, H. 1980.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de Fériana N° 13. Echelle 1 :200.000. Ministère de l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**Résumé:** Cette carte couvre les nappes de Foussana, d'Om Ali-Thelèpte, de la plaine de Kasserine et de Sbeitla. Elle fournit des indications sur leurs ressources exploitables et sur la qualité des eaux.

**17. Hajjem, A. 1982.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de Sfax N° 15. Echelle 1 : 200.000. Ministère de l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**Résumé:** Cette étude couvre les nappes phréatiques de Sfax, de Jbeniana, d'Agareb, de Chaffar, Elle fournit des indications sur leurs ressources exploitables et sur la qualité des eaux.

**18. Hajjem, A. 1982.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de Kerkennah N° 16. Echelle 1 :200.000. Ministère de l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**Résumé:** Cette étude couvre la nappe des Iles Kerkenna. Elle fournit des indications sur ses ressources exploitables et sur la qualité de ses eaux.

**19. Hajjem, A. 1982.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de Mahres N° 19. Echelle 1 :200.000. Ministère de l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**Résumé:** Cette étude couvre les nappes de Mahres, Bir Ali Oudrane, Skhira, d'El Hancha. Elle fournit des indications sur leurs ressources exploitables et sur la qualité des eaux.

**20. Hamza, M. 1983.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de Kairouan N° 11. Echelle 1 :200.000. Ministère de l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**Résumé:** Cette carte couvre les nappes du bassin sédimentaire de Kairouan, les nappes des synclinaux d'Ain El Beidha et d'Oueslatia et les aquifères de Haffouz, de Hajeb Layoun, d'El Alaa et de chougafia. Elle fournit des indications sur leurs ressources exploitables et sur la qualité des eaux.

**21. Farhat, H. 1984.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de Gafsa N° 17. Echelle 1 :200.000. Ministère de l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**Résumé:** Cette carte couvre les nappes phréatiques et profondes des bassins de Gafsa-Nord, de Gafsa -Sud et de Moulares-Redeyef. Elle couvre également les nappes de Bou Omrane, Bou Saad Houal El Oued. Elle fournit des indications sur leurs ressources exploitables et sur la qualité des eaux.

**22. Farhat, H. 1984.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de El Ayaicha N° 18. Echelle 1 :200.000. Ministère de l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**Résumé:** Cette carte couvre les nappes de la région d'Ouled Mansour-El Ayaycha-Sebkhet Ennouial, les nappes de Chott El Gharsa et les nappes de la cuvette de Meknassy. Elle fournit des indications sur leurs ressources exploitables et sur la qualité des eaux.

**23. Manaa, M. 1986.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de Tabarka N° 1. Echelle 1 :200.000. Ministère de l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**Résumé:** Cette carte couvre les nappes dunaires de Nefza, de Zouraa et d'Ouchtata. Et les nappes des plaines alluviales de Tabarka et de Mekna. Elle fournit des indications sur leurs ressources exploitables et sur la qualité des eaux.

**24. Manaâ, M. 1986.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de Souk Larba N° 4. Echelle 1 :200.000. Ministère de l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**Résumé:** Cette carte étudie les nappes de la haute vallée de la Medjerda, notamment la nappe profonde de Gardimaou, de la structure quarstique de Bulla Regia et de l'underflow des oueds Kasseb et Bouhertma. Elle fournit des indications sur leurs ressources exploitables et sur la qualité des eaux.

**25. Labidi, B. 1987.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de Tozeur N° 21. Echelle 1 :200.000. Ministère de l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**Résumé:** Cette carte couvre les nappes profondes du Complexe Terminal et du Continental Intercalaire ainsi que la nappe phréatique des oasis du Djérid. Elle fournit des indications sur leurs ressources exploitables et sur la qualité des eaux.

**26. Ben Marzouk, M. 1987.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de Kebili N° 22. Echelle 1 :200.000. Ministère de l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**Résumé:** Cette carte étudie les nappes profondes du Complexe Terminal, du Continental Intercalaire et de la Djeffara ainsi que les nappes phréatiques des oasis de Nefzaoua et d'El Hamma. Elle fournit des indications sur leurs ressources exploitables et sur la qualité des eaux.

**27. Ben Marzouk, M. 1987.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de Douz N° 27. Echelle 1 :200.000. Ministère de l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**Résumé:** Cette carte étudie les nappes profondes du Complexe Terminal, du Continental Intercalaire et de la Djeffara. Elle fournit des indications sur leurs ressources exploitables et sur la qualité des eaux.

**28. Yahyaoui, H. 1988.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de Tataouine N° 32. Echelle 1 :200.000. Ministère de l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**Résumé:** Cette étude traite des ressources exploitables et de la qualité des eaux de la nappe profonde du Continental Intercalaire.

**29. Yahyaoui, H. 1988.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de Sidi Toui N° 33. Echelle 1 :200.000. Ministère de l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**Résumé:** Cette étude traite des ressources exploitables et de la qualité des eaux des nappes phréatiques et profondes du Continental Intercalaire, du Collovo-oxfordien, du calcaire Bathonien et du Trias.

**30. Mamou, A., B. Ben Baccar et B. Khalili. 1988.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de Gabes N° 23. Echelle 1 :200.000. Ministère de l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**Résumé:** Cette étude traite des ressources exploitables et de la qualité des eaux des nappes phréatiques et profondes de Gabès-Nord, de Gabès-Sud, du Jorf, de Zarzis et de l'Île de Djerba.

**31. Mamou, A., B. Ben Baccar et B. Khalili. 1988.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de Sidi Chameck N° 24. Echelle 1 :200.000. Ministère de l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**Résumé:** Cette étude traite des ressources exploitables et de la qualité des eaux des nappes des Grés du Trias et de l'albo-Cénomaniens du Dhar.

**32. Mamou, A., B. Ben Baccar et B. Khalili. 1988.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de Mednine N° 28. Echelle 1 :200.000. Ministère de l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**Résumé:** Cette étude traite des ressources exploitables et de la qualité des eaux des nappes phréatiques et profondes de Ben Guerdane, de Zeuss Koutine et de la Djeffara.

**33. Mamou, A., B. Ben Baccar et B. Khalili. 1988.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de Zarzis N° 29. Echelle 1 :200.000. Ministère de l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**34. Hechemi, H. 1989.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de Tunis N° 5. Echelle 1 :200.000. Ministère de l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

Cette étude traite des ressources exploitables et de la qualité des eaux des nappes phréatiques et profondes de Teboursouk, des nappes phréatiques des plaines de Bouarada et de Bled Ghenima à Testour.

**35. Hechemi, H., R. Khanfir, A. Gallali et M. Oueslati. 1990.** Carte hydrogéologique de la Tunisie. Feuille de Maktar N° 8. Echelle 1 :200.000. Ministère de l'Agriculture. Format Raster. Ed. Direction des Ressources en eaux. Tunis. DGRE.

**Résumé:** Cette étude couvre les nappes du bassin sédimentaire de Sisseb-El Alam, du Synclinal de Oueslatia, des Synclinaux d'Ain Jloula et d'Ain Bou Morra, du Karst de Kessra, de la plaine de Krib, de la structure du plateau de Makthar et enfin de Bled El Hababsa. Elle fournit des indications sur leurs ressources exploitables et sur la qualité des eaux.

### ***5.2. Cartes répertoriées à la bibliothèque de l'OSS.***

Ces cartes ont été élaborées par l'Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS) dans le cadre du projet du Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS).

- 36.** Carte géologique élaborée en 1950.
- 37.** Carte piézométrique du continental Intercalaire (CI) élaborée en 1950.
- 38.** Carte piézométrique du Complexe Terminal (CT) élaborée en 1950.
- 39.** Carte de salinité du continental Intercalaire (CI) élaborée en 1950.
- 40.** Carte de salinité du Complexe Terminal (CT) élaborée en 1950.
- 41.** Carte piézométrique du continental Intercalaire (CI) élaborée en 2000.
- 42.** Carte piézométrique du Complexe Terminal (CT) élaborée en 2000.
- 43.** Carte des rabattements du continental Intercalaire (CI) élaborée en 2000.
- 44.** Carte des rabattements du Complexe Terminal (CT) élaborée en 2000.
- 45.** Carte du toit du continental Intercalaire (CI).
- 46.** Carte du toit du Complexe Terminal (CT).
- 47.** Carte du mur du continental Intercalaire (CI).
- 48.** Carte du mur du Complexe Terminal (CT).

49. Carte de l'épaisseur du continental Intercalaire (CT).
50. Carte de l'épaisseur du Complexe Terminal (CT).
51. Carte du réseau piézométrique du continental Intercalaire élaborée en 2012.
52. Carte du réseau piézométrique du Complexe Terminal (CT) élaborée en 2012.
53. Carte de salinité du continental Intercalaire (CT) élaborée en 2012.
54. Carte de salinité du Complexe Terminal (CT) élaborée en 2012.
55. Carte des rabattements du continental Intercalaire (CT) élaborée en 2012.
56. Carte des rabattements du Complexe Terminal (CT) élaborée en 2012.
57. Carte des différences de salinité du continental Intercalaire (CT) élaborée entre 1950 et 2012.
58. Carte des différences de salinité du Complexe Terminal (CT) élaborée entre 1950 et 2012.

### **5.3. Analyse SWOT.**

Le SWOT est une technique analytique qui met en évidence les atouts (forces), les faiblesses, les opportunités et les menaces de l'inventaire des cartes hydrogéologiques.

#### **5.3.1 Atouts**

- Les cartes hydrogéologiques inventoriées ont permis de guider l'implantation des puits de surface et des forages destinés aussi bien à la consommation humaine (eau potable), qu'à l'agriculture (irrigation) et l'industrie.
- Les cartes sont accompagnées d'une notice explicative, destinée à fournir des éléments explicatifs supplémentaires en même temps que des informations qui contribuent à une meilleure connaissance des ressources en eau.
- Les cartes inventoriées ont été élaborées par les compétences du Ministère de l'Agriculture.

#### **5.3.2 Faiblesses**

- Les cartes inventoriées ont été réalisées à une petite échelle (1 :200.000) et sont par conséquent peu précises.

- Elles contiennent des informations anciennes qui datent des années 80 du siècle dernier et n'ont pas bénéficié de la nouvelle technologie.
- Manque de moyens humains et matériels pour l'élaboration de cartes plus performantes.

### **5.3.3. Opportunités**

- Les cartes inventoriées nécessitent une actualisation en incluant des données nouvelles régénérées à travers les programmes d'inventaires qui se poursuivent à l'échelle du pays.
- L'élaboration des cartes hydrogéologiques à grande échelle contenant de plus amples informations sur la qualité des eaux et sur les réserves emmagasinées.
- Inciter au renforcement de la coopération entre tous les organismes en rapport avec le secteur de l'eau pour l'élaboration des cartes hydrogéologiques dans le futur.

### **5.3.4 Menaces**

- Validité des cartes hydrogéologiques inventoriées risque d'être entravées par les prélèvements anarchiques et illicites.
- Manque de collaboration entre les différents intervenants pour l'élaboration de nouvelles cartes plus performantes.

## **5.4. Conclusion**

A l'exception des cartes du SASS qui sont récentes, les autres cartes sont anciennes et nécessitent d'être actualisées ou même renouvelées à une échelle plus grande en utilisant des données plus récentes. C'est dans cet objectif que la Direction Générale des Ressources en Eau vient de confier à un groupe de Bureaux d'Etudes PROINTEC – COMET- Tunisie la tâche de réaliser la carte des ressources en eaux souterraines en Tunisie à l'échelle 1 : 50.000 en prenant en considération les données fournies par les études et les inventaires récents. Cette carte est en phase d'élaboration et sera achevée à la fin de l'année 2017.

## **6. Données hydrogéologiques**

La mise en place d'un Réseau National de Suivi de la Qualité des Eaux Souterraines et d'un Réseau de Suivi de la Piézométrie des aquifères phréatiques et profonds est une mesure efficace qui a permis de régénérer annuellement une masse importante de données sur l'évolution du niveau piézométrique du plan d'eau, sur la salinité des eaux et sur leur teneur en nitrates. Par ailleurs, des mesures des ressources exploitables et des prélèvements correspondants sont également réalisés par la DGRE et ses arrondissements régionaux aussi bien au niveau des nappes superficielles qu'au niveau des nappes profondes. Toutes ces

informations ont permis de constituer une banque de données qui pourrait servir de plateforme pour la conception d'une stratégie de gestion durable des ressources en eaux souterraines.

### **6.1. Qualité des eaux**

Il s'agit des résultats d'analyses effectuées dans le cadre du suivi du Réseau National de la Qualité des Eaux Souterraines des aquifères en Tunisie et qui sont publiés dans << l'Annuaire de la Qualité des Eaux Souterraines >>. Publication de la DGRE. Indice d'archivage 10227. ISSN 1737-8621.

Le réseau de suivi de la qualité des eaux était mis en place en 1998. Il se compose de 916 points d'eau dont 540 puits de surface contrôlant les nappes phréatiques et 376 forages contrôlant les nappes profondes. Depuis sa mise en place on a procédé annuellement à 2 campagnes de mesure: une pendant la période de basse eau et une autre pendant la période de haute eau. Depuis 2005 une seule campagne a eu lieu en période de basse eau, au cours de laquelle la nappe est à son niveau le plus bas, en supposant qu'à cette période les valeurs physico-chimiques sont plus significatives. Les mesures effectuées sont le résidu sec et la concentration en nitrates. Les états de lieu sont les 24 gouvernorats du pays (tableau 8). Le nombre total de d'enregistrements réalisés à l'échelle de toute la Tunisie pendant l'année 2014 était de 577 aussi bien pour le résidu sec que pour la concentration des eaux en nitrates.

A titre d'exemple, la région du Nord-Ouest était couverte pendant l'année 2014 d'un réseau de surveillance composé de 230 points d'eau (155 puits et 75 forages) qui permettait de contrôler les aquifères des gouvernorats de Jendouba, Béja, Le Kef et Siliana. Le nombre d'enregistrements était de 230 valeurs de résidu sec et autant de valeurs de concentration en nitrates.

Tous les résultats sont inclus dans les annuaires « Qualité des Eaux » par région naturelle, par gouvernorat et par nappe, année par année depuis l'année 1998 jusqu'à l'année 2014. La réalisation de ces annuaires relève des étapes suivantes:

- Vérification de la conformité des différents points d'observation avec les états réseaux.
- Elaboration des cartes de localisation des points d'eau.
- Réalisation des campagnes de prélèvement d'échantillons d'eau au niveau des différents points d'observations choisis.
- Analyse au labo des paramètres nitrates et résidu sec.

- Elaboration des commentaires par gouvernorat.
- Homogénéisation et mise en forme des résultats obtenus.

Les points de surveillance constituant le réseau de suivi de la qualité des eaux par région naturelle et par gouvernorat en 2014 figurent au tableau 1.

Table 1: Points de surveillance du réseau de suivi de la qualité des eaux (2014)

Régions	Gouvernorats	Nappes phréatiques						Nappes profondes		
		Points réal.	Points effect.	%	Puits Réal.	Puits effect	%	forage Réal.	Forage Effect.	%
NO	Jendouba	75	62	83	51	48	94,1	24	14	58,3
	Béja	48	39	81	18	15	83,3	30	24	80,0
	Le Kef	48	48	100	38	38	100,0	10	10	100,0
	Siliana	59	54	92	48	44	91,7	11	10	90,9
			<b>230</b>	<b>203</b>	<b>88</b>	<b>155</b>	<b>145</b>	<b>93,5</b>	<b>75</b>	<b>58</b>
NE	Bizerte	19	16	84	15	14	93,3	4	2	50,0
	Tunis	21	15	71	13	10	76,9	8	5	62,5
	Manouba	18	0	0	13	0	0,0	5	0	0,0
	Ariana	8	8	100	8	8	100	-	-	-
	Ben Arous	30	27	90	6	6	100	24	21	87,5
	Zaghouan	43	37	86	33	31	93,9	10	6	60
	Nabeul	40	30	75	25	21	84	15	9	60
		<b>179</b>	<b>133</b>	<b>74</b>	<b>113</b>	<b>90</b>	<b>79,6</b>	<b>66</b>	<b>43</b>	<b>65,2</b>
CE	Sousse	44	0	0	28	0	0	16	0	0
	Monastir	30	25	83	20	17	85	10	8	80

	Mahdia	50	37	74	34	24	70,6	16	13	81,3
	Sfax	39	36	92	34	31	91,2	5	5	100
		<b>163</b>	<b>98</b>	<b>60</b>	<b>116</b>	<b>72</b>	<b>62,1</b>	<b>47</b>	<b>26</b>	<b>55,3</b>
CO	Kasserine	40	0	0	15	0	0	25	0	0
	Kairouan	49	43	88	-	-	-	49	43	87,8
	Sidi Bouzid	27	27	100	15	15	100	12	12	100
		<b>116</b>	<b>70</b>	<b>60</b>	<b>30</b>	<b>15</b>	<b>50</b>	<b>86</b>	<b>55</b>	<b>64</b>
SO	Gafsa	88	0	0	53	0	0	35	0	0
	Tozeur	15	9	60	9	5	55,6	6	4	66,7
	Kebili	24	22	92	6	6	100	18	16	89,9
		<b>127</b>	<b>31</b>	<b>24</b>	<b>68</b>	<b>11</b>	<b>16,2</b>	<b>59</b>	<b>20</b>	<b>33,9</b>
SE	Gabes	27	22	81	11	7	63,6	16	15	93,8
	Mednine	50	0	0	30	0	0	20	0	0
	Tataouine	24	20	83	17	14	82,4	7	6	85,7
		<b>101</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>58</b>	<b>21</b>	<b>36,2</b>	<b>43</b>	<b>21</b>	<b>148,8</b>
		<b>916</b>	<b>577</b>	<b>63</b>	<b>540</b>	<b>354</b>	<b>65,6</b>	<b>376</b>	<b>223</b>	<b>59,3</b>

---

Pendant l'année 2014 le gouvernorat de Jendouba était équipé de 75 points de surveillance (51 puits de surface contrôlant 5 nappes phréatiques et 24 forages contrôlant 12 nappes profondes). Le nombre d'enregistrements était de 75 valeurs de résidu sec et autant de valeurs

de concentration en nitrates. Dans les nappes phréatiques le résidu sec des eaux variaient de 352 à 5847 mg/l et les nitrates de 2 à 339 mg/l. Dans les nappes profondes ils variaient respectivement de 397 à 2010 mg/l et de 5 à 206 mg/l.

Dans le gouvernorat de Bizerte il y avait 19 points de surveillance (15 puits de surface contrôlant 4 nappes phréatiques et 4 forages contrôlant 2 nappes profondes). Le résidu sec des eaux phréatiques variait de 1740 à 5814 mg/l et la concentration en nitrates variait de 2 à 260 mg/l. Le résidu sec des eaux des nappes profondes variait de 1082 à 1362 mg/l et la concentration en nitrates variait de 11 à 43 mg/l.

Dans le gouvernorat de Béja il y avait 48 points de surveillance (18 puits de surface contrôlant 5 nappes phréatiques et 30 forages contrôlant 8 nappes profondes). Le résidu sec des eaux phréatiques variait de 216 à 4056 mg/l et la concentration en nitrates variait de 2 à 323 mg/l. Le résidu sec des eaux des nappes profondes variait de 185 à 3648 mg/l et la concentration en nitrates variait de 1 à 158 mg/l.

Dans le gouvernorat du Kef il y avait 48 points de surveillance (38 puits de surface contrôlant 11 nappes phréatiques et 10 forages contrôlant 9 nappes profondes). Le résidu sec des eaux phréatiques variait de 485 à 5667 mg/l et la concentration en nitrates variait de 1 à 254 mg/l. Le résidu sec des eaux des nappes profondes variait de 326 à 1973 mg/l et la concentration en nitrates variait de 1 à 111 mg/l.

Dans le gouvernorat de Siliana il y avait 59 points de surveillance en 2014 (48 puits de surface contrôlant 6 nappes phréatiques et 11 forages contrôlant 5 nappes profondes). Le résidu sec des eaux phréatiques variait de 388 à 4876 mg/l et la concentration en nitrates variait de 2 à 264 mg/l. Le résidu sec des eaux des nappes profondes variait de 459 à 934 mg/l et la concentration en nitrates variait de 2 à 35 mg/l.

Dans le gouvernorat de Tunis il y avait 21 points de surveillance (13 puits de surface contrôlant 3 nappes phréatiques et 8 forages contrôlant 2 nappes profondes). Le résidu sec des eaux phréatiques variait de 896 à 3702 mg/l et la concentration en nitrates variait de 9 à 250 mg/l. Le résidu sec des eaux des nappes profondes variait de 1239 à 6787 mg/l et la concentration en nitrates variait de 21 à 210 mg/l.

Dans le gouvernorat de L'Ariana il y avait 8 points de surveillance (8 puits de surface). Le résidu sec des eaux phréatiques variait de 2292 à 8180 mg/l et la concentration en nitrates variait de 11 à 327 mg/l.

Dans le gouvernorat de Ben Arous il y avait 30 points de surveillance (6 puits de surface contrôlant 1 nappe phréatique et 24 forages contrôlant 4 nappes profondes). Le résidu sec des

eaux phréatiques variait de 780 à 5312 mg/l et la concentration en nitrates variait de 1 à 148 mg/l. Le résidu sec des eaux des nappes profondes variait de 652 à 11770 mg/l et la concentration en nitrates variait de 2 à 305 mg/l.

Dans le gouvernorat de Zaghouan il y avait 43 points de surveillance (33 puits de surface contrôlant 4 nappes phréatiques et 10 forages contrôlant 6 nappes profondes). Le résidu sec des eaux phréatiques variait de 556 à 9970 mg/l et la concentration en nitrates variait de 1 à 166 mg/l. Le résidu sec des eaux des nappes profondes variait de 526 à 1620 mg/l et la concentration en nitrates variait de 1 à 9 mg/l.

Dans le gouvernorat de Nabeul il y avait 40 points de surveillance (25 puits de surface contrôlant 6 nappes phréatiques et 15 forages contrôlant 10 nappes profondes). Le résidu sec des eaux phréatiques variait de 830 à 5420 mg/l et la concentration en nitrates variait de 1 à 357 mg/l. Le résidu sec des eaux des nappes profondes variait de 610 à 2982 mg/l et la concentration en nitrates variait de 1 à 117 mg/l.

Dans le gouvernorat de Kairouan il y avait 49 points de surveillance (49 forages contrôlant 26 nappes profondes). Le résidu sec des eaux des nappes profondes variait de 208 à 3294mg/l et la concentration en nitrates variait de 1 à 113 mg/l.

Dans le gouvernorat de Sidi Bouzid il y avait 27 points de surveillance (15 puits de surface contrôlant 5 nappes phréatiques et 12 forages contrôlant 8 nappes profondes). Le résidu sec des eaux phréatiques variait de 1271 à 8133 mg/l et la concentration en nitrates variait de 2 à 94 mg/l. Le résidu sec des eaux des nappes profondes variait de 265 à 4297 mg/l et la concentration en nitrates variait de 14 à 50 mg/l.

Dans le gouvernorat de Sousse il y avait 44 points de surveillance (28 puits de surface et 16 forages). Le résidu sec des eaux phréatiques variait de 578 à 4832 mg/l et la concentration en nitrates variait de 2 à 300 mg/l. Le résidu sec des eaux des nappes profondes variait de 802 à 4722 mg/l et la concentration en nitrates variait de 1 à 205 mg/l.

Dans le gouvernorat de Monastir il y avait 30 points de surveillance (20 puits de surface contrôlant 7 nappes phréatiques et 10 forages contrôlant 4 nappes profondes). Le résidu sec des eaux phréatiques variait de 632 à 5240 mg/l et la concentration en nitrates variait de 1 à 352 mg/l. Le résidu sec des eaux des nappes profondes variait de 964 à 3826 mg/l et la concentration en nitrates variait de 1 à 194 mg/l.

Dans le gouvernorat de Mahdia il y avait 50 points de surveillance (34 puits de surface contrôlant 9 nappes phréatiques et 16 forages contrôlant 3 nappes profondes). Le résidu sec des eaux phréatiques variait de 1608 à 10020 mg/l et la concentration en nitrates variait de 1 à

273 mg/l. Le résidu sec des eaux des nappes profondes variait de 3042 à 6892 mg/l et la concentration en nitrates variait de 4 à 24 mg/l.

Dans le gouvernorat de Sfax il y avait 39 points de surveillance (34 puits de surface contrôlant 14 nappes phréatiques et 5 forages contrôlant 1 nappe profonde). Le résidu sec des eaux phréatiques variait de 790 à 10658 mg/l et la concentration en nitrates variait de 1 à 364 mg/l. Le résidu sec des eaux des nappes profondes variait de 2790 à 9362 mg/l et la concentration en nitrates variait de 1 à 2 mg/l.

Dans le gouvernorat de Gafsa il y avait 88 points de surveillance (53 puits de surface et 35 forages). Le résidu sec des eaux phréatiques variait de 978 à 4038 mg/l et la concentration en nitrates variait de 1 à 112 mg/l. Le résidu sec des eaux des nappes profondes variait de 780 à 3365 mg/l et la concentration en nitrates variait de 1 à 43 mg/l.

Dans le gouvernorat de Tozeur il y avait 15 points de surveillance (9 puits de surface contrôlant 3 nappes phréatiques et 6 forages contrôlant 2 nappes profondes). Le résidu sec des eaux phréatiques variait de 1080 à 5475 mg/l et la concentration en nitrates variait de 1 à 40 mg/l. Le résidu sec des eaux des nappes profondes variait de 1996 à 3782 mg/l et la concentration en nitrates variait de 1 à 20 mg/l.

Dans le gouvernorat de Kébili il y avait 24 points de surveillance (6 puits de surface contrôlant 3 nappes phréatiques et 18 forages contrôlant 5 nappes profondes). Le résidu sec des eaux phréatiques variait de 1810 à 6584 mg/l et la concentration en nitrates variait de 1 à 195 mg/l. Le résidu sec des eaux des nappes profondes variait de 1556 à 5338 mg/l et la concentration en nitrates variait de 1 à 44 mg/l.

Dans le gouvernorat de Gabès il y avait 27 points de surveillance (11 puits de surface contrôlant 5 nappes phréatiques et 16 forages contrôlant 7 nappes profondes). Le résidu sec des eaux phréatiques variait de 2965 à 7770 mg/l et la concentration en nitrates variait de 1 à 62 mg/l. Le résidu sec des eaux des nappes profondes variait de 2270 à 3040 mg/l et la concentration en nitrates variait de 4 à 28 mg/l.

Dans le gouvernorat de Mednine il y avait 50 points de surveillance (30 puits de surface et 20 forages). Le résidu sec des eaux phréatiques variait de 422 à 4312 mg/l et la concentration en nitrates variait de 2 à 174 mg/l. Le résidu sec des eaux des nappes profondes variait de 326 à 1021 mg/l et la concentration en nitrates variait de 1 à 74 mg/l.

Dans le gouvernorat de Tataouine il y avait 24 points de surveillance (17 puits de surface contrôlant 6 nappes phréatiques et 7 forages contrôlant 5 nappes profondes). Le résidu sec des eaux phréatiques variait de 115 à 9430 mg/l et la concentration en nitrates variait de 1 à 137

mg/l. Le résidu sec des eaux des nappes profondes variait de 1025 à 3410 mg/l et la concentration en nitrates variait de 1 à 34 mg/l.

---

## **6.2. Niveau piézométrique des aquifères**

Le suivi du niveau piézométrique des nappes est une composante pertinente dans la gestion des eaux souterraines. C'est une plateforme de concertation sur l'état de santé des nappes. En Tunisie, le Réseau de Suivi du Niveau Piézométrique des aquifères a été mis en place en 1991. Depuis, on a procédé annuellement à 2 campagnes de mesures, une pendant la période de basse eau et une autre pendant la période de haute eau. Les résultats de suivi des niveaux statiques des nappes phréatiques et profondes à partir des points de contrôle au cours des saisons sèches (basses eaux) et des saisons humides (hautes eaux) sont publiés dans les *Annuaire Piézométriques*. Le dernier annuaire datait de 2013.

Le suivi comprend une analyse de l'évolution du plan d'eau de la nappe, l'amplitude de ses fluctuations inter-saisonnières et l'évolution piézométrique par rapport à la situation de l'année précédente. Au niveau de chaque nappe, le réseau permet de faire apparaître l'impact de l'exploitation (nappes faiblement ou fortement exploitées) et de la recharge naturelle et artificielle des nappes concernées.

L'état récapitulatif du réseau de suivi piézométrique figure au tableau 2.

Table 2: Etat récapitulatif global du réseau de suivi piézométrique des nappes souterraines (2010).

Nappes	Nombre de Puits de surface	Nombre de Piézomètres	Nombre de Forages	Total
Phréatiques	920	537	76	1533
Profondes	3	672	62	737
<b>Total</b>	<b>923</b>	<b>1209</b>	<b>138</b>	<b>2270</b>

Pendant l'année 2010 le suivi des nappes souterraines de la Tunisie était assuré par 2270 points de surveillance repartis en 923 puits de surface, 1209 piézomètres et 138 forages. L'état récapitulatif du réseau de suivi piézométrique des nappes souterraines par gouvernorat figure au tableau 3.

Table 3: Etat récapitulatif du réseau de suivi piézométrique des nappes souterraines par gouvernorat (année 2010)

	Nappes Phréatiques			Nappes Profondes		
	Puits de surface	Piézomètres	Forages	Puits de surface	Piézomètres	Forages
Jendouba	54	24	-	-	23	-
Beja	17	-	-	-	49	7
Le Kef	45	41	1	-	36	-
Siliana	57	11	-	-	73	7
<b>NO</b>	<b>173</b>	<b>76</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>181</b>	<b>14</b>
Bizerte	162	20	-	-	24	-
Ariana	12	19	-	-	-	-
Manouba	6	-	-	-	7	-
Tunis	5	-	-	-	-	-
Ben Arous	35	27	-	-	5	1
Zaghouan	43	0	-	-	32	-
Nabeul	93	72	17	-	52	1
<b>NE</b>	<b>356</b>	<b>138</b>	<b>17</b>	<b>-</b>	<b>120</b>	<b>2</b>
Kasserine	74	9	2	-	57	-
Sidi Bouzid	25	46	23	-	12	-
<b>CO</b>	<b>99</b>	<b>55</b>	<b>25</b>	<b>-</b>	<b>69</b>	<b>-</b>
Kairouan	40	23	5	-	64	1
Sousse	32	9	1	-	33	1

Monastir	24	16	5	-	21	2
Mahdia	47	47	6	-	-	8
Sfax	-	85	10	-	5	8
<b>CE</b>	<b>143</b>	<b>180</b>	<b>27</b>	<b>-</b>	<b>123</b>	<b>20</b>
Gafsa	50	18	4	-	36	5
Tozeur	31	5	-	-	32	9
Kebili	30	-	-	-	32	9
<b>SO</b>	<b>111</b>	<b>23</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>100</b>	<b>23</b>
Gabes	11	41	-	1	35	-
Mednine	16	12	1	1	15	2
Tataouine	11	12	1	1	29	1
<b>SE</b>	<b>38</b>	<b>65</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>79</b>	<b>3</b>
<b>Tunisie</b>	<b>920</b>	<b>537</b>	<b>76</b>	<b>3</b>	<b>672</b>	<b>62</b>

L'évolution du nombre de piézomètres entre les années 1991 et 2010 figure au tableau 4.

Table 4: Evolution du nombre de piézomètres pendant la période 1991-2010

Années	NO	NE	CO	CE	SO	SE	Total
1991	0	5	7	6	0	2	<b>20</b>
1992	4	5	3	9	15	5	<b>41</b>
1993	5	5	5	14	6	6	<b>41</b>
1994	9	11	4	12	3	7	<b>46</b>
1995	5	19	4	13	2	8	<b>51</b>
1996	5	12	11	19	3	7	<b>57</b>

1997	27	20	10	21	5	8	<b>91</b>
1998	13	22	4	11	8	16	<b>74</b>
1999	20	13	6	26	11	13	<b>89</b>
2000	29	19	24	13	3	19	<b>107</b>
2001	19	22	8	26	7	24	<b>106</b>
2002	38	37	4	10	15	11	<b>115</b>
2003	11	11	12	55	18	14	<b>121</b>
2004	4	13	5	20	7	8	<b>57</b>
2005	7	12	6	16	1	8	<b>50</b>
2006	18	11	8	17	7	6	<b>67</b>
2007	3	27	8	2	2	0	<b>42</b>
2008	0	8	3	4	0	0	<b>15</b>
2009	2	5	0	1	3	0	<b>11</b>
2010	2	7	0	1	4	0	<b>14</b>

Le nombre d'enregistrements des niveaux piézométriques des nappes souterraines en 2010 s'élevait à 2270 pendant la saison de haute eau et autant d'enregistrements pendant la période de basse eau. Toutefois, ce nombre varie d'une année à l'autre en fonction du nombre de piézomètres disponibles.

### ***6.3. Exploitation des nappes phréatiques***

Le nombre d'entités hydrogéologiques phréatiques en Tunisie s'élève à 226 réparties entre les régions naturelles comme indiqué au tableau 5.

Table 5: Répartition régionale du nombre de nappes phréatiques

Régions naturelles	Nombre de nappes	Taux (%)
--------------------	------------------	----------

Nord	72	32
Centre	97	43
Sud	57	25
<b>Tunisie</b>	<b>226</b>	<b>100</b>

Les ressources globales des nappes phréatiques en 2010 s'élevaient à 746 Mm<sup>3</sup>/an, ventilées comme indiqué au tableau 6.

Table 6: Ressources globales des nappes phréatiques (2010)

Régions naturelles	Ressources (Mm <sup>3</sup> /an)	%
Nord	371	49,73
Centre	251	33,64
Sud	124	16,63
<b>Tunisie</b>	<b>746</b>	

Sur les 226 nappes phréatiques 139 sont encore non surexploitées (62%), 63 sont surexploitées (28%) et 23 sont exploitées à leur optimum (25%). La répartition régionale des différentes catégories de nappes figure au tableau 7.

Table 7: Répartition régionale des différentes catégories de nappes phréatiques

Régions naturelles	Nombre de nappes sous-exploitées	Nombre de nappes surexploitées	Nombre de nappes bien exploitées
NO	57	2	3
NE		9	0
Tunisie centrale	46	12	4
Kairouan + Sahel		25	10

SO	36	8	1
SE		7	5
<b>Tunisie</b>	<b>139</b>	<b>63</b>	<b>23</b>

Les nappes surexploitées sont localisées notamment au Centre du pays. Le taux moyen d'exploitation de l'ensemble de ces nappes est de 161%, variable entre 126 et 220 %. Les nappes sous-exploitées sont localisées surtout dans le Nord où les eaux de surface sont abondantes. Le taux moyen d'exploitation est de 47%. Les nappes exploitées à leur optimum sont au Nombre de 3 au Nord, 14 au Centre et 6 au Sud. Les données sur les ressources et l'exploitation des eaux des nappes phréatiques en Tunisie sont recueillies dans l'annuaire d'exploitation des nappes phréatiques. C'est une publication annuelle élaborée par le personnel de la DGRE et par les arrondissements régionaux. Les enregistrements couvrent la période 1985 jusqu'aux nos jours.

Les prélèvements au cours de l'année 2010 étaient évalués à 854 Mm<sup>3</sup>/an. Les ressources exploitables et les prélèvements figurent au tableau 8.

Table 8: Etat des ressources et d'exploitation des nappes phréatiques par région (2010)

Régions	Ressources (Mm <sup>3</sup> /an)	Exploitation (Mm <sup>3</sup> /an)	Taux d'exploitation (%)
NO	77	52	67
NE	294	336	114
<b>Nord</b>	<b>371</b>	<b>388</b>	<b>105</b>
Tunisie Centrale	108	129	119
Kairouan + Sahel	143	220	154
<b>Centre</b>	<b>251</b>	<b>349</b>	<b>139</b>
SO	73	71	97
SE	51	46	92

<b>Sud</b>	<b>124</b>	<b>117</b>	<b>95</b>
<b>Tunisie</b>	<b>745</b>	<b>854</b>	<b>114</b>

Les eaux phréatiques sont exploitées notamment par les puits de surface. Le nombre total de puits en 2010 s'élevait à 146633 dont 73% sont équipés. Ce nombre était 23061 en 1980. L'actualisation du nombre de puits et du taux d'équipement a été réalisée au niveau des arrondissements des ressources en eau avec les moyens matériels et humains disponibles.

La répartition régionale des puits de surface figure au tableau 9.

Table 9: Répartition régionale des puits de surface (2010)

Régions naturelles	Nombre de puits	Ressources (Mm <sup>3</sup> /an)	Exploitation (Mm <sup>3</sup> /an)
NO	8163	77	52
NE	35181	293	336
C	47480	251	349

#### ***6.4. Exploitation des nappes profondes***

Les données sur les ressources et l'exploitation des eaux des nappes profondes en Tunisie sont recueillies dans l'Annuaire d'Exploitation des Nappes Profondes. Cet annuaire a été élaborée en 1972 par le personnel de la DGRE et ses arrondissements régionaux C'est un recueil des exploitations et des prélèvements des eaux profondes depuis 1972 jusqu'aux nos jours. Contrairement à celle des nappes phréatiques, La publication de l'annuaire d'exploitation des nappes profondes se fait une fois tous les 5 ans. Le dernier datait de 2014. Les ressources exploitées en 2014 étaient évaluées à 1705 Mm<sup>3</sup> soit 119% des ressources totales des nappes profondes évaluées a 1421 Mm<sup>3</sup>. Les prélèvements se faisaient à partir de 21675 forages (87 sources d'eau, 893 forages artésiens et 20695 forages pompées. Le volume exploité varie d'une année à l'autre. A titre d'exemple en 2009 les ressources en eaux profondes exploitées s'élevaient à 1242 Mm<sup>3</sup> soit un taux moyen d'exploitation égal à 87,2%. Les exploitations et les prélèvements des nappes profondes en 2009 figurent au tableau 10.

Table 10: Etat des ressources et d'exploitation des nappes profondes (2009)

Régions naturelles	Ressources (Mm <sup>3</sup> )	Exploitation (Mm <sup>3</sup> )
NO	149,1	43,73
NE	157,3	111,63
<b>Nord</b>	<b>306,4</b>	<b>155,36</b>
Tunisie centrale	175,8	150,47
Kairouan + Sahel	155,2	137,20
<b>Centre</b>	<b>331,0</b>	<b>287,67</b>
SO	494,9	606,37
SE	289,4	193,13
<b>Sud</b>	<b>784,3</b>	<b>799,50</b>
<b>Tunisie</b>	<b>1421,70</b>	<b>1242,53</b>

Les prélèvements dans la nappe profonde se font à partir de 19457 points d'eau ventilés comme indiqué au tableau 11.

Table 11: Nature des points d'extraction des eaux des nappes profondes (2014)

Points d'eau	Nombre
Sources	92
Forages artésiens	905
Forages pompés	18460
<b>Total</b>	<b>19457</b>

Pendant l'année 2014 60% de l'exploitation est localisée au Sud, 40% au Centre et au Nord. Les taux d'exploitation supérieure à 100% sont observés dans les gouvernorats de Ben Arous,

Nabeul, Kairouan, Sfax, Kasserine, Sidi Bouzid, Gafsa et Kebili. Les aquifères profonds du Nord et du Sahel sont sous exploitées par rapport à leurs ressources puisqu'au Nord il y a abondance d'eaux de surface et dans le Sahel les eaux profondes sont saumâtres.

La répartition régionale des points d'eau figure au tableau 12

Table 12: Répartition régionale des points d'eau

Régions naturelles	Nombre de points d'eau	Sources	Forages jaillissants	Forages pompées
Nord	5983	33	26	5924
Centre	6699	33	42	6624
Sud	8993	21	825	8147

L'annuaire d'exploitation des nappes profondes contient également la répartition des prélèvements par secteur d'activité (tableau 13).

Table 13: Exploitation des nappes profondes par secteur d'activité économique (2014)

Usage	Exploitation (Mm <sup>3</sup> )	%
Agricole	1275,52	78,10
Eau potable	311,67	19,10
Industriel et minier	42,70	2,60
Hôtellerie	3,37	0,20

L'évolution de l'exploitation des nappes profondes par secteur d'activités économiques durant la période 2011-2014 figure au tableau 14.

Table 14: Evolution de l'exploitation des nappes profondes par secteur d'activité économique (2011-2014)

Usage /Années	2011	2012	2013	2014

Agricole	1048,54	1103,62	1143,38	1275,52
Eau potable	259,28	269,97	290,09	311,67
Industriel et minier	35,56	38,83	39,54	42,70
Hôtellerie	2,84	2,95	3,28	3,37
<b>Total</b>	<b>1346,22</b>	<b>1415,37</b>	<b>1476,29</b>	<b>1633,26</b>

Pendant la dernière décennie la ruée vers l'eau souterraine a permis d'intensifier l'exploitation illicite. Le nombre total de forages illicites en 2014 était évalué à 9969 et les volumes prélevés sont de l'ordre 169,6 Mm<sup>3</sup>. La répartition régionale des forages illicites figure au tableau 15.

Table 15: Répartition régionale des forages illicites (2014)

Gouvernorat	Nombre de forages	Exploitation (Mm <sup>3</sup> )
Jendouba	2	0
Béja	2	0,008
Le Kef	0	0
Siliana	21	0.73
Bizerte	46	2
Tunis	0	0
Ariana	2	0,02
Manouba	0	0
Ben Arous	57	1,75
Zaghouan	275	6
Nabeul	1200	30
Kairouan	438	15,77

Sousse	250	1,8
Monastir	133	0,36
Mahdia	47	1,57
Sfax	192	1,25
Kasserine	360	6,5
Sidi Bouzid	600	32,8
Gafsa	27	1,4
Tozeur	20	0,002
Kebili	6123	62
Gabes	91	5
Mednine	15	0,33
Tataouine	68	0,31
<b>Total</b>	<b>9969</b>	<b>169,60</b>

### ***6.5. Recharge artificielle des nappes***

La recharge artificielle des nappes fait l'objet d'une publication annuelle élaborée par La DGRE et ses arrondissements régionaux. En 2013 la recharge artificielle des nappes était estimée à 31,4 Mm<sup>3</sup> soit 9% des ressources renouvelables naturellement. La recharge artificielle intéressait 22 nappes. Les sites de recharge sont au nombre de 50. Les sources d'alimentation sont de trois types: Les eaux usées traitées, les eaux du Nord et les eaux des barrages. Les volumes d'eau injectés sont ventilés dans le tableau 16.

Table 16: Ventilation des volumes de recharge artificielle entre les nappes (2013)

Sources d'eau utilisées pour la recharge	Nappes concernées par la recharge	Volumes d'eau injecte Mm <sup>3</sup>
--	-----------------------------------	--

Eaux usées	Nappe orientale du Cap Bon	0,27
	Nappe de BouMerdes	0,22
	Nappe de Mahdia-Ksour Essaf	0,62
	Nappe du Chaffar et de Sidi Abid	
Eaux du Nord	Nappes de Ras Djebel et Guenniche	0,31
	Nappe de Mornag	0,96
Eaux des barrages	Nappe de Grombalia	0,01
	Nappe de Nabeul Hammamet	0,01
	Nappe d'El Haouaria	0,53
	Nappe de la plaine de Kairouan	7,14
	Nappe de Chougafia	0,03
	Nappe d'Ain Jloula	0,01
	Nappe de Sbiba	5,6
	Nappe de Sbeitla	2,77
	Nappe de Foussana	6,43
	Nappe de Kalat Khasba	2,63
	Nappe d'Om Ali- Talepte	1,60
	Nappe d'Om El Khairat	2,24
	Nappe de Bou Merdes	-
	Nappe de Souassi	-
Nappe de Sidi El Hani	-	

	Nappe Om Lagsab	-
--	-----------------	---

La carte de localisation des nappes concernées par la recharge figure à la figure 3

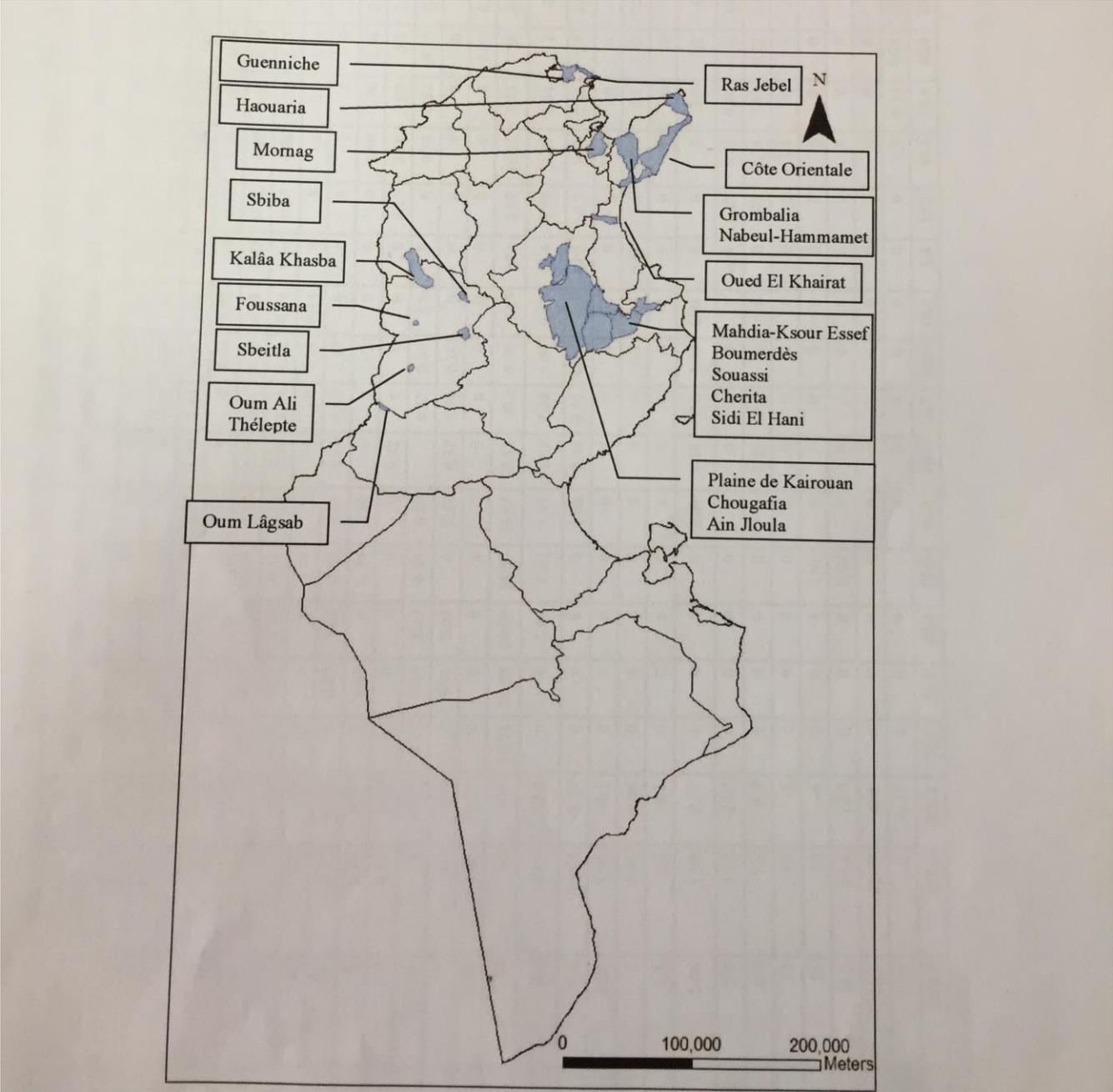


Figure 3: Carte des nappes rechargées au cours de l'année 2013

## **6.6. Analyse SWOT**

### **6.6.1. Atouts**

- Les données hydrogéologiques inventoriées sont annuellement actualisées.
- Elles couvrent aussi bien les nappes phréatiques que les nappes profondes.
- Elles couvrent des périodes assez longues (2 à 3 décennies).
- Elles sont répertoriées selon les différents secteurs d'activités économiques.

### **6.6.2. Faiblesses**

- Les analyses d'eau sont limitées au résidu sec et à la concentration des nitrates.
- Les prélèvements ne sont pas réalisés systématiquement pour tous les points de surveillance.
- Absence de données sur la qualité des eaux des forages illicites.

### **6.6.3. Opportunités**

- Etoffer la liste des analyses pour couvrir tous les éléments nuisibles à l'environnement.
- Renforcer la capacité des laboratoires régionaux.
- Multiplier davantage les points de surveillance notamment dans les périmètres irrigués où la remontée des nappes se fait sentir le plus.
- Intensifier les campagnes de mesure au niveau des nappes surexploitées afin d'apporter les solutions nécessaires (réduction du pompage et recharge artificielle)

### **6 6.4. Menaces**

- Absence de maintenance du matériel de mesure (piézomètres et tensiomètres).
- Campagnes de mesures conjoncturelles.
- Absence de contrôle de l'exploitation illicite risque d'entraver la fiabilité des données inhérentes aux ressources et aux prélèvements des eaux souterraines.

## **6.7. Conclusion**

Les données inventoriées sont très consistantes. Elles couvrent une période de 3 décennies consécutives et portent sur la qualité des eaux (résidu sec et concentration des nitrates), le

niveau piézométrique des aquifères superficiels et profonds et enfin sur les ressources et les prélèvements. Ces données ont été régénérées à travers les réseaux de surveillance à partir d'analyse faites au laboratoire sur des échantillons d'eau prélevés des nappes souterraines.

## **7. Conclusion Générale**

L'inventaire des études, cartes et données hydrogéologiques, réalisé dans le cadre de cette mission, est un constat de toutes les activités réalisées par les différents organismes en rapport avec le secteur des eaux souterraines pendant les 3 dernières décennies. Au début, les techniques de suivi étaient anciennes mais par la suite avec l'avancement de la technologie (Piézomètres, Système d'Information Géographique, photos satellites etc.) les données sont devenues plus fiables mais restent encore sujettes à des imprécisions et parfois même à des incohérences et nécessitent par conséquent une amélioration en utilisant des techniques plus récentes pour pouvoir servir de plateforme adéquate pour la conception d'une stratégie de gestion durable des eaux souterraines qui peut garantir pendant une longue période les besoins en eaux des différents secteurs socio-économiques du pays. L'exploitation des eaux par les forages illicites est certes, un phénomène qui complique davantage la situation et demeurera une menace aux efforts déployés tant qu'aucune mesure ne soit prise pour le freiner.

## Annexe: Inventaire des nappes souterraines en Tunisie

L'inventaire des nappes phréatiques et profondes par gouvernorat est le suivant:

### 1. Gouvernorat de Jendouba

Nappes phréatiques	Nappes profondes
Tabarka Mekna-Barkoukech Haute vallée de la Medjerda Oued Ghrib (underflow) Souani Ghardimaou	Tabarka Dunes de Nefza Ghardimaou Chemtou Bulla Régia Souani Oued Bouhertma (underflow) Oued Kasseb (underflow) Sidi Erroumani Djebel Diss Oued Thibar

### 2. Gouvernorat de Béja

Nappes phréatiques	Nappes profondes
Ouchtata Sidi Smail-Thibar Teboursouk Moyenne vallée de la Medjerda Goubellat	Dunes de Nefza- Nord Dunes de Nefza- Sud Teboursouk Ksar Tyr Bled Ghénima Medjez El Bab Badrouna- Sidi Smail Goubellat Bellif Djebel Diss Sidi Ahmed Oued Béja

### 3. Gouvernorat du kef

Nappes phréatiques	Nappes profondes
Zouarines Bled Abida Plaine du Kef	Bled Charènne Zouarines Sers

Sers-Lorbeus	Plaine du kef
Sidi Khiair	Abida
K <sup>t</sup> Khasba	K <sup>t</sup> Khasba
Bled Charène	Sraa Ouertane
Sraa Ouertane	Ouled Boughanem
Ouled Boughanem	Borj El Aifa
Borj El Aifa	Plaine de Touiref
	Sidi Khiair
	Bled Jouf

#### 4. Gouvernorat de Siliana

Nappes phréatiques	Nappes profondes
Sidi Bourouis	Bled Ghorfa
Borj Messaoudi	Plaine du Krib
Hammam Biadha	Oued Siliana (underflow)
Plaine du Krib	Oued Errmil
Siliana aval	Oligo.Syn. Oued Gaafour
Siliana Amont	Cal. Eoc. Oued Massouge
Ras El Maa	Cal. Aptien Djébel serj
Bouarada	Ras El Maa
Mansoura	Vallée Oued El kébir
Rohia	Bouarada Quaternaire
Hbabsa	Cal. Eoc. Mansoura
	Flanc du Djébel Bargou
	Bargou-Bousaadia-Sodga
	Gris Oligocène Kessera
	Rohia
	Mio Pliocène Hbabsa

#### 5. Gouvernorat de Bizerte

Nappes phréatiques	Nappes profondes
Guenniche	Plio. Quaternaire Guenniche
Ras Djebel	Plio. Quaternaire Menzel Bourguiba
Aousja- Ghar El Melh	Plio. Quaternaire Medjerda
Oued El Graa	Ante. Pliocène Medjerda
Oued Tine	Plio. Quaternaire Mateur
Sedjenane	Cal. Eoc. Haut Joumine
Mateur	
Menzel Bourguiba	

Oued Ben Hassine Cap Serrat Basse vallée de la Medjerda Corniche de Bizerte	
--	--

#### 6. Gouvernorat de L'Ariana

Nappes phréatiques	Nappes profondes
Soukra Basse vallée de la Medjerda	

#### 7. Gouvernorat de Manouba

Nappes phréatiques	Nappes profondes
Oued Tine Basse vallée de la Medjerda Oued Chafrou Manouba	Ksar Tyr Mio. Quaternaire Manouba-Fouchana

#### 8. Gouvernorat de Tunis

Nappes phréatiques	Nappes profondes
Soukra- El Aouina Manouba-Sijoumi Oued Chafrou	Tunis Nappe côtière Nord Tunis Olig. Mioc. de Soukra Pliocène quaternaire Manouba- Sijoumi

#### 9. Gouvernorat de Ben Arous

Nappes phréatiques	Nappes profondes
Oued Meliane	Mio. Plio. Quaternaire Oued Meliane Oligocène de Khlidia Cal. Ain Tefna

#### 10. Gouvernorat de Zaghouan

Nappes phréatiques	Nappes profondes
Fahs	Djebel Jougar

Sminja Oued Rmil Nadhour	Fahs Sminja Oued Rmel Djebel Zagouan Oligo. Saouef- Jbebina
--------------------------------	---

### 11. Gouvernorat de Nabeul

Nappes phréatiques	Nappes profondes
Grombalia Côte orientale El Haouaria Nabeul- Hammamet Tozghrane Takelsa	Grombalia Côte orientale Plio. Quaternaire El Haouaria Hammamet Nabeul Miocène de Takelsa

### 12. Gouvernorat de Kasserine

Nappes phréatiques	Nappes profondes
Haidra – Ain Defla El Gonna – Lamej Oubira Plateau de Bou Derriess Garaa Hamra Plaine de Feriana Oued Safsaf Om Lagsab	Skhiret Feriana Sbiba grés Plaine de Sbiba Plateau de Sbiba Synclinal El Gonna Foussana grés Plaine de Foussana Plaine de Kasserine Plateau de Kasserine Sbeitla Telèpte

### 13. Gouvernorat de Sidi bouzid

Nappes phréatiques	Nappes profondes
Maknassy Rgueb Braga Hajeb Jelma Sidi bouzid	Rgueb Hajeb jelma

14. Gouvernorat de Kairouan

Nappes phréatiques	Nappes profondes
Oueslatia Ain El Beidha Haffouz Cherchera El Bhira Plaine de kairouan	Oligo Oueslatia Oligo BouHafna Oligo BouMorra Mio Ain El Beidha Cal. El Houareb Moi. Plio. Haffouz Plaine de kairouan Plio. Quaternaire Sisseb Moi. Sisseb Oligo El Alem Cal. Chougafia Cal. Ain Jloula

15. Gouvernorat de Sousse

Nappes phréatiques	Nappes profondes
Bouficha Ouled Laya Chott Mariem Sebkhet Kalbia-Kroussia Sidi Bou Ali-Kondar Kneiss Sidi Saidane Enfida	Plio. Quaternaire Bouficha Kneiss Baloum Draa Souatir Oued Kharrat Chgarnia-Sidi Abid Djebel Mengoub Rmil

16. Gouvernorat de Monastir

Nappes phréatiques	Nappes profondes
Jammel – Benbla Zaremdine – Beni Hassene Sahline- Ouerdanine Teboulba Ksar Hlal	Jammel- Bembla Zaremdine- Beni Hassene Mzaougha – Ouled Moussa

Bkalta Moknine	
-------------------	--

### 17. Gouvernorat de Mahdia

Nappes phréatiques	Nappes profondes
Chebba-Ghdhabna Mahdia - Ksour Essef Melloulech Souassi Sidi El Hani Bou Merdess Cherita El Gherra El Hancha	Zaremdine- Beni Hassene Sahel Sfax Souassi

### 18. Gouvernorat de Sfax

Nappes phréatiques	Nappes profondes
Jbeniana El Amra El Hancha Sfax-Agareb Chaffar El Mahres Bir El Oudrane Skhira Boujmel Sidi Salah Meddelia Mchiguig	

### 19. Gouvernorat de Gafsa

Nappes phréatiques	Nappes profondes
H. El Oued Bou Omrane –Bou Saad Sebseb Hmara	Gafsa Nord 1 Gafsa Sud 1 El Guettar

Chott El Gharsa Nord Plio-quaternaire de Moulares-Redayef Om Lagsab Plio-quaternaire de Gafsa-El Guettar Ouled Mansour Gafsa Nord	Plio-quaternaire de Moulares-Redayef Chott El Gharsa Nord Miocène de Moulares-Redayef Crétacé Sidi mansour Eocène de Moulares-Redayef Sables Miocene-Sabkhet Ennouail
--	--

## 20. Gouvernorat de Tozeur

Nappes phréatiques	Nappes profondes
Oasis du Djérid Chott El Gharsa-Nord Ain El Karma-Tamerza	Complexe Terminal du Djérid Complexe Terminal Miocène de Tamerza

## 21. Gouvernorat de Kebili

Nappes phréatiques	Nappes profondes
Underflow de remplissage Oasis de Douz Souk Lahad Nefzaoua septentrional Nefzaoua méridional Nefzaoua occidental	Complexe Terminal Complexe Terminal de Nefzoua Complexe Terminal de R'gim Maatoug

## 22. Gouvernorat de Gabès

Nappes phréatiques	Nappes profondes
Gabès Sud El Hamma Chenchou Underflow Matmata Dkhilet Toujane Menzel Habib	Sénonien Inf. Calcaire de Gabes Sénonien Inf. Marno-gypseux de Gabès Sables Moi-Pliocène de Gabès Nord Sénonien Inf. Calcaire de Gabès Nord Senonien Inf. Calcaire Hamma Chenchou Sables Miocène de Menzel Habib Calcaire jurassique de Zeus Koutine Turonien des Matmatas

### 23. Gouvernorat de Mednine

Nappes phréatiques	Nappes profondes
Djeffara Centrale Jorf Zarzis Ben Guerdane Ile de Djerba Metameur Zeus Oum Zossar El Ghrabet Smar de Mednine Sable du Jorf Sidi Makhlouf Ben Guerdane	Grés du Trias de Sahel El Ababsa Zeus Koutine Miocène de la Djeffara de Djerba-Zarzis

### 24. Gouvernorat de Tataouine

Nappes phréatiques	Nappes profondes
Jurassique Oued Tataouine Jurassique Ferch-Recifa Grés du Trias Smar Oum Khialet Piémont du Dhar Ain Dkouk Underflow Ghomrassen	Grés Trias Sahel El Ababsa Grés du Trias Calcaire callovio.Oxf Calcaire Bathonien M.P.Q. El Ouara Trias dolomitique Continental Intercalaire Piémont



