



**HAL**  
open science

# MODALITÉS DE GESTION DES AQUIFÈRES DE LA JEFFARA DE GABÈS EN LIEN AVEC LES ÉCOSYSTÈMES OASIENS

Jean-François Vernoux, R F Horriche, R Ghoudi, S Abdedaiem, M Hamza

► **To cite this version:**

Jean-François Vernoux, R F Horriche, R Ghoudi, S Abdedaiem, M Hamza. MODALITÉS DE GESTION DES AQUIFÈRES DE LA JEFFARA DE GABÈS EN LIEN AVEC LES ÉCOSYSTÈMES OASIENS. Groundwater and Global Change in the Western Mediterranean, Nov 2017, Grenade, Espagne. hal-01529221

**HAL Id: hal-01529221**

**<https://brgm.hal.science/hal-01529221>**

Submitted on 30 May 2017

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# MODALITÉS DE GESTION DES AQUIFÈRES DE LA JEFFARA DE GABÈS EN LIEN AVEC LES ÉCOSYSTÈMES OASIENS

J.F. Vernoux<sup>1</sup>, F. Horriche<sup>2</sup>, R. Ghoudi<sup>3</sup>, S. Abdedaiem<sup>4</sup>, M. Hamza<sup>5</sup>

<sup>1</sup> BRGM, B.P. 36009 - 45060 Orléans cedex 2 ( France), [jf.vernoux@brgm.fr](mailto:jf.vernoux@brgm.fr)

<sup>2</sup> CERTE, Technopole de Borj-Cédria - BP 273-8020 Soliman (Tunisie), [faten.horriche@topnet.tn](mailto:faten.horriche@topnet.tn)

<sup>3</sup> CRDA de Gabes, rue Abou Kacem, Chebbi – 6019 Gabès (Tunisie), [r.ghoudi@gmail.com](mailto:r.ghoudi@gmail.com)

<sup>4</sup> IRA, Ennahal, 6051 Gabès (Tunisie), [sabdedayem@yahoo.com](mailto:sabdedayem@yahoo.com)

<sup>5</sup> Consultant, [hamza.mekki48@gmail.com](mailto:hamza.mekki48@gmail.com)

## ABSTRACT

The Gabes Djeffara aquifer system is located in the southeast of Tunisia and extends over an area of 400 km<sup>2</sup>. This multilayer system of aquifers is essentially recharged by infiltration and by groundwater of the Continental Intercalaire aquifer, but the increase of groundwater pumping for irrigation for tens of years has induced a serious decrease of groundwater levels and springs depletion. A multidisciplinary study was carried out in order to better understand the behaviour of oasien ecosystems and aquifer system and to provide tools and recommendations for the management of water resources.

**Key words :** Gabes Jeffara aquifer, oasien ecosystems, hydrogeological modeling, water resources management

## 1. INTRODUCTION

De par sa situation géographique en bordure de mer et du désert et à l'exutoire du système aquifère saharien septentrional (Figure 1), la région de Gabès a développé de riches écosystèmes : les oasis côtières. Ces écosystèmes ont été valorisés depuis l'Antiquité, notamment par l'agriculture, constituant un patrimoine environnemental et culturel extraordinaire. Le développement socio-économique de ces dernières décennies a conduit à une forte exploitation des aquifères côtiers qui s'est traduit par un tarissement des sources qui alimentaient les oasis.

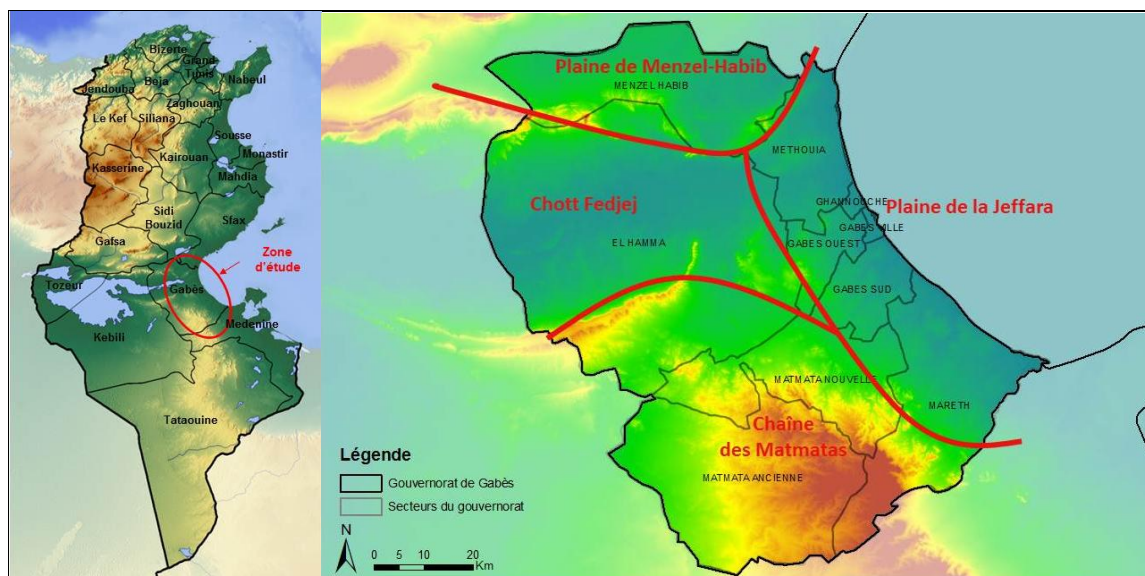


Figure 1 - Situation du domaine d'étude (en rouge) et secteurs administratifs du Gouvernorat de Gabès (en noir)

## 2. OBJECTIFS

L'objectif de l'étude est l'amélioration de la gestion des ressources en eau souterraine de la région de Gabès en prenant en compte les besoins des activités socio-économiques et la préservation durable des écosystèmes oasiens côtiers.

L'étude, à caractère pluridisciplinaire intègre différentes composantes relatives à la connaissance de la ressource en eau, au développement socio-économique de la région de Gabès et ses besoins en eau, à l'analyse des systèmes de production agricole irriguée, à l'analyse des écosystèmes oasiens et des zones humides en relation avec les aquifères et à la gestion intégrée des ressources en eau. La zone d'étude concerne les aquifères côtiers de la région de Gabès et les oasis côtiers qui en dépendent, avec une focalisation plus ciblée sur l'oasis de Gabès qui présente des enjeux importants et qui constitue à ce titre, un site modèle.

Une part importante de l'étude a été consacrée à l'élaboration d'un modèle d'écoulement hydrodynamique de la nappe de la Djefara de Gabès utilisé comme outil de gestion future de la nappe en considérant différents scénarios de recharge ou d'exploitation.

### 3. RESULTATS

#### *3.1. Modèle Géologique 3D*

Un modèle géologique 3D a été développé dans le but de restaurer les géométries du système aquifère de la plaine de la Jeffara et de l'exutoire du Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS), et les modalités d'écoulement entre les deux systèmes aquifères.

L'emprise du modèle a été déterminée en fonction de cet objectif, il couvre l'ensemble de la plaine côtière de la Jeffara, depuis les plis de l'Atlas au nord à l'oued Zeus au sud, et s'étend à l'ouest à l'intérieur du sillon des chotts quelques kilomètres à l'est du méridien de Tozeur. A l'intérieur de cette zone d'étude, les différentes entités géologiques existantes ont été identifiées et leur codage harmonisé. Ce codage a été appliqué à l'ensemble des cartes géologiques au 1/100.000 disponibles dans la zone, de même qu'à l'ensemble des données de forage disponibles au cours du projet qui ont été réinterprétées pour les besoins du modèle géologique. La pile stratigraphique modélisée a ainsi été définie en fonction de l'importance hydrogéologique des différentes entités géologiques. En plus des données cartographiques et de forage, plusieurs lignes sismiques ont permis de réaliser de grandes coupes de l'ensemble de la série modélisée et de mieux contraindre le schéma structural de la zone d'étude (figure 2). Le réseau de faille, complexe et impliquant des rejeux très importants sur certaines failles (dépassant fréquemment plusieurs centaines de mètres) est caractéristique d'une zone en décrochement. La révision de ce schéma structural permet de mieux appréhender les relations entre les systèmes aquifères du SASS et de la plaine de la Jeffara, il met de plus en évidence une corrélation entre les failles principales et la répartition des sources d'eau chaude dans la région d'El Hamma et dans la plaine de la Jeffara.

Le modèle géologique 3D réalisé avec le logiciel Geomodeller 3D, compile l'ensemble des données cartographiques (contours, pentages des couches, tracé des failles), les données de forage réinterprétées dans le cadre du projet (200 forages), le schéma structural établi et l'ensemble des lignes sismiques interprétées. Il permet de définir la géométrie 3D des différentes entités modélisées et de mieux contraindre les communications entre les différents aquifères de ce système complexe.

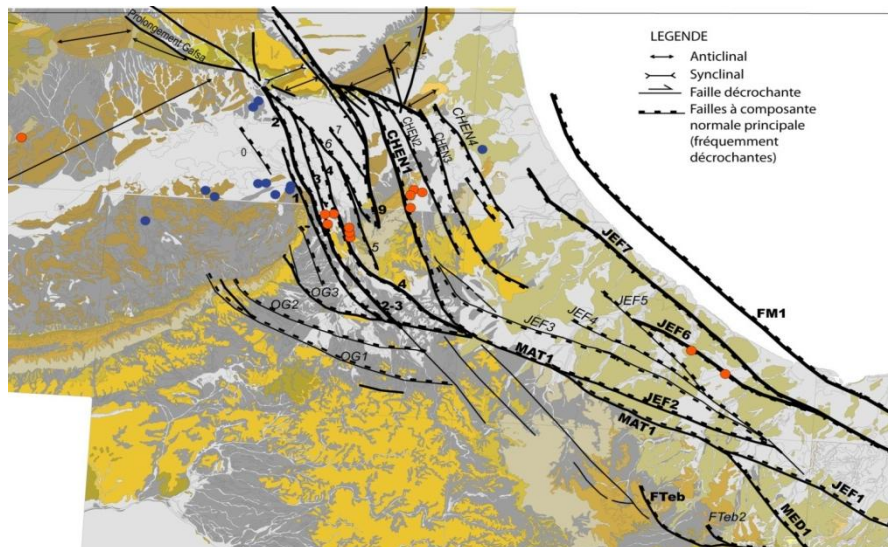


Figure 2 - Schéma structural de la Jeffara de Gabès

### 3.2. Modèle d'écoulement hydrodynamique

Le modèle conceptuel du système aquifère de la Djefgara de Gabes a du nécessairement être simplifié par rapport au modèle géologique ; il est composé de 3 couches (Figure 3) :

- La nappe phréatique contenue dans les formations quaternaires et qui est exploitée par des puits de surface.
- Les nappes profondes de la Djefgara et de Zeuss Koutine qui sont exploitées par des forages profonds.
- La nappe du Continental Intercalaire (CI) qui n'est pas exploitée au niveau de la zone d'étude. Elle sera utilisée pour le transfert d'eau du Continental Intercalaire (CI) vers la nappe de la Djefgara.

Au niveau de la zone d'étude, des sources émergent naturellement à partir de ces nappes. On enregistre encore un écoulement d'eau à l'aval de plusieurs oueds, résultat d'un drainage de la nappe phréatique. Les dépressions du terrain qui sont à l'origine des zones humides, jouent un rôle important dans l'écosystème des nappes de la Djefgara. Un drainage de la nappe phréatique est susceptible d'avoir lieu au niveau de ces dépressions par un phénomène d'évaporation. L'alimentation du système aquifère de la Djefgara se fait essentiellement par apport d'eau souterraine à partir de la nappe profonde du CI, appelé par l'exutoire tunisien. A cette alimentation s'ajoutent la recharge directe des eaux de pluie au niveau des zones favorables à l'infiltration et la recharge des eaux de ruissellement au niveau des lits des cours d'eau.

Le modèle prend en compte les débits d'exploitation de la nappe phréatique et des nappes profondes. L'exploitation des nappes profondes a doublé durant les 50 dernières années, de 53 Mm<sup>3</sup> en 1970, à environ 110 Mm<sup>3</sup> actuellement (figure 4). Cette augmentation des volumes prélevés a conduit au tarissement des sources alimentant les oasis.

Les paramètres hydrodynamiques initiaux ont été repris d'études antérieures (Rouatbi, 1967 ; UNESCO, 1972 ; Mekrazi, 1975 ; Ben Baccar, 1982) ; Abidi, 2004a et 2004b). Ces valeurs ont été par la suite modifiées en prenant en considération la complexité géologique du système aquifère et les hypothèses du modèle conceptuel.

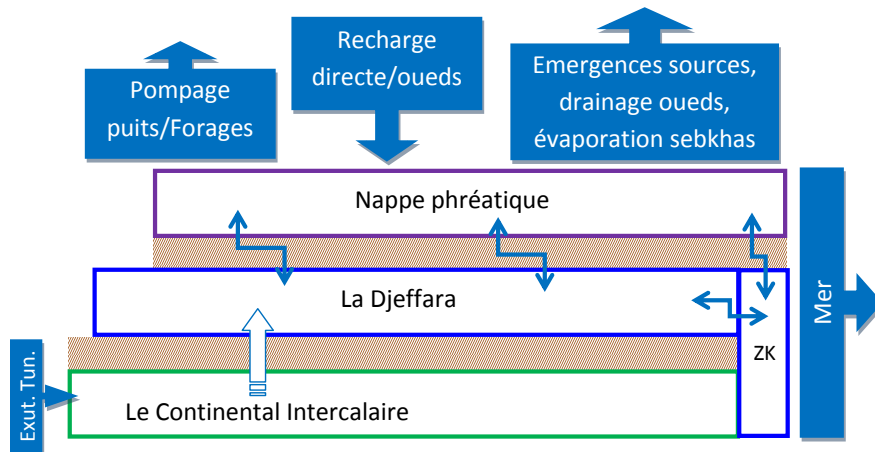


Figure 3 – Modèle conceptuel du système aquifère de la Jeffara de Gabès

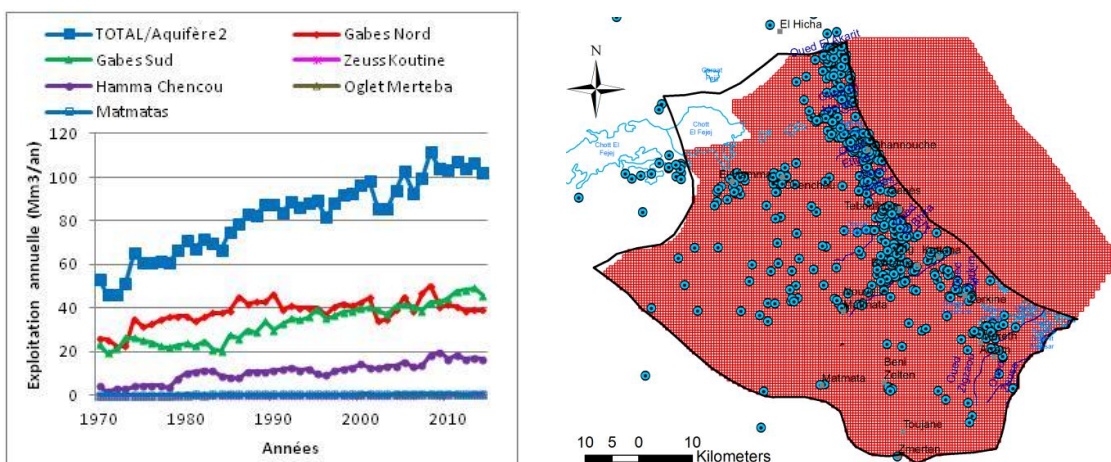


Figure 4 - Evolution de l'exploitation des nappes profondes et localisation des forages

Le modèle a été calé en régime permanent en se référant aux mesures piézométriques mesurées en 1970. Le calage a été jugé acceptable pour les deux couches. Les cartes piézométriques tracées sur la base des niveaux piézométriques calculés par le modèle confirment bien le fonctionnement hydrodynamique de la nappe et le drainage de la nappe phréatique à l'aval des oueds, au niveau des zones humides et au niveau des sources, essentiellement d'El Hamma et de Gabes (figure 5).

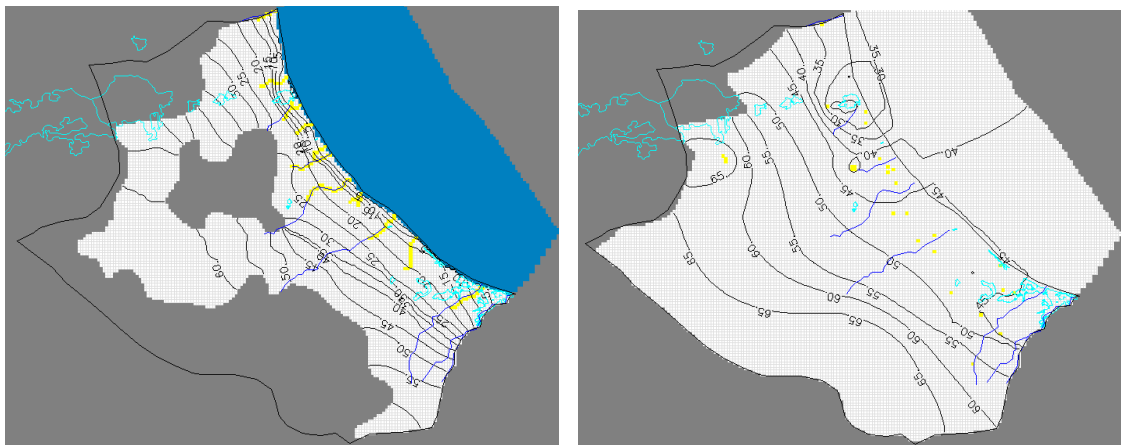


Figure 5: Cartes piézométriques simulés de la couche 1 (à gauche) et de la couche 2 (à droite) après calage du régime permanent



Le bilan en eau calculé après calage du modèle, fournit les résultats suivants : la recharge totale des eaux de pluie est évaluée à  $1.96 \text{ m}^3/\text{s}$  ; Le débit de drainage des oueds ( $37 \text{ l/s}$ ) représente un résultat nouveau du modèle ; De même pour l'évapotranspiration qui est calculée par le modèle à  $1.82 \text{ m}^3/\text{s}$  ; Le débit d'apport du CI est calculé à  $2.93 \text{ m}^3/\text{s}$ . Il est à noter que ce débit a été calculé à  $3.1 \text{ m}^3/\text{s}$  en 1950 par le modèle du SASS (OSS, 2003) et à  $3.6$  par le modèle de la Djefara tuniso-libyenne (Besbes et al., 2005).

Le régime transitoire a été calé durant la période 1972-2014, soit 44 phases d'une année chacune, en utilisant les chroniques de plus de 200 puits et piézomètres. Son état initial correspond à la piézométrie calculée en régime permanent. Le calage est acceptable sur l'ensemble des points du réseau piézométrique. Quelques écarts piézométriques ont été soulevés qui peuvent être dues à des erreurs au niveau de la localisation des points. Une bonne adéquation a été observée entre les débits des sources et les débits calculés au niveau des drains correspondants. Enfin, nous avons calé le débit de l'exutoire tunisien qui joue un rôle important pour les apports du système aquifère de la Djefara. Les débits calculés en 1970 et en 2000 sont cohérents avec ceux calculés lors des études antérieures (UNESCO, 1972 ; OSS, 2003 et Besbes et al., 2005). Le débit calculé en 2000 ( $1.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ) est légèrement inférieur aux valeurs du SASS et de l'étude de la Djefara tuniso-libyenne ( $1.5$  et  $1.4 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Selon le présent modèle, le débit de l'exutoire tunisien est calculé à  $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$  en 2014.

### *3.3. Consommation en eau actuelle et future*

Une autre composante du projet consiste à développer des scénarios d'évolution des besoins futurs en eau du gouvernorat de Gabès, en s'appuyant sur des analyses socio-économique et rétrospective des différents secteurs économiques et des usages de l'eau (agriculture, eau potable, industrie et tourisme). La démarche générale de l'exercice de scénarisation s'inscrit dans une approche de prospective participative. Les principales étapes de la démarche ont consisté en :

1. Une caractérisation socio-économique et une analyse rétrospective des besoins en eau ;
2. La conduite d'ateliers prospectifs pour l'identification des principaux facteurs de changement et le développement de scénarios préliminaires (pré-scénarios qualitatifs) ;
3. La quantification des scénarios en termes de besoins futurs en eau à l'horizon 2040.

Trois scénarios préliminaires ont été préconstruits. Le premier scénario A (tendanciel) s'appuie sur la poursuite des tendances d'évolution passée (poursuite de l'urbanisation des oasis, augmentation des superficies des périmètres irrigués privées, etc.). Le deuxième scénario B (pessimiste) suppose une aggravation des tendances passées relativement au scénario A. Le troisième scénario C (optimiste) suppose que les pressions actuelles et futures exercées sur la ressource en eau seront moindre, relativement au scénario A, en prenant en compte le fait que les usages de l'eau évoluent positivement, et d'autre part, que des politiques et des mesures de gestion des ressources en eau souterraine seront mises en place sur le territoire de Gabès.

La dernière étape porte sur la quantification des besoins futurs en eaux selon les hypothèses retenues pour chacun des trois scénarios en distinguant les secteurs d'usage de l'eau agricole (irrigation) et non agricole (usages domestique, industriel et tourisme).

Les besoins actuels en eau sont évalués à  $125 \text{ Mm}^3$  en 2014 (année de référence), dont 82% sont destinées aux 151 périmètres irrigués de Gabès pour une superficie irriguée totale de  $14\,383$  ha. Les besoins en eau non agricoles sont évalués à  $22 \text{ Mm}^3$  en 2014 dont  $13 \text{ Mm}^3$  sont consacrés aux usages domestiques. Les besoins en eau pour les secteurs industriel et touristique sont faibles et ne représente que 7% des besoins totaux.

A l'horizon 2040, les besoins futurs en eau d'irrigation sont évalués au mieux à  $215 \text{ Mm}^3/\text{an}$  (scénario C) et au pire à  $517 \text{ Mm}^3/\text{an}$  (scénario B). Si l'on considère les hypothèses du scénario tendanciel, ces besoins seraient de  $286 \text{ Mm}^3/\text{an}$  en 2040. Pour les usages non agricoles, les

besoins futurs sont respectivement évalués à 34 Mm<sup>3</sup>/an (scénario A), 40 Mm<sup>3</sup>/an (scénario C) et 28 Mm<sup>3</sup>/an (scénario C).

#### 4. CONCLUSIONS

L'approche multidisciplinaire mise en œuvre (géologie, hydrogéologie, modélisation, socio-économie, écologie oasienne, gestion intégrée des ressources en eau) a permis d'appréhender le fonctionnement des oasis et du système aquifère de la Djeffara de Gabès et de développer des outils opérationnels pour améliorer la gestion de ce système aquifère. Ces outils seront utilisés pour tester différents scénarios d'évolution de la consommation en eau et d'utilisation des ressources en eau, basés sur une diminution des prélèvements en eau souterraine et l'usage de ressources alternatives.

#### Remerciements

Les auteurs remercient le Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM) et l'Agence Française de Développement (AFD) pour le financement de ce projet

#### REFERENCES

Abidi B. (2004a) - Etude des nappes phréatiques de la Djeffara de Gabes. CRDA de Gabes et DGRE. Tunisie

Abidi B. (2004b) - Caractéristiques hydrodynamiques et géochimiques de la Djeffara de Gabes. CRDA de Gabes et DGRE. Tunisie

Ben Baccar, B. (1982). Contribution à l'étude hydrogéologique de l'aquifère multicouche de Gabès Sud. Thèse Doc. Univ. Bordeaux I, France

Mekrazi, A.F. (1975). Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de la région de Gabès Nord. Thèse Doc., Univ. Bordeaux I, France.

OSS (2003) - Système Aquifère du Sahara Septentrional: Modèle mathématique, volume IV. OSS.

Besbes, M., Bouhlila R., Pallas, P., Pizzi, G., Ayoub, A., Babasy, M., El Barouni, S. et Horriche, F. (2005) - Etude sur modèles mathématiques de la Djeffara tuniso-libyenne. OSS.

Rouatbi R. (1967) - Contribution à l'étude hydrogéologique du Karst en terre de Gabès Sud. Thèse de 3ème cycle, Montpellier, France.

UNESCO (1972) - Etude des ressources en eau du Sahara septentrional. Projet ERESS.