



La vulnérabilité des oasis de la délégation de Kébili Sud face aux risques naturels et aux pressions anthropiques : impacts des changements climatiques et de la pénurie d'eau

The vulnerability of the oases of the Kébili Sud delegation to natural risks and anthropogenic pressures: impacts of climate change and water scarcity

Hela Belguith^{1*}, Hedi Ben Ali² & Najiba Chkir¹

¹ Faculté de lettres et des sciences humaines de sfax.

² Institut des régions arides.

Article info

Histoire :

Reçu le 04/02/2022

Accepté le 16/06/2022

Mots-Clés : Ressources en eau, Oasis, Risque naturel, Surexploitation, Salinisation, changement climatique

* Auteur correspondant
hela1belguith@mail.com

Résumé

Les oasis de Kébili Sud subissent des problèmes importants liés au changement climatique et à la pénurie d'eau résultant de l'élévation de la température et de la diminution des précipitations. Ainsi, la région souffre d'une pénurie importante d'eau d'irrigation en raison de longues périodes de sécheresses affectant cette zone déjà fragile, mais aussi et surtout du comportement humain. Notre étude a pour objectif de discuter et d'analyser la question liée aux impacts du changement climatique et des changements sociaux sur la pénurie d'eau dans les oasis de Kébili Sud, ainsi de contribuer à l'évaluation de l'impact de ces changements sur la productivité des palmiers et la qualité des eaux souterraines. Les résultats obtenus lors du suivi spatiotemporel des indicateurs climatiques et des données hydrogéologiques ont montré une augmentation de la vulnérabilité des oasis. En particulier, la fragilité du secteur de l'eau par l'exploitation excessive des eaux souterraines a conduit à la détérioration de la qualité des eaux d'irrigation et à la perte de biodiversité. D'autre part, les taux élevés de dégradation qui ont été observés dans la zone d'étude indiquent une autre source de vulnérabilité en plus de la pollution, qui est l'activité agricole. La pénurie en eau, due à différents facteurs tant climatiques qu'anthropiques, nécessite de définir une stratégie de gestion des ressources en eau dans les oasis de cette région. Certains des résultats des activités de recherche et développement dans la zone d'étude qui visent principalement à soutenir la préservation et le développement durable des oasis de la région de Kébili seront présentés.

Article info

History :

Received 04/02/2022

Accepted 16/06/2022

Keywords: Water resources, Oasis, Natural risk, Overexploitation, Salinization, climate change.



Copyright©2022 JOASD

* Corresponding author
hela1belguith@mail.com

Conflict of Interest : The authors declare no conflict of interest.

Abstract

The oases of Kébili Sud are experiencing significant problems related to climate change and water scarcity resulting from the rise in temperature and the decrease in rainfall. Thus, the region suffers from a significant shortage of irrigation water due to long periods of drought affecting this already fragile area, but also and above all due to human behavior. Our study aims to discuss and analyze the issue related to the impacts of climate change and social changes on water scarcity in the oases of Kébili Sud, as well as to contribute to the assessment of the impact of these changes on palm productivity and groundwater quality. The results obtained during the spatiotemporal monitoring of climate indicators and hydrogeological data showed an increase in the vulnerability of the oases. In particular, the fragility of the water sector through the excessive exploitation of groundwater has led to the deterioration of the quality of irrigation water and the loss of biodiversity. On the other hand, the high rates of degradation that have been observed in the study area indicate another source of vulnerability in addition to pollution, which is agricultural activity. Water scarcity, due to various factors, both climatic and anthropogenic, requires defining a strategy for managing water resources in the oases of this region. Some of the results of research and development activities in the study area which mainly aim to support the preservation and sustainable development of the oases of the Kébili region will be presented.

1. INTRODUCTION

La région de Kébili Sud renferme des oasis sahariennes, ayant une superficie agricole utile de 51 452 ha. Elles sont soumises à des pressions naturelles et anthropiques telles que : (élévation des températures, diminution des précipitations, sécheresse prolongée, pénurie d'eau, surexploitation des nappes souterraines). Certains problèmes ont été largement étudiés par des géographes, des hydrologues, des géologues, biologistes ainsi que par des organisations et services gouvernementaux ou privés nationaux (Commissariats Régionaux du Développement Agricole (CRDA) et l'Institut des Régions Arides (IRA)) et internationaux. Les situations météorologiques extrêmes constituent une grande menace pour les systèmes écologiques, de sorte que les oasis de Kébili Sud semblent être particulièrement vulnérables aux conséquences du changement climatique. L'augmentation de la dégradation des ressources en eau a été amplifiée par la surexploitation des eaux souterraines par les agriculteurs. De tels facteurs (diminution du niveau de l'eau et l'augmentation de la salinisation), auront certainement des impacts négatifs sur les cultures de palmiers.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Présentation de la zone d'étude

Les oasis de Kébili Sud appartiennent à la partie centrale du gouvernorat de Kébili. Ces oasis comprennent 51.452 ha de superficie agricole utile, divisée en 8.321 ha de terres cultivées, 42.751ha de Parcours et 380 ha de forêt. Les oasis de Kébili Sud avec leurs différents étages, forment un micro climat qui diffère du milieu environnant, La température est plus basse, L'humidité est plus élevée et la violence du vent est moins ressentie (Elbekkay et al., 2016). À l'origine, Les oasis de zone d'étude ont été créées à partir de sources d'eau et de puits de surface pour soutenir l'irrigation. Cependant, le développement de ces oasis a nécessité l'exploitation des nappes profondes (nappe du Continental Intercalaire et nappe Complexe Terminal) (Mongi, 2010).

2.2. Images satellitaires des périmètres Irrigués

Cette étude a nécessité l'utilisation de plusieurs types de données dont les images satellitaires offrent un gros progrès dans le domaine de la cartographie de l'occupation du sol. La

télé-détection constitue donc une source très favorable d'acquisition d'information spatiale. Nous avons choisi deux images satellitaires ETM+ de Landsat-7 le 15/10/2013 et le 27/01/2020 de la délégation Kébili Sud, pour préciser l'extension des périmètres irrigués publics et privés, par une classification bien supervisée, de couvert végétale et non végétale et une illustration de l'évolution du couvert végétal au fil des années. La spatialisation des résultats a été réalisée par le logiciel Arc Gis 7.10.

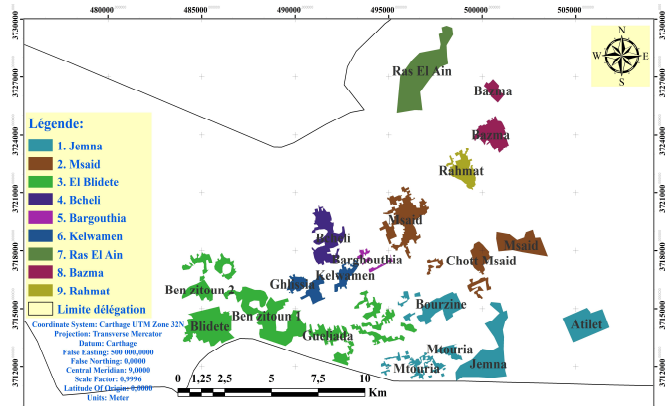


Fig. 1. Localisation géographique des oasis de la zone d'étude

2.3. Etudes des eaux

Des échantillons d'eau ont été prélevés à partir des 5 forages d'irrigation : Rahmat 2, Ras El Ain 1, Ras El Ain 2, Bazma 1 et Bargouthia1 dans la zone d'étude. Les éléments majeurs ont été analysés à partir des données hydrogéologiques et des données statistiques

Pour les besoins de la cartographie de la profondeur et de la salinité de la nappe, nous avons utilisé les mesures disponibles dans les 5 piézomètres afin d'obtenir la baisse d'eau dans les oasis. La spatialisation des résultats a été réalisée par le logiciel Qgis 3.4. L'esquisse de la carte piézométrique des eaux des nappes souterraines montre que l'allure générale de l'écoulement des eaux souterraines s'effectue vers la région des Chotts, considérée comme l'exutoire naturel des nappes. Cette nappe a connu une forte baisse de niveau piézométrique qui arrive à environ de 65 N.S./TN (m) en 2019. Cela est dû aussi bien à des causes naturelles, la température élevée et la diminution des précipitations. Les activités humaines sont également le facteur le plus important qui a contribué à ce rabattement grâce à l'exploitation excessif des eaux souterraines.

Le rabattement piézométrique est augmenté variablement entre les oasis de zone d'étude. Le niveau piézométrique de l'oasis « El

Bargouthia » est moins que le niveau de l'oasis « Ras El Ain » 1 et 2. Ceci explique par la dominance de périmètre irrigué public et la diminution de point d'eau. De plus, le cycle de l'eau est très régulier. Cependant, les oasis de Ras El Ain 1 et 2 se caractérisent par un rabattement très élevés, à cause de l'augmentation des forage illicites, la dominance des périmètres irrigués privés, l'utilisation excessive de photovoltaïque et l'utilisation de technique d'irrigation non économe.

2.4. Système D'irrigation

Le système d'irrigation existant dans la plupart des oasis de Kébili Sud est la submersion qui se caractérise principalement par la perte d'eau par évaporation et par infiltration. A cet égard, nous avons élaboré un questionnaire anonyme composé de 18 questions adressé à chaque agriculteur oasisien. Celui qui avait l'aptitude de lire a répondu librement lui-même au questionnaire et celui n'étant pas capable était soumis à des questions orales et nous notions fidèlement ses réponses.

Dans l'analyse des résultats d'enquête de terrains avec les agriculteurs présents et disponible sur leur parcelle et avec les habitants locaux. Pour réaliser ce travail, il est nécessaire d'entamer une enquête basée sur un échantillonnage. Nous avons fait des entretiens veillant à respecter une proportion représentative. L'échantillon de 179 agriculteurs et habitants enquêtés n'est donc pas aléatoire mais se veut représentatif

Malgré la sensibilisation des agriculteurs au problème de la rareté de l'eau, nous avons constaté qu'un grand nombre de participants utilisent une irrigation de surface améliorée (canaux en plastique PVC), soit 57,6% surtout dans les oasis de plus d'un hectare ou plus. Mais 17,3% utilisent la technologie d'irrigation de surface au ciment ou des canaux en terre. Leurs oasis ne dépassent pas un hectare. Cela le rend financièrement incapable d'installer des technologies d'irrigation économiques. Cela a conduit à la surexploitation des ressources en eau. D'une part, nous notons qu'il existe une tendance significative à utiliser la technologie d'irrigation goutte à goutte de 27,1%. bien que le coût d'installation de la technologie d'irrigation préservée, mais aussi que l'État n'accorde pas de concessions aux agriculteurs qui ont utilisé le forage illégal depuis la loi de conservation 1109, Promulguée en 1985 interdit les fouilles sans autorisation.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Perturbation du climat dans la zone d'étude

3.1.1. Températures : 1990-2016

La courbe de la variation annuelle de la température entre 1990-2016 (période de 27ans), montre que l'année 2016 est la plus chaude avec une moyenne de 36.9°C, alors que l'année la plus froide est celle de l'année 1992, avec une moyenne de 27. 9°C. La courbe reflète aussi des irrégularités annuelles et des variabilités annuelles 28.2°C en 1990, 30.4°C en 1999 et 36°C en 2003



Fig. 2. Évolution de la température moyenne annuelle à la station de Kébili pour la période allant de 1990-2016

3.1.2. Régimes de précipitations altérés

Une analyse des variations annuelles des précipitations, sur une période de 28 ans (1990-2017), montre que l'année 1990 a été l'année la plus humide avec 24,6 mm et 2008 l'année la plus sèche avec 2,56 mm. À noter que les précipitations annuelles moyennes sont de 9,13 mm.

Les précipitations varient d'une année à l'autre, avec une moyenne de 8,66 mm entre 1990-2005 et de 9,82 mm entre 2007-2017. Les moyennes annuelles révèlent une longue période déficitaire qui s'étale de 1995 à 2005 au cours de laquelle aucune pluviométrie supérieure à 10 mm n'a été enregistrée

3.1.3. Impacts du changement climatique

Les dérèglements climatiques dans la zone d'étude ont des impacts désastreux sur les ressources en eau, les systèmes agricoles, et l'économie. Le changement climatique augmente la pression sur les oasis qui peuvent ne pas résister à des conditions météorologiques

difficiles. Ce phénomène peut engendrer plusieurs risques pour l'économie agricole et les répercussions inévitables sur la société.

Le changement du climat en délégation de Kébili Sud aura de sérieuses conséquences sur les agrosystèmes oasiens. La détérioration des trois étages est le phénomène le plus remarquable dans les oasis. Cette détérioration a affecté principalement l'étage intermédiaire et l'étage inférieur. La température élevée affecte directement les arbres fruitiers et les espèces maraîchères et fourragères

L'impact de la variabilité climatique sur l'économie de la région d'étude se manifeste par le biais de différents canaux de transmission. La hausse des températures et les changements du régime des précipitations modifient les rendements des cultures irriguées.

Les oasis de Kébili Sud au cours des deux dernières décennies ont enregistré un développement remarquable au niveau des superficies et des productions, notamment Deglet el-Nour au cours de la saison 2016-2017. Ce secteur stratégique avec la variabilité de climat reste soumis à plusieurs problèmes, notamment les risques de certains ravageurs et maladies qui menacent l'état de santé des palmiers. Ces maladies affectent négativement la productivité et la qualité des dattes. Tel que Pourriture à thielaviopsis, foreur de rachis, Acarien du palmier, et dessèchement de palmes.

3.2. L'eau dans les oasis de délégation de Kébili Sud, pénurie et évolution d'exploitation des nappes

Les études hydrogéologiques réalisées dans la région de Kébili Sud ont mis en évidence la présence de deux nappes importantes : la nappe phréatique et la nappe profonde. Cette région est caractérisée par deux groupes de nappes phréatiques : nappes d'oasis et nappe des alluvions et deux types de nappes profondes : le Complexe Terminal et le Continental Intercalaire (Mamou, 2003). Malgré la diversité des nappes d'eaux, le Complexe Terminal est le plus important et le plus exploité avec plus de 80 % des ressources en eau utilisées.

3.2.1. L'évolution de l'exploitation des nappes phréatiques

Les nappes phréatiques de Kébili Sud sont considérées comme des aquifères secondaires du point de vue quantitatif par rapport à la nappe profonde. D'après la courbe ci-dessous, on remarque l'évolution croissante de l'exploitation entre 2005 avec 271,5 Mm³ et en 2015 qui

dépasse 489,70 Mm³. Cette croissance est due à l'augmentation du nombre de forages.

L'exploitation de nappe phréatique varie d'un point à l'autre. En effet, il y a des points où l'exploitation est élevée comme Rahmat Foret soit de 2592 m³/an et le point d'eau Mustpha Zagdoud avec de 1614,4 m³/an en 2015. Par contre, il y a d'autres points où l'exploitation est faible soit de 135 m³/an dans le point d'eau Falfoul Abdalhet de 432 m³/an en 2015 dans le point d'eau Belgacem Ben Salah.

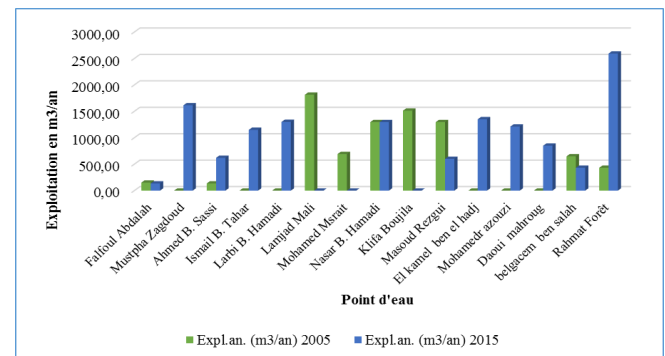


Fig. 3. Comparaison de l'exploitation de la nappe phréatique entre 2005 et 2015

3.2.2. L'évolution de l'exploitation des nappes profondes

L'exploitation des aquifères souterrains du Sahara Septentrional (CT et CI) est particulièrement élevée depuis les années 1970. Elle est estimée de 66 145 Mm³/s entre 1973 et 2015. (CRDA) ce qui indique une tendance à l'intensification de la mobilisation des ressources souterraines et à l'augmentation de l'exploitation.

La nappe du Complexe Terminale Bas Est Chott Djerid est la nappe la plus utilisée dans la zone d'étude. La quantité exploitée, soit 250,35 Mm³ en 2011, est divisée en deux parties : 158,19 Mm³ de forages pompés soit 61,90 % et 65,16 Mm³ de forages artésiens soit 26,03 %. La quantité augmente en 2014 à l'ordre de 322,59 Mm³, avec 259,17 Mm³ de forages pompés soit un taux de 80,34 % et 63,42 Mm³ de forages artésiens soit un taux de 19,66 %.

L'exploitation de la nappe du Complexe Terminale varie d'une année à l'autre, atteignant environ 212,88 Mm³ entre 1993 et 1995, 280,01 Mm³ entre 1996 et 2017 et de 394,67 Mm³ en 2018. Cette variation de l'exploitation de la nappe du Complexe Terminal est essentiellement due à l'évolution du nombre de forages creusés.

3.2.3. Une pénurie d'eau accentuée par les activités anthropiques

Les grands aquifères profonds du Kébili Sud en tant que région aride avec d'importantes ressources renouvelables en eau, ont été largement exploités au cours des dernières décennies, en vue de développer et d'étendre l'agriculture irriguée. L'évolution du nombre de points d'eau et l'utilisation excessive du pompage photovoltaïque c'est traduit par une très forte baisse du niveau des eaux souterraines parfois irréversible et une dégradation de la qualité chimique des eaux souterraines (Ben Hammadi, 2010).

Depuis 2011, les superficies des oasis de la délégation de Kébili Sud ont doublé d'une façon rapide sous forme des extensions privées. Ces dernières étaient concentrées à la périphérie des villes, ce qui a rendu le taux d'évolution des superficies privées dans la zone d'étude largement supérieur à celui des autres délégations (CRDA, 2014).

Les superficies des périmètres publics ont évolué de 2388,751 0 ha en 2000 à de 2 673 295 ha en 2014. Les délégations de Kébili Sud, ont connu la plus grande partie des extensions privées. Elles ont passé de 1 156 416 ha en 2000 à 3 619 779 ha en 2014. Contrairement aux périmètres publics, les extensions privées ont connu une évolution très rapide dans les 14 ans et ont atteint 2 463 367 ha.

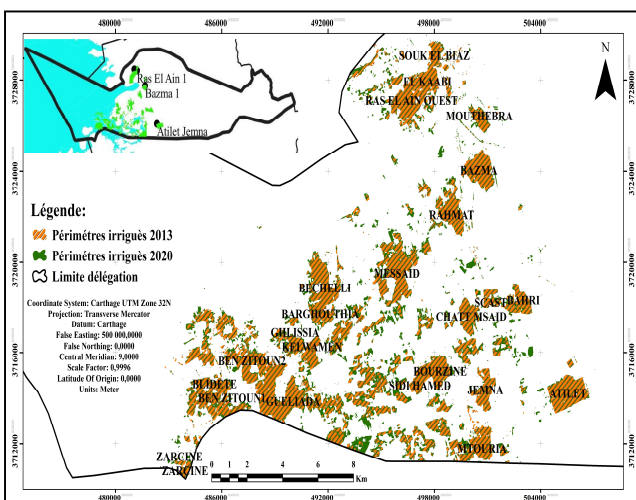


Fig. 4. Évolution des périmètres publics et des superficies privées entre 2013_2020

Selon le sondage du Commissariat Régional au Développement Agricole de Kébili (CRDA), on remarque une augmentation significative du nombre de points d'eaux en dix ans de 2008 à 2018, qui s'est multiplié par quatre. En 2008, il y avait 264 points d'eau : 48 puits simples (18,18 %), 214 (81,06 %) et 2 puits maçonnés

(0,75 %). En revanche, le nombre de points d'eau était estimé à 1006 en 2018 dont 220 puits simples (21,86 %), 784 forages (77,93 %) et 2 puits maçonnés (0,19 %) (CRDA, 2018).

Cette augmentation a été estimée à 26,24 %. D'environ 742 de puits et de forage ont été ajoutés entre 2008 et 2018, notamment dans les secteurs de Jemna et Ben Mhemed en raison de l'augmentation du nombre d' et l'expansion des zones agricoles.

3.2.4. Les impacts de l'exploitation excessive des ressources en eau

La dégradation des ressources en eau est l'un des phénomènes qui s'accroît d'avantages avec l'accroissement et l'exploitation excessive de eaux souterraines (Kaabi, 2010). A cet égard, la région souffre d'une détérioration croissante de la qualité de ces ressources en eau.

Dans la zone d'étude, l'exploitation excessive de certaines ressources souterraines a entraîné une salinité accrue de l'eau. Ces dernières années, le degré de la salinité des nappes dans une augmentation continue, en raison de nombreux problèmes de niveau des eaux souterraines tels que la surexploitation des eaux souterraines et l'intrusion d'eau saline de l'eau de nappe phréatique dans la profonde. (Askri, 2010).

La nappe profonde de la zone d'étude surtout la nappe du Complexe Terminal a connu une baisse piézométrique très remarquable dans toutes les oasis. On note une diminution des cotes piézométriques des puits, due à l'exploitation intensive de ressources en eau dans la délégation de Kébili Sud.

Le niveau piézométrique de la nappe profonde du Complexe Terminal a connu une baisse très significative en 2009 qui arrive à 16,84 N, S/TN (m) en Bargouthia1, 39,35 N, S/TN (m) à Ras El Ain1, 47,22 N, S/TN (m) en Bazma1, 27,93 N, S/TN (m) en Ras El Ain2, et 39,68 N, S/TN (m) en Rahmat 2.

Le phénomène du rabattement a continué d'augmenter jusqu'en 2019 soit de 57,84 N, S/TN (m) à attendre 65,04 N, S/TN (m) en 2019 (CRDA).

L'utilisation des eaux souterraines est multiple. Elle couvre une grande partie des besoins de diverses activités sociales et économiques. Au fil des années, les prélèvements d'eau en gouvernorat de Kébili notamment en Kébili Sud se sont développés rapidement pour répondre aux besoins de tous les secteurs : industriel, touristique et particulièrement le secteur agricole. Les ressources en eau ont connu une évolution très remarquable de l'exploitation, due principalement de la surexploitation et le

rabattement du niveau statique de la nappe à partir de 2011. Mais aussi mutation de méthode d'exploitation de l'artésien à pompés.

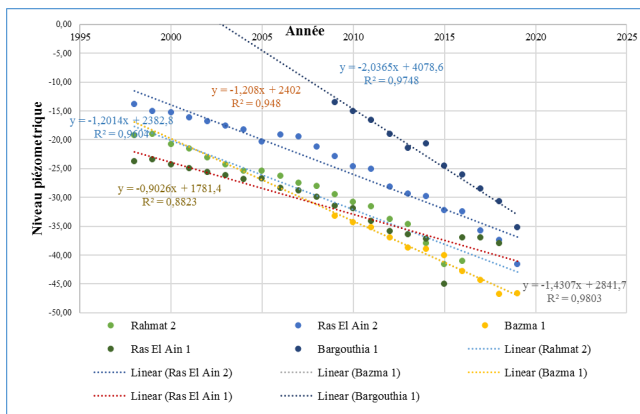


Fig. 5. Piézométrie de la nappe du Complexe Terminal entre 1955 et 2019

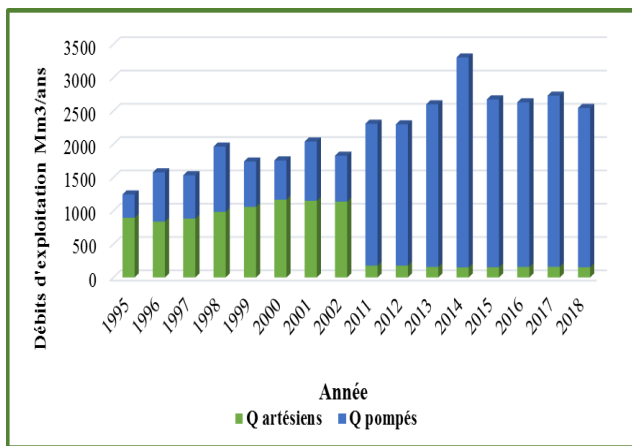


Fig. 6. Evolution de l'exploitation des eaux par des puits artésiens et par pompage entre 1995 et 2018

4. CONCLUSION

En guise de conclusion la délégation de Kébili Sud souffre beaucoup de la rareté de l'eau. Certes, cette situation trouve des explications dans la rudesse du climat de la zone qui se répercute négativement sur le bullant de l'eau d'une part, et la détérioration de production d'autre part par la sécheresse. C'est une dimension structurelle depuis les années quatre-vingt-dix.

De plus, les activités humaines ont également contribué à cette souffrance du fait de la surexploitation des ressources en eau par les agriculteurs, en particulier les eaux souterraines. Et le développement des superficies irriguées dans la région. Par conséquent, nous notons que les ressources en eau sont plus vulnérables au changement climatique et à l'activité humaine.

C'est la raison pour laquelle ces facteurs ont le même effet sur les oasis de la zone d'étude et sur les eaux souterraines, principalement qualitatives et quantitatives. Cela nous donne une diminution du niveau piézométrique, une détérioration du rendement agricole, une augmentation des maladies dans l'oasis, un déséquilibre entre la production et les besoins, ainsi qu'une augmentation de la salinité des ressources en eau.

Acknowledgements

J'adresse mes remerciements les plus respectueux à Mme Najiba Chkir professeure à la Faculté des lettres et sciences humaines de Sfax, et Mr Hedi Ben Ali Chercheur à l'Institut des Régions Arides à Kébili

REFERENCES

- AMAMI, H. et al, (2009). Stratégies des agriculteurs des oasis du Nefzaoua.
- ASKRI, B. (2010). Évolution de la salinité dans une oasis moderne de la Tunisie.
- BELHEDI, A. (2018). Le développement socio-économique de Nefzaoua quelques éléments de réflexion.
- BEN HAMMADI, M. et al. (2012). Augmentation de la minéralisation dans la nappe du Complexe Terminal dans la zone de Kébili (sud tunisien).
- CHERIF, A. et al, (1995). L'eau et l'agriculture irriguée en Tunisie.
- CONNOR, R. et al. (2015). L'eau dans le monde durable.
- CRDA KEBILI, (2018). Annuaire de la qualité des eaux souterraines de gouvernorat de Kébili.
- CRDA, (2014). État des extensions privées dans la zone de Nefzaoua en 2014.
- ELLOUMI, M. (2016). La gouvernance des eaux souterraines en Tunisie International Water Management Institute (IWMI).
- ELBEKKAY, M. Et al, (2016). Rapport d'avancement de la mission : résultats de la prospection des oasis de gabes, Kébili et Gafsa.
- GHEZZOUL, F. (2010). Les oasis de Tunisie à protéger contre la dégradation et les effets du changement climatique.
- HAMDANE, A. (2015). Changement climatique et sécurité alimentaire cas des oasis de Tunisie.
- KAABi, N. (2010). Pour une meilleure protection la qualité des ressources en eau : Ministère du Développement économique.
- MONGI, S. (2010). Étude de la gouvernance des ressources naturelles dans les oasis Cas des oasis en Tunisie.

- MAMOU, A. (2010). Ressources en eau du Sud tunisien et développement agricole.
- MAMOU, A. (2003). Système aquifère du Sahara septentrional.
- MARAGAT, T. (2008). Eau et développement durable.
- MARGAT, J. (2008). Étude d'exploitation et utilisation des eaux souterraines.
- MEKKI, H. (2008). État, défis majeurs et axes stratégiques de secteur de l'eau en Tunisie.