

Article

Téledétection et SIG pour le suivi de la dégradation des oasis Ghout dans la région du Souf durant la période 1984–2021

Nouar Boulghobra ¹

¹ Centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides CRSTRA, Biskra ;
boulghobra.n@gmail.com

Résumé : L'oasis Ghout est un système agricole oasien traditionnel typique à la région du Souf. Les oasis Ghout ont subi une forte dégradation durant les 5 dernières décennies. L'objectif de cette recherche est l'évaluation et cartographie spatio-temporelle de la dégradation des Ghouts durant la période 1984-2021, en utilisant les images satellitaires de Landsat, et l'indice modifié de végétation ajusté au sol MSAVI. Les résultats mettent en évidence que les oasis Ghout ont subi une forte dégradation et même disparition, leurs superficies ont diminué de 5,985 ha (1984) à 2,264 ha (2021). Parallèlement, le tissu urbain a augmenté de 1,846 ha (1984) à 6,363 ha (2021), similairement aux mises en valeurs agricoles irriguées post 1984, qui ont été estimées à 11,861 ha.

Mots clé : Ghout; Landsat; MSAVI; Dégradation; Souf

Received : 29 June 2022

Accepted : 12 January 2023

Citation : Boulghobra, N. Téledétection et SIG pour le suivi de la dégradation des oasis Ghout dans la région du Souf durant la période 1984–2021. *Journal Algérien des Régions Arides* 2023, 15 (1) : 24–30.

Publisher's Note: ASJP is an electronic publishing platform for Algerian scientific journals managed by CERIST, that is not responsible for the quality of content posted on ASJP.



Copyright: © 2022 by the CRSTRA. Algerian Journal of Arid Regions is licensed under a Creative Commons Attribution Non Commercial 4.0 (CC BY NC) license.

1. Introduction

L'oasis Ghout au Souf est un système oasien ancestral ingénieux. Grâce à son originalité et son adaptation aux conditions hydrogéologiques locales, le Ghout est classé par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture FAO comme Système du Patrimoine Agricole d'Importance Mondiale SIPAM ; les palmiers dattiers sont plantés à 1 m au-dessus de la nappe phréatique, pour assurer leur auto-irrigation constante, préservant ainsi l'équilibre du niveau de l'eau [1].

Afin de promouvoir l'agriculture saharienne en Algérie, de nouveaux programmes d'agro-développement ont été adoptés depuis les années 1980 comme une politique alternative à l'économie basée sur la rente [2,3], de même que le système oasien traditionnel dans le Souf a subi une profonde mutation ; un système de forage moderne (puits profonds) est adopté pour extraire les eaux souterraines des aquifères continentaux intercalaires et terminaux complexes, et ce pour répondre à la demande croissante en eau pour irriguer les nouvelles mises en valeur, la sur-extraction des ressources en eaux souterraines a engendré une forte fluctuation du niveau piézométrique, qui s'est manifesté dans la dégradation et la disparition des Ghout par asphyxie suite à la remontée de la nappe phréatique ou, par sécheresse suite à la baisse de la nappe phréatique [1].

L'état de l'art montre que plusieurs études antérieures ont abordé la problématique de la remontée des eaux dans la région de l'Oued Souf [1,4,5,6,7]. Ces recherches ont porté sur les causes, les mécanismes et les impacts environnementaux de la fluctuation de la profondeur des nappes phréatiques à Oued Souf, en utilisant des approches purement hydrauliques ou hydrogéologiques.

L'objectif de cette recherche est d'évaluer et cartographier la dynamique spatio-temporelle des oasis Ghout, ayant recours aux données de téledétection spatiale (Landsat) et des systèmes d'information géographiques SIG (indices spectraux), durant la période 1984-2021, et ce à travers 18 communes de la wilaya d'El Oued.

2. Matériels et Méthodes

2.1. Région d'étude

La région d'étude appartient au Souf qui se situe dans le bas Sahara au sud-est de l'Algérie, elle s'étend sur 1,536 km² et comprend 18 communes. Elle est limitée au nord par les chotts Merouane et Melrhir, à l'ouest par la vallée de l'Oued Righ. Les élévations diminuent du paysage dunaire d'environ 140m au sud à 15m a Chott Merouane vers le nord ; en milieu, les palmiers dattiers Ghout occupent les espaces interdunaires de formations quaternaires [8]. Selon [9], l'hydrogéologie du Souf est caractérisée par l'existence de : 1) nappe phréatique (1-60 m), 2) l'aquifère terminal complexe CT (100-500 m) et, 3) l'aquifère continental intercalaire CI (1,000 m). Le climat du Souf est de type hyperaride, la température moyenne est d'environ 22,6 oC, les pluies sont rares et irrégulières (61 mm), l'humidité relative est faible (46 %), la durée annuelle d'ensoleillement est longue (3,373 heures), et la vitesse moyenne du vent est d'environ 2,6 m/s avec une direction dominante en provenance de l'est.

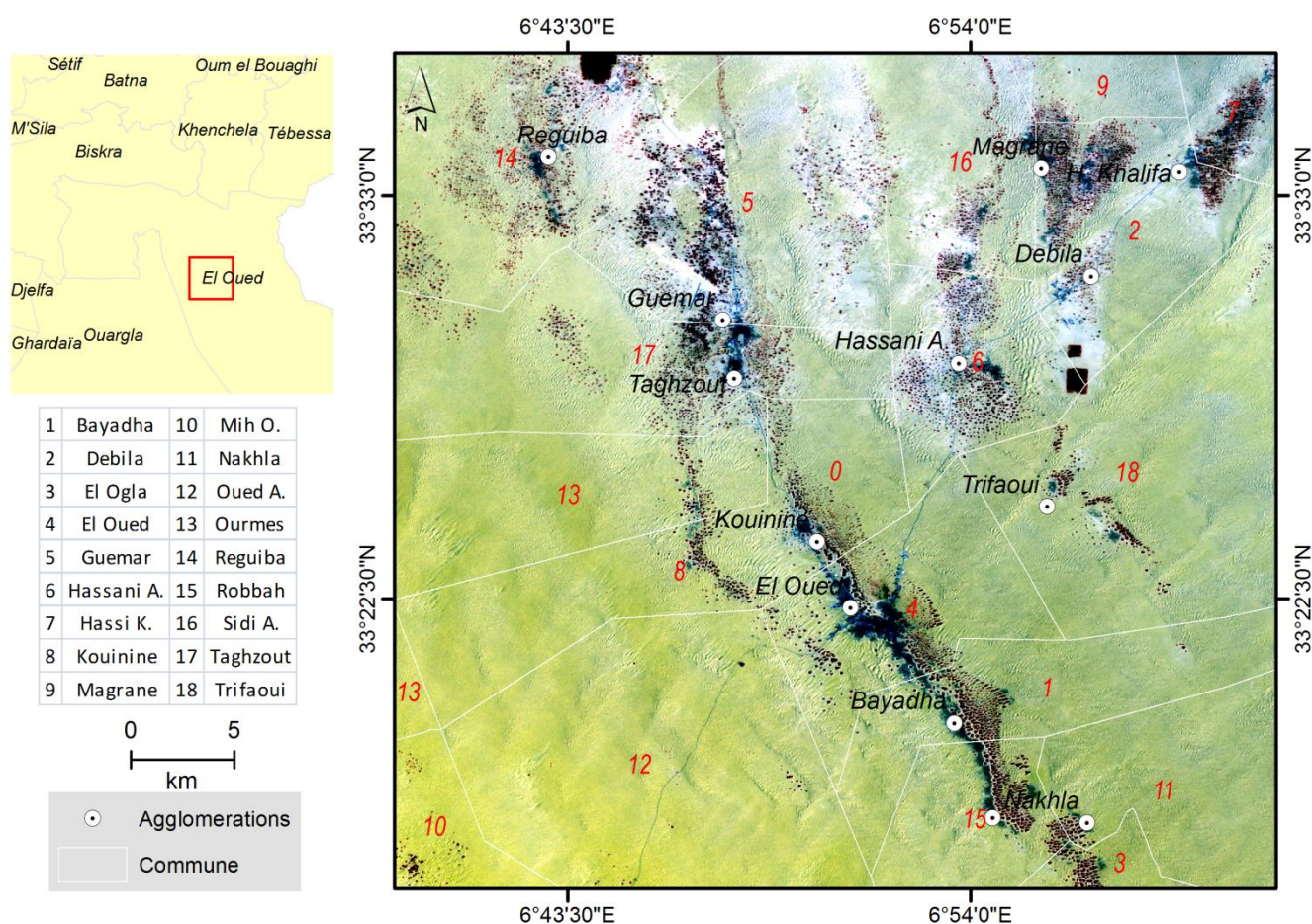


Figure 1. Localisation de la région du Souf mettant en évidence les communes étudiées et la distribution spatiale des oasis Ghout, sur la composition colorée des bandes RVB : 432 de l'image satellitaire Landsat 5 Thematic Mapper de juin 1984

2.2. Imagerie satellitaire

Le suivi de la dynamique spatio-temporelle des oasis Ghout de 1984 à 2021, a nécessité l'utilisation des images satellitaires de moyenne résolution spatiale (30 m) ; l'analyse diachronique a été réalisée à l'aide de l'image Landsat 5 Thematic Mapper datée 7 juin 1984, et l'image Landsat 8 Operational Land Imager du 13 juin 2021. Les images se localisent au centre de scène 193/037, elles sont disponibles en accès libre sur le site web de United States Geological Survey (www.usgs.gov). Ainsi, elles ont ortho-rectifiées, projetées en système universel de Mercator zone 32, et présentent moins de 1 % de couverture nuageuse.

2.3. Indice modifié de végétation ajusté au sol MSAVI

Les indices de végétation sont dérivés des bandes multispectrales d'une image, ils expriment la densité et l'activité de la végétation verte en réponse à l'existence de la chlorophylle. Dans cette recherche, nous avons utilisé l'Indice modifié de végétation ajusté au sol (Modified Soil Adjusted Index) MSAVI développé par [10], pour extraire et suivre spatio-temporellement la dynamique des oasis Ghout dans la région du Souf. Selon [11], MSAVI est considéré comme un indice de végétation fiable, qui peut être utilisé efficacement pour explorer la vitalité et l'existence de la couverture végétale dans les régions arides, en raison de ses capacités à détecter la couverture végétale en annulant les bruits des zones non végétalisées, il peut être calculé comme suit :

$$\text{MSAVI} = \frac{2\rho_{\text{NIR}} + 1 - \sqrt{(2\rho_{\text{NIR}} + 1)^2 - 8(\rho_{\text{NIR}} - \rho_{\text{red}})}}{2} \quad (1)$$

ρ_{red} correspond à la bande 3 dont la longueur d'onde est comprise entre 0,63 et 0,69 μm pour Landsat 5 TM, et à la bande 4 (0,64–0,67 μm) pour Landsat 8 OLI, tandis que ρ_{NIR} est la bande proche infrarouge correspondant à la bande 4 (0,76–0,90 μm) dans Landsat 5 et bande 5 (0,85–0,88 μm) pour Landsat 8. Les valeurs proches de 1 indiquent une dense végétation, tandis que les valeurs proches de 0 indiquent des terrains dépourvus de végétations.

2.4. Suivi de l'extension urbaine

L'extraction du tissu urbain a été faite en utilisant l'indice d'urbanisation par différence normalisé NDBI (allant de -1 à 1), qui est calculé à partir de la bande proche infrarouge NIR et la bande proche infrarouge courte SWIR1 des images Landsat comme suit [12]:

$$\text{NDBI} = \frac{\rho_{\text{NIR}} - \rho_{\text{SWIR1}}}{\rho_{\text{NIR}} + \rho_{\text{SWIR1}}} \quad (2)$$

Les images raster dérivées des Landsat 1984 (année initiale) et 2021 (année finale), ont subi un seuillage, permettant l'extraction de la couche oasis Ghout et tissu urbain pour chaque année, un masque spatial a été ensuite appliqué pour obtenir les superficies relatives à chaque commune incluse dans l'étude. Ces statistiques sont reportées, analysées, discutées et cartographiées.

3. Résultats et discussion

3.1. La dégradation des oasis Ghout

Le traitement des images satellitaires a permis d'extraire la superficie des palmiers dattiers de Ghout dans la région d'El Oued en 1984 et 2021 (Tableau 1). En 1984, les oasis Ghout ont constitué la principale activité agricole du système oasien traditionnel du Souf (Figure 2a), elles s'étendent sur l'ensemble des bas-fonds interdunaires quaternaires et occupent environ 4,462 ha. Au nord comme au sud, les palmiers dattiers traditionnels se distribuent à travers toutes les communes du Souf : Debila (729 ha), Reguiba (985 ha), Bayadha (458 ha), El Oued (398 ha) et Oued El- Alenda (371 ha).

Tableau 1. Résumé des superficies des oasis Ghout, mise e valeur agricoles et bâti, dérivées des images Landsat de 1984 et 2021

Commune	1984	2021					
	Ghout (ha)	Bâti (ha)	Ghout restant (ha)	Ghout disparu (ha)	Ghout disparu (%)	Post 1984 mise en valeur (ha)	Bâti (ha)
M. Ouensa	79	6	33	46	58	168	12

O. Alenda	47	1	27	20	43	1,166	36
Robbah	314	196	135	179	57	356	427
El-Ogla	130	25	73	57	44	98	34
Nakhla	53	1	35	18	34	383	100
Bayadha	272	185	75	196	72	493	624
El-Oued	333	695	80	253	76	565	2,166
Trifaoui	177	30	63	113	64	1,382	118
Ourmès	109	7	48	60	55	801	38
Kouinine	339	73	116	223	66	1,063	346
Taghzout	477	179	152	325	68	986	435
H. Abdelkrim	492	97	129	363	74	397	317
Débila	729	175	301	428	59	730	589
H. Khalifa	303	25	127	176	58	262	123
Magrane	51	5	28	23	45	269	8
S. Aoun	268	51	100	167	63	474	191
Guémar	828	31	238	590	71	1,117	433
Réguiba	985	64	504	481	49	1,150	367
Total	5,985	1,846	2,264	3,721	62	11,861	6,363

De 1984 à 2021, la superficie des oasis de Ghout a sérieusement diminué : environ 3,721 ha représentant 62 % du palmier dattier préexistant de Ghout ont subi une grave dégradation (Figure 2b) ; la superficie des oasis disparues de Ghout varie de 18 ha à la commune de Nakhla à 590 ha à Guemar. Allant de 34 à 76 %, les taux de disparition des oasis de Ghout sont remarquablement élevés, les communes du nord comme Guemar (71 %), Hassani Abdelkrim (74 %), Trifaoui (64 %), Sidi Aoun (63 %), et Ourmes (55 %) ont perdu une superficie très importante de leurs ressources phénicoles.

Les superficies de Ghouts disparus issues des images satellitaires, confirment les statistiques officielles fournies par la Direction des Services Agricoles ; parmi les 9,500 oasis Ghout préexistants, 500 sont inondées en 1994 et 1,000 ont disparu en 2000, ce qui correspond à 230,000 Ghouts asphyxiés ou desséchés.

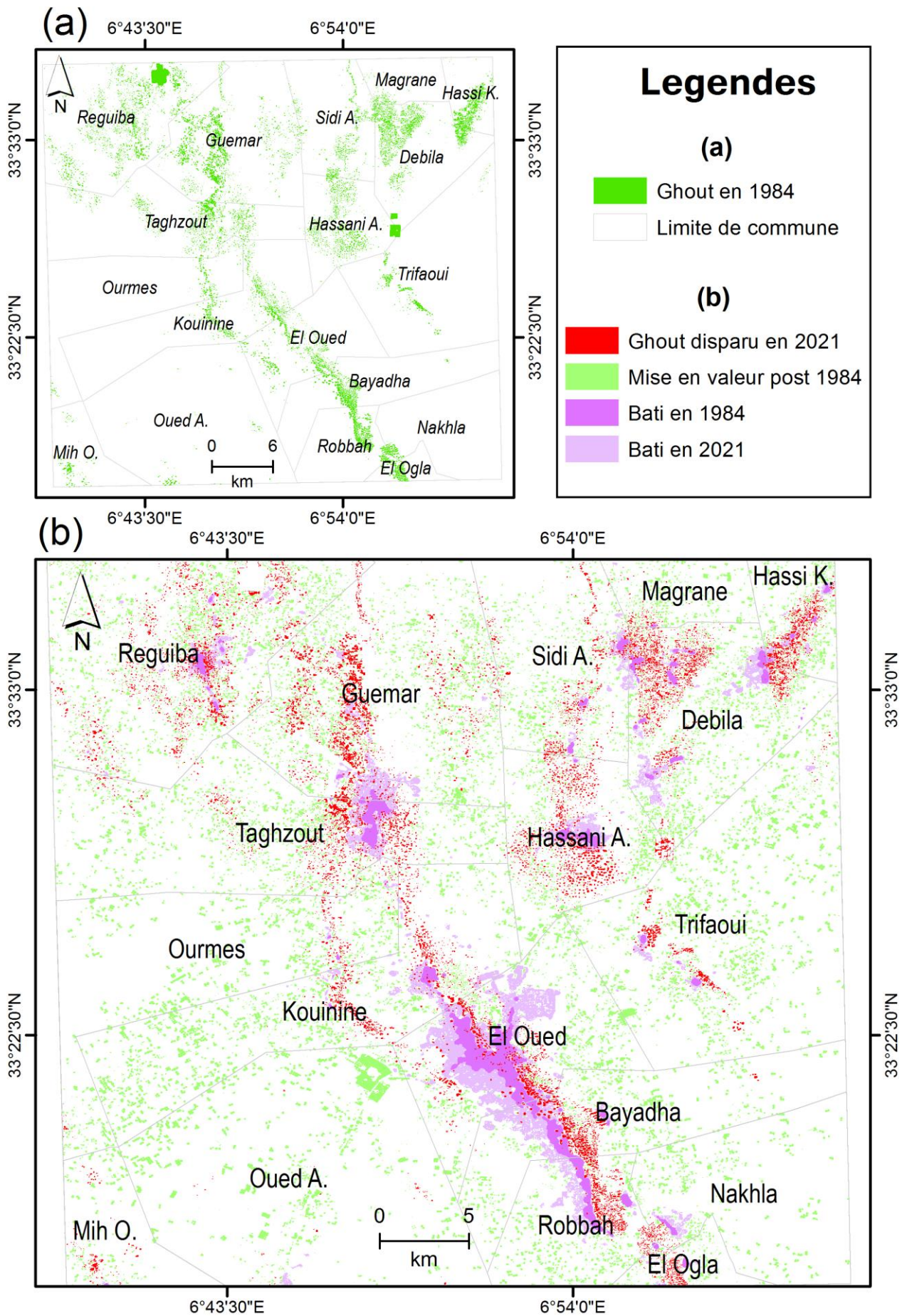


Figure 2. (a) Distribution spatiale des oasis Ghout dans le Souf en 1984, (b) Distribution spatial des oasis Ghout disparus et restants, extension du tissu urbain et des mise en valeur agricoles post 1984

3.2. Causes de la disparition des oasis Ghout

3.2.1. Remontée de la nappe phréatique

Avant les années 1960, le système Ghout était en équilibre avec son contexte hydrogéologique, car le niveau de la nappe phréatique était relativement stationnaire vu que les prélèvements d'eau sont compensés par les rejets [13,14]. Mais à partir des années 1980s, des centaines de puits profonds ont été forés dans l'aquifère complexe terminal et continental intercalaire, la surexploitation des eaux souterraines était confrontée à un déficit de drainage naturel, due à la topographie locale et l'absence d'un réseau d'assainissement ; ce qui a engendré la montée de la nappe phréatique, donnant lieu à l'immersion de centaines de Ghouts au Souf [1,15].

3.2.2. Extension du tissu urbain

Du à l'essor démographique, la ville d'El Oued et ses communes ont connu une importante extension urbaine, la cartographie diachronique des zones entre 1984 et 2021 au niveau des 18 communes étudiées, met en évidence que l'espace urbain de l'agglomération chef-lieu d'El Oued et ses communes, sont passés de 1,846 ha (1984) à 6,363 ha en (2021). Les taux d'extension les plus spectaculaires correspondent aux communes de Nakhla, Oued Alenda, Ourmes, Guemar et Reguiba ; les villes s'étalent souvent au détriment des terres initialement occupées par les oasis Ghout, ce qui a contribué à la disparition de centaines d'oasis.

3.2.3. Introduction et intensification des cultures irriguées

De 1984 à 2021, une superficie totale de 11,861 ha est cultivée dans la région d'étude ; des communes comme Trifaoui (1,382 ha), Oued El-Alenda (1,166 ha), Reguiba (1,150 ha), Guemar (1,117 ha), Kouinine (1,063 ha) et Taghzout (986 ha), ont été marqués par les augmentations les plus importantes des superficies des périmètres irrigués, principalement constitués de cultures fourragères, arboricoles, maraîchères et industrielles, en plus des oasis de palmier dattier irrigué au détriment du palmier dattier Ghout auto irrigué. Cette mutation est principalement reliée à l'adoption du programme d'accès à la propriété foncière agricole (début des 1980s), et le programme national de développement de l'agriculture PNDA (début des 2000s) ; les autorités ont apporté un appui considérable aux agriculteurs qui, ont favorisé la culture de la pomme de terre (*Solanum tuberosum*) notamment, ce qui a nécessité la réalisation de plus de forages profonds, afin de répondre aux besoins croissants en eau d'irrigation. Les statistiques officielles confirment ces résultats ; la superficie des plantations de palmiers dattiers est passée de 25,720 ha (1999) à 38,147 ha (2019), donnant lieu à une forte augmentation de la production des dattes de 1,441,231 quintaux (1999) à 2,752,100 (2019) , et de la pomme de terre de 3,588,962 quintaux (2009) à 12,140,000 quintaux (2019) ; la surexploitation des ressources en eau profondes (CT et CI), a provoqué une forte diminution de la nappe phréatique, ce qui a causé le dessèchement et la disparition des centaines d'oasis Ghout.

4. Conclusions

L'oasis Ghout constitue le système agricole oasien le mieux adapté au contexte hydrogéologique du Souf. Cette recherche s'est intéressée au suivi spatio-temporel diachronique des oasis Ghout durant la période 1984-2021, ayant recours aux données télédétections et aux systèmes d'information géographique. Les résultats montrent que les oasis Ghout ont subi une forte dégradation et disparition, dont les superficies ont diminué de 5,985 ha (1984) à 2,264 ha (2021), les Ghouts restants sont en majorité dégradés par asphyxie ou suite à leur dessèchement. Cependant, la superficie du tissu urbain a considérablement augmenté de 1,846 ha (1984) à 6,363 ha (2021), et ce similairement aux valeurs agricoles irriguées post 1984, qui ont été estimées à 11,861 ha. Il est important que l'appui à l'agriculture saharienne prenne en considération la durabilité des ressources en eau et en sol, dont l'exploitation rationnelle est une condition du développement durable.

References

1. Côte, M. Des oasis malades de trop d'eau ? *Sécheresse* 1998, 9,123–130.
2. Daoudi, A., Colin, J.P. Construction et transfert de la propriété foncière dans la nouvelle agriculture steppique et saharienne en Algérie. Dans. Guignard D (dir.). *Propriété et Société en Algérie contemporaine* 2017, Iremam.
3. Otmane, T. De la propriété de l'eau à la propriété de la terre : basculement de logiques dans l'accès au foncier agricole dans le sud-ouest du Sahara algérien. *Développement Durable et Territoires* 2019, 10/3, 1-20.
4. Guendouz, A., Moulla, A.S., Remini, B., Michelot, J.L. Hydrochemical and isotopic behaviour of a Saharan phreatic aquifer suffering severe natural and anthropic constraints (Case of Oued-Souf region, Algeria). *Hydrogéol J* 2006, 14, 955-968.
5. Remini, B., Kechad, R. Impact of the water table razing on the degradation of El Oued palm plantation (Algeria) mechanisms and solutions. *Geographia Technica* 2011, 1, 48-56.
6. Saibi, H., Semmar, A., Mesbah, M., Ehara, S. Variographic analysis of water table data from the Oued-Souf phreatic aquifer, northeastern part of the Algerian Sahara. *Arab J Geosci* 2009, 2, 83–93.
7. Khezzani, B., Bouchemal, S. Variations in groundwater levels and quality due to agricultural over-exploitation in an arid environment: the phreatic aquifer of the Souf oasis (Algerian Sahara). *Environmental Earth Sciences* 2018, 77(4), 142.
8. Beauzée, G. Oasis d'El-Oued. *Étude des conditions de renouvellement de la nappe phréatique 1952*. Laboratoire du bâtiment et des travaux publics, Alger, 31 p.
9. OSS. *Système Aquifère du Sahara Septentrional* 2003. Rapport interne, Tunis, 229p.
10. Qi, J., Chehbouni, A., Huete, A.R., Kerr, Y.H., Sorooshian, S.A modified soil adjusted vegetation index: MSAVI. *Remote Sensing of Environment* 1994, 48, 119-126.
11. Al-Quraishi, A., Razvanchy, H., Gaznayee, H.A. Comparative Study for Performance of Five Landsat-based Vegetation Indices: Their Relations to Some Ecological and Terrain Variables. *Journal of Geoinformatics and Environmental Research* 2020, 1(1), 20-37.
12. Jensen, J.R. *Remote sensing of the environment: An earth resource perspective* 2009. Pearson Education Inde.
13. Remini, B. La disparition des Ghouts dans la région d'El Oued (Algérie). *Larhyss Journal* 2006, 5, 49-62.
14. Dubost, D. *Ecologie, aménagement et développement agricole des Oasis Algériennes* 2002. Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides, Biskra, 423p.
15. Voisin, A.R. *Le Souf, monographie* 2003. El-Walid, El-Oued.