CRSTRA
Scientific and Technical Research Centre for Arid Areas

المجلة الجزائرية للمناطق الجافة
Journal Algérien des Régions Arides (JARA)
Algerian Journal of Arid Regions

Research Paper

Impact de la gestion irrationnelle des eaux d'irrigation sur l'environnement oasien du Sud algérien (Cas de l'oasis d'In-Salah)

Impact of irrational management of irrigation water on the oasis environment in southern Algeria (case of the oasis of In-Salah)

R. ZEGAIT[1*], H. BENSAHA[2]

1. Faculté de Sciences et Technologie, Université Ziane ACHOUR-Djelfa, Algérie.
2. Unité de Recherche Appliquée en Énergies Renouvelables, URAER, Centre de Développement des Énergies Renouvelables, CDER, 47133, Algérie.

Received: 31 October 2019 ; Accepted: 21 November 2019; Published: December 2019

Abstract

The mismanagement of the waters at the In-Salah oasis, including the development of illegal drilling and unsustainable management of water resources, has revealed significant amounts of excess water that have seriously disrupted the equilibrium in oasis environments, already very fragile environments. This situation requires appropriate hydroagricultural development, combined with the proper management of water resources to ensure sustainable development of the oasis. Indeed, the objective of this work is to focus on human interventions that have accelerated the degradation of these naturally fragile environments as well as on the search for palliative solutions for the sustainable redevelopment of the oasis in Algeria.

Key words: Ecosystem, Oasis, Salinity, Water Balance, Water Management.

Résumé

La mauvaise gestion des eaux au niveau de l'oasis d'In-Salah, notamment le développement des forages illicites et la gestion non raisonnée des ressources en eau, a fait apparaître des quantités non négligeables d'eaux excédentaires qui ont fortement perturbé les équilibres naturels dans les milieux oasiens, milieux déjà très fragiles. Cette situation impose des aménagements hydroagricoles appropriés, associés à la bonne gestion des ressources en eau pour assurer un développement durable de l'oasis. En effet l'objectif de ce travail consiste à mettre l'accent sur les interventions humaines ayant accéléré la dégradation de ces milieux naturellement fragiles ainsi que sur la recherche de solutions palliatives pour le redéveloppement pérenne de l'oasis en Algérie.

Mots-clés : Bilan hydrique, Écosystème, Gestion de l'eau, Oasis, Salinité.

* *Corresponding author : **ZEGAIT Rachid***
E-mail address: zegait.rachid@gmail.com

1. Introduction

Avant la découverte des ressources hydrauliques souterraines profondes, la rareté de l'eau représentait une contrainte pour l'urbanisation, et une rigoureuse maîtrise de la gestion des ressources hydriques était appliquée. Chaque région du Sahara avait un mode de mobilisation de l'eau qui lui était propre : oasis à Foggaras dans le Touat ; oasis à Ghout dans le Souf tandis qu'au M'Zab, la technique hydraulique ancestrale est le captage des eaux de ruissellement par la dérivation de l'Oued et l'exploitation des eaux de crues, au profit de l'irrigation et autres besoin, tout en modérant leur puissance ((Bachar.K, 2015).

Le cycle de l'eau, qui au cours des siècles avait conservé un certain équilibre, avec la stabilité démographique et la modestie des moyens de prélèvement, est aujourd'hui profondément modifié par les forages profonds et l'urbanisation massive (Dubost D,.2002), entraînant une surconsommation et un excès de rejet des eaux usées qui gonfle l'aquifère superficiel. Les zones d'hydromorphie et de salinité ainsi engendrée, sont aggravées par l'occurrence des pluies fortes et soudaines, et nuisent aux aménagements urbains et à la fertilité des oasis. L'hydromorphie entraînant l'évaporation, la salinité ne fait qu'augmenter, entraînant un processus de désertification par le sel, dû non au manque d'eau, mais à son excès (Dubost D ,2002). En milieu urbain, comme le relève (Cote M., 2005), les villes sahariennes semblent avoir aujourd'hui, de gros problèmes avec l'eau, mais moins au niveau de la ressource, que de la gestion. Dans ce cadre; la mauvaise gestion des eaux au niveau de l'oasis, notamment le développement non raisonné des forages illicites, a fait apparaître des quantités non négligeables d'eaux excédentaires qui ont fortement perturbé les équilibres naturels dans les milieux oasiens, milieux déjà très fragiles. Cette situation impose des aménagements hydroagricoles appropriés, associés à la bonne gestion des ressources en eau pour assurer un développement durable de l'oasis (Zegait et al., 2018).

La région d'In-Salah a été touchée directement par ce problème, actuellement les palmeraies connaissent d'énormes problèmes liés directement aux conditions naturelles de la région telles que la morphologie du terrain, la forte évaporation, la salinité des eaux et des sols ainsi qu'une mauvaise exploitation hydroagricole (travaux culturaux et entretien, mode d'irrigation). Selon (Bensaha et al., 2016), paru intéressant, qu'à partir d'un diagnostic, on puisse déterminer les causes ayant engendré cet état de développement agricole au niveau des régions Sahariennes. Ces contraintes conjuguées à une utilisation abusive des eaux profondes pour l'irrigation par Submersion se sont traduites par la remontée de la nappe phréatique. Ces milieux sont devenus aujourd'hui malades de trop d'eau (Côte M, 1998), la manifestation la plus apparente est celle des néoformations blanchâtres des sels mêmes parfois de croûtes à la surface du sol (Khadraoui, 2009). En effet l'objectif de ce travail consiste à mettre l'accent sur les interventions humaines ayant accéléré la dégradation de ces milieux naturellement fragiles ainsi que sur la recherche de solutions palliatives pour le redéveloppement pérenne de l'oasis en Algérie.

2. Cadre expérimental

Cette activité est menée dans l'oasis d'In-Salah (Fig 1), située dans le Sahara algérien qui couvre une superficie de l'ordre de 2 millions de km^2. Il constitue un désert parmi les plus arides et les plus chauds du globe. La superficie totale de l'oasis d'In-Salah est de 2300 ha (Fig 2), notre étude couvre la superficie irriguée nette officiellement de 1830 ha (Zegait R, 2011). Le climat, de par son caractère hyper-aride, constitue à la fois le principal facteur de la pédogenèse, et le facteur principal limitant le développement des cultures.

L'absence de précipitations (< 15 mm/an), les températures extrêmement élevées et le vent qui contribuent à de très fortes évapotranspirations (3100 à 3350 mm/an) sont les principales contraintes à la mise en valeur agricole. (ONM 2012).

Le système de culture est étagé, le palmier dattier est la culture principale dont les cultures maraîchères jouent le rôle des cultures intercalaires.

La sebkha d'In-Salah considéré l'exutoire naturel des rejets urbains et agricoles de l'oasis avec la présence d'une nappe phréatique située dans la plupart des points a 1m par rapport au niveau du sol (Zegait R, 2011).

Les ressources en eaux d'irrigation sont celles du continental intercalaire dont la salinité moyenne est de l'ordre de 2 à 2,67 g/l. (SEDAT, 2010)

L'oasis d'In-Salah est desservie en eau d'irrigation par quatre systèmes différents (foggaras, forages profonds, forages illicites, puits traditionnel) (Fig 3).

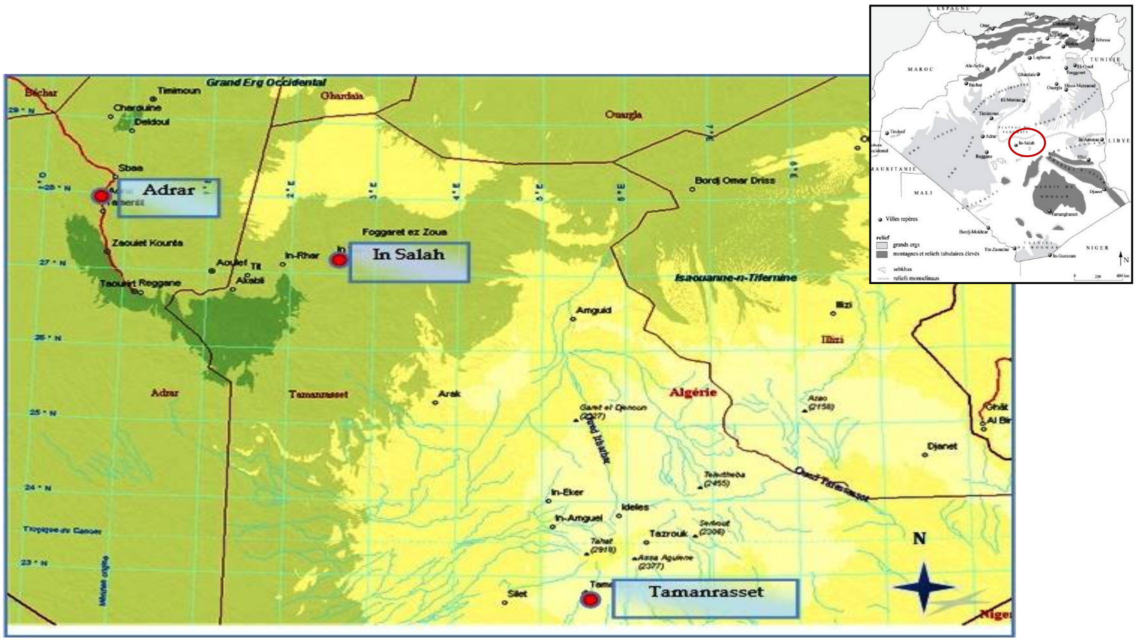

Figure 1. Situation de l'Oasis d'In-Salah

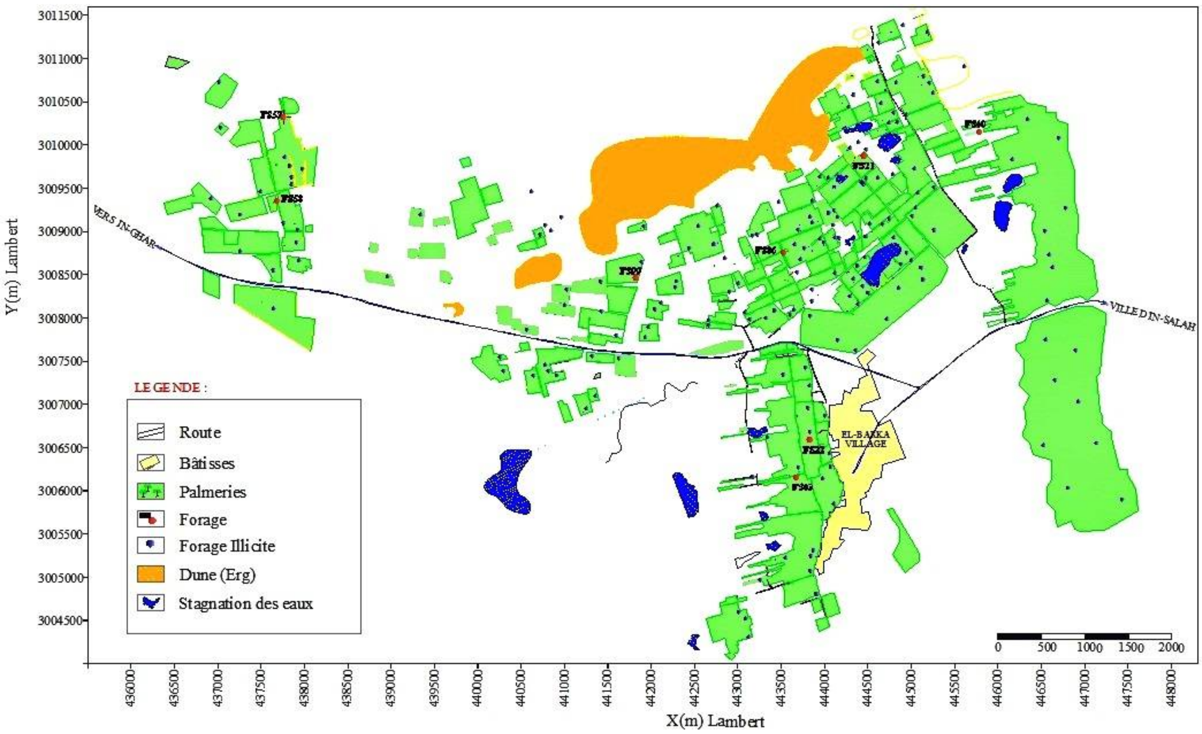

Figure2. Dispositif expérimental à l'échelle de l'oasis (Zegait 2011)

Figure 3. Système d'irrigation de l'oasis d'In-Salah (Zegait 2011)

3. Dispositif expérimental

L'expérimentation se situe à deux niveaux d'échelles.

Échelle de l'oasis : faisant intégrer la diversité des pratiques d'irrigation

Échelle d'une parcelle : permettant une meilleure compréhension des différents processus.

3.1 Méthode de mesure et d'évaluation

L'expérimentation consiste à réaliser un suivi temporel des volumes d'eaux d'irrigation et de drainage et le suivi spatio-temporel de la nappe superficielle à l'échelle de l'oasis (Tab.1) ainsi qu'à l'échelle de la parcelle. Ces volumes sont évalués par intégration directe des mesures des débits dans les drains.

Tableau 1. Caractéristiques de l'oasis d'in-Salah

Oasis d'In-Salah	Caractéristique
Superficie irriguée (ha)	1830
Nombre des parcelles	366
Surface moyenne par parcelle (ha)	5
Nombre des forages profonds	100
Nombre des forages illicites	250
Main d'eau (l/s)	40

3.2 Bilan de la nappe phréatique

La mesure du niveau de la nappe a été programmée avec une cadence mensuelle sur les 90 piézomètres manuels installés sur la totalité de l'oasis, ces mesures sont complétées par des observations visuelles sur le terrain il en résulte un diagnostic total du système d'irrigation et de drainage ainsi que le système de main d'eau à l'échelle des parcelles et de l'oasis. Afin d'aboutir à une estimation approchée des volumes d'eau de drainage, nous avons comparé, mensuellement, les apports, constitués par les débits d'eau d'irrigation utilisés dans chaque secteur irrigué de la palmeraie (Fig 4) et les précipitations, à l'évapotranspiration potentielle (ETP), puisque celle-ci correspond sensiblement aux besoins d'eau maximum des cultures. Lorsque celles-ci sont bien alimentées en eau. Les apports dus aux précipitations étant négligeables, nous nous sommes basés sur la balance : débit d'irrigation – ETP. Celle-ci nous a permis de déduire, mois par mois, et pour chaque secteur irrigué, le volume d'eau excédentaire de drainage : sur l'ensemble des palmeraies irriguées, ce volume a été estimé à près de 11 M m³/an qui vont rejoindre, chaque année, la nappe superficielle (Fig 5). Il est important de signaler que les enquêtes que nous avions menées dans les palmeraies et auprès de DSA d'In-Salah, pour déterminer les débits d'irrigation, ont montré que les excédents agricoles trouvent en grande partie leur origine dans le fait que les débits utilisés pour l'irrigation (1 à 2,5 l/s/ha selon les secteurs) sont sensiblement les mêmes, quelle que soit la période de l'année, alors que les besoins sont très variables d'une saison à l'autre. Cela a donc permis de mettre en évidence une surutilisation de la ressource pendant la période hivernale et une sous-utilisation pendant la période estivale.

Sur le plan qualitatif, les eaux de drainage sont caractérisées par des taux de minéralisation très élevés qui augmentent de manière notable, vraisemblablement sous l'effet de l'évaporation et du lessivage des sols, tout au long de leur trajet entre les drains de la palmeraie et le site du rejet. Ainsi, des échantillons prélevés in situ ont pu montrer que les conductivités électriques de ces eaux, égales en moyenne à 11 ms/cm dans les drains de la palmeraie, passent à 15 ms/cm au niveau du collecteur principal et atteignent plus de 25 ms/cm lorsqu'elles arrivent à l'exutoire (Zegait R, 2011).

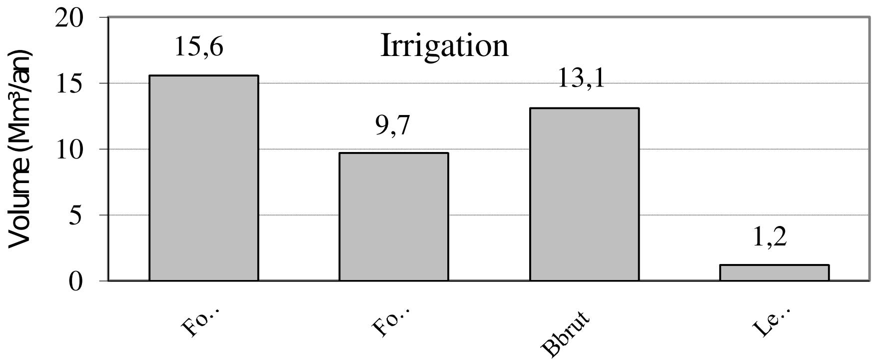

Figure 4. différents volumes d'eau pour le système d'irrigation

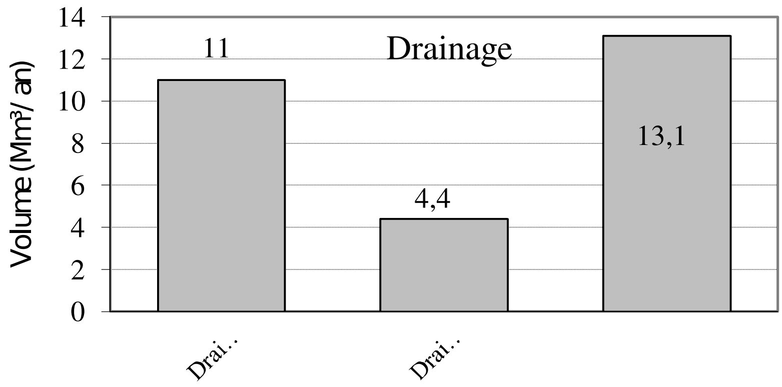

Figure 5. Volume d'apport d'eau à la nappe phréatique

4. Gestion irrationnelle des eaux de l'Oasis

4 .1. Sur exploitation de la nappe albienne

Bien que l'aridité est une contrainte majeure au Sahara algérien, son sous-sol contient des réserves hydrauliques reconnues à l'échelle mondiale.

Après une longue période d'utilisation des foggaras à In-Salah dans un écosystème bien équilibré. L'utilisation des forages profonds depuis 1905 reste le facteur principal de la déstabilisation de cet écosystème vu son développement progressif important a permis une augmentation très sensible des débits exploités qui ont atteint 1,4 m^3/s en 2007 pour un nombre de forages 107 (AEP et irrigation) (Fig.6). Comparativement au débit soutiré de 0,13 m^3/s en 1980 la superficie agricole n'a pas subi un grand changement (Fig.7)

On note que le débit exploité dans la zone à partir de la nappe de Continental intercalaire a été pratiquement multiplié par dix, sans qu'aucun dispositif d'accompagnement efficace ne soit mis en place pour gérer convenablement ces ressources.

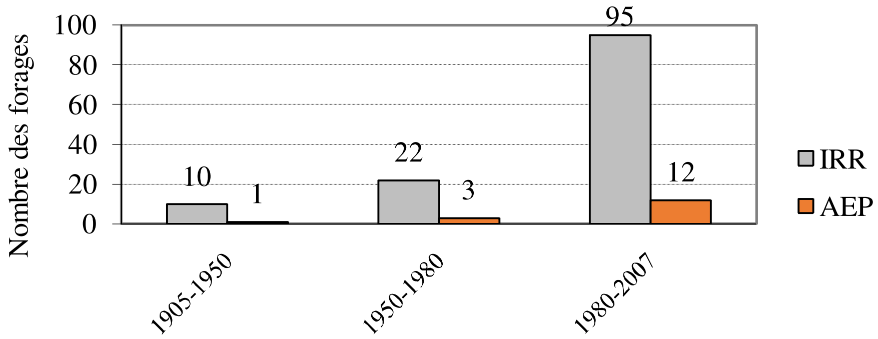

Figure 6. Évolution des forages du CI (1905-2008)

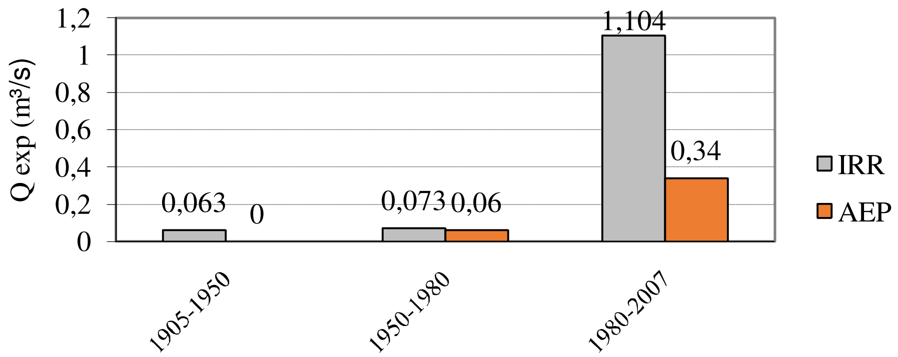

Figure 7. Évolution des débits exploités à partir des nappes du CI (1905-2008)

4 .2. Développement des forages illicites

Les forages illicites sont apparus à In-Salah depuis les années 1990. Ils ont été réalisés par les agriculteurs, leur profondeur varie de 40 à 80m. Le forage est fait par des moyens traditionnels à l'aide du système de battage. Ce type de forage au début de son exploitation donne un débit de 20 l /s, après un certain temps celui-ci chute et diminue de 10 à 15 l/s et atteint les 5 l/s. Durant notre séjour à l'oasis d'In-Salah en 2011, nous avons compté plus de 200 forages illicites (Fig.8), rappelons que leur exploitation est de 24/24 heures et que leur emplacement est aléatoire au sein des parcelles (parfois 4 forages dans la même parcelle).De même, il est à noter que l'équipement de ces forages fait défaut dans la majorité des cas (fuites dans les colonnes montantes s'y elles existent) cela constitue donc une recharge directe de la nappe phréatique.

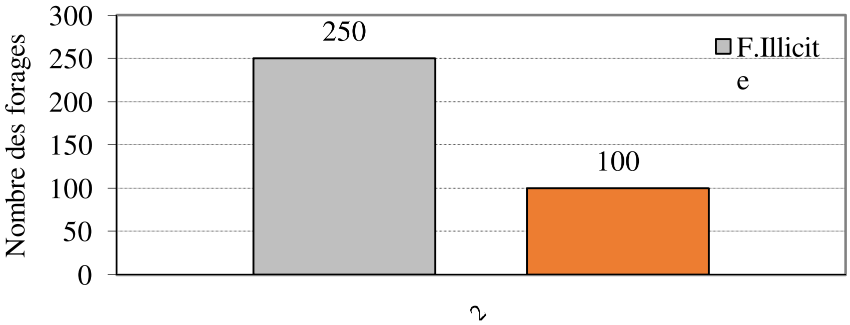

Figure 8. Développement des forages illicites au niveau de l'oasis

4 .3. Causes de prolifération des forages.

Le développement rapide de ces forages revient principalement aux confrontations entre les interventions des services des ressources en eau sur des forages dans le but du développement de l'agriculture dans les zones sahariennes et le système suivi par cultivateurs pour diverses raisons :

- L'obligation aux agriculteurs d'irriguer pendant des heures bien précises.
- L'obligation aux agriculteurs de payer les factures d'électricité et de pompage dans un temps où les agriculteurs utilisent les forages illicites artésiens sans aucun paiement.
- Réseau d'irrigation en mauvais état, présentant de nombreuses fuites à tous les niveaux du système (Fig.9). Ceci implique un manque d'eau bien que les débits des forages soient suffisants.
- Manque de conscience chez les agriculteurs par l'impact des forages illicites sur l'environnement

4 .4. Le système d'irrigation

Le mode d'irrigation le plus utilisé dans la région d'In Salah est l'irrigation par planche (submersion) qui est une méthode d'irrigation ancestrale, extrêmement simple, puisqu'il suffit d'inonder la terre. Pour orienter le flot, on prépare la parcelle au moment du labour en nivelant le sol autour de chaque arbre de manière à former une planche de terre ou casier (Hawd), bordé d'une levée de terre. Ce système reste parmi les principaux facteurs favorisant le gaspillage de l'eau et donc la surcharge de la nappe phréatique.

4 .5. Absence d'un système de drainage efficace

L'oasis d'In Salah comporte un système de drainage à ciel ouvert. Ce dernier n'est pas suffisant, il est dans un état très dégradé, d'après un diagnostic fait au niveau de l'oasis (en 2011) l'état défectueux du système de drainage se caractérise par :

- L'affouillement et la présence de dépôts dans les drains principaux et secondaires,
- La végétation excessive (phragmites, roseaux),
- La fragilité des talus et des berges,
- Pente insuffisante, générant une stagnation et un débordement des eaux de drainage,
- Profondeur des fossés insuffisante.

5. Déséquilibre de l'écosystème oasien

5. 1. Phénomène de l'excèdent hydrique

La surexploitation des ressources en eau, associée à l'absence d'un système efficace de drainage et d'évacuation, a inévitablement conduit, à In Salah, l'apparition d'un phénomène d'excédent d'eau et de remontée du niveau de la nappe phréatique ont de véritables nids à moustiques et autres insectes nuisibles (Fig.10). Dans les palmeraies, la situation n'est guère meilleure où les drains sont mal organisés et leur hiérarchie est souvent aléatoire. À cette mauvaise organisation, s'ajoute un manque flagrant d'entretien. Le réseau est souvent délaissé et livré à lui-même, et les mauvaises herbes prolifèrent gênant, ou obstruent parfois totalement, les écoulements, ce qui donne naissance à d'énormes surfaces d'eaux stagnantes qui provoquent l'engorgement et le dépérissement de ces palmeraies.

5.2. Salinisation du sol

Conséquence consécutive à la surexploitation des ressources hydriques et à l'absence de dispositifs de gestion rationnelle de ces ressources après utilisation est la généralisation du phénomène de salinisation des sols irrigables de la palmeraie (Fig 11).

Les analyses physico-chimiques que nous avons effectuées sur 10 profils de sols de différentes palmeraies situées en bordure de la sebkha ont révélé que les conductivités électriques de ces sols varient en moyenne entre 20 et 45ms/cm en surface de sol (Zegait R, 2011). Ces sols sont classés dans les catégories des sols très fortement salins. On note que le caractère de salinité observé dans les sols de l'oasis est également favorisé par les conditions environnementales qui caractérisent la région d'In-Salah.

L'accumulation des sels dans le temps est intimement liée entre autres aux eaux d'irrigation, la conductivité électrique des sols peut atteindre les 45 ms/cm principalement dans les horizons de surface et décroît avec la profondeur. Cette concentration de sels dans les horizons de surface s'explique par la remontée capillaire de la nappe phréatique salée avec un dépôt ascensionnel. La manifestation la plus apparente est celle de la néoformation d'efflorescences blanchâtres et parfois des croûtes à la surface du sol. Ce phénomène d'halomorphisme dans les milieux saturés en eau connue par ces fluctuations à grandes amplitudes ; confirme la relation très étroite entre la nappe phréatique-sol-salinité et l'évaporation, tel que la nappe phréatique, qui imprègne le matériau pédologique et qui se situe à faible profondeur sous la surface du sol, joue, par son caractère fortement salin, un rôle très important dans l'accentuation du phénomène de salinisation des sols (Idder,T, 2011).

5. 3. Disparition du jaillissement

Les résultats de notre enquête et d'après les inventaires des services des ressources en eaux de la région, nous suggérons d'équiper tous les forages par des moyens élévatoires (pompes adéquates) où les débits sont acceptables. 30 ans auparavant, plus de 60% de ces forages fonctionnaient sous l'effet du artésianisme contrairement à nos jours. Cette disparition est la conséquence du développement aléatoire et la non-maîtrise des forages illicites qui abaissent le pouvoir artésien de la région. Pour remédier à cette disparition et pour pouvoir extraire l'eau, les agricultures utilisent les motos pompes pour une longue période d'irrigation.

6. Gestion rationnelle des ressources en eau

Face aux problèmes hydriques et écologiques, il faut chercher à rationaliser la gestion des ressources afin de rétablir l'équilibre des écosystèmes oasiens. Mais ceci ne peut se faire que grâce au recours à des solutions raisonnables et adaptées au milieu naturel.

La résolution du problème d'excédents hydriques, ne doit cependant nullement occulter la nécessité de procéder, en amont, à une rationalisation des pratiques d'irrigation qui va non seulement permettre de diminuer, à la source, le volume d'eau de drainage à évacuer, mais permettra aussi d'économiser les eaux pour combler les déficits d'irrigation observée pendant la période estivale, et plus généralement, les ressources en eaux « naturelles » qui sont d'origine fossile au Sahara (Kenneth et al, 2002). La maîtrise du problème de ces excédents, et leurs conséquences sur les milieux oasiens doivent donc nécessairement commencer par :

- Une réorganisation générale des conditions d'irrigation. Il faudrait en effet raisonner l'utilisation de l'eau à usage agricole en l'adaptant aux besoins réels des plantes cultivées, le calcul des besoins mensuels globaux pourra être obtenu notamment grâce à la détermination des valeurs de l'ETP (Dubost G, Dubost D, 1983).
- L'évaluation des propriétés pédo-agronomiques des sols (densité apparente, humidité, etc.) devra permettre, dans un premier temps, de préciser les modalités pratiques de l'arrosage, par exemple les doses à appliquer, les durées et les fréquences d'arrosage. Lorsque ces facteurs seront clairement définis, il sera ensuite possible d'établir un calendrier annuel des campagnes d'irrigation. (Idder T, 2011).
- La modernisation des systèmes d'irrigation à travers l'intégration du système d'irrigation localisé (goutte à goutte) (Fig 12), qui peut économiser l'eau jusqu'à 70%.
- Un programme d'intervention qui comporte la réalisation d'un système de drainage efficace pour évacuer les eaux excédentaires salées hors de la zone des palmeraies.
- Devant les contraintes de valorisation des ressources en eaux au Sahara et pour un développement durable, il est impératif de préserver cette ressource à travers l'utilisation des eaux non conventionnelles et donc la réutilisation de ces eaux de drainage dont la salinité pourrait être diminuée par un mélange avec les eaux provenant de l'albien.

Figure 9. Mauvais état du système d'irrigation (Zegait, 2011)

Figure 10. Stagnation des eaux dans la zone des palmeraies (Zegait, 2011)

Figure 11. Accumulation des sels dans la zone des palmeraies (Zegait, 2011)

Figure 12. Modernisation du système d'irrigation (El-Barka 4) (Zegait, 2011)

Conclusion

Au terme de ce travail, on peut mettre en évidence essentiellement les faits suivants :

Nous avons mis l'accent sur les interventions humaines ayant accéléré la dégradation de ces milieux naturellement fragiles, qui sont résumées principalement par la mauvaise gestion des ressources en eaux, l'utilisation irrationnelle, abusive et notamment le développement des forages illicites d'une manière aléatoire et rapide.

État de système d'irrigation de drainage très défectueux, qui à crée une situation grave pouvant avoir des conséquences néfastes et irréversibles, a conduit à des gaspillages importants, faisant apparaître des quantités non négligeables d'eaux excédentaires qui ont fortement perturbé les équilibres naturels dans les milieux oasiens, milieux déjà très fragiles.

Il est évident de proposer des solutions palliatives pour un redéveloppement de l'oasis :

- Une organisation du système d'irrigation adapté au besoin réel des cultures avec une politique d'éliminer les forages illicites et d'équiper tous les forages.
- Projection des systèmes d'irrigation et de drainage adéquats qui minimisent les fuites et assurent une évacuation des eaux en dehors de la zone des palmeraies.
- Intégration d'une politique de réutilisation des eaux afin d'assurer une conservation de cette précieuse ressource.

Ces recommandations vont permettre le rééquilibre de l'écosystème oasien. Cela est indispensable pour deux objectifs bien distincts.

Le premier étant économique, l'existence des palmeraies ne permet pas d'avoir une autosuffisance alimentaire (toutes cultures confondues) de la région, mais permet d'avoir une production locale. Elle permettra de maintenir en place la population, de créer des emplois et d'éviter la migration vers les grands pôles. L'autre impact est environnemental, il permet d'avoir pour les populations des espaces verts et de fraîcheur indispensable à l'équilibre humain. Quant à l'aspect sanitaire, le bon fonctionnement du réseau de drainage évitera la stagnation des eaux dans les sources de prolifération de nombreux insectes et microbes.

References

Ben Aissa, I (2004); Gestion de l'eau et des sels au sein d'une oasis du Sud Tunisien; Séminaire Modernisation de l'Agriculture Irriguée Rabat, du 19 au 23 avril 200.

Bachar.K ; (2015) ; L'intégration des dimensions environnementale et sociale dans les pratiques urbaines en Algérie. Thèse de doctorat, Université du Maine.

Bensaha H, Arbouche R. Impact de la dynamique de l'agriculture et ses conséquences sur la durabilité de l'écosystème saharien : cas de la vallée de M'zab (Sahara septentrional). Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires. Vol. 4, No 3 (2016.(

BRL, BNEDER. (1998); Plan Directeur Général de Développement des Régions Sahariennes Les ressources en sols, Ministère d'agriculture-Algérie.

Cote M. (1998) ; Des oasis malades de trop d'eau? Sécheresse; 9: 123-30.

Cote M.(2005). La ville et le désert: le Bas-Sahara algérien, 306 pages

Dubost D., (2002). Ecologie, Aménagement et Développement des Oasis algériennes. Biskra, CRSTRA, 423p.

Dubost G, Dubost D. (1983) ; Méthode pratique pour le calcul de l'évapotranspiration au Sahara algérien. BullAgrSahar, 5: 111-42.

Hatira, A (2005); Impact des eaux d'irrigation sur l'origine des accumulations gypseuses dans les sols de l'oasis de Metouia (Tunisie) ; Volume 12, 1, 2005 - pages 43 à 54.

Idder, T (2011) ; Conséquence écologique d'une gestion non raisonnée des eaux agricole dans le Sahara algérien ; Colloque international Marseille, 20-21 Janvier 2011.

Kenneth, K, Neeltje, C. (2002); Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas.

Khadraoui, A. (2009); Eau et impact environmental dans le Sahara Algerian.

Kouzmine, Y (2007) ; Dynamique et mutation territoriale du Sahara algérien ; Thèse de Doctorat en Géographié à l'université de Franche-Comté .

ONM, 2011. Listing des paramètres climatologiques de la région d'In Salah.

SEDAT ; 2010 : Note sur la qualité des eaux de la région d'In Salah ; 14p

Stuyt, L., Dierickx, W., Martínez, J. (2005); Materials for subsurface Land drainage systems.

Zegait.R (2011) ; Etude et Système du Drainage de la région de Tidikelt ; Rapport N°1 ; 152p .

Zegait.R (2018) ; Gestion irrationnelle des ressources en eau dans le Sud algérien (Cas de la vallée de M'Zab). JISTEE, Volume III ; N°1 , pages 223-231