

Effets de l'irrigation en milieu aride : Conséquences sur la salinité des sols dans l'oasis de Sidi Okba (Biskra)

Bekaddour S¹, Laskri S¹, Hartani T²

1- Ecole Nationale Supérieure Agronomique (bekaddour.sara@gmail.com)

1- Ecole Nationale Supérieure Agronomique

2- Centre universitaire de Tipaza (hartani.tarik@gmail.com)

Abstract

An important development of greenhouse horticulture due to the exploitation of the groundwater resources is observed in the Sahara oasis of Sidi Okba and its extensions in Biskra Southeast Algeria. The warm climate in winter, the soil and water quality enables this kind of agriculture. This work aims to evaluate the water and the salt balance on four selected plots which are cultivated with melon and date palm groves. Our methodology which consists of taking soil and water samples by considering the following parameters: electric conductivity, pH and ionic balance. Fields surveys shows that even if water and the soil have a high salinity, they do not have an effect on the yield in first year. However, after three years the yields decrease until zero. This point makes us ask the question of the sustainability of the actual irrigation practices and the future of this agriculture in a weak environment.

Key words: Palm groves, melon, irrigation, salinity, Sidi Okba

Résumé

Un développement massif des cultures maraichères sous serres due à l'exploitation des ressources en eau souterraines dans l'oasis de Sidi Okba et ses extensions au niveau de la wilaya de Biskra en sud-est d'Algérie. Le climat chaud d'hiver, la qualité du sol et de l'eau permettent le développement de ce genre d'agriculture. Cette étude vise à évaluer le bilan hydrosalin sur des quatre parcelles choisies dont elles sont cultivées de melon et de palmier dattier. Notre méthodologie consiste à prélever et à analyser des échantillons de sol et des eaux en considérant les grandeurs suivantes : conductivité électrique, pH et bilan ionique. Les résultats de l'étude montrent que les eaux et les sols sont de salinité très élevée et qu'elle n'a pas un effet significatif sur le rendement en première année. En revanche, au bout de trois ans les rendements étaient quasi nuls. Ce point met en question la durabilité avec ces pratiques d'irrigation actuelles et la future de l'agriculture dans un environnement fragile.

Mots clés : Palmier dattier, melon, irrigation, salinité, sidi okba

Introduction

En milieu saharien, l'eau constitue le premier facteur de développement des oasis, prémices des villes sahariennes actuelles (Kouzmine, 2007). Les précipitations sont inférieures à 150 mm en moyenne annuelle or au cours d'un cycle de production hivernale, un

hectare de blé évapore 600 mm ; le palmier dattier pendant un an, en évapore trois fois plus soit 1800 mm (Dubost, 1992). Le développement de l'agriculture dans ces régions nécessite le recours à l'irrigation pour produire suffisamment à fin d'assurer les besoins alimentaires d'une population de plus en plus importante (Lahlou, Badraoui, Souidi et al. 2007).

Cependant l'irrigation non contrôlée engendre des dégradations importantes de la qualité des sols et des eaux. Les sels solubles dans l'eau d'irrigation et le pouvoir évaporant de l'air dans les zones irriguées conduisent souvent à une salinisation secondaire des sols irrigués particulièrement en zones arides et semi arides. Par exemple, les régions sahariennes situées au centre et au nord (Ouargla, El Oued et Biskra) sont de mauvaise qualité et leur teneur en sels peut dépasser 7 g.l⁻¹ (vallée de l'Oued Rhir).

La plaine des Ziban, dont la ville de Biskra constitue la capitale, s'étend sur une superficie de plus de 2 millions d'hectares. Elle connaît aujourd'hui un développement massif du maraîchage sous serre ou "plasticulture" qui modifie peu à peu sa vocation historique phoenicicole. Les statistiques agricoles récentes indiquent une extension importante des superficies maraîchères cultivées dans cette plaine. Cette dynamique s'est développée grâce à l'exploitation des ressources en eau souterraines et à la disponibilité des terres. Simultanément, les parcelles nouvellement cultivées sont systématiquement abandonnées après deux ou trois années de mise en culture vers de nouvelles parcelles (Khiari, 2002, Hartani et al, 2015).

Notre intérêt s'est porté sur la description des processus physiques et chimiques ayant amené les agriculteurs à déplacer des serres pour cultiver du maraîchage en primeur. A travers le cas de l'oasis traditionnelle de Sidi Okba (Biskra) et de ses extensions, il s'agit d'observer des pratiques d'irrigation dans des situations de salinité contrastées et de prévoir leur impact probable sur la production agricole des sols. Pour cela, quatre types de parcelles ont été identifiées suite à une typologie qui tient compte de l'effet d'un gradient amont aval dans la zone d'étude mais également selon que les parcelles sont anciennement et nouvellement mises en culture (Hamamouche et al, 2014). Le melon (*Cucumis mélo*) et le palmier dattier en tant que cultures irriguées ont été retenus pour développer notre raisonnement. Notre hypothèse est que la productivité des terres augmente avec l'intensification (irrigation et fertilisation) et que les rendements diminuent fortement au bout de quelques années en raison de l'épuisement des sols. De ce fait nous avons tenté d'analyser et de comprendre les facteurs possibles qui pourraient entraîner le déplacement des serres chaque trois ans. Des échantillons d'eaux et des sols ont été prélevés à partir de 4 parcelles au niveau de Sidi Okba dont 3 situés dans les extensions et la quatrième se trouve au niveau de l'ancien oasis.

I. Présentation de site d'étude

Cette étude a été menée dans l'ancienne oasis de SIDI OKBA (Biskra) et ses extensions qui font 4000 ha environ. L'oasis se situe à 18 Km de l'est de Biskra et à 340 Km du Sud-est d'Alger. Elle occupe une superficie de 254 Km² et une population de 34 804 habitants (Boutouga Fateh, 2012). La région est caractérisée par un climat aride avec moins de 150 mm de pluie par an et les eaux souterraines constituent la source principale d'irrigation.

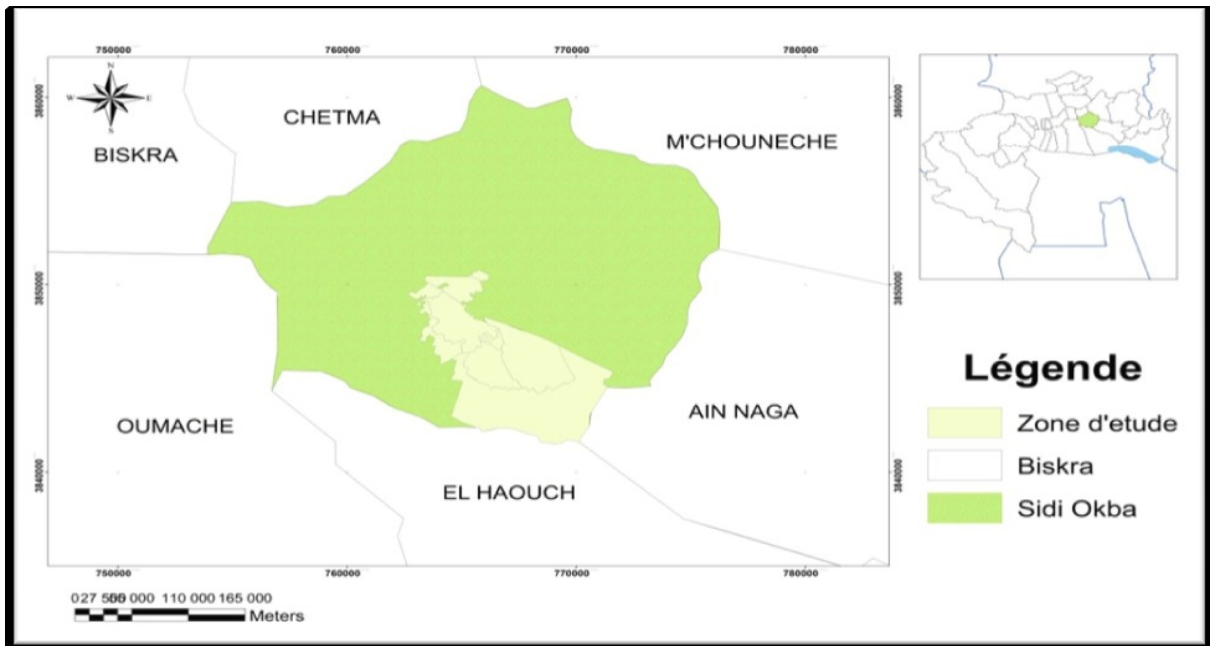


Figure1 : Localisation de la zone d'étude

I.1. Présentation et description des parcelles étudiées

Pour réaliser ce travail, quatre parcelles ont été choisies situées dans quatre exploitations agricoles différentes réparties selon un gradient topographique amont –aval avec l'idée de considérer une mixité de situations d'ancienne oasis et d'extension ayant en commun l'irrigation du palmier dattier et du melon à partir d'un forage agricole individuel. La technique d'irrigation est soit par goutte à goutte soit par la technique traditionnelle de la séguia.

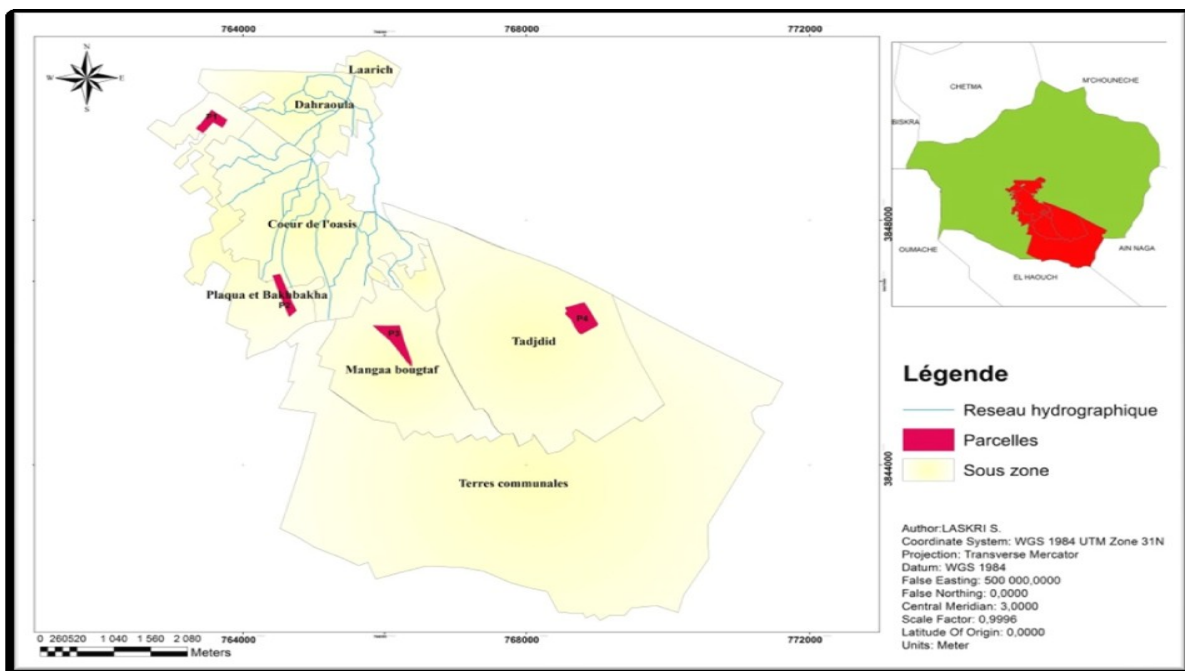


Figure 2 : Localisation géographique des parcelles étudiées

Tableau 1 : Description des parcelles suivies

Nom	Position	Culture	Technique d'irrigation	Source d'eau	Culture
P1	Ancienne oasis	Palmier dattier-maraichage en plein champ	Gravitaire (par seguia)	Forage individuel	Melon en plein champ
P2	extension	Palmier dattier	par seguia	Forage individuel	Palmier dattier
P3	extension	Palmier dattier-maraichage sous serre et plein champ	Gravitaire et goutte à goutte	Forage individuel	Melon sous serre
P4	extension	Palmier dattier-maraichage sous serre et plein champ	Gravitaire et goutte à goutte	Forage individuel	Melon sous serre

II. Matériels et méthodes

II-1-Echantillonnage et prélèvement

II-1-1- Sol

Pour les 4 parcelles choisies, on a effectué 4 prélèvements par parcelle : trois dans la parcelle cultivée et une dans une parcelle nue (témoins), pour chaque prélèvement nous avons pris trois profils : 0-20 cm, 20-40 cm et > 40cm.

L'échantillonnage du sol dans les 4 parcelles se fait aléatoirement, où les prélèvements sont faits à l'aide des tarières à mains, puis les échantillons sont mis dans des sacs en polyéthylène solide étiquetés à fin de les transporter au laboratoire pour effectuer les analyses nécessaires.

II-1-2-Eau

L'irrigation dans les parcelles choisies se fait par les ressources souterraines donc chaque parcelle dispose d'un seul forage .De ce fais 4 échantillons d'eau ont été prélevés dans des bouteilles en plastique bien fermées à fin d'empêcher la rentré de l'air dans ces bouteilles.

II-2-Analyses physico-chimiques

L'analyse granulométrique s'effectue sur une prise d'essai de terre fine (élément < 2mm). Elle permet de séparer les particules du sol en trois classes distinctes selon leur taille (Aubert, 1978) : Sable (de 2 à 0.05 mm), limons (0.05 à 0.002 mm), argile (< 0.002 mm).

Les échantillons de sol et de l'eau prélevés ont subi les mêmes analyses chimiques par des méthodes d'analyse standards en laboratoire (tableau 2). La précision obtenue est suffisante pour permettre d'interpréter l'effet des pratiques sur la durabilité des systèmes.

Tableau 2 : Analyses chimiques effectuées

Analyse	Méthodes
pH _{1/5}	pH- mètre
CE _{1/5}	Conductimètre
Cation Na ⁺	Spectrophotomètre à flamme
Cations Ca ⁺⁺ et Mg ⁺⁺	Titrimétrie par EDTA
Chlorures Cl ⁻	Méthode de MOHR
HCO ₃ ⁻	titrimétrie au l'acide sulfurique en présence de méthyle d'orange
CO ₃ ⁻⁻	titrimétrie au l'acide sulfurique en présence de phénophtaléine
Les sulfates SO ₄ ⁻²	Spectrophotomètre ultra violet
Calcaire totale CaCO ₃	Calcimetre de Bernard

III. Résultats

1. Qualité du sol

En sol cultivé, l'analyse granulométrique montre une dominance de sable (sable grossier et fin) au niveau de P1, P3, P4, par rapport aux autres fractions dont la proportion varie entre 41,45 et 58,94 %. Le limon varie entre 32,40 et 45,49 %, et l'argile représente le taux le plus faible ; ceci indique une texture sableuse à sablo-limoneuse. Au niveau de P3, le taux de limon est supérieur au sable dont il varie entre 35,54 et 57,31 %, donc la texture du sol est limono-sableuse. Les résultats d'analyse granulométrique sont représentés dans le tableau 03. En sol non cultivé, la texture est différente : au niveau des parcelles P1, P2, P4, le limon domine les autres fractions, il varie entre 33.67 et 59.17% qui donne une texture limono- sableuse. Par contre au niveau de P3, la texture sablo-limoneuse est dominante. Par ailleurs, on remarque qu'il n'y a pas une grande variation de pH d'un horizon à l'autre ou d'un prélèvement à l'autre. Dans tous les cas le pH varie entre 7.70 et 8.17. En conclusion le pH des cas étudiés, soit pour les sols cultivés, soit pour les sols non cultivés, est basique.

Les sols sont généralement salés à très salés au niveau des 4 parcelles cultivées dont la CE varie entre 1.80 et 3.73 dS.m⁻¹ (Aubert, 1978). En revanche, au niveau des parcelles non cultivées, les sols sont très salés à extrêmement salés. La mesure de la conductivité électrique indique une variation importante entre une parcelle cultivée et une autre non cultivée au niveau de la même exploitation d'une part. D'autre part, cette variation est très remarquable entre les parcelles cultivées (P1, P2, P3, P4).

P1 et P4 : le sol est salé pour la parcelle cultivée avec une variation de CE entre 1.80 et 2.40 dS.m⁻¹. Par contre, au niveau de la parcelle nue le sol est salé à très salé dont la CE est entre 2.20 et 3.90 dS.m⁻¹.

P3 et P4 : la CE varie entre 2.50 et 3.73 dS.m⁻¹ dans les parcelles cultivées ce qui montre la présence des sols très salés. Au niveau des parcelles non cultivées, ces sols sont généralement très salés à extrêmement salés avec un CE qui varie entre 4.80 et 7.50dS.m⁻¹

Cette variabilité importante entre le niveau de la salinité du sol au niveau d'une parcelle cultivée et une parcelle nue peut être due aux pratiques agricoles adoptées par les agriculteurs au niveau des terres cultivées telles que : l'irrigation, les engrais, le fumier, etc...

2. Solution du sol

Le cation dominant dans la solution du sol est le Ca⁺⁺ dont la concentration varie en générale entre 22.44 et 52.50 meq.l⁻¹ pour un sol cultivé au niveau des 4 parcelles (P1, P2, P3, P4). Pour le sol nu, la concentration de Ca⁺⁺ se trouve entre 18.44 et 58.92 meq.l⁻¹. Puis on trouve le Na⁺ avec des concentrations varient entre 2.36 et 31.86 meq.l⁻¹ pour un sol cultivé, et entre 6.40 et 63.72 meq.l⁻¹ pour un sol nu. Le Ca⁺ qui apparait dans le sol par des concentrations très faibles qui ne dépassent pas 5 meq.l⁻¹. Les valeurs de SAR sont comprises entre 0.42 et 7.82 ce qui indique que le risque d'alcalinisation pour tous les échantillons étudiés est faible (Clément et Pieltain, 2003).

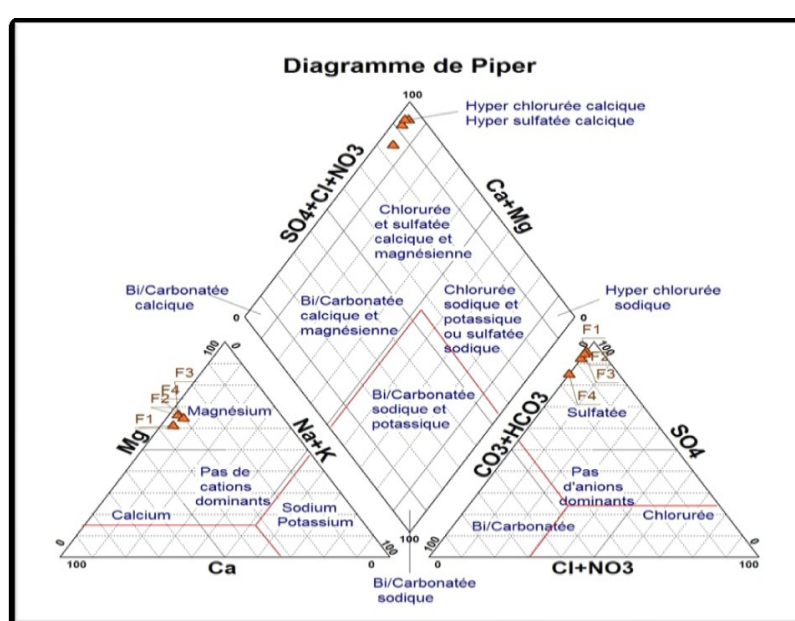
Le SO₄⁻² présente des concentrations varient de 10.34 à 32.06 meq.l⁻¹ pour le sol cultivé, par contre cette variation tourne autour de 10.27 et 41.79 meq.l⁻¹ pour le sol nu dont il représente l'élément le plus dominant par rapport aux autres anions. Le Cl⁻ est présent dans l'échantillon avec de faibles concentrations qui varient de 1.00 à 4.00 meq.l⁻¹ dans les sols cultivés, et de 2.00 à 10.00 meq.l⁻¹. En dernier lieu, on trouve le HCO₃⁻ avec des faibles quantités dans les deux cas, parcelle cultivée et parcelle nue. Pour le premier, les concentrations varient de 1.00 à 2.25 meq.l⁻¹, dans le deuxième cas les valeurs de HCO₃⁻ sont comprises entre 1.00 et 2.00 meq.l⁻¹.

3. Qualité de l'eau d'irrigation

La qualité des eaux d'irrigation mesurée à partir des prélèvements sur les 4 forages agricoles indique un profil globalement salin. La CE des eaux se trouve entre 5 et 7.8 dS.m⁻¹, ce qui montre que ces eaux ont de salinité excessive (tableau 08). Le pH est acide à basique et varie entre 6.69 et 7.05. Ceci traduit l'importance des sulfates à l'état réductrice, qui alimente ces eaux en cations H⁺. De fortes concentrations de magnésium, de sulfates et de chlorures sont constatées ce qui permet d'entrevoir l'existence d'un seul faciès chimique qui est hyper chloruré calcique et hyper sulfaté calcique pour tous les échantillons prélevés (Figure 3).

Tableau 03 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'irrigation

L'eau de forage	CE dS.m ⁻¹ 25 C°	pH	Cations solubles en méq.l ⁻¹				Anions solubles en méq.l ⁻¹				SAR	Classe Riverside
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	Cl ⁻		
F1	5,00	7,05	33,27	57,92	3,49	0,25	15,71	0,75	0,50	10,00	0,52	S1 C4
F2	7,80	6,74	42,48	90,32	4,00	0,31	34,95	3,00	0,00	15,00	0,49	S1 C4
F3	7,30	6,69	43,29	90,72	3,74	0,18	33,69	2,00	1,50	20,00	0,46	S1 C4
F4	5,90	6,86	21,24	44,96	3,34	0,24	14,10	2,50	0,00	20,00	0,58	S1 C4

**Figure 3**: Représentation de Piper pour les échantillons d'eau prélevés à Sidi Okba Mai 2015

Discussion - conclusion

L'idée initiale de ce travail était d'analyser le bilan hydro salin de plusieurs parcelles situées dans la commune de Sidi Okba (Biskra) et de comprendre la relation entre les pratiques des agriculteurs concernés par notre étude et l'état des sols. Nous sommes partis du constat que la production maraîchère sous serre (dans notre cas le melon) était suffisamment rentable au vu de l'extension importante des superficies cultivées d'une part, et que ce type d'agriculture n'avait de sens que grâce à la pratique de l'irrigation d'autres part.

En continuité des travaux en cours dans la région, quatre parcelles d'études ont été sélectionnées selon plusieurs critères (Hamamouche et al, 2014): ancienneté terres agricoles, position par rapport à la palmeraie historique, disponibilité et qualité de l'eau souterraine en particulier. La culture du melon a été retenue en tant que référence en raison de la durée

limitée de son cycle de développement et le palmier dattier en raison de son importance localement. Nos résultats indiquent que l'eau a une salinité excessive qui varie entre 5 et 7.8 dS/m avec une dominance de cations magnésium et l'anion sulfate (classe C1S4). Les sols sont de texture sablo- limoneuse pour les sols cultivés et limono- sableuse pour les non cultivés. Par ailleurs, les sols cultivés sont salés à très salés alors que les sols non cultivés sont très salés à extrêmement salés. Ce qui permet de conclure, que l'irrigation et le travail des terres limite le phénomène de salinisation.

A partir de ce travail, il semble important à travers l'exemple de Sidi Okba de mettre en lumière le développement de ces nouvelles agricultures en périphérie des oasis historiques et de s'interroger sur leur durabilité en raison de leur fragilité environnementale ce qui décourage les agriculteurs de travailler dans ces régions.

Références bibliographiques

- Aubert, 1978. Méthodes d'analyse des sols. Marseille, centre régional de documentation pédagogique, 191 p.
- Boutouga F, 2012. Ressources et essai de gestion des eaux dans le Zab Est de Biskra. Mémoire magister, université de Badji Mokhtar, Annaba, 172 p.
- Clément M, Pieltain F, 2003. Analyse chimique des sols, Paris, Lavoisier
- Dubost D, 1992. Aridité, agriculture et développement : cas des oasis algérienne. Sécheresse, vol.2, n. 3, p.p.85-95.
- Hamamouche F., Hartani T., Kuper M., 2014. Distributing groundwater from collective and individual tube-wells in a surface water irrigation system: the adaptability of the Sidi Okba oasis (Algeria) Irrigation society landscape. Valencia, September 25-27, 2014.
- Hamamouche F., Kuper M., Hartani T., 2014. Integrating groundwater in a collective surface water irrigation scheme: the case of the Sidi Okba palm grove Algeria). *International Association of Hydrogeologists IAH, the Moroccan Chapter - 41st IAH International Congress "Groundwater : Challenges and Strategies"* - Marrakech, September, 15-19, 2014.
- Hartani T., Naouri M., Kuper M., 2015. L'entrée des jeunes dans l'agriculture: cas du maraichage sous serre dans les Ziban (Algérie). *Alternatives Rurales Hors série jeunes ruraux*. DOI: 10.13140/RG.2.1.2969.1046. www. alternativesrurales.org.
- Khiari, A., 2002. Une région pionnière dans le Sahara algérien : El Ghrouss. *In: Méditerranée*, 99(3-4) : 27-30.
- Kouzmine Y, 2007. L'eau et les territoires sahariens en Algérie : mutation et enjeux. Colloque international « Eau, ville et environnement », université de science et technologie d'Oran, 13 p.
- Lahlou M, Badraoui M, Soudi B. 2007. Modélisation de l'impact de l'irrigation sur le devenir salin et sodique des sols. CIRAD, 20 p.