

SALINITY OF IRRIGATION WATER AND SOIL IN SEMI ARID REGION: CASE OF EL GASSIA PERIMETER IN THE HODNA BASIN-ALGERIA

SALINITE DES EAUX D'IRRIGATION ET DU SOL DANS LA ZONE SEMI ARIDE : CAS DU PERIMETRE EL GASSIA DANS LE BASSIN DU HODNA-ALGERIE

RachidBenkadja**, M'barekBenderrah*et OmarYoucefa*

ABSTRACT

This study was conducted to address the problem of utilization of 205 ha land in the general agricultural concession area (GCA) of El Gassia agricultural area located in the semi-arid basin of Hodna (M'sila). The rainfall is very low; the surface water supplies are lower than normal allocations and have never responded to the needs of irrigation. This area receives surface water only during floods from temporary wadis. The accumulation of these waters at this location causes the salinity of surface soil due to high evapotranspiration, and of the groundwater due to seepage. This situation requires searching for groundwater resources with an intensive development of private wells (low depth) throughout the region. Groundwater is loaded with chlorides and sulphates, and to separate the brackish freshwater, drilling of 100 m of deep tube wells was necessary.

These water resources have been identified qualitatively and quantitatively by various methods. Geo-electrical prospecting shows the existence of single aquifer synclinal structure of Pontian exploitable at 250 m depth. Processing of pumping test data of four holes drilled in the area gives an average static water table 4 m below the surface level, a transmissivity of 200 m²/d and a storage coefficient of 0.01.

The physico-chemical analysis showed that the soils of the region are basic, saline to highly saline, strongly calcareous and have a cationic exchange capacity medium to very high, very low organic matter content and low in moisture content.

An analysis of the agronomic and economic value of pumped water and the proposed

* Département de génie civil et hydraulique, faculté de technologie, Université de M'sila, Algérie. Email : r_benkadja@yahoo.fr

** Laboratoire « Caractérisation et valorisation des ressources naturelles », centre universitaire de BBA, 34000, Algérie.

irrigation system (flooding for crop and spraying for market gardening) is used to highlight the contribution of pumping in improving agricultural potential.

Key words: *Soil and water salinity, El Gassia agricultural area, groundwater, shallow wells.*

RÉSUMÉ

Cette étude est une approche de la problématique d'exploitation des terres mises en valeurs, malgré la réalisation du programme mis en œuvre par la générale concession agricole (GCA) du périmètre agricole El Gassia de 205 ha situé en zone semi-aride du bassin du Hodna (M'sila). La pluviométrie est très faible, les apports en eau de surface sont inférieurs aux dotations normales et n'ont jamais répondu aux besoins de l'irrigation. Le périmètre reçoit l'eau de surface uniquement lors des crues à partir des oueds temporaires. L'accumulation de ces eaux à cet endroit provoque la salinité superficielle du sol après évapotranspiration qui affecte, par infiltration, les eaux souterraines. Cette situation oblige à chercher des ressources en eaux souterraines avec un développement intense des forages privés (à faible profondeur) dans toute la région. Les eaux souterraines sont chargées en chlorures et en sulfates, et afin de séparer les eaux saumâtres des eaux douces, un programme de cimentation était mis en œuvre sur 100 m des forages profonds. Ces ressources en eau ont été identifiées quantitativement et qualitativement par différentes méthodes dont la prospection géo-électrique montre l'existence du seul aquifère de structure synclinale du Pontien exploitable à une profondeur accessible de 250 m. Le traitement des données des essais de pompage sur les quatre forages réalisés dans le périmètre donne en moyenne un niveau statique de -4m, une transmissivité de 200 m²/j, un coefficient d'emmagasinement de 0,01 et un coefficient de drainance de 0,65.

Les analyses physico-chimiques montrent que les sols de la région sont basiques, salés à extrêmement salés, fortement calcaires et présentent une capacité d'échange cationique moyenne à très élevée, de très faibles teneurs en matière organique et sont faiblement saturés.

Une analyse sur la valorisation agronomique et économique des eaux pompées et le système d'irrigation projeté (submersion pour les grandes cultures et l'aspersion pour le maraîchage) permet de mettre en évidence la contribution des pompages dans l'amélioration des potentialités agricoles.

Mots clés : *Salinité du sol et de l'eau, périmètre agricole El Gassia, eau souterraine, puits de faible profondeur.*

ABSTRACT AND CONCLUSIONS

This study was conducted to address the problem of utilization of 205 ha land in the general agricultural concession area (GCA) of El Gassia agricultural area located in the semi-arid basin of Hodna (M'sila). The rainfall is very low; the surface water supplies are lower than normal allocations and have never responded to the needs of irrigation. This area receives surface water only during floods from temporary wadis. The accumulation of these waters at this location causes the salinity of surface soil due to high evapotranspiration, and of the groundwater due to seepage. This situation requires searching for groundwater resources

with an intensive development of private wells (low depth) throughout the region. Groundwater is loaded with chlorides and sulphates, and to separate the brackish freshwater, drilling of 100 m of deep tube wells was necessary.

These water resources have been identified qualitatively and quantitatively by various methods. Geo-electrical prospecting shows the existence of single aquifer synclinal structure of Pontian exploitable down to 250 m depth. Processing of pumping test data of four holes drilled in the area gives an average static water table 4 m below the surface, a transmissivity of 200 m²/d and a storage coefficient of 0.01.

The physico-chemical analysis showed that the soils of the region are basic, saline to highly saline, strongly calcareous and have a cationic exchange capacity medium to very high, very low organic matter content and low in moisture content.

An analysis of the agronomic and economic value of water pumped and the proposed irrigation system (flooding for crop and spraying for market gardening) is used to highlight the contribution of pumping in improving agricultural potential.

1. INTRODUCTION

Depuis longtemps, l'Algérie a consenti d'importantes ressources financières dont le but est de développer le domaine de l'agriculture et de réduire la facture alimentaire qui est en constante progression exponentielle. Mais malgré tous ces efforts, l'agriculture reste toujours en léthargie et à l'état d'exploitation individuelle sans vraiment répondre aux besoins de la population et à la stratégie du pays.

L'étude d'un exemple des périmètres agricoles d'El Gassia (Chellal) situé dans le bassin du Hodna, sous tous ces aspects techniques permet de poser la problématique d'exploitation des terres mises en valeur malgré la réalisation du programme mis en œuvre par la générale concession agricole (GCA).

Le climat du bassin du Hodna est caractérisé par une pluviométrie très faible et une sécheresse répétitive. Par conséquent, les apports en eau de surface sont également fluctuants et prennent des valeurs en dessous de la moyenne depuis plusieurs années. Autrefois, le barrage du K'sobitué à une trentaine de kilomètres au nord, construit en 1940, jouait un grand rôle dans l'irrigation de la plaine du Hodna. Actuellement, en raison de son engorgement à 80% de sa capacité, les dotations réelles en eau de surface n'ont jamais répondu aux besoins de l'irrigation et elles sont actuellement inférieures aux dotations normales adoptées dans le plan d'aménagement.

Cette situation a amené les agriculteurs et les services techniques de la wilaya de M'sila à aller chercher des ressources en eaux supplémentaires dans les nappes souterraines d'où le développement intense des forages particuliers dans le bassin du Hodna. Le recours au pompage a permis à certains agriculteurs de rétablir leurs pratiques culturales de la période avant sécheresse en garantissant ainsi la stabilité de l'approvisionnement en eau. En effet, selon le recensement des puits, effectué par la DHW de M'sila, le nombre évalué a été d'environ 2000 puits et forages dans le bassin du Hodna. Ce développement est peu contrôlé et ce recensement n'est pas exploité puisque ces informations restent au niveau de la DHW. En

outre, les prélèvements à partir de la nappe pour des fins agricoles restent inconnus, par conséquent, l'établissement d'un bilan hydrogéologique reste difficile.

L'objectif de cet article est de caractériser l'exploitation agricole du périmètre El Gassia sous tous les aspects et se propose d'identifier quantitativement et qualitativement les ressources en eau afin d'évaluer le potentiel d'eau prêt à être exploité, d'identifier les sols du périmètre El Gassia par échantillonnages et analyses physico chimiques et de faire une analyse sur la valorisation agronomique et économique des eaux pompées et le système d'irrigation projeté.

2. REGION D'ETUDE

La région d'étude est localisée à 20 km Sud-Est de la ville de M'sila. Le périmètre est situé au lieu-dit El Gassia ou du village Bechaleg commune de Chellal. Il s'étale sur une superficie de 205 Ha 25 ares et 53 centiares (Figure 1). Le plateau où se trouve le périmètre El Gassia est une partie du grand bassin du Hodna. Du point de vue altitude, le périmètre se trouve entre 400 et 410 mètres. Le réseau hydrographique est représenté par plusieurs petits oueds qui prennent leur origine des monts du Hodna situés au Nord. Le chevelu hydrographique est très faible. Les Oueds qui existent dans toute la région sont des Oueds temporaires et il n'y a écoulement superficiel que pendant les fortes et rares chutes de pluies. Tous ces Oueds se jettent dans le Chott El Hodna.

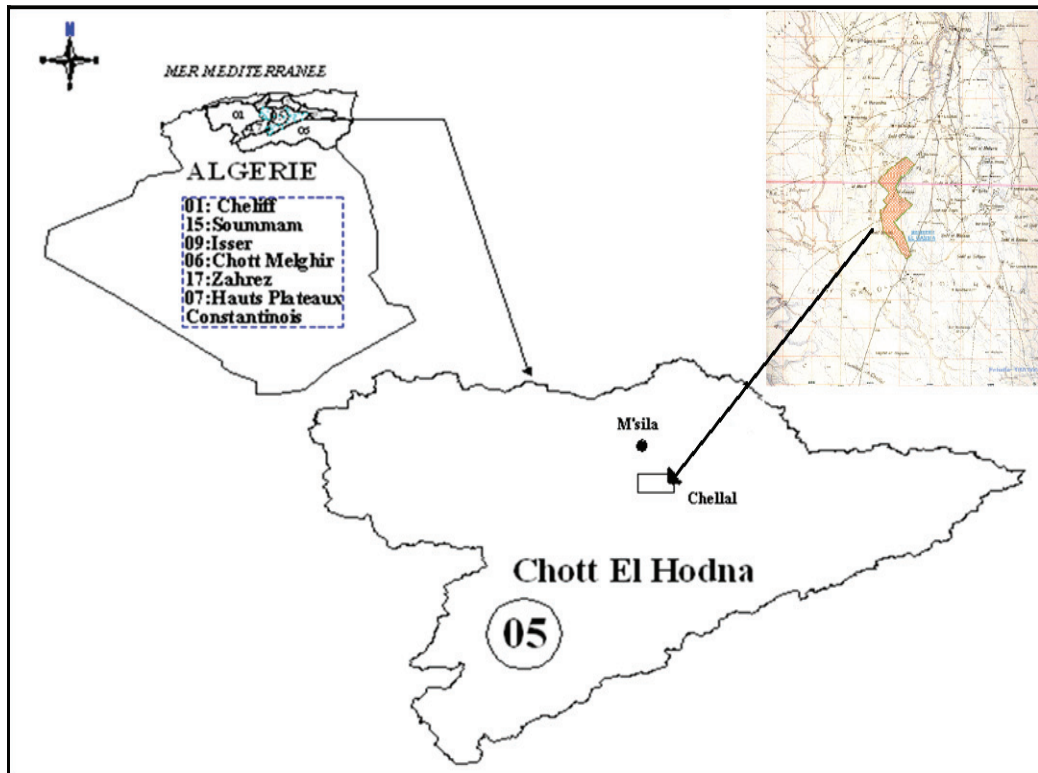


Figure 1. Situation de la zone d'étude (Location of the study area)

La région est semi-aride et elle subit, depuis plusieurs années, un régime franchement saharien avec de faible chute de pluie, de longues périodes chaudes et avec fréquemment des siroccos. Les données recueillies de l'agence nationale des ressources hydriques (ANRH Alger) de 1976 à 2006 montrent que la température moyenne annuelle est de 19°C, la pluviométrie moyenne interannuelle est de 169,4mm, la vitesse maximale du vent est de 5,37 m/s, l'humidité moyenne annuelle est de 58 % et l'évapotranspiration est de 1800 mm.

La carte hydro-climatologique du bassin du Hodna représentée par M. Lucido et G. Popov en 1973 (figure 2) sur une période de 1925 à 1972 montre que la région d'étude reçoit une pluviométrie moyenne annuelle de 225 mm, une évapotranspiration potentielle de l'ordre de 1290 mm et une température moyenne annuelle de 17,8 °C.

La végétation naturelle existante en abondance dans la région est caractérisée par la steppe d'alfa et d'armoise où la grande ressource est l'élevage du mouton.

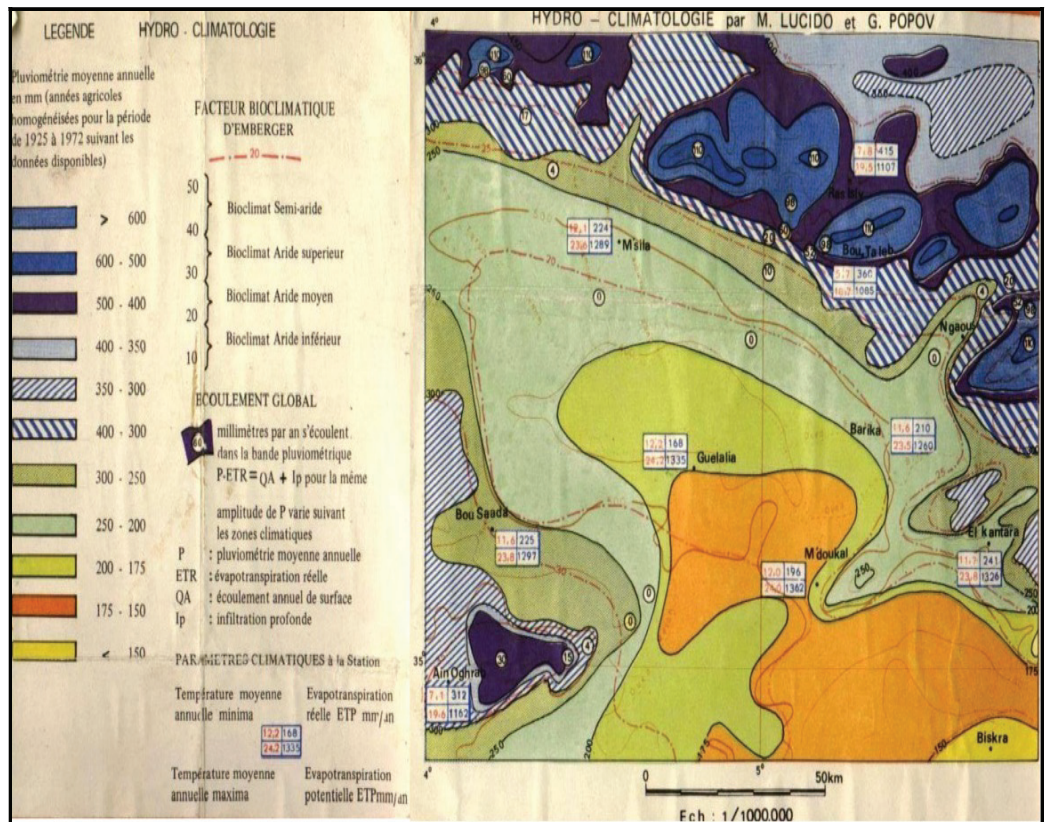


Figure 2. Carte hydro climatologique du Hodna (M. Lucido et G. Popov en 1973) (Hydro climatological card of Hodna)

3. RESSOURCES EN EAU

3.1 Hydrogéologie

Le bassin du Hodna est une vaste dépression allongée Est-Ouest. En raison des conditions géologiques très variables d'une zone à l'autre, trois zones principales bordent le bassin du Hodna : Il s'agit de la zone de Boussaâda, de la zone de M'sila et de la zone de Barika.

La zone de M'sila comprend le profond bassin miocène situé au Sud des monts du hodna. Elle est limitée à l'Est par l'anticlinal du Chott El Hammam (Guedicha) qui se prolonge vers l'Ouest par une haute zone passant par Chellal.

Du point de vue hydrogéologique, de nombreux aquifères perméables commandent l'hydrologie du bassin depuis le Jurassique au Quaternaire. Les formations perméables affleurent largement sur les reliefs de bordure du bassin du Hodna, alimentant les nappes profondes. Il y aurait intercommunication entre les divers aquifères en raison de la tectonique mouvementée. Dans la zone de M'sila, le seul aquifère exploitable est constitué par les conglomérats et grès Pontiens (ou miocène continental). Les calcaires éocènes et crétacés sont en effet très profonds.

La zone de Chellal fait partie de la zone de M'sila. Sa géologie ne peut être définie qu'à partir des coupes lithologiques des forages de reconnaissances réalisés à cet endroit, car il n'y a aucun affleurement qui apparaît en surface. Le forage de 1160 m de profondeur permet d'avoir un aperçu sur la géologie de la région d'étude (tableau 1).

Tableau 1. Log stratigraphique du forage à Chellal (Stratigraphic Log of Chellal drilling)

profondeur	Nature des terrains	Age
0 - 100 m	argiles	Quaternaire
100-250 m	Conglomérats argileux	Miocène
250-310 m	Calcaires argileux	Lutetien supérieur
310-510 m	Argiles et sables	
510 – 900m	Argiles et grès	Barremien
900 – 1160m	Grés, marnes, calcaires	Néocomien

3.2 Géophysique

Plusieurs sondages électriques (prospection électrique) ont été effectués dans le bassin du Hodna dont les objectifs se ramènent aux études des formations perméables du recouvrement continental mio-pliocène, des formations profondes du crétacé susceptibles d'être aquifère et plus précisément dans la région d'étude d'El Gassia.

En hydrogéologie, les formations résistantes sont généralement les plus grossières et les plus perméables (sables, grès, conglomérats, calcaires, etc.). Plus la résistance est élevée, plus l'aquifère a des chances d'offrir les meilleures conditions de perméabilité et d'épaisseur (forte transmissivité).

La carte des résistances transversales de l'horizon miocène continental, fait apparaître une large plage résistante, à plus de 7500 ohm.m², s'étendant de M'sila aux abords du Chott du Hodna.

- au Nord, la plage résistante est limitée aux affleurements du miocène,
- au Nord-Ouest, la limite de la zone résistante doit correspondre au biseau miocène sous le quaternaire.
- Vers Chellal et El Gassia, le miocène s'amincit également.

D'après l'échelle des résistivités établie, la résistivité du miocène est très variable en raison de son caractère anisotrope, c'est à dire, formé d'une alternance de terrains résistants à 100 Ohm.m et conducteurs à 7 Ohm.m. Les cailloutis, les conglomérats ou les alluvions Quaternaires, ont une résistivité variable de 40 à 20 Ohm.m et enfin, les argiles, plus ou moins sableuses, du Quaternaire ou du sommet du miocène continental, ont une résistivité de 10 à 15 ohm.m.

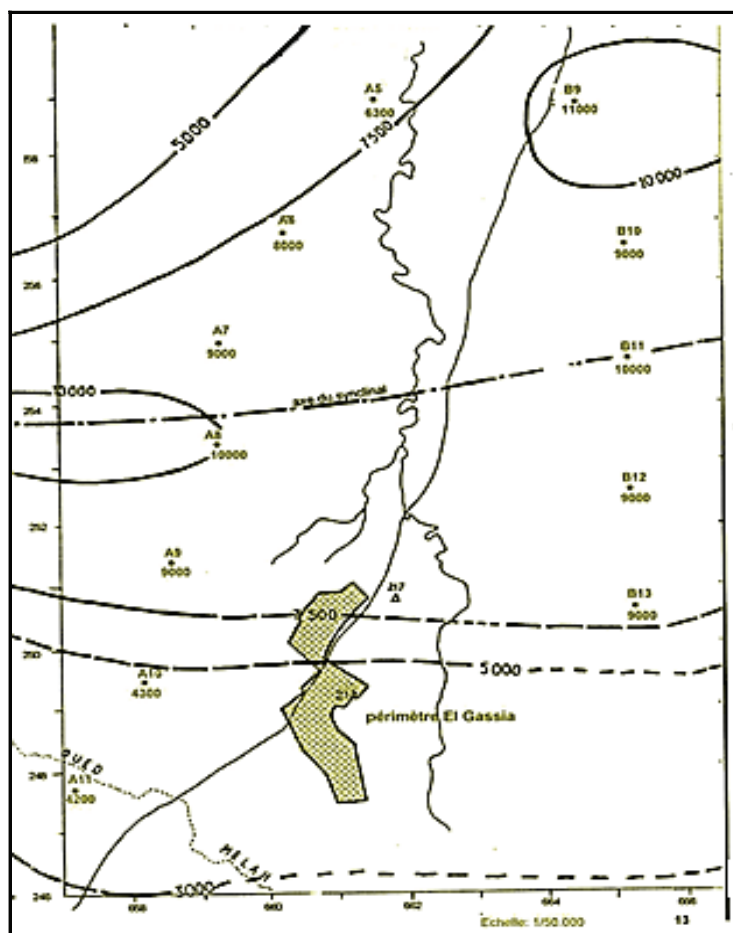


Figure 3. Carte des résistances transversales - Périmètre agricole El Gassia (Map of cross resistance - Agricultural perimeter of El Gassia)

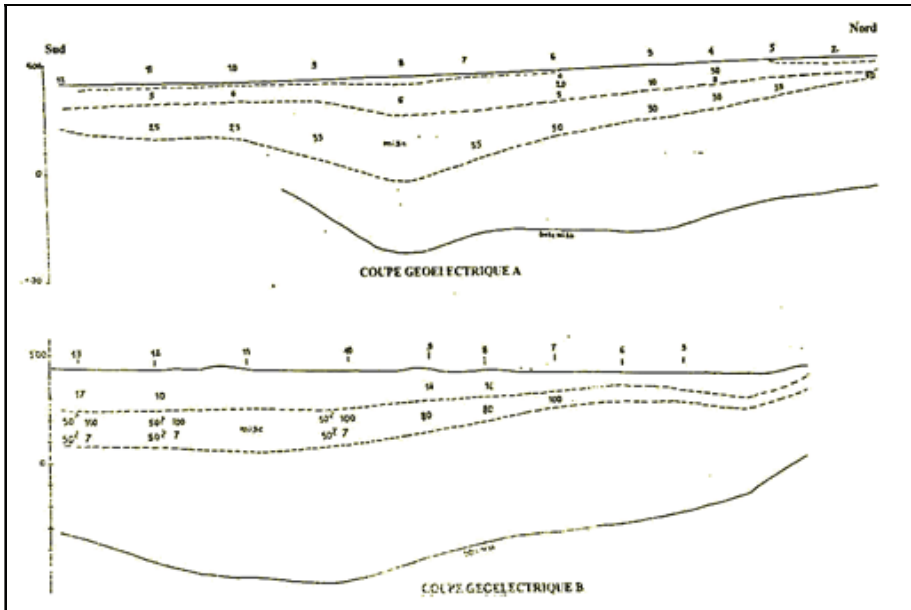


Figure 4. Coupes géo-électriques A et B (géo-Electric sections)

La coupe géo-électrique A (figure 4) fait apparaître une large plagerésistante (à plus de 7500 Ohm.m²) qui correspond au miocène continentalde forme synclinale à des profondeurs de 180 m au milieu à 90 m de part et d'autre de la cuvette.

La coupe géo-électrique B montre également que le Pontienpossède une structure synclinale dont sa profondeur est à environ130m au sondage B11 et devient vers le nord moins profond.

D'après l'étude géophysique, le seul aquifère qui reste exploitable à des profondeurs accessibles est le miocène continental(ou Pontien).

3.3 Exécution des forages

L'étude de prospection est essentielle sur la géologie et sur la géophysique. Elle a été suivie par une prise de décision dans l'implantation de quatre forages de reconnaissance à faible diamètre (8 pouces) puis un élargissement par alésage sur des profondeurs assez importantes. Les essais de pompage ont permis de déterminerles caractéristiques hydrodynamiques des aquifères captés. La transmissivité varie de 20,66 à 186.23m²/j, le coefficient d'emmagasinement est de 0,01, le coefficient de drainance est de 0,53 et le débit spécifique moyen est de 2,3 m²/s.

Ces forages ont été équipés avec en plus, une cimentation de l'espace annulaire sur une profondeur de 100 m afin de séparer l'aquifère renfermant de l'eau saumâtre.

Chaque forage est exploité donnant un débit de 946080 m³/an. La quantité d'eau souterraine des quatre forages est très suffisante pour irriguer les 205 ha du périmètre agricole El Gassia(la dotation en eau pourchaque hectare est de 5000 m³/an).

3.4 Qualité des eaux souterraines

Les analyses physico-chimiques des forages dans la région de Chellal (tableau 2) montrent que les eaux sont chargées en chlorures et en sulfates.

Tableau 2. Analyses physico-chimiques des eaux des forages de Chellal (physico- chemical water drilling of Chellal)

	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃	Rés. sec (g/l)	PH
F1	110	78	202	14	200	540	152	3	1,23	8.0
F2	219	178	575	6	650	1200	230	14	2,84	8.1

4. LES SOLS : NATURE ET SALINITE

4.1 Détermination des zones homogènes

Les analyses physico-chimiques et granulométriques montrent que les sols de la région sont dans l'ensemble des sols à texture argileuse à argilo limoneuse. Ils sont classés en 3 zones (Figure 5):

- zone 1: sols peu évolués, non climatiques, d'apport alluvial modaux,
- zone 2: sols peu évolués, non climatiques, d'apport alluvial à caractère vertique,
- zone 3: sols peu évolués, non climatiques, d'apport alluvial à caractère halomorphe.

Globalement, ils présentent des pH allant de 7.5 à 8 (sols basiques), une capacité d'échange cationique moyenne à très élevée dont les valeurs varient de 15,14 à 36,14 méq/100g. Les taux de calcaire variant de 24,79 à 38,48 % font que ces sols soient modérément à fortement calcaires. Les teneurs en matière organique sont très faibles, ne dépassant pas 0,4 %.

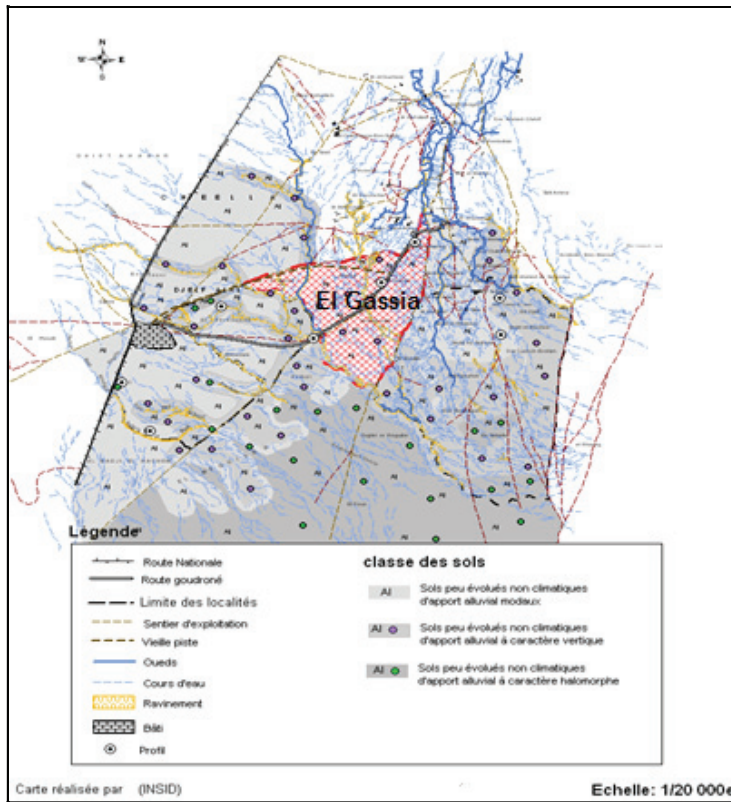


Figure 5. Carte des sols de la région de Chellal-M'sila (Soilmap of chellal area)

4.2 Répartition de la salinité des sols

L'étude des sols et leur constitution physico-chimique est indispensable pour connaître les types de culture convenable. La salinité a un effet nocif pour les végétaux car il affecte les mécanismes physiologiques des plantes.

Les sols du périmètre El Gassia sont divisés en deux parties : une zone peu ou pas affectée par la salinité et une autre zone moyennement ou très atteinte par la salinité. La conductivité électrique varie de 2 à 80 mmhos/cm et la répartition de la salinité des sols de la région de Chellal est représentée en figure 6.

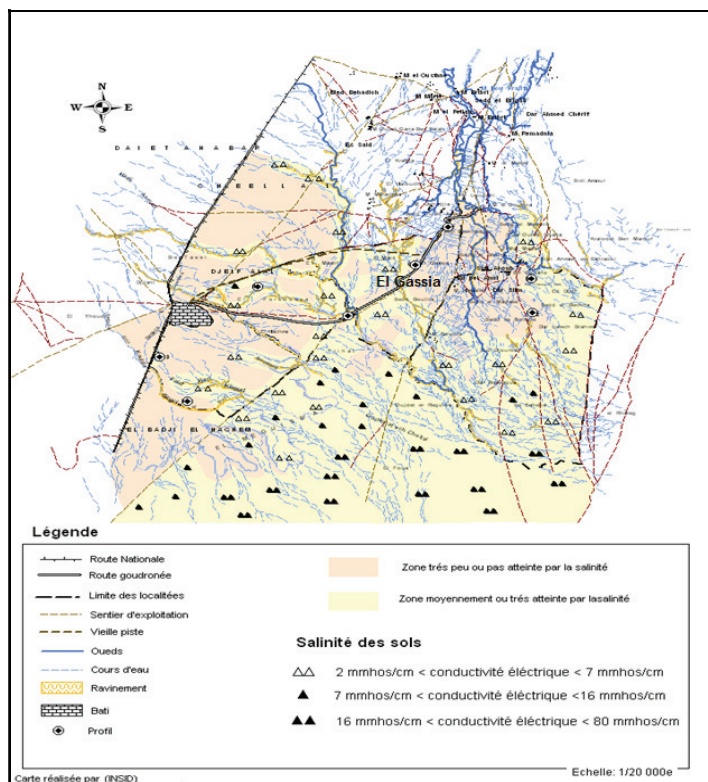


Figure 6. Carte de répartition de la salinité des sols de la région de Chellal – M'sila (distribution map of soil salinity in Chellal area)

5. AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE

5.1 Découpage du périmètre et pratiques culturales

Le découpage du périmètre El Gassia de 200 ha selon le plan parcellaire est composé de 50 parcelles à superficie égale de 4 ha et répartie entre 50 concessionnaires.

Les conditions agro-écologiques de la région du périmètre sont caractérisées par l'irrégularité et l'insuffisance des pluies mensuelles, la faiblesse des rendements céréaliers, des cultures maraîchères limitées à de faibles superficies et la dominance du pastoralisme et de l'élevage ovin.

Dans l'état actuel, les pratiques culturales au niveau du périmètre à caractère extensif sont limitées à des assolements céréales-cultures fourragères et jachères.

5.2 Le réseau d'irrigation

L'irrigation du périmètre est assurée à partir des quatre forages dont chacun sera affecté à l'irrigation d'un secteur. Le réseau d'irrigation totalement en PVC est enterré sous pression, il

est composé de : (i) un bassin d'accumulation d'une capacité de 250 m³ construit à coté de chaque forage servant à acheminer les eaux stockées vers le réseau d'irrigation inter parcellaire ; (ii) une pompe horizontale de refoulement installée à l'aval de chaque bassin d'accumulation afin d'assurer les pressions et débits nécessaires au niveau des prises d'eau installées à la tête de chaque parcelle ; (iii) un réseau d'irrigation inter parcellaire composé de conduites en PVC assurant le transport des eaux entre le bassin d'accumulation (250 m³) et la tête des différentes parcelles composant le secteur d'irrigation. Chaque parcelle sera équipée d'une prise d'eau afin de faciliter la gestion du débit à mettre au service de l'agriculteur.

Les travaux d'aménagement recommandés pour les zones faiblement ou moyennement affectées par la salinité sont : le drainage, un labour profond avec émiettement et un amendement organique et technique. Pour la zone fortement atteinte de salinité, seul le drainage s'avère indispensable (Figure 7).

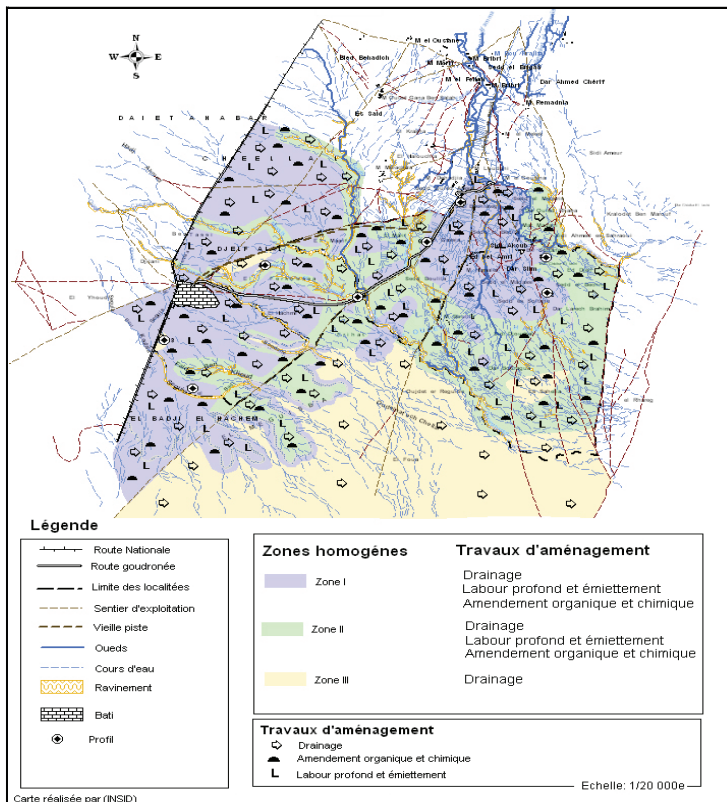


Figure 7. Carte des zones homogènes et des travaux d'aménagement (Map of homogeneous zones and development works)

6. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Ce travail, réalisé dans la zone aride du Hodna, a porté sur l'étude des eaux d'irrigation et de la salinité des sols.

Malgré l'aridité du milieu et les crédits importants alloués à ces programmes de mise en valeur, l'agriculture dans cette région restesous développée. Les problèmes quise posent sont ceux de l'irrigation des sols accentués par le fait que les cultures pratiquées sont parfois consommatrices d'eau et que les techniques d'irrigation se révèlent mal adaptées aumilieu.

En dépit de l'absence des eaux de surface, on extrait de plus en plus d'eausouterraine dont les réserves diminuent de façon inquiétante. Cela dénote une méconnaissance del'importance du problème pour l'avenir de l'agriculture régionale.

L'étude des sols et des eaux d'irrigation permettent de tirer les enseignementssuivants : (i) concernant les eaux d'irrigation, leur composition chimique a été améliorée en procédant à une cimentation d'une colonne de 100 m de profondeur afin de séparer les aquifères donnant des eaux à fortes teneurs en chlorures et sodiums ; (ii) concernant les sols naturels, ils présentent une hétérogénéité du degré de la salinité du nord vers le sud ; (iii) concernant les sols irrigués, les eaux d'irrigation, vont avoir un effet sur le sol et on a remarqué sur terrain, combien l'irrigation peut changer le degré et le type de salinité naturelle du sol.

Pour recommandation, l'évolution de la salinité des eaux et des sols nécessite un suivi régulier pour juger de l'efficacité des moyens de sauvegarde des ressources en eau et ensol dans la région.

REFERENCES

- Barrios J.L.G., 1992. Eaux d'irrigation et salinité des sols en zone aride mexicaine: exemple dans la "comarcalagunera", thèse de doctorat, Université de Montpellier 2, France.
- Bonnin J., Aide-mémoire d'hydraulique urbaine (collection de la direction des études et recherches d'électricité de France).
- Boulaine J., 1957. Etude des sols des plaines du Haut-Cheliff. Th. Sci., Univ. d'Alger. 581 p.
- Chapuis R. P., 2007. Guide des essais de pompage et leurs interprétations, dépôt légal bibliothèque et archives nationales du Québec.
- Cruesl. J., 1970. Recherche et formation en matière d'irrigation et des eaux salées. Tech. Rept. UNESCO UNDP (SF), TUNS, Paris. 243 p.
- Daoud Y., 1983.- Contribution à l'étude de la dynamique des sels dans un sol irrigué du périmètre du Haut-Cheliff. Thèse Doctorat ENSA Rennes. 193 p.
- Duchaufour Ph., 1983. Pédogénèse et classification. 2ème édition. Masson, Paris, 466 p.
- Dupont A., 1974. Hydraulique urbaine, tome 02, édition EYROLLES.
- Forage hydraulique. Rapport de synthèse des journées techniques du forage hydraulique. Tipaza, 18-19 novembre 1985.

- Lamrahi. H., 2004. Contribution à l'étude des pompages des eaux souterraines pour l'irrigation dans le périmètre des Doukkala (Maroc) ». Thèse de 3^{ème} cycle,.
- Loyer J.Y., 1991. Classification des sols salés : les sols Sali-. Cahiers. ORSTOM, série Pédologie., vol. XXXVI, n°1, 1991: 51-61
- Meyer C. et al. 1991, Application de la géophysique aux recherches d'eau. Technique et documentation, Lavoisier.
- Remenieras G., 1999. Hydrologie de l'ingénieur, édition EYROLLES, Paris.
- Servant J., 1975. Contribution à l'étude pédologique des terrains halomorphes. L'exemple des sols salés du sud et du sud-ouest de la France. Thèse de Doctorat. Université de Montpellier. INRAENSAM. 2 volumes.
- Servant J., 1978. La salinité dans les sols et les eaux Caractérisation et problèmes d'irrigation-drainage. Bull. du BRGM, section IV, no 2 : 123-142.